



M Ű E G Y E T E M 1 7 8 2

**Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem**  
Villamosmérnöki és Informatikai Kar  
Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások Tanszék

Nagy László Gergely

**MINTAALAPÚ  
DOBSZINTETIZÁTOR  
MEGVALÓSÍTÁSA VST  
KÖRNYEZETBEN**

KONZULENS

**Dr. Rucz Péter**

BUDAPEST, 2021



M Ű E G Y E T E M 1 7 8 2

## SZAKDOLGOZAT FELADAT

**Nagy László Gergely**  
mérnökjelölt részére

### **Mintaalapú dobszintetizátor megvalósítása VST környezetben**

A digitális, számítógépes stúdiótechnika elterjedésével nagy népszerűsége tettek szert a digitális audio munkaállomás (DAW – Digital Audio Workstation) szoftverek, melyekben tetszés szerint alkalmazhatunk virtuális hangszereket, illetve különféle hangeffekteket a programba betölthető szoftvermodulok (plugin-ok) segítségével. Amellett, hogy a virtuális hangszerek a valóságos megfelelőjük hangját igyekeznek reprodukálni, számos kiegészítő, kényelmi lehetőséget is magukban hordoznak. Ilyen lehet például a hangszer paramétereinek vagy hangolásának tetszőlegesen változtatása akár a hang visszajátszása közben.

Jelen szakdolgozat célja egy többcsatornás, mintaalapú dobszintetizátor megtervezése és virtuális hangszerként való megvalósítása a VST (Virtual Studio Technology) környezetben. Az elkészítendő szintetizátornak támogatnia kell az egyes dobtetek külön-külön hangolását illetve olyan kapcsolatok létrehozását, melyek a minták visszajátszását befolyásolják. Utóbbira példa a cintányér megütése után a tányér megfogása, vagy a nyitott lábcin zárása.

#### **A hallgató feladatának a következőkre kell kiterjednie:**

- Ismerje meg és mutassa be a mintaalapú hangszintézis elvét, történetét és lehetőségeit.
- A szakirodalom illetve a stúdiótechnikai gyakorlat alapján javasoljon akusztikus dob hangjának felvételéhez használható mikrofonelrendezést, és mutassa be a virtuális hangszer által visszajátszandó hangminták rögzítésének és feldolgozásának módját.
- Tervezzen és valósítson meg olyan adatszerkezetet, mely a rögzített hangmintákat képes tárolni és lehetőséget ad a hangminták közötti interpolációra.
- Tegyen javaslatot a dob működéséből adódó fizikai kényszerek alapján az egyes hangminták közötti kapcsolatok megadására és implementációjára.
- Valósítsa meg a virtuális hangszer a Steinberg VST szabványhoz illeszkedő modulként. Mutassa be és dokumentálja az elkészített szintetizátor működését.

**Tanszéki konzulens:** Dr. Rucz Péter, tudományos munkatárs

Budapest, 2021.09.09.

Dr. Imre Sándor

egyetemi tanár  
tanszékvezető

#### **Konzulensi vélemények:**

Tanszéki konzulens:  Beadható,  Nem beadható, dátum:

aláírás:

Külső konzulens:

aláírás:

# Tartalomjegyzék

<b>Összefoglaló .....</b>	<b>6</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>7</b>
<b>1 Bevezetés .....</b>	<b>8</b>
1.1 Történeti áttekintés .....	8
1.1.1 Analóg samplerek .....	9
1.1.2 Digitális samplerek .....	10
1.1.3 Szoftveres samplerek és a VST-szabvány .....	12
1.2 A MIDI szabvány.....	14
1.2.1 Eredete .....	14
1.2.2 MIDI üzenetek felépítése.....	15
<b>2 Hangrögzítés több sávon .....</b>	<b>16</b>
2.1 A hangrögzítés összeállítása .....	16
2.1.1 Rögzítő eszköz.....	17
2.1.2 Mikrofonok .....	17
2.1.3 Felvétel helyszíne .....	18
2.2 Akusztikus dob mikrofonozása.....	18
2.2.1 Az akusztikus dob felépítése.....	19
2.2.2 Közeli mikrofonok.....	20
2.2.3 Távoli mikrofonok .....	22
2.2.4 A mikrofonok és a VST-plugin kapcsolata.....	25
<b>3 A könyvtár elkészítésének lépései.....</b>	<b>26</b>
3.1 Felvétel menete .....	27
3.2 Minták darabolása .....	28
3.3 Minta paraméterek .....	30
3.4 Elnevezési szintaxis, mappaszerkezet.....	30
<b>4 A dolgozathoz készült könyvtár dokumentációja .....</b>	<b>32</b>
4.1 A dobfelszerelés.....	32
4.2 A felvételi helyiség .....	32
4.3 Mikrofonozás és csatornakiosztás .....	33
4.4 Rögzítés .....	37
<b>5 A hangszer logikai felépítése, működése.....</b>	<b>40</b>

5.1 A hangszer és a DAW kapcsolata.....	40
5.2 A hangszer be- és kimenete .....	40
5.3 Ütéserősség állítása.....	42
5.3.1 Egy rendelkezésre álló ütéserősség esete.....	42
5.3.2 A skála több értékű felosztásának esete.....	42
5.4 Hangok közti logikai kapcsolatok.....	44
5.5 Hangolás .....	46
5.6 Sample rate konverzió .....	47
5.7 Erőforrások kihasználtsága .....	49
<b>6 VST implementáció, megvalósítás.....</b>	<b>51</b>
6.1 A VST fejlesztőkörnyezet.....	51
6.2 Könyvtár bejárása, adatstruktúra felépítése .....	52
6.3 A program legfontosabb függvényei .....	53
<b>7 A plugin tesztelése.....</b>	<b>54</b>
<b>8 Összefoglalás.....</b>	<b>59</b>
8.1 Az elkészült hangszer értékelése .....	59
8.2 Továbbfejlesztési lehetőségek .....	59
8.3 Köszönetnyilvánítás .....	60
<b>Irodalomjegyzék.....</b>	<b>61</b>
<b>Függelék.....</b>	<b>63</b>

# HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott **Nagy László Gergely**, szigorló hallgató kijelentem, hogy ezt a szakdolgozatot meg nem engedett segítség nélkül, saját magam készítettem, csak a megadott forrásokat (szakirodalom, eszközök stb.) használtam fel. Minden olyan részt, melyet szó szerint, vagy azonos értelemben, de átfogalmazva más forrásból átvettem, egyértelműen, a forrás megadásával megjelöltem.

Hozzájárulok, hogy a jelen munkám alapadatait (szerző(k), cím, angol és magyar nyelvű tartalmi kivonat, készítés éve, konzulens(ek) neve) a BME VIK nyilvánosan hozzáférhető elektronikus formában, a munka teljes szövegét pedig az egyetem belső hálózatán keresztül (vagy hitelesített felhasználók számára) közzé tegye. Kijelentem, hogy a benyújtott munka és annak elektronikus verziója megegyezik. Dékáni engedéllyel titkosított diplomatervek esetén a dolgozat szövege csak 3 év eltelte után válik hozzáférhetővé.

Kelt: Budapest, 2021. 11. 16.

.....  
Nagy László Gergely

# Összefoglaló

A mai számítógépes zenekészítés során használt szoftveres hangszerek legtöbbször belső digitális algoritmus alapján állítják elő hangjukat, ám egyes esetekben szükségünk lehet valódi minták visszajátszására, melyeket akár mi magunk rögzítettünk. A sampler-hangszerek nevükből adódóan meglévő hangfájlokat használnak a kimenet előállításához, amelyek általában PCM-kódolásúak. Amennyiben mindez számítógépen belül történik, a virtuális stúdió technika (VST) szabványát használhatjuk. A szakdolgozatom célja egy olyan virtuális hangszer megvalósítása, amely egy dobfelszerelés több sávon történő felvételét a felhasználó által készített minták alapján képes reprodukálni.

A sokcsatornás hangfelvétel lényege, hogy a különböző forrásokról szeparált hangképeket kapjunk, amelyeket a későbbiekben külön-külön tudunk processzálni és keverni. A könyvtár elkészítéséhez közeli- és távoli mikrofonokat használunk, amelyeket a virtuális hangszer egyes kimenetei reprezentálnak. Lehetőségünk van a dobtettek hangolására, illetve hangok közötti logikai kapcsolat teremtésére, mint például a nyitott lábcin zárása vagy a cintányér megfogása. A hangszer a rendelkezésre álló mintaállomány alapján képes a hangokat az ütéserősség függvényében visszajátszani.

A dolgozatomban a fizikális- illetve számítógépes sampler-hangszerek történetét tekintjük át, majd megismerkedünk a soksávos hangrögzítés módszerével, a mikrofonok elhelyezésével, illetve az ehhez szükséges berendezésekkel is. Bemutatom a mintakönyvtár elkészítésének lépéseit, és egyaránt ismertetem a virtuális hangszer felépítését, illetve működését. Végezetül értékelem az elkészített virtuális hangszert és további fejlesztési lehetőségeket is javasolok.

# Abstract

Software instruments used in today's computer-based music production mostly generate their sound using an inner digital algorithm. However, in some cases we may need to play back real samples that we recorded ourselves. Sampler instruments, as their name suggest, use existing audio files to produce output, which are usually PCM-encoded. If all this is done by a computer, we can use the Virtual Studio Technique (VST) standard. The aim of my dissertation is to create a virtual instrument that can reproduce the recording of a drum kit on multiple tracks based on samples recorded by the user.

The essence of multi-channel recording is to obtain sound separated from different sources, which can be later processed and mixed separately. To create the library, we use near- and far-placed microphones, which are represented by each output of the virtual instrument. We have the ability to tune each drum shell and create logical connection between sounds, such as the closing of an open hi-hat or the catching of a cymbal. The instrument is able to replay the sounds depending on the velocity based on the available sample stock.

In my dissertation I review the history of physical and computer-based sampler instruments, then I present the method of multitrack sound recording, the placement of microphones, and the necessary equipment. I discuss the steps of creating a sample library and describe the structure and operation of the virtual instrument. Finally, I evaluate the virtual instrument and suggest further development opportunities.

# 1 Bevezetés

A sampler-hangszer nem más, mint egy olyan berendezés, amely valamilyen felhasználói interakcióra megszólaltat egy előre rögzített, pár másodperces hangfelvételt, ami történhet analóg- vagy digitális úton. A megszólaltatandó hangokat tartalmazó könyvtár állhat egyazon hangszer különböző hangjaiból, ekkor egy teljes paletta áll rendelkezésünkre több oktávon keresztül, de tartalmazhat egymástól teljesen különböző hangeffekteket is.

## 1.1 Történeti áttekintés

A korai hangrögzítés során az 1940-, 50-es években a felvételek elsődleges forrása az élő hang volt, legyen az vonós hangszer, gitár, zongora, akusztikus dob vagy vokál, amit mikrofonok segítségével rögzítettek mágnesszalagra. A különböző, elektromos kimenettel rendelkező hangszerek ekkor még csak kis számban terjedtek el.

A zeneiparban új ötlet volt a 40-es években, hogy korábban szalagra rögzített felvételeket mint forrás használjanak a komponálás során. Különböző hanghatásokat tudtak elérni a lejátszás sebességének változtatásával, vágással, illetve a szalag végtelenítésével. Talán a leghíresebb a Tom Dissevelt - Kid Baltan páros volt, akik ezzel a technikával készítették el egy kísérleti jellegű albumot, amelyről a Delta című tévéműsor főcímét is ismerhetjük.

Az efféle berendezés akár hangszerként is felfogható, hiszen szerves része lehet egy zeneműnek. Ennek továbbfejlesztése volt – ahogy azt a későbbiekben is láthatjuk – egy olyan eszköz, amely egyszerre akár több hangot is meg tud szólaltatni különböző mágnesszalagok lejátszásával.

Konstrukcióját tekintve a felhasználói felület lehet hagyományos zongorabillentyűzet, vagy különálló gombokból álló vezérlő (*launchpad*). Az egyes billentyűk- vagy gombok megnyomásakor az adott hanghoz tartozó mintát játssza vissza a hangszer. Ez lehet ideiglenes (csak a lenyomás ideje alatt szól a hang) vagy indításos (a billentyű nyomva tartásától független a végig játszás). Előbbit főként az analóg, utóbbit pedig digitális eszközök esetén használjuk. Az adat tárolási módjának függvényében egy hangszeren akár több hangzás is rendelkezésünkre állhat. Ez digitális



minták esetében egyszerűen megoldható, hiszen ott elegendő más fájlokat megnyitni, ám a szalagos technika idején többsávós szalaggal és különböző lejátszófejekkel oldották meg.

### 1.1.1 Analóg samplerek

Mint ahogy azt korábban említettem, kezdetben mágnesszalag volt az elsődleges adathordozó, a rajta tárolt adatot pedig egy olvasófej segítségével alakították elektromos jellé. A berendezés a billentyű lenyomásakor elindította az ahhoz rendelt szalagot, és hozzányomta a fejet, így a minta megszólalt.



1. ábra: A Chamberlin (1949-56) [1]

Az 1. ábrán a Chamberlin látható, ami az első elektro-mechanikusan működő analóg sampler-hangszer volt, egyben a Mellotron előfutára. Harry Chamberlin fejlesztette ki és szabadalmaztatta, majd az első modellt 1949-ben mutatták be, mely eredetileg otthoni szórakoztatásra készült.

Működését tekintve a Chamberlin minden egyes billentyűjéhez egy szalag volt rendelve, illetve az ahhoz tartozó olvasófej. Egy billentyűt lenyomva a mechanizmus a fejhez nyomta a szalagot, és elindította azt. Az így keletkező elektromos jelet felerősítve egy beépített hangszórón szólalt meg a hang. A billentyű elengedésekor a berendezés elemelte az olvasófejet, majd visszatekerte a szalagot.

Chamberlin Neumann U47-mikrofonokat használt az egyes hangszerek rögzítéséhez, a szalagra pedig dinamikusabályozott hang került, melynek hossza legfeljebb nyolc másodperc volt. A lejátszófej állításával 1951-től lehetőség adódott különböző hangszerek kiválasztására, így egy berendezésen többféle hangzás is rendelkezésünkre állt. [2]



2. ábra: Mellotron M400 (1970-77) [3]

A 2. ábrán a Mellotron látható, amely számtalan híres albumon hallható. Lényegében a Chamberlin továbbfejlesztése volt, elsősorban a hatékonyabb tömeggyártás végett.

Egy billentyű lenyomásakor a hozzá tartozó szalagot egy súly elkezd kihúzni a tároló rekeszből, és a mechanizmus az olvasófejhez nyomja. A hang elengedésekor a fej felemelkedik, és egy rugó visszahúzza a szalagot. A Mellotron rendelkezik egy hangszínválasztó kapcsolóval, amely segítségével a különböző hangszerek között választhatunk, sőt, akár többet is megszólaltathatunk egy időben. A lejátszás során a hangmagasság nem minden esetben tökéletes, beleértve az amplitúdó ingadozást, így minden egyes billentyűlenyomás némileg különböző hangzást eredményez. A Mellotron egy érdekessége, hogy a mechanizusból adódóan a billentyűt erősebben megnyomva a fej közelebb kerül a szalaghoz, így egy hangot elindítva később is változtathatunk a lejátszás hangerején. Ezt *aftertouch*-nak nevezzük. [4]

### 1.1.2 Digitális samplerek

Az első PCM-alapú digitális hangrögzítőt 1967-ben mutatta be a *Japan Broadcasting Corporation*, és az azt követő években folyamatos fejlesztés alatt állt az efféle adattárolás. 1979-ben elkészült a legelső digitális pop-album, amely 50 kHz-es mintavételezésű és 16 bit mélységű volt. [5] Ez a rögzítési lehetőség megannyi eszközben kiváltotta a rendkívül helyigényes, és bonyolult mechanikájú szalagos visszajátszást, így a samplerek körében is elterjedt. 1969-ben az EMS megalkotta az

első digitális mintákat alkalmazó hangszert, majd egyre szélesebb körben alkalmazták a technikát.

Talán az egyik legmeghatározóbb digitális sampler-hangszer a Fairlight CMI (3. ábra), amely egyszerre volt digitális szintetizátor, illetve zenei munkaállomás (*Digital Audio Workstation*). Magába foglalt egy digitális-analóg átalakítót, így a felhasználó saját maga is képes volt mintákat felvenni- és visszajátszani. Az adattárolásra 16 kByte memóriaterület szolgált, amire 8-24 kHz-es mintavételezéssel lehetett 8 bit felbontású digitális hangot rögzíteni. A felhasználói felület egy billentyűzetből, egy klaviatúrából, illetve egy érzékelő monitorból állt. A mintákat lehetőségünk volt szerkeszteni, beleértve a hangmagasság változtatását és a végtelenítést (loopolást) is. [6]



3. ábra: Fairlight CMI [7]

Az 1980-as években a számítástechnika fejlődésével egyre kisebb eszközök készülhettek, nagyobb tárhellyel, és jobb felbontású hanggal, így egyaránt mérvadóvá vált a hordozhatóság is. Egyes dobgépekben elterjedt a digitális minták használata, akár közvetlenül az analóg hangkeltéssel párhuzamosan, ahogy ez a Roland TR-909 dobgép esetében történt. Egyes szintetizátorok PCM hangmintákat használtak a hang indításához, de a lecsengést különböző algoritmusok segítségével valósították meg, ezzel tárhelyet megtakarítva. A különböző sampler-hangszerek körében pedig a gyári könyvtár helyett lényegesebb hangsúlyt kapott a felhasználó saját forrásának rögzítési lehetősége. A hordozhatóság érdekében, illetve a felhasználás módja miatt ezeken az eszközökön a megszokott zongorabillentyűzet helyett ún. launchpad található, ami egy nyomásérzékeny nyomógomb-mátrix.



4. ábra: Akai MPC2000 [8]

A 90-es évek egyik meghatározó samplere az Akai által gyártott MPC-széria, amelyet a cég a 80-as évek végén kezdett el forgalmazni. Ez az eszköz képes volt legfeljebb 13 másodperc hosszú hangminták rögzítésére. Az egyes felvételek egymásra vehetőek voltak (dubbing), illetve lehetőség volt ezek végtelenítésére és szerkesztésére is. A 4. ábrán a talán leghíresebb modell, az Akai MPC2000 látható.

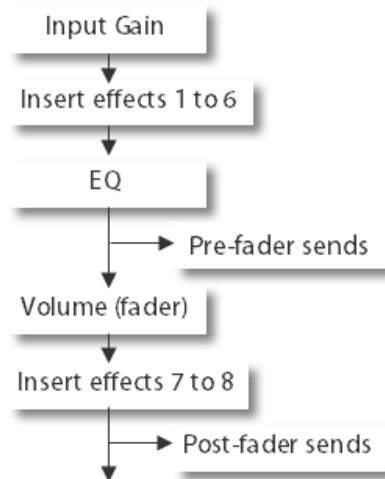
### 1.1.3 Szoftveres samplerek és a VST-szabvány

A hang digitalizálásának lehetősége és a számítógép-használat széleskörű elterjedése következtében a felhasználók a korábban analóg módon történő munkafolyamatot leváltva áttértek az „in the box”-keverésre és felvételre, vagyis a zenei munkaállomás (DAW) segítségével a számítógépen belül szoftveres úton szerkesztették a zenét, illetve processzálták a hangot – ahogy ez napjainkban is megszokott. Ennek számtalan előnye van. A már rögzített felvételek vágása és szerkesztése pillanatok alatt végrehajthatóvá vált, míg korábban a szalaggal manuálisan kellett mindezt megtenni. Ezen kívül egyre több effektet és hangszert valósítottak meg számítógépes úton.

A VST, avagy *Virtual Studio Technology* egy olyan, már-már szabvánnyá vált technológia, melyet a Steinberg nevű, zenei szoftverekkel foglalkozó cég fejlesztett ki, és virtuális hangszerek, hatások (effektek) létrehozására használható. [9] A szoftveren belül ezek ún. pluginként, vagyis beépülő modulként kapnak helyet, amelynek három fajtája az effekt, a hangszer, illetve a MIDI effekt.

A DAW-szoftverek hang csatornái a hozzájuk rendelt felvételeket játsszák vissza, majd egy – az analóg keverőpultokéhoz hasonló - láncon keresztül processzálják

ezeket, amelynek részei a hangszínszabályzó, útvonalválasztási elágazások, panoráma, fader, illetve az inzertek. Ez utóbbi esetén van lehetőségünk pluginok importálására (effektek inzertálására), amelyek a jelutató megbontva műveleteket végeznek el a hangon. Az előbb említett lánc az 5. ábrán látható.



5. ábra: DAW-csatorna felépítése [10]

A DAW-szoftver egy másik csatornatípusa az Instrument track, amely egy VST-hangszert működtet, ami számítógépes kotta vagy külső vezérlés alapján állítja elő a hang kimenetet.

A MIDI-effekt egy MIDI-csatornára illesztett modul, amely üzeneteket képes módosítani, vagy előállítani. Ilyen effekt lehet például a sequencer vagy arpeggiator, amelyek előre meghatározott hangokat bocsátanak ki periodikusan MIDI üzenetként.

A VST-hangszerek hangkeltése történhet számítógépes algoritmus segítségével, de használhatnak digitális, PCM-kódolású hangmintákat is, amik ez esetben a háttértárolón foglalnak helyet. A DAW-alkotta digitális kimenetet a hangkártya D/A konverterei segítségével alakítjuk vissza elektromos jellé, amit fejhallgatóval vagy hangfalakkal hallgathatunk.

A hangszer-pluginok lehetnek a fantázia szüleményei, de reprezentálhatnak egy valódi hangszert is, akár egy algoritmus, akár felvett minták alapján. Ez utóbbi bár tárhelyigényes, mégis sokkal jobb választás a hitelesség szempontjából, hiszen ekkor valóban az eredeti hangszer hangját halljuk. Ezen kívül fontos, hogy a játékerzet is hű legyen az eredetihez, beleértve a billentés érzékenységét, aftertouch-ot, esetleg hangok közti logikai kapcsolatokat. A felhasználó szempontjából a pluginok célja, hogy

helyettesítsék az eredeti hangszert, de egyszerre tökéletesen visszaadják annak paramétereit. Például egy Mellotront kevés stúdió engedhet meg magának, nem csupán az ára, de a ritkasága és mérete miatt is, így ezt helyettesítendő, egy számítógépes plugint használunk, amely akár a hangszer felvett mintáit használja, így hangja és játékerzete jól megközelíti az eredetiét.



**6. ábra: Mellotron VST-plugin [11]**

A virtuális hangszereket – ahogy korábban említettem - vezérelhetjük egy a DAW-ban megírt kottával vagy külső felhasználó felület segítségével, amely legtöbb esetben egy zenei billentyűzet. A kommunikáció mindkét esetben MIDI, amely magában hordozza mindazon paramétereket, amelyek a leütött hangot jellemzik. A VST-pluginekhez rendelkezésünkre áll egy belső felhasználói felület, ahol lehetőségünk van különböző paraméterek állítására. A 6. ábrán az Arturia-cég által fejlesztett Mellotron V-plugin kezelőfelületét láthatjuk.

## **1.2 A MIDI szabvány**

### **1.2.1 Eredete**

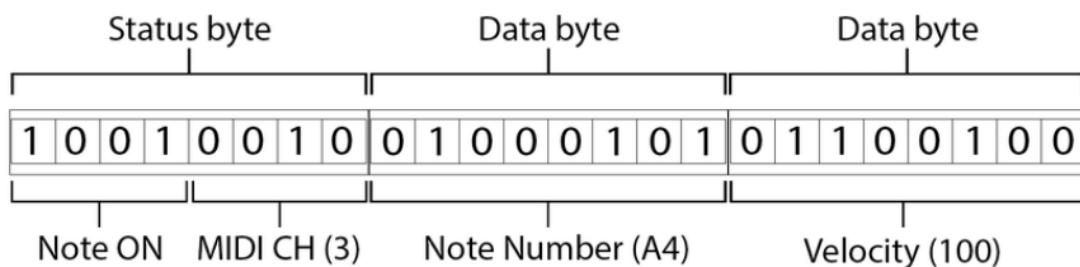
Már a korai években is szükséges volt, hogy különböző elektromos hangszerek és berendezések képesek legyenek az egymással folytatott kommunikációra. A legtöbb analóg szintetizátor külsőleg is vezérelhető, amelyre két bemenet szolgál. A CV (*Control Voltage*) a hangmagasságot, míg a *Gate* a hang bekapcsolását jelzi. Ez a

kommunikációs mód egyidőben csupán egy hang paramétereit tudja továbbítani, így kizárólag monofonikus szintetizátorok esetén alkalmazható.

A 80-as években a polifonikus szintetizátorok, hangmodulok és a számítógépes zeneírás egyre szélesebb körben való elterjedésével igény született egy olyan kommunikációs protokoll megalkotására, amely képes különböző üzeneteket digitális formában továbbítani az egyes berendezések között. A MIDI-kommunikáció specifikációját 1983-ban tették közzé, és hatékonysága következtében gyorsan elterjedt a különböző gyártók- és eszközök körében. Segítségével lehetőségünk van a zongorán leütött billentyűk összes paraméterét, illetve különböző vezérlő üzeneteket számokként, digitálisan továbbítani.

### 1.2.2 MIDI üzenetek felépítése

A MIDI egy aszinkron soros kommunikáció. Egy üzenet három nyolc bites szóból áll, amely egy státusz- és két adat bájtból áll. Előbbi az üzenet típusát, illetve a csatornát, míg utóbbiak a címet és az ütési erősséget jelölik. A 7. ábrán egy MIDI üzenet felépítése látható.



7. ábra: egy MIDI üzenet felépítése [12]

A típus meghatározza, hogy milyen művelethez rendelt paramétereket közvetítünk. Ez lehet egy billentyű lenyomása vagy felengedése (*Note On*, *Note Off*), programváltás (*Program Change*), de akár a modulációs kerék pozíciója is (*Control Change*). A MIDI-csatorna által megkülönböztethetünk hangszereket, hiszen a legtöbbször ez állítható, így akár 16 eszközre van lehetőségünk egy időben különböző üzeneteket küldeni- és fogadni tőlük. Az első adat-bájt meghatározza az üzenet címét, ezáltal tudjuk megkülönböztetni a hangokat, a hozzájuk tartozó ütési erősséget pedig a harmadik bájt tartalmazza. Az aszinkronitás miatt a szavak első bitje határozza meg az üzenet jellegét. Ennek egy különleges fajtája a *System Exclusive (Sysex)*, amely egy kezdő- és záró karakter között közvetít egyedi hosszúságú információt.

## 2 Hangrögzítés több sávon

A szakdolgozatom célja egy olyan VST-hangszer létrehozása, amely képes egy adott hangszerről készült többsávos felvétel minták alapján történő rekonstruálására. Ennek szerves része a hangrögzítés, hiszen a könyvtárt nekünk kell előteremtünk. A következőkben a többsávos felvételek elkészítésének és feldolgozásának lépéseit mutatom be.

### 2.1 A hangrögzítés összeállítása

A felvételi lánc minden esetben ugyanazon elemekből áll, melynek összetevőit a 8. ábrán láthatjuk. Akusztikus hangforrás esetén mikrofonok segítségével alakítjuk át a levegőben terjedő rezgéseket elektromos jellé. Ezt vezetékén keresztül juttatjuk az előerősítőbe, amely által beállíthatjuk a megfelelő jelszintet. Az A/D konverter digitalizálja a jelet, amit az interfészen keresztül a számítógép megkap és feldolgoz. Elektromos hangforrás esetén a mikrofon használata szükségtelen, ám az előfok ekkor is fontos szerepet játszik a megfelelő szintezésben. A visszajátszás során a szoftver kimenete a hangkártya D/A konverterén keresztül jelenik meg a kimeneten, amit fejhallgató vagy hangfal segítségével hallgathatunk.



8. ábra: A felvételi lánc elemei [13]



### **2.1.1 Rögzítő eszköz**

Az első többsávós hangrögzítők legfeljebb két hangcsatornát tartalmaztak, amit elsősorban a sztereó hanghatás eléréséhez használtak. Ekkoriban a stúdióban a zenekar különböző hangszereit egyszerre vették föl, a keverőpulton készre keverték a zenét és azt mágnesszalagra rögzítették. Akkoriban sokat használt technika volt az overdubbing, amely során a már a szalagon lévő jelet meghagyva rögzítettek rá újabb hangszereket. Ennek hátránya, hogy ezeket a felvételeket nincs lehetőségünk utólag különválasztani, így az eredmény végleges. A többsávós hangfelvétel lényege, hogy az egyes csatornákon különböző hangszerek, illetve az azokat rögzítő mikrofonok hangjai szerepelnek, így azok arányát és különféle paramétereit utólag is lehetőségünk van állítani.

Korunk digitális hangrögzítése sokkal több lehetőséget hordoz magában, mint a korábbi szalagos technika. Az analóg rögzítés esetén a csatornaszámot a szalag sávjai, és a lejátszófejek száma határozta meg, amelyeken a visszajátszás is történt. A számítógépes hangrögzítés esetén bár a csatornaszám az interfész bemenetei miatt korlátos, a visszajátszás a szoftveren belül végtelen sok sávon történhet, amelyek eredőjét egy sztereó hangkimeneten hallgathatjuk.

A digitális rögzítés egy hangkártyával vagy interfésszel történik, amely USB-n, FireWire-en, vagy Thunderbolt-on keresztül kommunikál a számítógéppel. Az eszköz adott számú be- és kimenettel rendelkezik, és általában magába foglalja a mikrofon-előfokokat, illetve konvertereket is, de ez utóbbi kettő önállóan is rendelkezésünkre állhat, külső berendezésként. Ekkor az előfok és a konverter digitális kimenetet állít elő, ami optikai úton csatlakozhat az interfészhez.

### **2.1.2 Mikrofonok**

A mikrofon a rögzítési lánc első eleme, amely a hangot elektromos jellé alakítja át. Három fajtáját különböztetjük meg: dinamikus, kondenzátor- és szalagmikrofon. Az egyes típusok működési elvéről rengeteg leírást találhatunk, ám felhasználási körükről annál kevesebbet.

A hangszerek rögzítése során a két legfontosabb paraméter, hogy milyen fajtájú, illetve típusú mikrofont használunk, és azt hogyan pozicionáljuk. Sok múlhat az elhelyezésen a hangzás-, többsávós felvétel esetén pedig a fázis szempontjából egyaránt, hiszen ha a mikrofonokba a forrás által keltett hullámok éppen ellentétes fázisban

érkeznek, részleges kioltás léphet fel elsősorban az alacsony frekvenciás komponensekben, míg a helyes elrendezés során a hullámok erősítik egymást, ezáltal sokkal erőteljesebb, teltebb hangzást eredményezve.

A gyártók az egyes mikrofonjaikat meghatározott felhasználási területekhez sorolják, mint például lábdobhoz, akusztikus gitárhoz vagy énekhez, de természetesen ez csak irányadás, így voltaképp ízlés kérdése, hogy a felhasználó mihez használja őket.

### **2.1.3 Felvétel helyszíne**

A hangzást elsősorban a helyszín határozza meg. Amennyiben egy jól csillapított stúdióban rögzítjük a hangszeret, a lecsengés minimális lesz, a hang pedig steril. Ez a felvételi mód elsősorban akkor előnyös, ha utólagosan szeretnénk visszhangot hozzákeverni a felvételhez egy effektprocesszor segítségével.

Egy nagyobb tér – például feljátszóterem, csarnok – esetében az utózungési idő hosszabb lesz, így a felvételen szerepet kap a terem hangja is, amit kiemelhetünk távoli mikrofonok elhelyezésével. A falak ekkor messzebb helyezkednek el a közeli mikrofonokhoz képest, így az elsődleges reflexió ideje nő, míg hangereje csökken és ezáltal sokkal tisztább hangképet kapunk.

## **2.2 Akusztikus dob mikrofonozása**

A szakdolgozatomban egy akusztikus dob fogok virtuálisan rekonstruálni, így a következőkben a hozzá tartozó mikrofonozás, illetve könyvtárkészítés lépéseit fogom ismertetni.

Olykor egy egyszerű felépítésű hangszeret is érdemes egyszerre több pozícióból felvenni, hiszen ekkor részletgazdagabb hangképet kapunk. Egy akusztikus dob viszont egyenesen megköveteli, hogy több csatornán rögzítsék, hiszen a hangszer összetettségéből adódik, hogy a különféle dobtetek és cintányérok bár remek összképet adnak egy sztereó mikrofonpár által, azok hangja kevésbé lesz konkrét és jól kivehető, mint közeli rögzítés esetén. Gondoljunk csak egy énekkórusra. Egy távolra elhelyezett mikrofonpár egy összképet ad, viszont mi az egyes szekciókat külön-külön szeretnénk processzálni és elhelyezni a térben.

A többsávós rögzítés csatornaszámát mind a rendelkezésünkre álló mikrofonok, mind az interfész bemeneteinek száma korlátozza, így érdemes tisztában lennünk ezen paraméterekkel és előtérbe helyezni a fontosabb felveendő alkotóelemeket.

### 2.2.1 Az akusztikus dob felépítése

Az akusztikus dob alapvetően dobtestekből és cintányérokból áll, de bizonyos esetekben tartalmazhat egyéb ütős hangszereket is, mint például kolompot vagy csörgőt. A 9. ábrán középen látható a lábdob (Bass Drum), amely a dobfelszerelés „alapköve”. Tőle balra található a pergődob (Snare), és a lábcin (Hi-Hats), felette, és a jobb oldalán pedig a tamok (Hi-, Medium-, Floor Tom). A cintányérok állványokról belógatva helyezkednek el (Crash-, Ride Cymbal). Az egyes alkotóelemek száma kötetlen, így egy dobfelszerelés tetszőleges számú cintányért és tamot, esetleg egy más hangolású pergődobot is magába foglalhat.



9. ábra: A dobfelszerelés részei [14]

A rögzítés során szükségünk van egy a teljes dobfelszerelésről alkotott sztereó hangképre, amely magába foglalja a feljátszóterem akusztikáját, és egyaránt szükséges a különböző dobtestek szeparált hangjának rögzítése, hogy lehetőségünk legyen ezek térben való elhelyezésére, illetve processzálására. Így a hangszer rögzítése során megkülönböztetünk közeli- és távoli mikrofonokat. A következőkben ezek tulajdonságait és elhelyezését mutatom be.

## 2.2.2 Közeli mikrofonok

A felvétel során - ahogy azt korábban említettem - a rendelkezésünkre álló interfész bemeneteinek száma korlátozza a felvétel részletességének mértékét, így a kevesebb csatornaszám kevesebb mikrofont jelent. Ekkor egy fontossági sorrendet kell felállítanunk a tekintetben, hogy melyek azok a források, amelyeket mindenképpen rögzíteni szeretnénk. Ez minden esetben egyértelműen lábdob és a pergő, illetve a későbbiekben tárgyalandó sztereó overhead, így a legkevesebb csatornaszám, amely egy akusztikus dobfelszerelés keveréséhez elégséges, négy. Nagyobb felvételi erőforrás esetén a tamokat és a lábcint is lehetőségünk van külön-külön rögzíteni, illetve több távoli mikrofont is kihelyezhetünk. A részletgazdagabb felvétel érdekében az egyes dobtesteket egyszerre akár több pozícióból is rögzíthetjük, ahogy azt a későbbiekben a pergődob esetén látni fogjuk.

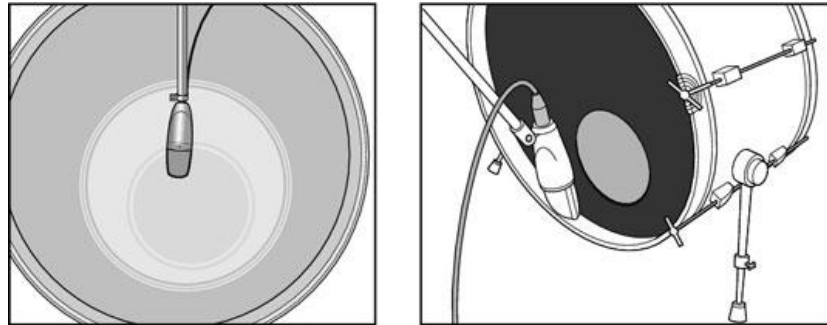
A dobtesteket – a lábdob kivételével - a dobos felé néző részük, vagyis az ütőbőr felől mikrofonozzuk oly módon, hogy azok ne zavarják őt a játékában. A felülettel 20-30°-os szöget bezárva érhetjük el a legteltebb hangzást a mikrofont a bőr közepe felé irányítva (10. ábra). Teltség alatt a mélyebb tónusú hangok nagyobb amplitúdóval való megszólalását értjük, amely során a mélytartomány részletgazdagabb, melegebb hangzást eredményez.



10. ábra: Ütőbőr felőli mikrofonozás [15]

A dobtestek a hallható tartományon belül mind sávkorlátozottak, a pergő sodronyán kívül egyik se tartalmaz magas frekvenciájú komponenseket, így ezeket dinamikus mikrofonokkal rögzítjük, amelyek a kisebb érzékenységük és tompább hangzásuk következtében megfelelőek erre a célra. A lábdobot a külső, ún. frontbőr felől mikrofonozzuk, a felületre merőlegesen, a bőrön kivágott kör alakú lyukba-, vagy elé helyezve (11. ábra). Mivel a lábdob hangja elsősorban alacsony frekvenciás

komponenseket tartalmaz, így az univerzális dinamikus mikrofonok helyett kifejezetten erre a célra készült lábdob-mikrofont alkalmazunk a jobb hangzás elérése érdekében.



**11. ábra: Lábdob mikrofonozása [16]**

A pergődob alsó, rezo-bőr felőli részén található a sodrony, amely a jellegzetes sistergő hangért felelős. Mélyebb testű pergők esetén az ütőbőrhöz helyezett mikrofon sodronytól mért távolsága miatt nem képes annak hangját felvenni, így ez esetben érdemes a pergő alját is bemikrofonozni, amelyhez kondenzátormikrofont használunk a nagyobb frekvenciájú komponensek jobb átvitele érdekében (12. ábra). Az ezen mikrofonhoz rendelt előfokon vagy a DAW-szoftver csatornáján ekkor szükséges a fázis 180°-os megfordítása, hogy a pergőütés esetén a két mikrofon azonos fázisban szóljon. Ez a módszer alkalmazható tamok esetén is, amennyiben vastagabb, teltebb hangzásra vágyunk. Ekkor elegendő egy dinamikus mikrofont használnunk, és szükség esetén aluláteresztő szűrő segítségével a nagy frekvenciás komponenseket csillapítva finomíthatunk a hangzáson.



**12. ábra: Pergődob rögzítése két mikrofonnal [17]**

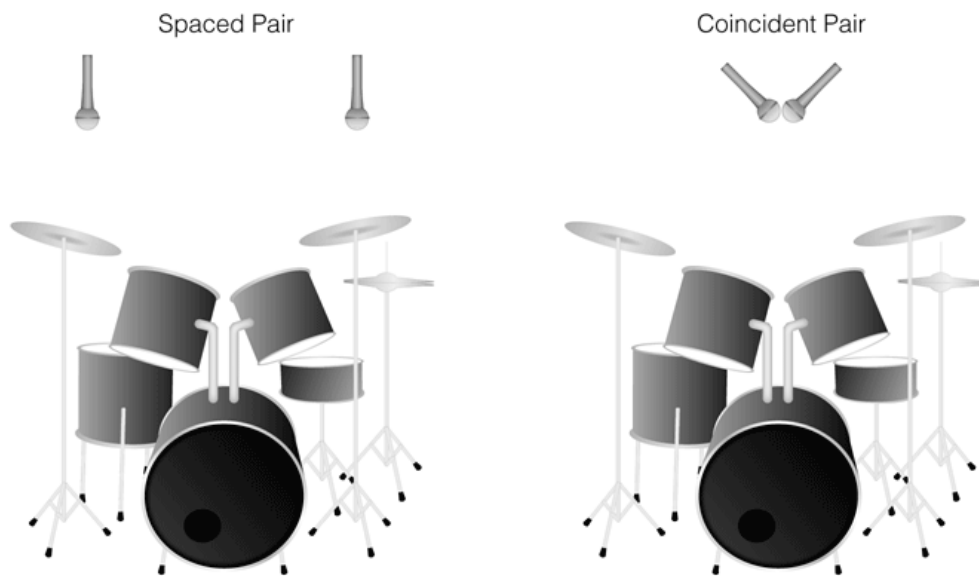
A lábcin-, beütő- és kíséző cintányérok közeli rögzítésére kondenzátor mikrofont használunk, mivel az részletgazdagabb hangzást biztosít a magas tartományban, és egyaránt érzékenyebb is. Sok esetben ezekre csak a sztereó hatás szélesebbé tétele érdekében van szükség, például a lábcint teljesen elpanorámázva az egyik, míg a kíséző cintányért a másik oldalra.

### **2.2.3 Távoli mikrofonok**

A közeli mikrofonokkal nyers, szeparált hangképet kapunk az egyes dobtestekről, azonban a cintányérok és a terem akusztikájának rögzítéséhez távolabb elhelyezett mikrofonokra van szükségünk. Ezek az overhead- és room mikrofonok, amelyek a távolságból adódóan kisebb hangnyomást szükséges, hogy elviseljenek, ám sokkal érzékenyebb, részletgazdagabb hangképet várunk tőlük, amely a teljes hallható tartományt lefedi. Így ezen pozíciók esetében kondenzátor- vagy szalagmikrofonokat alkalmazunk, mivel azok felelnek meg az előbbi elvárásoknak.

Mind a cintányérok, mind a dobtetek az ütőfelületükre merőlegesen bocsátják ki a legnagyobb amplitúdójú hullámokat, így ezeket közvetlenül a dobfelszerelés fölött rögzítjük ún. overhead mikrofonokkal. Ez az esetek többségében egy mikrofonpárt jelent, amely a keverés során szétpanorámázva sztereó hangképet ad a teljes dobfelszerelésről. Ennek egyik fajtája a Spaced Pair vagy AB (távolra elhelyezett pár), amely két, a dobfelszerelés szélei fölé helyezett kardioid iránykarakterisztikájú mikrofont jelent, a másik pedig a koincidens pár, amely két egymáshoz nagyon közel, ám más irányban elhelyezett mikrofonból áll (13. ábra). Ez utóbbi különböző összeállításokra bontható, melyek során az iránykarakterisztikát, az elhelyezést és a felvételi módot változtatjuk. A koincidens pár előnye az AB-val szemben, hogy mivel a mikrofonok kapszulái egymáshoz közel helyezkednek el, a hang fáziseltérése is minimális lesz köztük, míg az egymástól távolra elhelyezett mikrofonok esetén előfordulhat, hogy a távolságból, illetve a hang különböző frekvenciáinak terjedési sebességéből adódóan éppen ellenfázisban érkeznek az alacsonyabb frekvenciájú hullámok a két mikrofonba, ami mono- esetén kioltást, míg sztereó keverés esetén furcsa, kifordított hangzást eredményez. Ezen kívül gyakori eset, hogy a dobfelszerelés elhelyezkedéséből és a helység fizikai kialakításából adódóan más hangok érkeznek a két mikrofonba, például a lábdob az oldaltam által kitakarásba kerül az egyik oldalon, így ott halkabban szól, felborítva ezzel a sztereó hangzás egyensúlyát. Az overhead

mikrofonozás esetén amennyiben AB-t, más néven Spaced Pair-t használunk, érdemes a két mikrofont a pergőtől centiméter pontosan azonos távolságra elhelyezni, így annak hangja mindkét mikrofonba azonos fázisban fog érkezni, ezzel erősítve a hangzást. Azért a pergődobtól várjuk el ezt a tonalitás- és fázisbeli precizitást, mivel a legtöbb zenében minden második ütés a pergőn történik, illetve a dobfelszerelésnek talán a legmeghatározóbb eleme, így nagy hangsúlyt fektetünk a hangzására. A lábdob szintén hasonlóan fontos összetevő, de annak alacsony frekvenciás komponenseit a lábdobmikrofon hivatott leképezni, így az overhead mikrofonok esetén gyakran alkalmazunk felüláteresztő szűrőt ennek leválasztásához, ezzel is megakadályozva a mély hangok fázisbeli kioltásának lehetőségét.



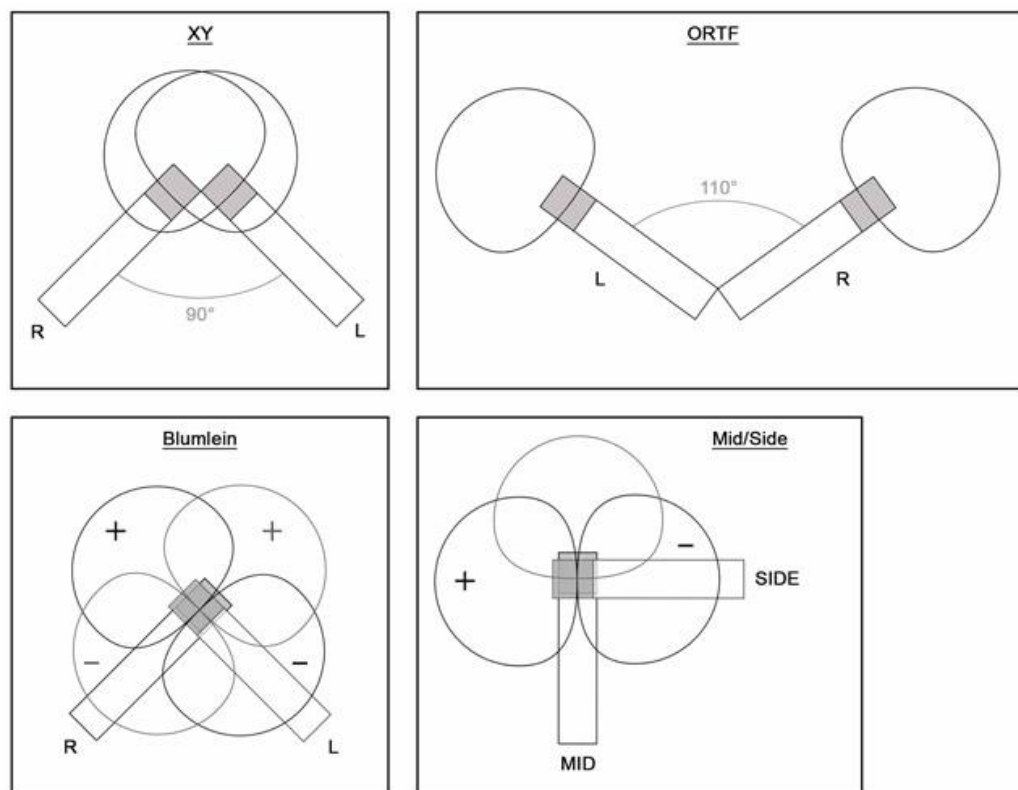
13. ábra: Overhead mikrofonozás [18]

A legegyszerűbb ko incidens mikrofonozási mód az XY, amely során kettő kardioid iránykarakterisztikájú mikrofont egymással  $90^\circ$ -os szöget bezárva helyezünk el úgy, hogy a kapszulák minél közelebb kerüljenek egymáshoz. Ekkor a bal- és jobb irányból érkező hangok más-más amplitúdóval érkeznek a mikrofonokba, ez által sztereó hatást keltve.

Az ORTF technika során két kardioid mikrofon  $110^\circ$ -os szöget zár be egymással, és a kapszulák közötti távolság 15-18 centiméter. Talán ez a módszer áll a legközelebb az emberi hallás reprodukálásához, így a gyakorlatban ez a technika a legelterjedtebb.

Blumein mikrofonozás esetén nyolcas iránykarakterisztikát alkalmazunk, és a két mikrofon kapszuláját szorosan egymás mellé helyezzük az XY-hoz hasonlóan úgy, hogy egymással derékszöget zárjanak be.

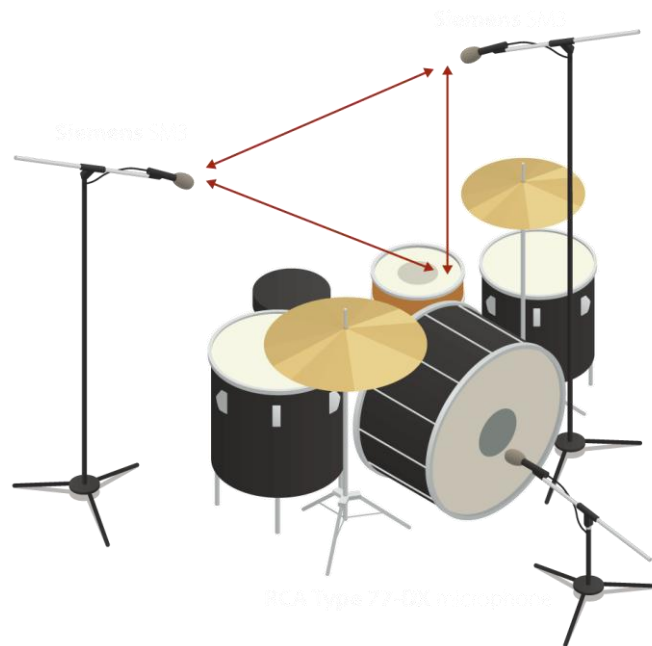
Egy érdekes sztereó felvételi mód a Mid/Side technika, amely egy mono- és egy sztereó komponensből áll. Ez utóbbiért egy nyolcas iránykarakterisztikájú mikrofon felel, amire merőlegesen előre nézve helyezkedik el egy kardioid mikrofon. A nyolcas mikrofont két hangcsatornára rögzítjük, amelyeket szétpanorámázunk, és az egyik oldalon 180°-os fázisfordítást végzünk. Ehhez a mono komponenst hozzákeverve sztereó hangképet kapunk. A fent felsorolt technikákat a 14. ábrán láthatjuk.



14. ábra: Sztereó mikrofonozási technikák [19]

Az overhead mikrofonozás egy speciális összeállítás a Glyn John-technika, amely során két kardioid iránykarakterisztikájú mikrofont alkalmazunk, az egyiket a pergő fölé, a másikat pedig az oldaltamhoz helyezve és mindkettőt a pergődobra irányítva, ahogy ez a 15. ábrán látható. Fontos megjegyezni, hogy a mikrofonok pergődobtól mért távolsága ez esetben is egyenlő kell, hogy legyen a fázishiba elkerülése végett.





15. ábra: Glyn John technika [20]

A felvételi helyiség akusztikájának visszaadására a dobfelszereléstől jóval távolabb elhelyezett ún. room-mikrofonok szolgálnak. A korábban felsorolt felvételi technikák ez esetben is jól alkalmazhatóak, de egyaránt kísérletezhetünk további módszerekkel, mint például a széles AB mikrofonozással, szorosan a padló fölé helyezett, vagy egyenesen a fal felé irányított mikrofonokkal.

#### 2.2.4 A mikrofonok és a VST-plugin kapcsolata

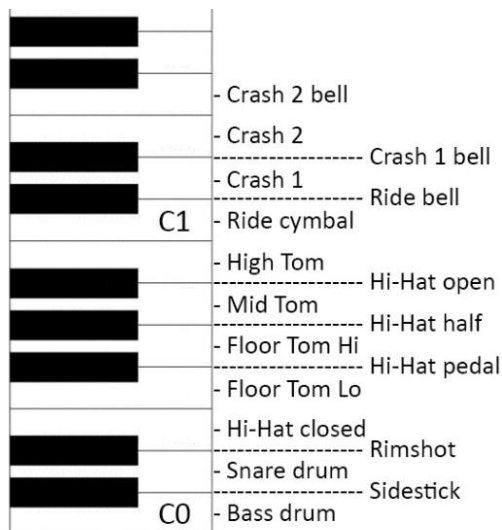
Többcsatornás felvétel készítése során a DAW-szoftverben annyi sávon rögzítünk, ahány mikrofont az összeállításunk tartalmaz. Ahhoz, hogy ezt sampler-hangszerrel valósítsuk meg, egy olyan mintakönyvtárra (*library-re*) van szükségünk, amely minden egyes mintája szeparáltan magába foglalja a mikrofonok jelét, melyek a plugin különböző kimenetein jelennek meg. Ezáltal, bár a hangszer bemenete MIDI jel, a végeredmény mégis megegyezik az élő felvétellel.

### 3 A könyvtár elkészítésének lépései

A virtuális hangszer a számítógép merevlemezén egy megadott elérési úton található fájlokat játssza vissza a billentyűk leütése esetén. Minden egyes hanghoz annyi csatorna tartozik, ahány mikrofonnal rögzítettük.

A legtöbb sampler VST-plugin esetén a gyártó a felhasználó rendelkezésére bocsát több könyvtárat is, amelyek különböző hangszerek mintáit tartalmazzák, így ezeket lehetőségünk van ízlésünk szerint változtatni. Az általam megvalósított plugin esetén amennyiben különböző könyvtárakból szeretnénk összeállítani egy egyedi dobfelszerelést, úgy megkötés, hogy ezek a könyvtárak kompatibilisek legyenek egymással, vagyis megegyezzen mind az elrendezés, mind a mikrofonozás, és ezáltal a csatornaszám is.

A hangszeren az egyes billentyűk tehát más-más hangot jelképeznek, amelyek kiosztását egy ún. drum map ábrázolja (16. ábra). Ennek elrendezése egyedi, ám célszerű egy általános sorrend szerint haladni. Egy dobtesthez vagy cintányérhoz akár több hang is tartozhat, amelyek különböző ütéstechnikákat vagy állapotokat különböztetnek meg, mint például a lábcin nyitottságát vagy zártságát.



16. ábra: Drum map

### 3.1 Felvétel menete

A library készítése során adott egy bemikrofonozott dobfelszerelés, amely különböző hangjait szeretnénk egyenként felvenni. Az egyes csatornákra a mikrofonok kimenete kerül rögzítésre, amelyek sorrendje és pozíciója a library készítése alatt kötött. A rögzítés során minden egyes hangot meg kell szólaltatnunk, amit a library tartalmazni fog. A felvételeket rendszerezniük és darabolniuk kell, apró korrekciókat elvégezve a hangon. Ezután a különböző mintákat előre meghatározott elnevezési szintaxis során a megfelelő alkönyvtárakba exportáljuk. Az elérési utat megadva a program feltallózza a könyvtárat, és a plugin készen áll a használatra a DAW-szoftverben. Ezen folyamat fázisait a 17. ábra mutatja.



17. ábra: Library készítésének lépései

Ahogy az élő hangszeren való zenélés esetén, úgy a pluginnal is lehetőségünk van az egyes hangokat különböző ütése erősséggel megszólaltatni, növelve ezzel a játék dinamikáját. Azonban a dob egyes alkotóelemei más tónussal szólnak gyengén, mint erőteljesen megütve. A pergődob esetén a sodrony csak a hangosabb ütések esetén szólal meg igazán, míg halkabb játéknál csak az ütőbőr hangját halljuk. Így szükséges a dinamika-skála különböző ütése erősségű mintákkal való feltöltése, amelyek logikai összeköttetéséről a későbbiekben lesz szó.

A könyvtár készítése során tehát egyenként kell végig haladnunk a dobtesteken és cintányérokra. Az ütések lecsengését – különösen a cintányérok esetén – egészen addig kell rögzíteniük, amíg annak hangja számunkra hasznos, vagyis egy minimális jelszint fölött marad. A következő hangot csak a lecsengés végeztével rögzíthetjük, hogy a hang indítása teljes csöndben történjen. Egy élő dobfelszerelés rögzítésekor az egyes mikrofonok között áthallás figyelhető meg, például egy pergőütés a tamok mikrofonjaiban is hallatszik, és ezt az utómunka során szokták kezelni, általában gate vagy expander segítségével, mivel nem kívánt jelenségről beszélünk. Felmerülhet a

kérdés, hogy a könyvtár készítése során miért nem orvosoljuk az egyes hangok esetén ezt a problémát az áthallás halkításával vagy némítással, hiszen a pergődob rögzítésének nem szerves része a tamokon lévő mikrofon. Azonban ahhoz, hogy egy dobfelszerelésről alkotott mintaalapú hangkép teljes mértékben tükrözze a valós felvételt, éppen ezek a paraméterek szükségesek.

A mintákat érdemes erősség szerint növekvő sorrendben felvenni, így a leghalkabttól a leghangosabb ütésig a korábbi ütésünk mint referencia szolgál. Az egy hanghoz tartozó különböző erejű ütések számát a részletesség igénye határozza meg. Például a tamok hangja kevésbé változik a dinamika függvényében, így azokról elégséges csupán két-három minta rögzítése. Feltétel, hogy minden hang esetén rendelkezésünkre álljon a leghangosabb ütés, mivel a program ebből kiindulva egy szorzótényezővel állítja elő a kisebb erősségű hangokat.

### **3.2 Minták darabolása**

Ha végeztünk a felvétellel, vagyis a drum map-en feljegyzett összes hangról elkészítettük a különböző ütéserősségű felvételeket, a következő feladatunk ezen minták különválogatása és feldarabolása. Ezt legegyszerűbb ugyanabban a DAW-szoftverben megtenni, ahol rögzítettünk. Célszerű az egyes hangokhoz tartozó mintacsoportokat a drum-map szerint egymás után helyezni, hogy könnyebb legyen az elnevezés, illetve hogy ne maradjon ki hang.

A mintáknak csak a hasznos részét hagyjuk meg, vagyis az ütés előtti és utáni csöndet, illetve az elhanyagolható hangerejű lecsengést eltávolítjuk. A hang indítása előtt pár milliszekundum helyet hagyunk, ahova egy fade-et (beúszást) teszünk, a hang végezte elé pedig hasonlóképp egy kiúszást. Erre azért van szükség, mert az összeállítás számos mikrofont tartalmaz, melyek zajszintje több csatornán összeadódik, így a plugin addig csendes kimenetű az egyes hangok indításakor hirtelen jelenne meg a zaj, a be- és kiúszással ez viszont kevésbé lesz észrevehető.



18. ábra: Egy hang felvétele

A 18. ábrán a bemutatás céljára készült könyvtár egy pergőütésének mintáit láthatjuk. A bal oldali sávban olvasható a csatornák elnevezése. Vegyük észre, hogy bár csak a pergődobot ütöttük meg, annak hangját a többi mikrofon is rögzítette, csupán más amplitúdóval. Egyértelműen a pergődob ütőbőr felőli mikrofonjából (SnareT) származik a legnagyobb jelszint, majd ezt követi a sodronyra néző mikrofon (SnareB). Ezen azért nem látszik a korábban említett fordított fázisú jel, mivel a csatorna előfokján rögzítéskor  $180^\circ$ -os fázisfordítást kapcsoltam. A lábdob-, lábcin- és tamok csatornáin aligha észrevehető a jel, míg a mid- és side mikrofonok esetén a távolságból adódó késleltetés figyelhető meg. Ez utóbbi mikrofonok bár messzebb vannak, mégis nagyobb jelszinttel rögzítették az ütést, mint a közelebb elhelyezkedő tam-mikrofonok. Ennek oka, hogy az előfokokon úgy állítottuk be a jelszintet, hogy a legnagyobb hangerő esetén körülbelül  $-3\text{dB}$  legyen a csúcs értéke, így a konverter biztosan torzításmentesen digitalizálja a hangot. A tam-mikrofonok értelemszerűen a tamokon való játék hangerejéhez lettek beállítva, ezért szólal meg rajtuk halkan a pergődob.

A következő hangfájlok az elektronikus mellékletben találhatóak. A fenti pergőtés hangját halljuk különböző pozíciókból rögzítve. Figyeljük a fent leírt különbségeket!

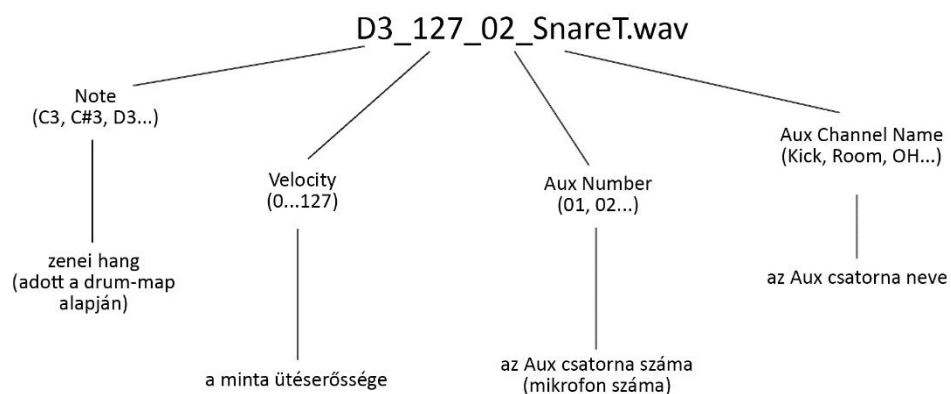
- ♪ snare\_from\_top.mp3: a pergődob ütőbőr felőli mikrofonja
- ♪ snare\_from\_side\_tom.mp3 az oldaltam mikrofonja
- ♪ snare\_from\_mid.mp3: a mono térmikrofon hangja

### 3.3 Minta paraméterek

A minták tetszőleges bitmélységű és mintavételezési frekvenciájú wav-fájlok, amelyek a könyvtárban belül almappákban helyezkednek el. Ennek oka a jobb átláthatóság. A mintákat elsősorban a zenei hang – vagyis a MIDI cím – alapján különböztetjük meg. Az azonos hanghoz tartozó minták közül a program az ütéserősségnek megfelelőeket választja ki, majd a mikrofonok száma alapján juttatja a jelet a plugin különböző kimeneteire.

### 3.4 Elnevezési szintaxis, mappaszerkezet

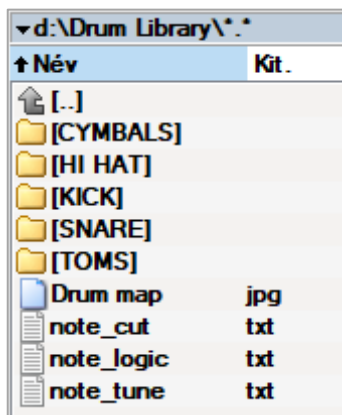
A mintaparaméterek tehát a zenei hang (MIDI cím), ütéserősség (*velocity*), illetve a mikrofon (kimenet) száma, amelyek a fájlok nevében megadott sorrendben foglalnak helyet. A DAW-szoftverből könnyedén exportálhatjuk az egyes mintákat, amennyiben az támogatja a többsávos mentést, amely során a hangokhoz tartozó mikrofonok nevét a csatorna elnevezése alapján, a sorszámot pedig mint futóváltozó tölti ki. Ez nagyban könnyíti a dolgunkat, hiszen így csupán a zenei hangot, illetve az ütéserősséget szükséges az exportálás során manuálisan átírnunk.



19. ábra: Elnevezési szintaxis

Az elnevezési szintaxis kötött, a különböző paramétereket alsóvonalás választja el egymástól. Az első paraméter a zenei hang, amely meghatározza az adott minta zongorán való elhelyezkedést, illetve a MIDI címet. Ezt követi az ütése erősség, majd az Aux kimenet száma, ami egyben a mikrofon sorszáma az összeállításban. A fájlnev utolsó paramétere az Aux-csatorna neve, ami alapján a program létrehozza és elnevezi az Aux-csatornákat.

Egy részletesen elkészített library akár több, mint ezer fájlt is tartalmazhat, amelyek rendszerezése elengedhetetlen az átláthatóság érdekében. Előfordulhat, hogy az exportálás során hibát ejtünk, és manuálisan kell megkeresnünk, illetve korrigálnunk azt. A rendszerezés során a főkönyvtáron belül alkönyvtárakat hozunk létre, amelyek mint kategóriák szolgálnak a fájlok tárolására. Egyedi mappát kapnak a pergődob, a tamok, a lábdob, a cintányérok, és külön a lábcin mintái. Ezek a 20. ábrán láthatóak.



20. ábra: A könyvtár mappaszerkezete

A főkönyvtárba ezen kívül három text-fájl kerül, amelyek az egyes hangok özi logikai kapcsolatok megteremtésére, illetve a későbbiekben részletezett hangolás paramétereinek létrehozására szolgálnak. Célszerű a library-hez egy drum map-et készíteni, amely a dob ütéseinek zongorabillentyűzeten való elhelyezkedését mutatja.

## 4 A dolgozathoz készült könyvtár dokumentációja

### 4.1 A dobfelszerelés

A szakdolgozatom bemutatásához készített könyvtár megalkotásához egy Pearl MLX shell szettet (22' ládbob, 13' és 15' tam), egy Tama PM306 pergődobot, és Paiste PST7 (14' lábcin, 16' és 18' beütő, 22' ride) cintányérokat használtam. A dobfelszerelés a 21. ábrán látható.



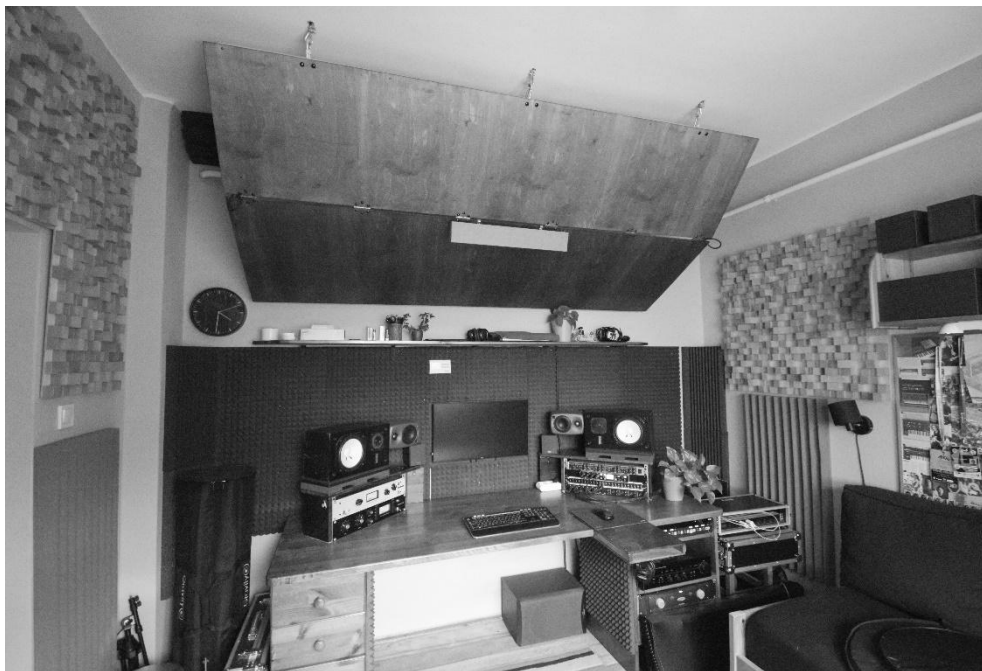
21. ábra: A könyvtár elkészítéséhez használt dobfelszerelés

### 4.2 A felvételi helyiség

A felvétel a házistúdióban készült, amely bár egy teljesen átlagos, négyzetes alapú szoba, alapvető akusztikai kiegészítőelemekkel rendelkezik. A dobfelszerelés alatt szőnyeg található, amely azonkívül, hogy meggátolja a dobtestek játék közbeni egymástól való szétcsúszását, remek csillapító a középmagas tartományban. A szobában a 21. ábrán látható dobfelszereléstől hátrébb egy fából készült terelőpanel található a fallal párhuzamosan, ami a felső sarkot takarja el. Ennek funkciója a rá eső hanghullámok oly módon való visszaverése, hogy azok ne érkezhessen vissza a forráshoz, ami jelen esetben a fenti hangszer. Ezen panel mellett



két oldalt a falon ún. *skyline*-diffúzor található, amely egy egyenes rétegelt lapra ragasztott azonos alapú, ám eltérő magasságú fakockákat jelent. A felület a fakockák eltérő mérete miatt rendkívül változatos mélységű, így a beérkező hanghullámok különböző irányban szétszóródva terjednek tovább, ezzel megtörve a két, eredetileg egyenes falfelületet. A párhuzamos felületekről való kölcsönös visszaverődések eredményeképp interferencia keletkezik, a diffúzor ennek létrejöttét akadályozza meg. A szoba mind a négy sarkában basszuscsapdák helyezkednek el, amelyek anyaga szivacs, és céljuk a középmély-frekvenciás hanghullámok elnyelése. Ezen kívül a számítógép felőli asztal mögött – ahol a monitorhangfalak is helyet kapnak – piramis hangszigetelőszivacs található a falra rögzítve. A szoba akusztikai elrendezése a 22. ábrán látható.



22. ábra: A szoba akusztikai elrendezése

### 4.3 Mikrofonozás és csatornakiosztás

Akár élő produkció-, akár stúdiófelvétel esetén fontos, hogy mindenekelőtt maga a hangszer kerüljön végleges elrendezésébe, ugyanis miután a mikrofonokat felhelyeztük, előfordulhat, hogy állítani kell a különböző dobtestek, illetve cintányérok elhelyezésén, ez pedig maga után vonja a mikrofonok újbóli beállítását. Ehhez hasonlóan a hangolást is érdemes minél előbb elvégezni, hiszen egyes mikrofonok útban lehetnek a dobos számára, amennyiben azok rálógnak az ütőbőrre.

A dobfelszerelés előkészítését követően elhelyezzük a mikrofonokat, majd hozzájuk csatlakoztatjuk a kábeleket. A felvételhez egy Roland UA-1010 Octa-Capture hangkártyát használtam, amely nyolc mikrofonbemenettel rendelkezik. A felvételi láncot dúsítva a pergődob felső- és alsó mikrofonját egy 500-as rack-ben elhelyezkedő IGS NE573, illetve SSL VHD Pre előfokokkal erősítettem a jobb hangzás érdekében, majd ezek kimeneteit a hangkártya két vonalszintű bemenetére kötöttem. A mikrofonozási elrendezés, a mikrofonok típusai, illetve a csatornakiosztás a 23. ábrán olvashatóak.

Csatorna száma	Pozíció	Elnevezés	Mikrofon
01	lábdob	Kick	Shure Beta52A
02	pergő ütőbőr	SnareT	Sennheiser MD421-U
03	pergő sodrony	SnareB	Neumann KM184
04	lábcin	HiHat	AKG C451B
05	felsőtam	Tom1	Shure SM57
06	oldaltam	Tom2	Sennheiser MD421-U
07	MS/közép	Mid	AKG C451B
08	MS/bal oldal	SideL	AKG C414 XLS
09	MS/jobb oldal	SideR	AKG C414 XLS

**23. ábra: A könyvtár csatornakiosztása**

Mielőtt hozzálátnánk a könyvtár alkotóelemeinek egyenként való feljátszásához, a mikrofonok, illetve előfokok beállításának mondhatni szerves része, hogy próbafelvételeket készítünk, amelyek során kiderülhetnek esetleges hibák, például egy mikrofon túl- vagy alulerősítése, vagy akár földhurok jelenléte a rendszerben, ami zúgó hangot eredményez. Lehetőségünk van az egyes mikrofonokat különböző pozíciókban kipróbálni, megkeresni azon elhelyezéseket, amelyek a számunkra legjobb hangzást eredményezik.

Az általam használt lábdob frontbőrén egy körülbelül 15 centiméter átmérőjű lyuk van vágva, amely a levegő ki- és beáramlására szolgál. Ez által nyitottabb hangzás érhető el, így ekkor a mikrofont érdemes közvetlenül a nyílás elé helyezni. Lábdobmikrofonként egy kifejezetten erre a célra készített Shure Beta52A mikrofont használtam, amely frekvenciaátviteléből adódóan a lábdob tónusának megfelelően

nagyobb amplitúdóval képezi le a kisfrekvenciás komponenseket. A mikrofon elrendezése a 24. ábrán látható.



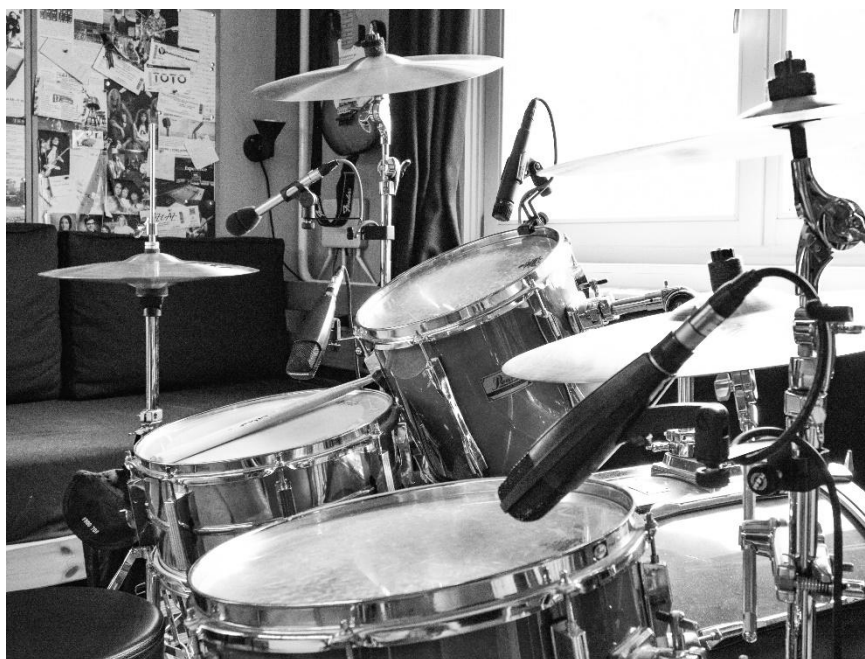
**24. ábra: A lábdobmikrofon elhelyezése**

A pergődob mikrofonozásához két mikrofont használtam, az ütőbőrhöz egy Sennheiser MD421-U, a sodronyhoz pedig egy Neumann KM184 mikrofont. Ez utóbbi esetén az előfokon bekapcsoltam a fázisfordítást, mivel ebbe a mikrofonba épp ellenfázisban érkezik a hang a bőr mozgásából adódóan. Az ütőbőrnél található MD421-mikrofon tartalmaz egy öt állású felüláteresztő szűrőt, amelyet a legkisebb szűrő fokozatba kapcsoltam, ezzel kissé csillapítva a számunkra fölösleges alacsony frekvenciás komponenseket. A pergődob mikrofonozásának elrendezése a 25. ábrán látható.



**25. ábra: A pergődob mikrofonozása**

A felsőtamhoz Shure SM57, az oldaltamhoz Sennheiser MD421-U, a lábcinhez pedig AKG C451B mikrofont alkalmaztam. Ez utóbbin 10dB-es csillapítást, illetve felüláteresztő szűrőt kapcsoltam a mikrofonon található mikrokapcsolók segítségével. A mikrofonok a 26. ábrán láthatóak.



**26. ábra Közeli mikrofonok a dobtesteken**

A távoli mikrofonozáshoz, vagyis a szobában keletkező visszaverődések rögzítéséhez a korábban tárgyalt Mid-Side-technikát alkalmaztam, amelyben egy AKG

C451B mikrofon képezte a mono összetevőt, és egy nyolcas iránykarakterisztikába kapcsolt AKG C414 XLS a sztereót. Érdeemes megjegyezni, hogy bár ezen technika során kétszer használjuk fel a sztereó összetevőt rögzítő mikrofon jelét, ezt a könyvtár készítésekor két különálló csatornára rögzítjük ahelyett, hogy csupán egy csatornán tárolnánk. Ez bevett szokás a Mid-Side-technika során, hiszen a sztereó összetevő két csatornájának éppen ellenfázisban kell lennie egymással, és a kijátszás során a csatorna új sávra történő másolását csak bonyolult összeköttetésekkel tudnánk megvalósítani.

Ezen technika alkalmazása esetén az elrendezés – mint sztereó mikrofonpár – irányítása a mono összetevő alapján történik, így a mi esetünkben a C451B mikrofonnak kell a dobfelszerelés felé néznie, hogy az alatta elhelyezkedő nyolcas iránykarakterisztikájú mikrofon oldalhelyes hangképet adjon. A mikrofonpár körülbelül 180 centiméter magasságban, a pergődobtól 2 méterre került felhelyezésre. Az elrendezés a 27. ábrán látható.



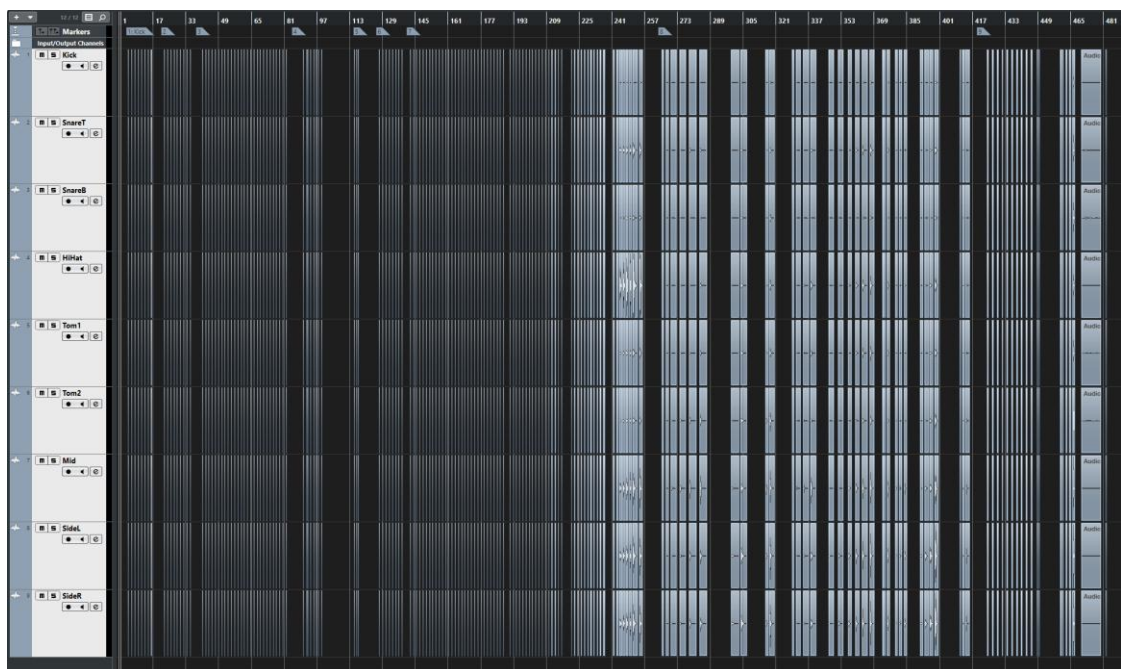
27. ábra: Mid-Side mikrofonozás

## 4.4 Rögzítés

A rögzítés során végig haladunk az összes felvenni kívánt hangon, amelyeket különböző ütéserősséggel szólaltatunk meg. Célszerű az egyes ütések a leggyengébbtől kezdve a legerősebbig haladva feljátszani, mivel ekkor az előző ütés, mint referencia szolgál. Az ütések lecsengését csupán számunkra hasznos ideig hagyjuk szólni, hiszen a könyvtár optimalizálása érdekében a minél rövidebb hangokra

törekszünk, illetve a hosszan lecsengő hangok elenyésző amplitúdóval megszólaló részét lehalkítjuk, illetve levágjuk.

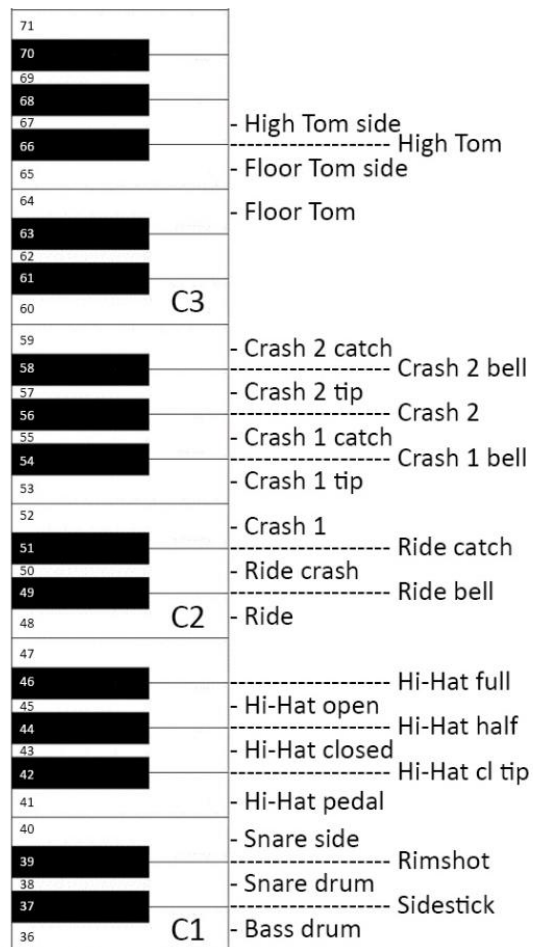
A rögzítés során lehetőségünk van olyan nem kívánatos hangok eltávolítására, amelyek egy valódi felvételnél jelen vannak. Az egyes dobtestek átvehetik egymástól a rezgést, és még akkor is megszólalhatnak, ha mi nem keltettünk rajtuk a hangot. Például egy pergőtűzés során a tamok kis amplitúdóval megszólalhatnak, és a lecsengésben ez zavaró tényezőként hat. Ekkor ezt a problémát tompítással orvosolhatjuk, amelyhez a dobtestek kávéira csíptethető filc anyagú tompítók, vagy akár egy pénztárca bőrre való helyezése segítség lehet.



28. ábra: A könyvtár Cubase-projektje

A 28. ábrán látható az általam készített könyvtár Cubase-projektje a felvétel és a szelektálás után. A különböző ütése erősségű mintákat a 3.2-fejezetben írtak alapján editáltam, majd a korábban tárgyalt elnevezési szintaxisnak megfelelően exportáltam. Megjegyzem, hogy a felvett minták közül nem mind került exportálásra. A hallhatóan azonos ütése erősségű-, illetve hibás felvételeket kihagytam. Az egyes hangokhoz tartozó, számunkra haszontalan információt tartalmazó mikrofonok hangjait sem exportáltam, ezzel csökkentve az erőforrások kihasználtságát, amelyről később, az 5.2-fejezetben lesz bővebben szó.

Az így elkészült könyvtár 674 fájlt tartalmaz és 147 MByte méretű. A fájlok wav-formátumúak, 24 bit felbontásúak, mintavételezési frekvenciájuk pedig 48 kHz. A hozzá tartozó drum-map a 29. ábrán látható.



29. ábra: A könyvtárhoz tartozó drum-map

A könyvtárhoz ezen kívül tartozik három text-fájl, *note\_logic.txt*, *note\_cut.txt*, *note\_tuning.txt*, amelyek a hangok közötti logikai összeköttetések, illetve hangolás implementálásához szolgálnak. Ezek működését a következő fejezetben részletesen ismertetem.

## 5 A hangszer logikai felépítése, működése

Először azt hinnénk, hogy egy sampler-hangszer feladata csupán a megfelelő minták felhasználói interakcióra történő visszajátszása, ám az akusztikus dobfelszerelés esetében fizikai kényszerek szabják meg, hogy az egyes hangok mikor és hogyan szólaljanak meg. Ezek olyan paraméterek, mint az ütése erősség szerinti visszajátszás, vagy a hangok közötti logikai kapcsolat, amelyek az eredeti hangszeren való zenélés során a valós játékerő szerkesztés részeit képezik, így szükséges ezek implementációja a plugin megvalósítása során. A következőkben a hangszer ezen elemeinek működését és megvalósítását fogom részletesen ismertetni.

### 5.1 A hangszer és a DAW kapcsolata

A hangszer egy beépülő modul, amelyet a DAW-szoftverben egy *Instrument track*-ként tölthetünk be. A program egy előre megadott elérési úton lévő pluginokat indításkor feltallózza, amelyek *Instrument Track* hozzáadásakor egy listából választhatóak. Megkülönböztetünk 32-, és 64-bites pluginokat a hangprocesszási bitmélység alapján. Ez utóbbi a VST3-szabvány 2009-es elterjedése óta érhető el, amely a processzor teljesítményének jobb kihasználását eredményezi.

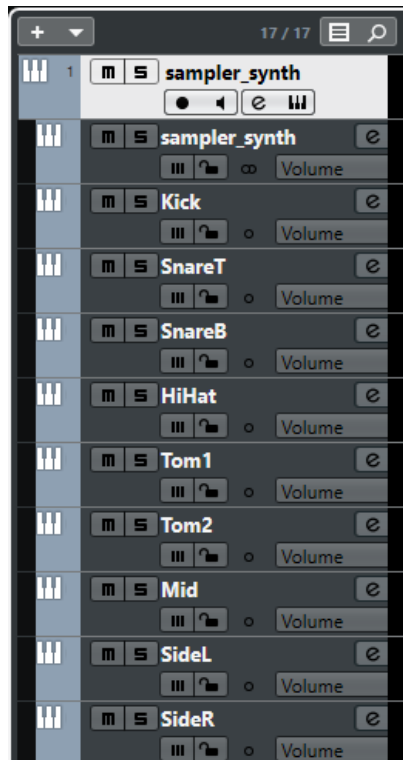
### 5.2 A hangszer be- és kimenete

Függetlenül attól, hogy a felhasználó egy külső billentyűzeten játszik, vagy a csatornán megírt kottát játsszuk vissza, a plugin minden esetben MIDI-hez hasonló üzeneteket kap, amelyek alapján előállítja a kimenetét. Ezek az üzenetek eltérnek a hagyományos MIDI kommunikációtól, például nem tartalmazzák a csatorna számát, viszont más, a szoftver által előállított változókat hordoznak, mint például a projekt hangolását (*tuning*).

A dobszintetizátor megvalósításához elégséges a billentyűk leütésének információját megkapnunk (*Note On*), hiszen egy valóságos dobfelszerelés esetén a zenész is csupán elindítja a hangokat. Kivételt képeznek azok a logikai összeköttetések, mint például a cintányér megfogása vagy a lábcin zárása, amely esetekben egy másik hang indítása megszakít bizonyos éppen aktív hangokat, hiszen a mi esetünkben a drum map-en ezek az interakciók mind más-más hangokhoz vannak rendelve.



A DAW-szoftverben a VST-hangszereknek minden esetben rendelkezniük kell egy sztereó főkimenettel. Erre általában azért van szükség, mert egyes szintetizátorok egy időben több hangszert is meg tudnak szólaltatni, és képesek azok arányát is szabályozni, ezáltal kevert hangot létrehozva. De egyaránt lehetőséget adnak a hangszereket különböző kimeneteken, szeparáltan is megszólaltatni – ahogy ez a mi esetünkben az akusztikus dob mikrofonjaival történik. Ezeket Aux-kijáratoknak hívjuk, amelyeket a DAW-szoftverben aktívvá kell tennünk egy erre szolgáló menüpontban.



30. ábra: Aux-csatornák megjelenése a DAW-projektben

A 30. ábrán az általam használt Cubase-nevű DAW-szoftverben láthatjuk a virtuális hangszerhez tartozó fő- és Aux kimeneteket. Legfelül található a sztereó főkimenet, alatta pedig az Aux csatornák sorakoznak, amelyeket a DAW aktiválásuk után tesz láthatóvá. Ezek magukba foglalják mindazon állítási lehetőségeket, amelyeket egy hagyományos Audio-track is, beleértve az effektek beszúrását, hangszínszabályozást, illetve panorámázást. A korábban tárgyalt elnevezési szintaxis alapján a program a fájlnevek utolsó része alapján nevezi el és hozza létre ezen csatornákat a könyvtár beolvasása után.

## 5.3 Ütéserősség állítása

A hangszer valóságú reprezentálásához szükségünk van az egyes ütések dinamikájának leképezésére. A felhasználó által leütött hang egy *Note On*-üzenetet küld, amely magába foglalja az ütéserősség (*velocity*) értékét, ami egy 0-tól 127-ig terjedő egész szám, az erősség függvényében növekedve. Ahogy azt korábban említettem, a gyenge- és erőteljes ütések között nem csupán a hangerő, hanem a hangszín is változik, így szükséges más-más minták visszajátszása a *velocity*-értékek függvényében. A mechanizmust először egy darab rendelkezésre álló mintán mutatom be, majd ismertetem a skála különböző ütéserősségű felvételek szerinti felosztását.

### 5.3.1 Egy rendelkezésre álló ütéserősség esete

Amennyiben egy zenei hanghoz mindössze egyfajta ütéserősségű minta tartozik, úgy ekkor kénytelenek leszünk a hangszínbéli eltérést figyelmen kívül hagyni, és az ütéserősséget, mint hangerőváltozást kezelni. Megjegyzem, hogy amennyiben a virtuális hangszert más olyan hangszer reprezentálásához használjuk, amelynél a hangok dinamikáját csak a hangerőbeli változás képezi, úgy ez a módszer, illetve csupán egy darab rendelkezésre álló minta kielégíti a hangszer igényeit.

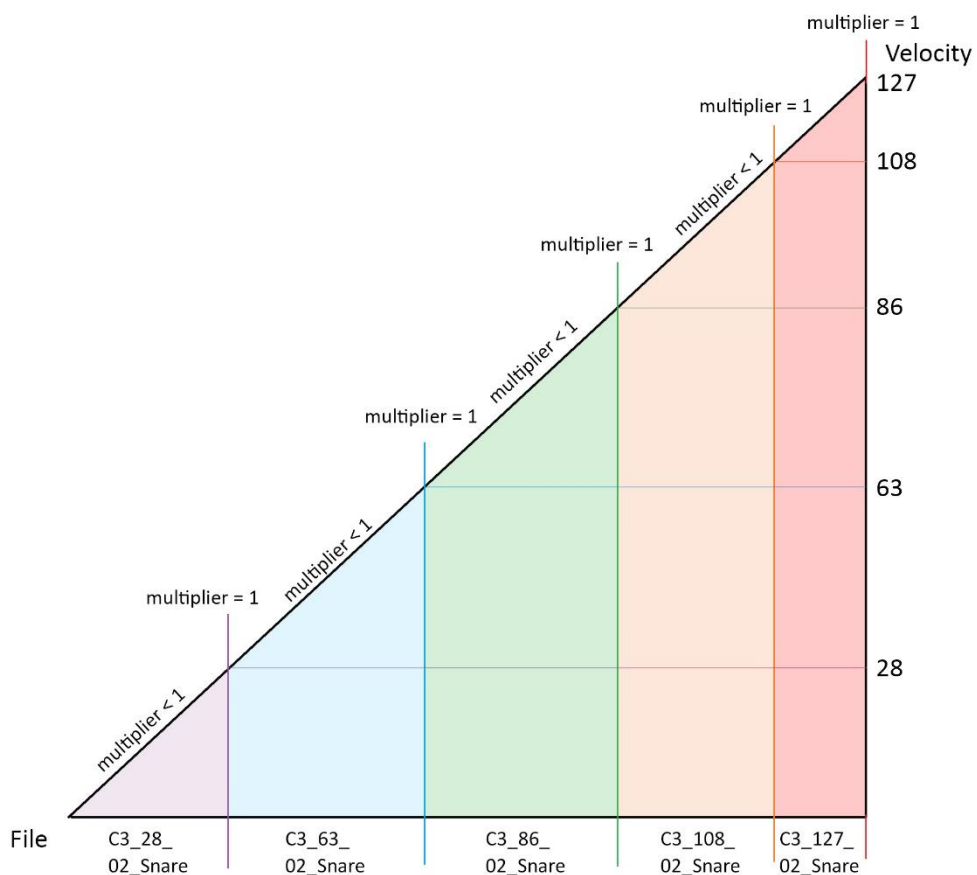
A megfelelő jelszintű kimenet előállításához egy szorzótényezőt használunk, amely értéke megegyezik a DAW-szoftverből távozó értékkel, ugyanis azok 0 és 1 közé normalizált lebegőpontos számok. Mivel a szorzótényező a legnagyobb, 127-es ütéserősség esetén veszi fel az 1-értéket, így az annál kisebb dinamikájú hangoknál, mint csillapító tényező tudjuk alkalmazni egy egyszerű szorzással. Emiatt van szükségünk a könyvtár elkészítésekor minden egyes hangból a maximális erősségűre. Így például ha egy hangot 63-as ütéserősséggel játszunk vissza, az egy 0.5-értékű szorzóval a logaritmikus mérték értelmében fele akkora hangintenzitással, vagyis az eredeti hang hangerejéhez képest 3.02 dB-lel halkabban fog megszólalni.

### 5.3.2 A skála több értékű felosztásának esete

Amennyiben egy adott hanghoz  $n$  darab, különböző ütéserősségű minta áll rendelkezésünkre, úgy a skálát feloszthatjuk  $n$  tartományra, amelyek határát az ütéserősségek értékei képezik, és a tartományok között a felső érték szerinti fájl kerül lejátszásra. Például egy 60-as, és egy 127-es ütéserősségű minta esetén a 0...60 tartományban a 60-as, a 61...127-es tartományban pedig a 127-es ütéserősségű minta

kerül lejátszásra. A szorzótényezőt itt is alkalmazzuk a hangerő állításához, viszont a tartományok határainál visszaállítjuk 1 értékre, hiszen a 60-as ütéserősségű minta hangereje ekkor maximális, azt csupán az annál kisebb értékek esetén kell csökkenteni.

A 31. ábrán egy pergőütéshez tartozó minták közötti felosztást láthatjuk az ütéserősség függvényében. A különböző színű tartományok más-más fájlt jelképeznek, amelyek a fájlnev alapján beolvasott ütéserősség szerint lettek felosztva. Az ábrán felül látható *multiplier* a szorzótényezőt jelöli, amely a tartományok határainál 1-értéket vesz föl, majd az ütéserősség értékével párhuzamosan csökken.



**31. ábra: Az ütéserősség függvénye**

A 31. ábra adatai alapján egy 75-ös ütéserősségű hang esetén a zöld tartományba eső, vagyis a C3\_86\_02\_Snare-nevű fájl kerül lejátszásra, amely gyors számolás alapján  $1 - (86 - 75) * \frac{1}{128} = 0.914$  -as szorzótényezővel fog megszólalni.

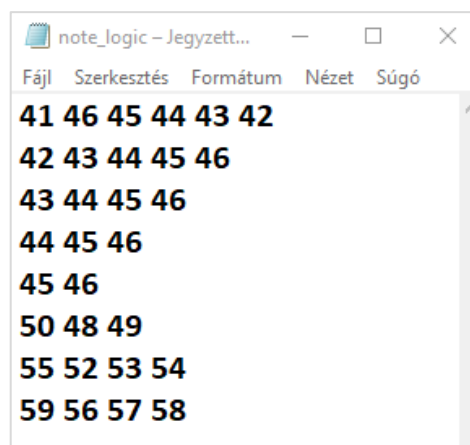
## 5.4 Hangok közti logikai kapcsolatok

Egy valódi dobfelszerelés esetén léteznek olyan fizikai kényszerek, amelyeket a virtuális hangszerben implementálnunk szükséges a valóság-hű reprezentálás érdekében. Az egyik kényszer a nyitott lábcin zárása, a másik pedig a cintányér megfogása. Mindkét esetben az éppen lejátszódó hangot kell elnémítanunk egy másik hang leütése esetén.

A lábcin nyitott állapotában megszólaltatott hangot felülírja a zárt, mivel a valóságban a kettő állapot nem lehet egyszerre jelen, így azok hangjai se szólalhatnak meg egyidőben. Tekintve, hogy zárt állapotában kizárólag rövid hangok megszólaltatására van lehetőségünk, így a zártból nyitott állapotba való áttérés esetén nincs szükség a némítás alkalmazására.

A cintányér megfogását, mint interakciót egy erre a célra hozzárendelt zenei hang lejátszásával kezdeményezhetjük, amely mögött nem áll fizikai adat, vagyis a lábcinnel ellentétben itt a váltáskor a plugin nem fog másik fájlt lejátszani. A megfogó-hang leütésekor a cintányér hangját egy időben exponenciálisan lecsengő szorzótényező segítségével némítjuk el, ezzel szimulálva a megfogást. Ennek mértékét, vagyis a lecsengés intenzitását a megfogó-hang ütéseerősségével állítjuk, így ha ez az érték nagy, úgy a cintányér rövid időn belül lecseng, míg ha kicsi, ez hosszabb ideig tart. Megjegyzem, hogy a lábcin zárása esetén is alkalmazható ez a mechanizmus, ezzel finomabb átmenetet eredményezve.

A hangszer egy szövegfájlból olvassa be, hogy mely hangok között kell logikai összeköttetést teremteni. A fájl elnevezése *note\_logic.txt*, tartalma a 32. ábrán látható.

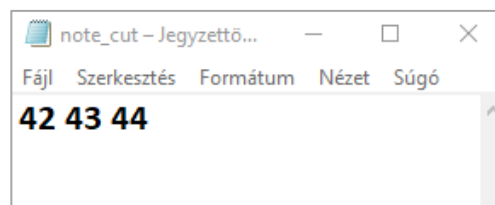


32. ábra: A logikai összeköttetések implementálására szolgáló text-fájl

A fájl beolvasása soronként történik, melyekben az első szám azt a hangot jelöli, amely leütése esetén az utána lévő számokkal jelölt hangokat a plugin elnémítja. A MIDI-kottához hasonlóan a zenei hangokat számként jelöljük, mivel a DAW-felől is így érkeznek az üzenetek. Szabvány szerint az egyvonalas C hangot (C<sup>1</sup>) a 60-as szám jelöli.

A program a 32. ábrán implementált logikai összeköttetéseket alapvetően exponenciális lecsengéssel valósítja meg, így például az éppen elhangzó 48-as hangot egy 50-es számú billentyű leütése egy olyan időállandójú szorzótényezőzű halkítja le, aminek mértéke az 50-es hang ütése erősségével fordítottan arányos, vagyis minél nagyobb az ütése erőssége, annál gyorsabban némul el az eredetileg megszólaló hang.

A lecsengés alkalmazása nem minden esetben szükséges, hiszen a lábcin zárása esetén fontos, hogy a zárt hang milyen ütése erősséggel szólal meg. Mivel ez kis érték is lehet, ekkor az éppen szóló nyitott lábcinhang csak enyhén lenne csillapítva, így egymásba szólnának, ami rontana a hangszer élethűségén. Ezen esetekben lehetőségünk van az exponenciális lecsengés kikapcsolására, amelyre egy másik, *note\_cut.txt*-nevű fájl áll rendelkezésünkre, amely tartalma a 33. ábrán látható. Ebben azon hangok számát kell felsorolnunk, amelyek elnémítása esetén nem kívánjuk a korábban implementált lecsengést alkalmazni.



33. ábra: *note\_cut.txt*

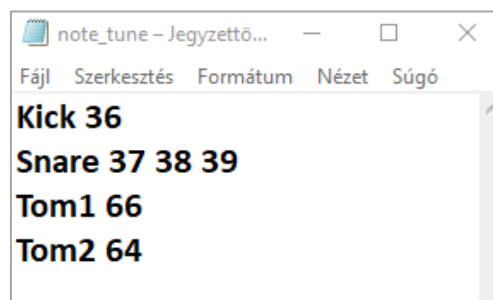
Az itt felsorolt hangok esetén a vele logikai összeköttetésben lévő megfogóhang lejátszásakor az eredetileg megszólaló hang azonnal elnémul, így például a nyitott lábcin-játék után egy közvetlenül, ám kis ütése erősséggel megszólaló zárt lábcinhang is a valóságnak megfelelően kerül lejátszásra. Hozzátenném, hogy ezen logikai összeköttetések megteremtése – beleértve a lecsengés használatát – a felhasználó feladata, így lehetősége van ezeket ízlés szerint beállítani.

## 5.5 Hangolás

Egy akusztikus dobfelszerelés rögzítése során a dobos, illetve a zenei producer megkísérik a legjobb hangzást előidézni a hangszerből, melyet a megfelelő dobtetek és cintányérok kiválasztása után hangolással érhetnek el, ami során a dobbőröket jobban megfeszítik a hangmagasság növelése érdekében, vagy lejjebb eresztik, amennyiben a felvétel mélyebb tónust kíván. Ennek állítására a felvétel elkészülte után már nincs lehetőség, hiszen utólag nem tudjuk szétválasztani a mikrofonok által rögzített hangot a dob egyes alkotóelemeire. Így még ha csak a kiválasztott dobtet mikrofonjának hangmagasságán állítunk egy arra a csatornára illesztett effekt segítségével, a többi mikrofon hangja akkor is változatlan marad, a dobtet eredeti hangolását meghagyva, így egyszerre két különböző hangolással hallanánk a hangot.

A virtuális hangszer lehetővé teszi a különböző alkotóelemek utólagos hangolását, hiszen a könyvtár elkészítésekor az egyes hangok felvételekor más hang nem szólalt meg, így azt elhangolva az összes mikrofon jelének hangmagassága változni fog, a könyvtár többi alkotóelemének hangolása pedig változatlan marad.

A hangolás beállítása VST-paraméterekkel történik, amelyeket a program egy a felhasználó által megadott *note\_tune.txt*-fájlból beolvassa a DAW-szoftverben elérhetővé tesz, így ezek akár lejátszás közben is állíthatóak. A szövegfájl tartalmát a 34. ábra mutatja.



34. ábra: A hangolás beállítására szolgáló text-fájl

A fájl a VST-paraméterek felvételére és a kívánt hangok hozzárendelésére szolgál. A fájlban minden sor egy VST-paramétert jelöl, a megnevezéssel kezdve, majd ezt követően azon hangok számát felsorolva, amelyek hangolását az adott paraméterrel szeretnénk állítani. Erre azért van szükség, mert egy dobtet több zenei hangot is magáénak tudhat, ahogy az a 2.3-fejezet 16. ábráján, vagyis a drum map-en a pergődob esetén láthatjuk, így ezen hangok számát a *Snare*-paraméter mögé felsorolva

lehetőségünk van az összes hozzá tartozó hangot egyszerre hangolni. Természetesen a felhasználónak lehetősége van ezek külön-külön történő hangolására újabb paraméterek felvételével.

A hangolás mértékét a DAW-szoftverben megjelenő paraméterlistán tudjuk állítani, ahol a 0-érték a hangolás alaphelyzetét jelöli, míg a -500, illetve +500-értékek a lefele, illetve felfelé való maximális elhangolási értékek, amelyek mindkét irányban egy kvart hangközt jelentenek. A számérték centekben értendő, ami az exponenciális tulajdonságú frekvenciaviszonyok, illetve zenei intervallumok logaritmikus skálában való lineáris kezelését lehetővé tevő mértékegység. Egy oktáv 1200 centből áll, amely alapján kiegyenlített hangolásban 100 cent ad ki egy félhangot. [21] Az általunk használt 500 cent öt félhangot jelent, így adódik ki a kvart hangköz.

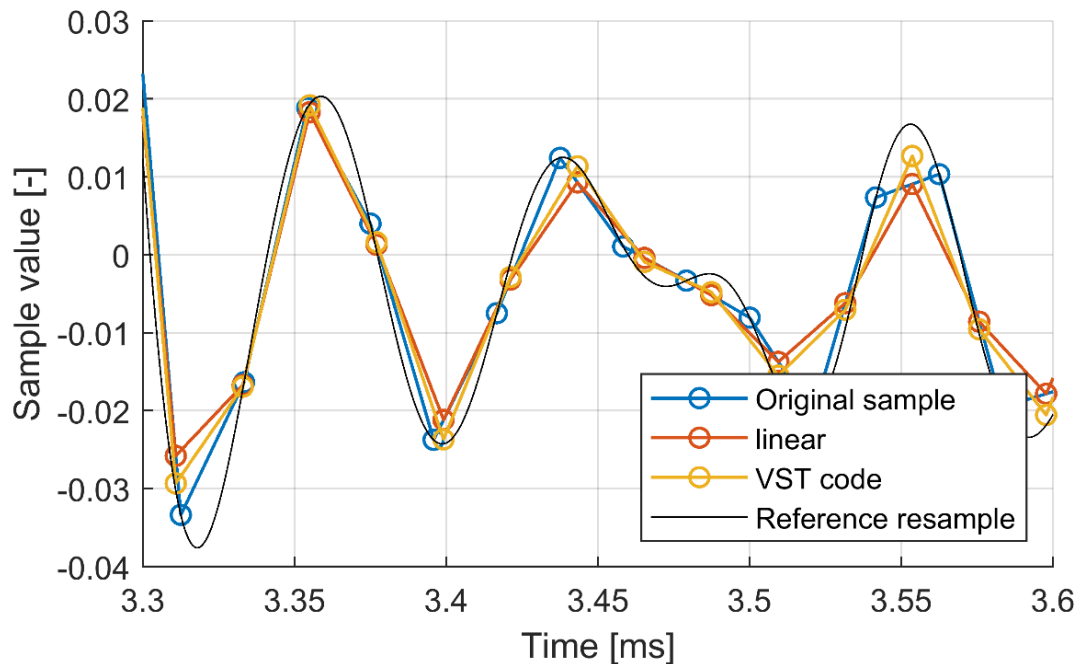
A hangolás módszere szorosan összetartozik a virtuális hangszer által alkalmazott *sample rate*-konverzióval, így előbb azt ismertetem.

## 5.6 Sample rate konverzió

Mint minden digitálisan mintavételezett hangfájlt, úgy az általunk készített könyvtárt is jellemez egy adott bitmélység, illetve mintavételezési frekvencia. Ezen paraméterek meghatározzák a könyvtárunk hangbéli minőségének részletgazdagságát. Az általam rögzített minták 24 bit felbontásúak és 48 kHz-es mintavételezésűek. Ideális esetben a DAW-szoftver is ezen paraméterekre kerül beállításra a projekt során, amiben a sampler-hangszerünket megnyitjuk, ám előfordulhat, hogy a könyvtár és a szoftver értékei eltérnek. A bitmélység nem okoz problémát, mivel a DAW beállításainál kisebb felbontás esetén az automatikusan nullákkal tölti ki a hiányzó biteket, ellenkező esetben pedig egyszerűen nem veszi figyelembe a túllógó értékeket. A mintavételezési frekvencia viszont gondot okoz, hiszen a hangkártya is a DAW-értékeit veszi fel, így az egy másodperc alatt megszólaltatott minták száma adott, így ha mi a 48 kHz-en mintavételezett mintáinkat 96 kHz-es *sample rate*-tel játsszuk le, a fájlok magasabb hanggal fognak megszólalni, hiszen a lejátszás kétszeres sebességgel történik. Ezt a virtuális hangszer kompenzálja, amelyhez *spline*-interpolációt alkalmaz.

Az előző példánál az általunk 48 kHz-en mintavételezett mintákat 96 kHz-en próbáljuk lejátszani. A nagyobb mintavételezési frekvencia adott idő elteltével több mintavételezett értéket jelent, jelen példánál épp kétszer annyit, így ezeket az értékeket valahogy ki kell töltenünk, meg kell jósolnunk. Az interpoláció matematikai közelítő

módszer, amely egy függvény nem ismert értékeire az ismert értékek alapján ad közelítést. [22] A *spline*-interpoláció során harmadfokú polinomok eredőjével közelítjük az eredeti jelet. Ennek demonstrálására szolgál a függelékben található Matlab-szkript, amely a különböző interpolációs eljárásokat hasonlítja össze egy ábra segítségével egy referenciaként szolgáló, az eredeti jelet egy megadott arány szerint újramintázott jellel.



35. ábra: A Matlab-szkript összehasonlító ábrája

A 35. ábrán láthatjuk ennek kirajzolt értékeit. Látható, hogy a plugin által használt interpoláció (VST code) jól közelíti a referenciajelet, míg a másik, lineáris interpolációs eljárás némiképp pontatlan eredményt ad, így jobban eltér a referenciajeltől. A programban a fájlok lejátszásakor egy konverziós függvényt hívunk meg, mely a *spline*-interpolációt magába foglalva, kiszámolja a köztes értékeket eltérő mintavételezési frekvencia esetén. A függvény az aktuális minta előtti egy, illetve az utána következő két érték alapján különböző együtthatók segítségével számolja ki a megfelelő kimeneti értéket. Mindennek megvalósításához szükségünk van egy lépésközre, amelyet a fájlok illetve a DAW mintavételezési frekvenciái közti arány képvisel. Erre azért van szükség, mivel a hangszer kimenetének előállításakor a mintákat alapvetően a saját mintavételezési frekvenciájuknak megfelelően léptetjük, így eltérő mintavételezés esetén az arány alapján kell állítanunk a léptetés sebességén. A 48



kHz-en mintavételezett példák 96 kHz-en való lejátszásakor a minták kiírását lassítanunk kell, erre szolgál a lépésköz, ami jelen esetben 0.5, így bár a minták indexelése értelemszerűen egész szám, mi mégis felenként léptetjük. Ezen kívül elő kell teremtenünk a köztes értékeket a konverziós függvény segítségével.

Az előző fejezetben tárgyalt hangolás állítására szintén a konverziós függvénnyel van lehetőségünk. Mivel a hangolás hangmagasságbéli változást jelent, ezt a mintavételezési frekvencia megváltoztatásával érhetjük el. Akárcsak a magnó idejében, amikor a szalag megnyúlása a hang mélyülését eredményezte, ekkor az eredetileg a szalagon lévő adat lejátszása a szalag hosszának növekedése miatt több időt vett igénybe, a frekvencia csökkenése pedig a hang mélyüléséhez vezetett. A mi esetünkben tehát a minták kijátszása közti idő növelésével érhetjük el a hangmagasság csökkentését, így a korábban definiált lépésköz értékét növelnünk kell, ellenkező esetben – a hangmagasság növelése érdekében – pedig csökkenteti.

## **5.7 Erőforrások kihasználtsága**

A hangolás és az esetleges sample rate-konverzió során minden egyes kijátszandó minta esetén meghívódik az interpolációt magába foglaló konverziós függvény. Könnyen kiszámolhatjuk, hogy a program az általam készített 48 kHz mintavételezésű, 8 csatornát magába foglaló mintakönyvtár egy hangjának lejátszásakor másodpercenként 384.000-szer hívja meg a konverziós függvényt. Mivel az különféle aritmetikai és hatványozási műveleteket foglal magába, a lejátszásra kerülő hangok számának függvényében nő a processzor kihasználtsága. Ennek különösen nagy jelentősége van magas mintavételezési frekvencia használatánál, hiszen az egyenesen arányos a konverziós függvény meghívásának számaival.

Természetesen a jobb számítógép paraméterek kedvezően hatnak a nagyobb mintavételezési frekvencián való lejátszásra, ám előfordulhat, hogy a virtuális hangszeren kívül más olyan effektet vagy hangszer használunk, amely szintén nagy számítás igényel, ezzel tovább növelve az erőforrások kihasználtságát.

A virtuális hangszer működése adott, így az egyetlen tényező, amellyel a processzor kihasználtságát csökkenthetjük nem más, mint a könyvtárunk optimalizálása. Ahogy azt a korábbiakban tárgyaltuk, a problémát az egyidőben lejátszott fájlok túlságosan nagy száma jelenti. Ezt elsősorban azon fájlok törlésével orvosolhatjuk, amelyek nélkülözése a hangzásban nem eredményez érdemi változást. Bár a hangszer

valóságghú leképzésének szerves eleme, hogy bármely hangkeltés minden egyes mikrofonban megjelenjen, ezt a keverés során, mint problémát kell orvosolnunk *gate* vagy *expander* segítségével. Például a felsőtam hangjának a pergődob mikrofonjába való beleszólása számunkra fölösleges információ, azt a keverés során megpróbálnánk minél hatékonyabban eltávolítani. A könyvtár készítésekor az efféle áthallásokat úgy küszöbölhetjük ki, hogy az adott ütéshez csupán azon mikrofonok hangját exportáljuk, amelyekben számunkra hasznos információ szerepel. Ezzel a módszerrel lényegesen csökken a könyvtár mérete, a benne található fájlok száma, és egyaránt csökken a processzor kihasználtsága, mivel a program kevesebbszer hívja meg a konverziós függvényt.

Tovább optimalizálhatjuk a könyvtárunkat a fájlok hosszának csökkentésével. Ennek elsősorban a cintányérok esetében van jelentősége, hiszen azok a többi hanghoz képest rendkívül hosszú ideig szólnak, többszörös megütésük során pedig hangjuk egymással átfedésbe kerül, ami során egyszerre hallhatjuk az összes éppen lejátszott cintányérhangot. A lecsengést egy fade-del, vagyis fokozatos halkítással, illetve a szakasz hosszának csökkentésével tudjuk mérsékelni. Természetesen a túlzott rövidítés életszerűtlen hangzáshoz vezet, így csak mértékkel javasolt ezen módszer használata.

## 6 VST implementáció, megvalósítás

A Steinberg cég által kifejlesztett VST szabvány lehetőséget ad egyedi effektek, illetve hangszerek implementálására. Ehhez a VST SDK (*Virtual Studio Technology Software Development Kit*) kollekción használjuk, amely szoftverfejlesztői eszközöket, illetve példa programokat nyújt a fejlesztők számára. Segítségével lehetőségünk van VST 3 formátumú effektek és hangszerek létrehozására, illetve azok DAW-ba való betöltésére. [23]

### 6.1 A VST fejlesztőkörnyezet

A program implementálása C++-nyelven történt Visual Studio 2019 fejlesztőkörnyezetben. A VST SDK önmagába foglal mintá plugin-okat, amelyek kiindulási alapként használhatóak fel a saját programunk megvalósításában.

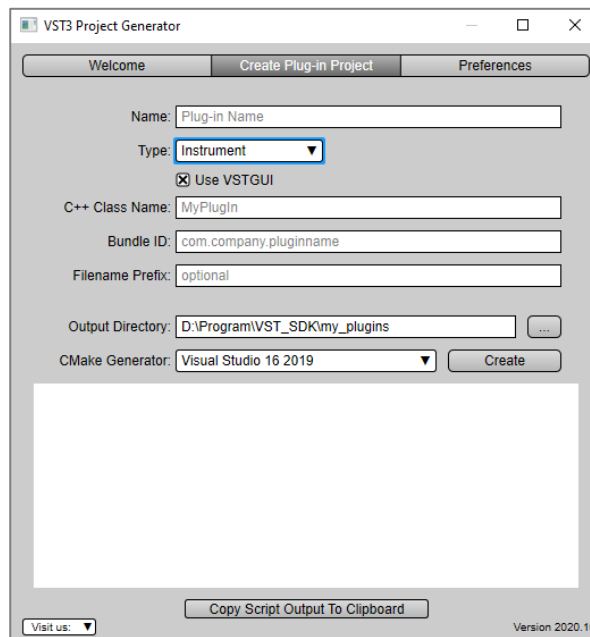
A plugin, amely forráskódja segítségül szolgált a virtuális hangszer elkészítésében a *Note Expression Synth*, amely egy számítógépes szintetizátor. Segítségével különböző hullámformájú hangokat szolgáltathatunk meg a billentyűzet segítségével, amelyek arányát, a rezonanciát, illetve lecsengési idejüket mind az effekt belső kezelőfelületén van lehetőségünk állítani. A plugin a 36. ábrán látható.



36. ábra: Note Expression Synth

A hangszer azért volt megfelelő kiindulási alap, mivel ebben több olyan függvény is implementálásra került, amely a különböző felhasználói beavatkozásokat hivatott lekezelní, legyen szó egy hang megütéséről vagy különböző paraméterek változtatásáról.

A saját virtuális hangszerünk kiinduló kódját egy *VST3 Project Generator*-nevű segédprogrammal van lehetőségünk legenerálni, ami a 37. ábrán látható. Ez létrehozza a plugin-t az általunk megadott névvel, és paraméterekkel, ám természetesen ebben még semmilyen processzási tevékenység nincs, hiszen ez csupán egy vázlat.



37. ábra: VST3 Project Generator

## 6.2 Könyvtár bejárása, adatstruktúra felépítése

A hangszerhez készített könyvtár beolvasásához az ingyenesen letölthető *Boost*-nevű könyvtárkészlet *Filesystem*-nevű könyvtárát használtam, amely segítséget nyújt a megadott elérési úton belül elhelyezkedő almappák bejárásához különböző iterátorok segítségével.

Az adatstruktúra létrehozásában a *mega-nerd* által készített *libsndfile*-könyvtár segített, amely a hangfájlok beolvasása során képes azok információit kigyűjteni, beleértve a fájl hosszát, illetve a mintavételezési frekvenciát. A könyvtár bejárása során minden egyes zenei hanghoz tartozó adatot egy osztály változóiként tárolunk. Az osztály egy objektuma magába foglalja mindazon információkat, amelyek a későbbi processzási során elengedhetetlenek, illetve a hangot jellemzik. Ide tartozik a *gain*-

változó, ami az ütéserősség állításához tartozó szorzótényező. A *decay* a korábban definiált, logikai összeköttetések során meghívódó némítási folyamat exponenciális lecsengéséhez tartozó szorzótényező. A *tuning*-paraméter az adott hang hangolását jellemzi, amely a *sample rate*-konverter bemenetének módosításával a hangmagasság változtatásáért felelős. Ezen kívül minden egyes hang-objektum rendelkezik olyan segédváltozókkal, amelyek bár hangonként adottak, mégis külső információ alapján változik a segítségükkel számolt érték. Ezek a *decayTimeConstant*, illetve az *offTimeConstant* változók. Az előző az exponenciális lecsengés mértékének irányadó egysége, amely alapértelmezetten egy másodperc. Az *offTimeConstant* pedig ugyanezen lecsengés esetén a hang kikapcsolásának idejének irányadó változója. Fontos megjegyezni, hogy bár ezek előre meghatározott értékek, az általuk történő elhalkulási, majd kikapcsolási folyamat egyaránt függ az ütéserősségtől.

### 6.3 A program legfontosabb függvényei

A DAW felől érkező *Note On* üzenetek magukban hordozzák mindazon információkat, amely a hang lejátszásának elindításához szükséges, beleértve a hangmagasságot, illetve az ütésérzékenységet. Egy újabb olyan hang leütése során, amely a logikai összeköttetésnek megfelelően elhalkít egy épp lejátszott hangot, akkor az adott hangot némító *mute*-függvényt hívjuk meg, amely a hangok adatbázisából lekérdezve a hanghoz tartozó státusz-változót exponenciálisan lecsengő, vagy elnémuló módba kapcsolja. A hangszerhez kapcsolódó, DAW-on belül hozzáférhető paraméterek állítása esetén az egy *event*-üzenetet küld a hangszer felé, amely magába foglalja az állítás paramétereit. Ezt a program lekezeli, és a megfelelő hang változóját az új, beérkező értékre változtatja. A hangok kiírására a *process*-függvény szolgál. Ez magába foglalja mindazon aritmetikai műveleteket és megállási feltételeket, amelyek a hangok beállítás szerinti megszólalásához szükségesek.

## 7 A plugin tesztelése

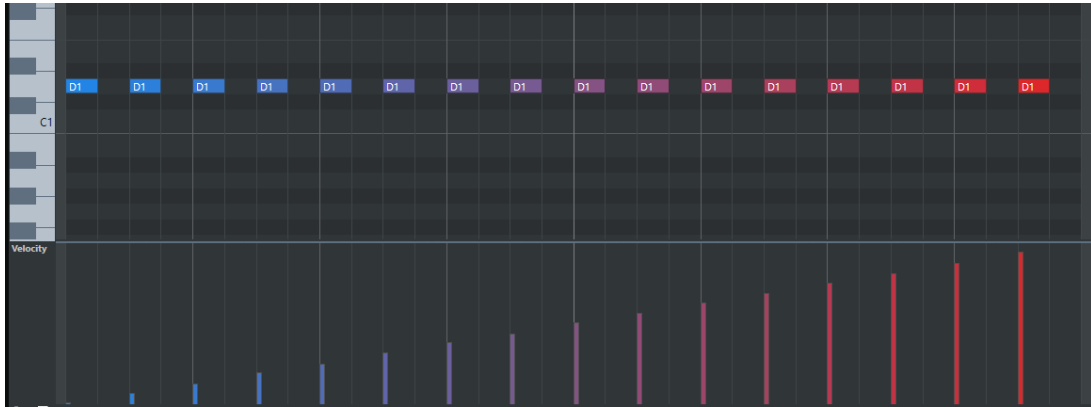
A plugin teszteléséhez a Steinberg cég által fejlesztett Cubase 10 nevű DAW szoftvert használtam. A hangszert megnyitva aktiváltam az Aux kimeneteket, amelyeket egy fül lenyitásával tehetünk láthatóvá, illetve a Mixerben is helyet kapnak, amely a 38. ábrán látható működés közben.



38. ábra: A hangszer kimenetei a Mixer-ben

Bal oldalt található a sztereó főkimenet, amely minden hangszernél kötelezően helyet kell hogy foglaljon. Mivel a mi esetünkben ez a csatorna használaton kívül marad – és nem is íródik rá ki adat – a lehúzott fader mellett nem látható kimenet. A többi csatornán rendre sorakoznak az egyes mikrofonok jelei. A jobb oldalt található Mid-Side-csatornák esetén a két oldalsó összetevőt két oldalra panorámáztam és a jobb oldalin fázisfordítást kapcsoltam. Ezen két mikrofon monó-összetevőhöz történő keverésével sztereó hangképet kapunk. A két tam-, illetve a lábcin csatornáját úgy helyeztem el a térben a panoráma segítségével, hogy körülbelül a dobos helyéről oldalhelyesen szólaljanak meg. Megjegyzem, ízlés kérdése, hogy a jobb- és baloldalt a dobos szemszögéből vagy a dobfelszereléssel szemről nézve tekintjük. Ez utóbbi esetben a fenti panorámázás éppen ellentétesen történik. A csatornák fadereivel egy olyan arányt próbálunk leképezni az egyes mikrofonok hangereje között, amely az adott keveréshez számunkra megfelelő.

A plugin egyes hangjainak teszteléséhez használhatunk külső, MIDI-zongorabillentyűzetet, de akár a DAW-ban is lehetőségünk van a hangszer csatornáján létrehozott kottán belül hangokat írni, illetve lejátszani. A különböző ütésekorosségek tesztelésére célszerű ez utóbbi módszert alkalmazni, és a kottán növekvő erősségű hangokat egymás után sorra megszólaltatni. Egy ilyen kotta látható a 39. ábrán.



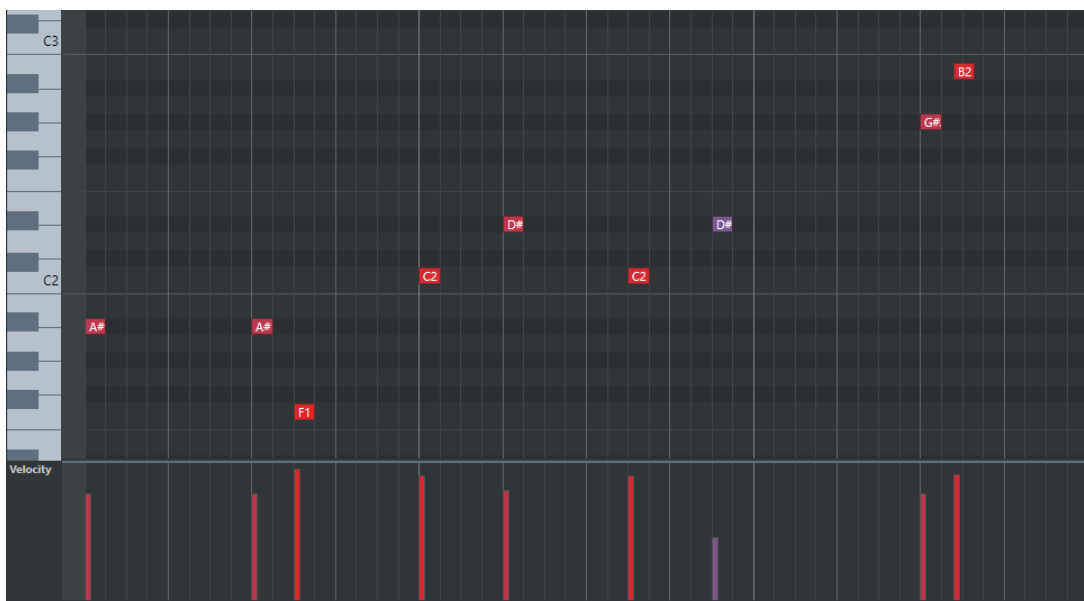
39. ábra: Ütésekorosság-teszt

A kék hang jelöli a kis-, a lila a közepes-, a piros pedig az erőteljes ütésekorosséget. A hangok alatti sávban látható ennek emelkedő mértéke. Ebben a példában a D2 hangot szólaltattuk meg különböző ütésekorosséggel. Ennek sztereó, kevert hangját a következő, digitális mellékletben megtalálható fájl tartalmazza:

♪ velocity\_test.mp3: pergódob ütések emelkedő erősséggel

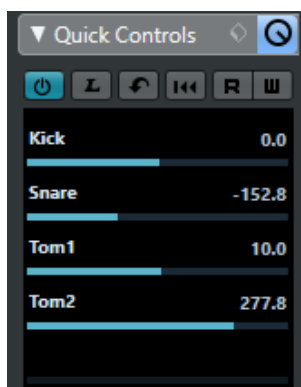
Az exponenciális lecsengés teszteléséhez különböző hangokat a hozzájuk tartozó megfogó-hanggal, vagy a logikai összeköttetésben implementált némító hanggal hallgattatunk el különböző ütésekorosséggel. A 40. ábrán a hangszer ezen paramétereinek tesztelésére szolgáló kotta látható. Először egy nyitott lábcin hangot hallunk, majd ezt újra megszólaltatva összezárjuk a lábcint. Ezt a kísérő cintányér követi, először erős megfogással, másodszor pedig gyengén, hosszabb lecsengéssel. Majd a végén az egyik beütő cintányért fogjuk meg közvetlenül a megütése után. Ezeket a következő mellékelt fájlban hallhatjuk:

♪ note\_catch\_test.mp3: logikai összeköttetések tesztelése



40. ábra: Logikai összeköttetések tesztelése

A DAW-szoftverben a könyvtárban található *note\_tuning.txt*-fájl alapján a program elérhetővé teszi a VST-paramétereket, melyek segítségével a kívánt dobtetek hangolhatóak. A Cubase-ben a Quick Controls-menüben lehetőségünk van ezen paraméterek felvételére, ezzel közvetlen hozzáférést biztosítva az állításhoz, amennyiben a projektben a hangszer ki van választva. Ez az ablak a 41. ábrán látható.



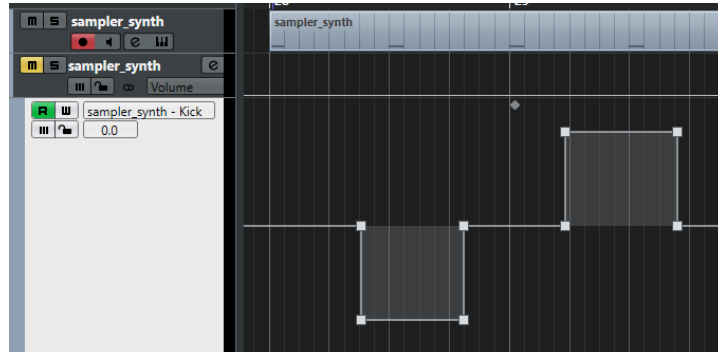
41. ábra: A Quick Controls ablak

Bár a hangolás egy felvétel során – még ha utólag meg is változtatjuk – konstans, módunk van ennek automatizálására, amely során egy erre szolgáló sávban adhatjuk meg, mikor és hogyan változzanak meg ezen értékek. Ennek segítségével tesztelhetjük a hangolás mértékét. Az alábbi, digitális mellékletben megtalálható hangfájl a pergődob, majd egymás után a két tam hangolását demonstrálja. Mindhárom esetben először az eredeti hangolásban halljuk őket, majd csökkentjük a



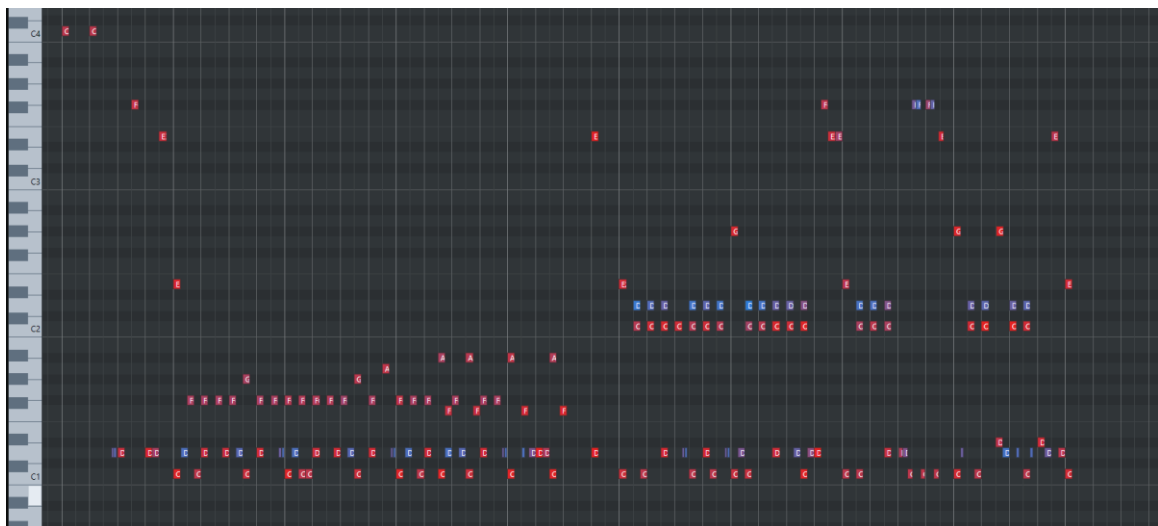
hangmagasságot, ezt követően ismét az eredeti hangolás következik, és végül növeljük a hangmagasságot. A teszteléshez használt automatizálás a 42. ábrán látható.

♪ tuning\_test.mp3: a hangolási paraméterek tesztelése



42. ábra: A hangolás automatizálása teszteléshez

A virtuális hangszer végleges teszteléséhez egy, a könyvtár készítése során előre rögzített játékot próbáltam meg a plugin segítségével reprodukálni. A különböző ütések mind a könyvtárban található hangok szerint helyettesítettem, és közelítőleg igyekeztem hasonló ütéserősséggel megszólaltatni azokat. Ennek MIDI-kottáját a 43. ábrán láthatjuk.



43. ábra: A rögzített játék MIDI-kottája

Megjegyzem, hogy bár a felvétel és az általam írt kotta azonos tempójúak, az élő felvétel esetén minimális ingadozást tapasztalhatunk, amely természetes jelenség. A MIDI-kotta szerkesztésében létfontosságú, hogy számoljunk az ember-tényezővel, vagyis hogy az egyes hangok olykor ne legyenek tökéletesen időzítve, ezzel is jobban közelítve a valódi játék érzetét.

A digitális mellékletben megtalálható az eredeti, valódi dobfelszerelésen feljátszott hanganyag, illetve annak virtuális hangszerrel reprodukált változata is:

♪ drum\_pattern\_live.mp3: az eredeti, általam rögzített játék

♪ drum\_pattern\_plugin.mp3: a plugin által reprodukált változat

Az élő dobfelszerelés esetén mindazon csatornákon, amelyeken nemkívánatos áthallás jelentkezik, zajzáró (*gate*) használtam, amely a hangot egy adott jelszint alatt elnémítja, ezzel hangerő szerint kiszűrve a számunkra fölösleges információkat. Ez a jelenség a virtuális hangszer esetén nem jelentkezik, mivel a könyvtár optimalizálása során csupán a számunkra hasznos információt tartalmazó mikrofonok hangját exportáltuk az egyes zenei hangok esetén. A mikrofonok hangerejének arányai, illetve a hangszínbeli beállítások csatornánként megegyeznek az élő dob, illetve a plugin esetén.

Észrevehetjük, hogy a valós dobfelvétel nagy frekvenciás komponensei némileg nagyobb amplitúdóval szólnak meg, ezáltal nyitottabb hangzást eredményezve. Ehhez képest a virtuális hangszer hangzása sokkal tisztább, sterilebb. Ennek oka, hogy ez utóbbi során a könyvtár nem tartalmazza azon áthallásokat, amelyek az élő felvétel esetén jelen vannak. Mivel ezeket elsősorban cintányérok okozzák – amelyek a magasabb frekvenciatartományban szólnak – ezért hallatszik a valódi felvétel nyitottabbnak. Ez körülbelül 2-3 dB-es magas tartományban történő emeléssel orvosolható.

## 8 Összefoglalás

A szakdolgozatomban egy olyan virtuális hangszerzt valósítottam meg, amely egy zeneszerkesztő programban megnyitva képes egy általam készített dobkönyvtár hangjainak több sávon történő visszajátszására. A könyvtár készítése során a dobfelszerelést bemikrofonoztam, majd egyenként rögzítettem a szükséges hangokat, amelyeket a későbbiekben szétválogattam, és a meghatározott elnevezési szintaktika szerint exportáltam őket. Az így elkészült plugin a hozzá készült könyvtárral együtt egy zeneírásra alkalmazható virtuális hangszerzt képez.

### 8.1 Az elkészült hangszer értékelése

A virtuális hangszer a DAW-ban megnyitva beolvassa az általam készített könyvtárat, és az abban található fájlok alapján létrehozza a megfelelő számú- és nevű aux csatornát, amelyek aktiválás után lesznek láthatóak. A hangszer a leütött vagy leírt hangoknak megfelelő mintákat játssza vissza a kívánt ütéserősséggel a különböző aux-kimenetekre. A hangok közötti logikai összeköttetések a könyvtárhoz mellékelt szövegfájlban leírt értékek alapján kerülnek megvalósításra, melyek során egy éppen elhangzó hang egy másik billentyű leütése esetén a felhasználói implementálásnak megfelelően fokozatosan elhalkul, vagy rögtön némításra kerül. A különböző zenei hangok hangmagasságának változtatására egy erre a célra szolgáló text-fájlban leírt paraméterek alapján a program VST-paramétereket hoz létre, amelyek értékét a DAW-ban állíthatjuk. Ezekkel lehetőségünk van a hangmagasság csökkentésére, illetve növelésére egyaránt.

A virtuális hangszer segítségével egy általunk bemintázott dobfelszerelés – vagy egyéb hangszer – valós időben megszólaltatható MIDI kotta vagy billentyűzet segítségével. A hangszer tesztelése során hallott eredmények megfelelnek az általunk vártakkal, így a program mind hangzásilag, mind működésileg hitelesnek tekinthető.

### 8.2 Továbbfejlesztési lehetőségek

A hangszer jelenleg elkészült változata nem teszi lehetővé a könyvtár kézi kiválasztását, ehelyett egy, a VST3-mappában található text-fájlban adjuk meg annak elérési útját. A felhasználó számára könnyebb lenne, ha egy, a hangszerhez tartozó

felhasználói felületen található tallózó ablakon keresztül választhatná ki a könyvtár helyét, és lehetősége lenne a program futása közben is változtatni azt. Ezzel különböző könyvtárakat tudnánk közvetlenül egymás után összehasonlítani.

A jelenlegi verzióban a könyvtár exportálása során szűrjük ki, hogy az egyes mikrofonok által rögzített felvétel az adott dobtest vagy cintányér esetén számunkra hasznos információt tartalmaz-e. Ehelyett a teljes csatornaszámot exportálva a korábban említett felhasználói felületen lehetőségünk lehetne kiválasztani, hogy mely zenei hangok esetén mely mikrofonok legyenek aktívak, ezzel kiszűrve a nemkívánatos áthallásokat.

Az általunk rögzített könyvtár csatornaszáma és mikrofonozási sorrendje, illetve azok elhelyezkedése könyvtáranként adott, így ha egy két könyvtár ugyanazon paraméterekkel rendelkezik, azok kompatibilisek egymással, így az egyes alkotóelemeiket szabadon cserélhetjük. Például lehetőségünk van ezzel a módszerrel különböző dobtestek és cintányérok közül a számunkra megfelelő hangzásút kiválasztva egy tetszőleges összeállítású dobfelszerelést összeállítani. Az egyes alkotóelemek cseréjére szintén a felhasználói felületen lenne lehetőség.

### **8.3 Köszönetnyilvánítás**

Ezúton is szeretném megköszönni a konzulensemnek, dr. Rucz Péternek a virtuális hangszer megvalósításához szükséges programozási feladatokban nyújtott segítséget, illetve a hangszer megvalósításának tervezésében való ötleteket, elképzeléseket.

## Irodalomjegyzék

- [1] Thomann: A Brief History of Sampling, <https://www.thomann.de/blog/en/a-brief-history-of-sampling/>  
(hozzáférés dátuma: 2021.09.02)
- [2] Wikipedia: Chamberlin, <https://en.wikipedia.org/wiki/Chamberlin>  
(hozzáférés dátuma: 2021.09.02)
- [3] TheAudioHunt: Mellotron M400, <https://www.theaudiohunt.com/c/synths/mellotron-m400-classic-synth>  
(hozzáférés dátuma: 2021.09.02)
- [4] Wikipedia: Mellotron, <https://en.wikipedia.org/wiki/Mellotron>  
(hozzáférés dátuma: 2021.09.02)
- [5] Wikipedia: Pulse-code modulation, [https://en.wikipedia.org/wiki/Pulse-code\\_modulation](https://en.wikipedia.org/wiki/Pulse-code_modulation)  
(hozzáférés dátuma: 2021.09.02)
- [6] Wikipedia: Fairlight CMI, [https://en.wikipedia.org/wiki/Fairlight\\_CMI](https://en.wikipedia.org/wiki/Fairlight_CMI)  
(hozzáférés dátuma: 2021.09.02)
- [7] MusicTech: Vintage: Fairlight CMI Series, <https://www.musictech.net/reviews/studio-icons-fairlight-cmi/>  
(hozzáférés dátuma: 2021.09.02)
- [8] Vintage Synth Explorer: Akai MPC2000, <http://www.vintagesynth.com/akai/mpc2000.php>  
(hozzáférés dátuma: 2021.09.02)
- [9] Wikipedia: VST, <https://hu.wikipedia.org/wiki/VST>  
(hozzáférés dátuma: 2021.09.07)
- [10] Withearth: Cubase Study Note, <https://www.withearth.com/forest/cubase-%EB%8B%A8%EC%B6%95%ED%82%A4/>  
(hozzáférés dátuma: 2021.09.20)
- [11] Arturia: Mellotron V, <https://www.arturia.com/products/analog-classics/mellotron-v/details>  
(hozzáférés dátuma: 2021.09.03)
- [12] ResearchGate: An Example of MIDI message, [https://www.researchgate.net/figure/An-example-of-MIDI-message\\_fig1\\_343709022](https://www.researchgate.net/figure/An-example-of-MIDI-message_fig1_343709022)  
(hozzáférés dátuma: 2021.09.03)

- [13] Videomaker: From Source To Output, Audio Signal Flow For Videographers, <https://www.videomaker.com/what-is-signal-flow/>  
(hozzáférés dátuma: 2021.09.20)
- [14] GrooveAcademy: Parts Of The Drum Set, <https://grooveacademy.ca/2021/03/31/parts-of-a-drum-set/>  
(hozzáférés dátuma: 2021.09.05)
- [15] DPA: How To Mic A Snare Drum, <https://www.dpamicrophones.com/mic-university/how-to-mic-a-snare-drum>,  
(hozzáférés dátuma: 2021.09.15)
- [16] dummies: Microphone Placement for Kick (Bass) Drum, <https://www.dummies.com/art-center/music/recording-music/microphone-placement-for-kick-bass-drum/>  
(hozzáférés dátuma: 2021.09.15)
- [17] SoundOnSound: What Mics Should I Use On A Snare Drum?, <https://www.soundonsound.com/sound-advice/q-what-mics-on-snare-drum>  
(hozzáférés dátuma: 2021.09.15)
- [18] HowToMic: How To Mic Drum Overheads, <https://howtomic.com/how-to-mic-drum-overheads/>  
(hozzáférés dátuma: 2021.09.15)
- [19] Third Circle Recordings: Stereo Miking Techniques On Test, <https://www.thirdcirclerecordings.co.uk/2015/03/28/stereo-recording-techniques-on-test/>  
(hozzáférés dátuma: 2021.09.15)
- [20] RME-Audio: Glyn Johns Method, <https://rme-audio.de/glyn-johns-method.html>  
(hozzáférés dátuma: 2021.09.15)
- [21] Wikipedia: Cent (zene), [https://hu.wikipedia.org/wiki/Cent\\_\(zene\)](https://hu.wikipedia.org/wiki/Cent_(zene))  
(hozzáférés dátuma: 2021.10.30)
- [22] Wikipedia: Interpoláció, <https://hu.wikipedia.org/wiki/Interpol%C3%A1ci%C3%B3>  
(hozzáférés dátuma: 2021.10.21)
- [23] VST 3 SDK: Introduction, [https://steinbergmedia.github.io/vst3\\_doc/vstsdk/index.html](https://steinbergmedia.github.io/vst3_doc/vstsdk/index.html),  
(hozzáférés dátuma: 2021.10.24)

## Függelék

Az alábbiakban az `interp_test.m` MATLAB-szkript tartalma látható. A kód különböző típusú interpolációk összehasonlítására szolgál. A dobkönyvtárból egy fájlt megnyitva és beolvasva egy módosított időskálát hozunk létre a hangolás mértékétől függően. A beolvasott mintákon különböző interpolációs eljárásokat hasonlíthatunk össze egy, az eredeti mintákat újramintavételezett görbével. A kód tartalmazza azt az eljárást, amelyet a virtuális hangszerben is alkalmazunk.

```
clear;

% A fájl elérési útjának megadása és beolvasása
fname = 'd:/Drum Library/CYMBALS/A2_127_07_Mid.wav';

[y, fs] = audioread(fname);

n_samples = size(y, 1);

t = (0 : n_samples - 1).' / fs;

% A hangolás mértékének megadása
tuning_cent = 100;
tuning_rat = 2^(tuning_cent / 1200);

% Módosított időskála
t_mod = t * tuning_rat;

% Itt adható meg az interpoláció típusa
method = 'linear';
y_int = interp1(t, y, t_mod, method, 0);

%% A pluginban is használt interpoláció számolási módszere
ind_arr = bsxfun(@plus, floor(t_mod * fs), [-1 0 1 2]);
ind_arr = min(max(ind_arr + 1, 1), n_samples);

rem = t_mod*fs - floor(t_mod * fs);

a = y(ind_arr) * [-0.5, 1.5, -1.5, 0.5].';
b = y(ind_arr) * [ 1.0, -2.5, 2.0, -0.5].';
c = y(ind_arr) * [-0.5, 0, 0.5, 0].';
d = y(ind_arr) * [ 0, 1, 0, 0].';

y_int_code = a.*rem.^3 + b.*rem.^2 + c.*rem + d;

%% A beolvasott fájl újramintavételezése
r = 100;
y_re = resample(y, r, 1);
t_re = t / r;
%% A kiszámolt értékek ábrázolása és összehasonlítása
n = 1024;
fig = figure;
formatfig([10 6], [1.5 1.5 0.5 0.5]);
```

```

plot(1e3*t(1:n), y(1:n), 'o-', 'LineWidth', 1);
hold on
plot(1e3*t_mod(1:n), y_int(1:n), 'o-', 'LineWidth', 1);
plot(1e3*t_mod(1:n), y_int_code(1:n), 'o-', 'LineWidth', 1);
plot(1e3*t_re(1 : n*r), y_re(1 : n*r), 'k-');
xlim(1e3*(0.0033+[0 3e-4]));
legend({'Original sample', method, 'VST code', 'Reference resample'},
...
      'Location', 'SouthEast');
xlabel('Time [ms]');
ylabel('Sample value [-]');
set(gca, 'XGrid', 'On', 'YGrid', 'On', 'Box', 'Off');
print(fig, '-dpng', '-r600', 'interp.png');

```