

České vysoké učení technické v Praze

Fakulta elektrotechnická



Syntežátory pro elektronické hudební nástroje

Synthesizers for electronic musical instruments

Bakalářská práce

Autor: Denis Liudkevich

Studijní program: Komunikace, multimédia a elektronika

Studijní obor: Multimediální technika

Vedoucí práce: Ing. Tomáš Zeman, Ph.D.

Praha 2017

## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Liudkevich** Jméno: **Denis** Osobní číslo: **420374**  
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**  
Zadávací katedra/ústav: **Katedra radioelektroniky**  
Studijní program: **Komunikace, multimédia a elektronika**  
Studijní obor: **Multimediální technika**

## II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

**Syntezátory pro elektronické hudební nástroje**

Název bakalářské práce anglicky:

**Synthesizers for electronic musical instruments**

Pokyny pro vypracování:

Provedte analýzu vybraných postupů používaných pro syntézu zvukového signálu v elektronických hudebních nástrojích. Navrhněte a realizujte měřicí pracoviště pro měření výstupního signálu elektronických hudebních nástrojů v časové a kmitočtové oblasti. Analýzu a měření proveďte na typických zástupcích jednotlivých druhů elektronických hudebních nástrojů (analogový syntezátor, digitální syntezátor, softwarový syntezátor pro OS Windows nebo Mac OS a softwarový syntezátor pro iOS nebo Android).

Zjistěte, jak se konkrétní nastavení výše uvedených typů elektronických hudebních nástrojů projeví v subjektivním vnímání výstupního signálu. Subjektivní metodou dále porovnejte dosažené výsledky syntézy zvuku v konkrétních elektronických hudebních nástrojích.

Navrhněte a diskutujte možné směry dalšího rozvoje jednotlivých druhů elektronických hudebních nástrojů.

Seznam doporučené literatury:

[1] JENKINS, Mark. Analog synthesizers: understanding, performing, buying: from the legacy of Moog to software synthesis. Amsterdam: Elsevier/Focal Press, 2007. ISBN 9780240520728.

[2] SHEPARD, Brian K. Refining sound: a practical guide to synthesis and synthesizers. Oxford University Press, 2013. ISBN 9780199922963.

[3] RUSS, Martin. Sound synthesis and sampling. 3rd ed. Oxford: Focal, 2009. ISBN 9780240521053.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

**Ing. Tomáš Zeman Ph.D., katedra telekomunikační techniky FEL**

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **15.02.2017** Termín odevzdání bakalářské práce: **26.05.2017**

Platnost zadání bakalářské práce: **31.08.2018**

Podpis vedoucí(ho) práce

Podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

Podpis děkana(ky)

## III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

# Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou bakalářskou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V ..... dne .....

Jméno: Denis Liudkevich

Podpis: .....

## **Poděkování**

Chtěl bych poděkovat Ing. Tomáši Zemanovi, Ph.D., za podporu, skvělou organizaci konzultace, profesionální přístup, pozornost a upřímný zájem. Dík patří také obchodu Kytary.cz za poskytnutí volného přístupu k hudebním nástrojům.

## Obsah

Seznam obrázků a tabulek.....	10
Úvod.....	11
1 Teorie.....	12
1.1 Definice syntezátoru.....	12
1.2 Model syntezátoru, typické bloky, cesta signálu.....	12
1.3 Typy syntézy.....	15
1.3.1 Modulní syntéza.....	15
1.3.2 Aditivní syntéza.....	16
1.3.3 FM syntéza – frekvenční modulace.....	17
1.3.4 Cross syntéza.....	19
1.3.5 Wavetable syntéza.....	19
1.3.6 Fyzikální modelování.....	20
1.3.7 Granulární syntéza.....	20
1.4 Historie.....	20
1.5 MIDI (Musical Instrument Digital interface).....	22
2 Měření.....	24
2.1 Problematika.....	24
2.2 Měřicí pracoviště.....	25
2.3 Použitá nastavení.....	26
2.4 Výsledky měření.....	27
2.5 Shrnutí a zhodnocení.....	36
3 Porovnání jednotlivých kategorií nástrojů.....	40
3.1 Analog hardware.....	40
3.2 Digital hardware.....	40
3.3 Software PC.....	41
3.4 Tablet.....	42
4 Inovativní nástroje a tablet jako univerzální nástroj.....	43
4.1 Emulace.....	43
4.2 Technické využití tabletu.....	45
4.3 Nestandardní přístupy.....	47
4.4 Sekvencery v nové podobě.....	48
4.5 DAW a propojení všeho druhu.....	50
5 Návrh vlastní aplikace.....	52

Závěr .....	56
Obsah CD.....	58
Seznam použité literatury .....	59

# Abstrakt

Práce je zaměřena na studium vlivu konstrukce EHN (elektronických hudebních nástrojů) na výstupní signál a odhalení cest pro jejich rozvoj s případným návrhem konkrétního nástroje.

V 1. kapitole podrobně popíšeme strukturu syntezátorů a probereme potřebnou teorii. 2. kapitola je logickým pokračováním teoretické části a zároveň je základem této práce. Obsahuje popis měřicího pracoviště a měření samotné s hodnocením založeném na jeho výsledcích. Provedeme test sady stejných nastavení na různých syntezátorech a analýzu výstupních charakteristik. 3. kapitola je předpokladem a řeší silných a slabých stránek syntezátoru. Ve 4. kapitole se budeme zaměřovat na objevení nestandardních a inovativních způsobů syntézy a přístupů k ní. 5. Kapitola představuje konkrétní návrh syntezátoru s využitím dosažených teoretických výsledků z předchozích částí. 6. kapitola je věnovaná závěru, shrnutí informací a posouzení možných cest rozvoje EHN.

## Klíčová slova

Elektronické hudební nástroje, zvuková syntéza, analog/digital, modulace signálu, grafické prostředí aplikace, tablet v hudební produkci, subtraktivní syntéza.

# Abstract

This bachelor thesis deals with the study of the impact of EMI (Electronic Musical Instruments) construction on the output signal and revealing the paths for their development with the possible design of a particular instrument. In Chapter 1, we describe in detail the structure of the synthesizers and discuss the essentials of the theory. The second chapter is a logical continuation of the theoretical part and at the same time is the basis of this work. It contains a description of the measuring workplace and the measurement itself, with an evaluation based on the measurement results. We will test the sets of the same configurations on different synthesizers and analyze the output characteristics. Chapter 3 is an assumption and a research for the strengths and weaknesses of the different categories of synthesizers. In Chapter 4, we will focus on discovering non-standard and innovative ways of synthesis and approaches to it. Chapter 5 represents a concrete design of the synthesizer using the theoretical results achieved with the previous parts. Chapter 6 is dedicated to the conclusion, the gathering of information and the decision of possible ways of developing EMI.

# Keywords

Electronic musical instruments, sound synthesis, analogue/digital, signal modulation, graphical interface of application, tablets in musical production, subtractive synthesis.



# Seznam použitých zkratek

EHN – Elektronické hudební nástroje

ADSR – Attack, Decay, Sustain, Release

DAW – Digital Audio Workstation

LFO – Low Frequency Oscillator

MIDI - Musical Instrument Digital interface

BP – BandPass, LP – LowPass, HP – HighPass

FM - Frequency modulation

PM - Phase Modulation

PD - Phase Distortion

Konektor DIN - Deutsches Institut für Normung

SMF - Standard MIDI File

SD – Snare Drum

D/A – Digital/Analog

VA – Virtual Analog

PC – Personal Copmuter

EQ – Equalizer

Další zkratky se mohou objevit v názvech komerčních produktů, ale jejich překlad není pro porozumění textu potřebný.

# Seznam obrázků a tabulek

Obrázek 1: Blokové schéma syntezátoru. ....	12
Obrázek 2: Základní typy průběhu vln .....	13
Obrázek 3: Typy filtru. Zdroj: [30] .....	13
Obrázek 4: Obálka signálu. ....	14
Obrázek 5: Modulní syntezátor. Zdroj: [42] .....	16
Obrázek 6: Princip aditivní syntézy.....	17
Obrázek 7: Frekvenční modulace. ....	18
Obrázek 8: Fázové zkreslení. Zdroj: [31] .....	18
Obrázek 9: Vektorová syntéza. ....	19
Obrázek 10: Termenvox. Zdroj: [27].....	21
Obrázek 11: Minimoog. Zdroj: [28] .....	22
Obrázek 12: MIDI konektor. ....	22
Obrázek 13: Blokové schéma pracoviště.....	25
Obrázek 14: Moog sub 37 - snare drum.....	34
Obrázek 15: Nord lead - keys.....	35
Obrázek 16: Diva - keys.....	35
Obrázek 17: Serum - bass.....	35
Obrázek 18: ims-20 - bass.....	36
Obrázek 19: Digitální a analogový signál.....	37
Obrázek 20: Digitalizace a Aliasing. Zdroj: [29].....	37
Obrázek 21: Příklad emulativního nástroje Farfisa od Arturia. Zdroj: [32] .....	44
Obrázek 22: Ovalsynth. Zdroj: [35].....	45
Obrázek 23: Animoog. Zdroj: [33] .....	45
Obrázek 24: Samplr. Zdroj:[34] .....	46
Obrázek 25: Virtual ANS. Zdroj: [36].....	47
Obrázek 26: VirtualRoom Pro. Zdroj: [37] .....	48
Obrázek 27: Příklad typického sekvenceru. Zdroj: [38] .....	48
Obrázek 28: Sector. Zdroj: [39] .....	49
Obrázek 29: Cubasis 2. Zdroj: [40].....	50
Obrázek 9: Sunvox. Zdroj: [41].....	51
Obrázek 31: Návrh prostředí aplikace .....	53
Obrázek 32: 1. etapa - vytvoření postavy.....	54
Obrázek 33: Příklad jednoho z bloku aplikace - AM houpačka.....	55

## Seznam tabulek

Tabulka 1: Nastavení vzorků.....	26
Tabulka 2: Krátké hodnocení nástrojů skupiny „Analog hardware“ .....	27
Tabulka 3: Krátké hodnocení nástrojů skupiny „Digital hardware“ .....	29
Tabulka 4: Krátké hodnocení nástrojů skupiny „Software PC“ .....	31
Tabulka 5: Krátké hodnocení nástrojů skupiny „Software tablet“ .....	33

# Úvod

Zvukový design a syntéza zvuku jsou jedny z nejdůležitějších etap v celém řetězci hudební nebo kinematografické produkce. Zakládá se tady osnova zvukových barev a jeho hlavní charakteristika, která se postupem zpracování bude jenom modulovat. Zároveň je to jádro výsledného zvuku, které z psychologické stránky podvědomě v koncovém produktu vyvolává u posluchače nebo diváka primární emoce. Z historie známe, jak některé legendární nástroje definovali, jak bude znít celé desetiletí. Podle jednoho zvuku jsme schopni za vteřiny poznat svoji oblíbenou písničku, film, televizní pořad nebo počítačovou hru.

Vytvoření zvuku není jednoduchou záležitostí, obzvláště když jde o konkrétní požadavky. Existuje na to hodně metod a technik využívajících jak principy fyzikální (mechanické nebo elektrické), tak i matematické. Některé jsou více, jiné méně přesné. Navíc silně záleží na zkušenostech zvukového programátora s touto konkrétní technikou nebo nástrojem.

Avšak do čistě technického pohledu vnáší zmatek subjektivní vnímání zvuku. Proto při jakékoliv interakci se zvukem, ať už jde o tvorbu, měření nebo hodnocení, nesmíme spoléhat jen na grafy a údaje měřicích přístrojů, nebo naopak jen na svůj sluch a vnímání. Musíme tedy tyto přístupy v určité míře kombinovat.

Postupně provedu v práci rešerši historie, technologie a současného stavu různých druhů syntézy. Z toho stanovím předpoklady a realizuji měření pro porovnání syntezátorů a konkrétně vlivu jejich konstrukce na výsledný signál. V dalších kapitolách se budu snažit najít nové a inovativní způsoby syntézy pro perspektivní rozvoj. V páté kapitole se pokusím o návrh aplikace, která by měla řešit dílčí problém nalezený v rešerši a analýze obsažených v této práci. V poslední části dojdeme k celkovému a dílčím závěrům.

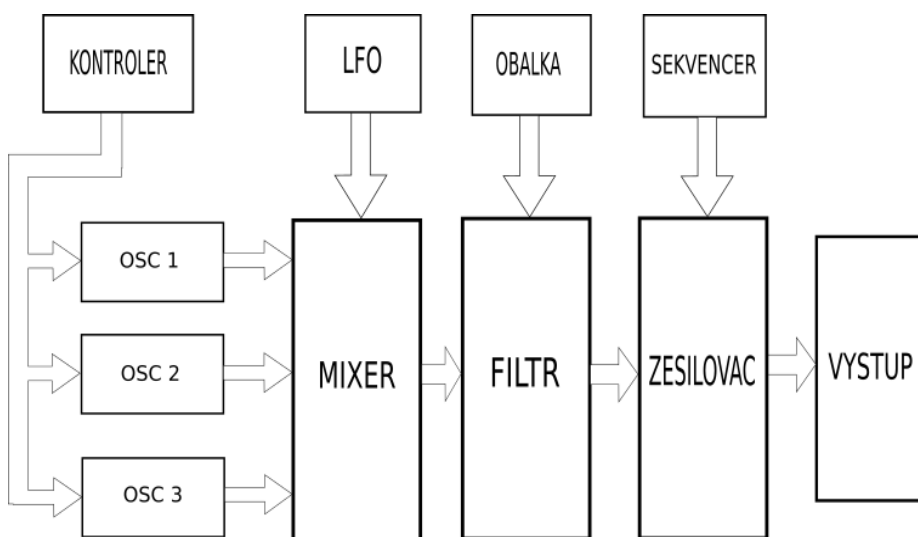
# 1 Teorie

## 1.1 Definice syntezátoru

Nejdřív definujeme objekt výzkumu. Co je to syntezátor? Je to elektronický hudební nástroj, který generuje zvukový signál a určitým způsobem ho tvaruje pomocí modulace a efektů v závislosti na vybraném typu syntézy.

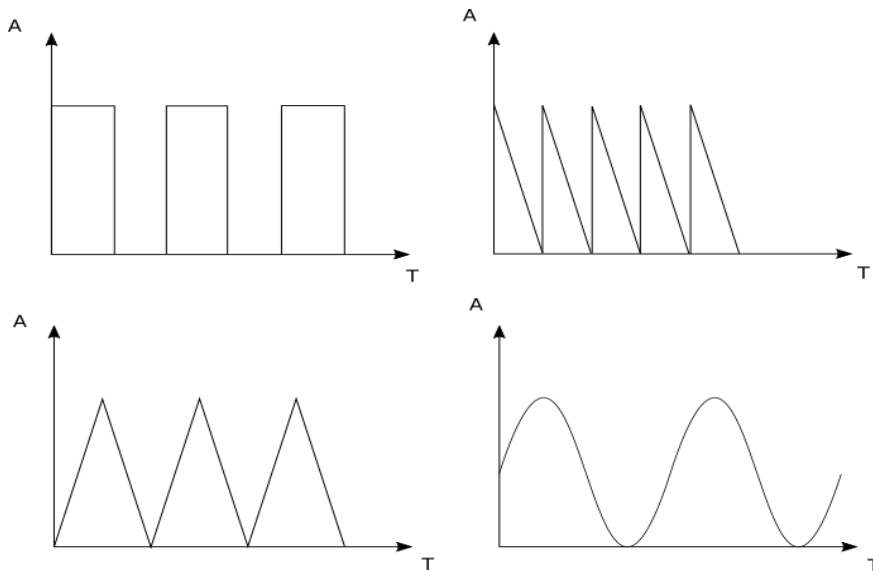
## 1.2 Model syntezátoru, typické bloky, cesta signálu

Nyní se pokusíme popsat model nástroje, se kterým vlastně pracujeme (Obr. 1). Omezíme náš pohled jen na subtraktivní syntezátor (a i to v zjednodušené podobě, protože ve skutečnosti se skoro vždy kombinuje s jinými styly a technikami syntézy). Syntezátor se dá rozdělit na základní bloky, každý z těchto bloků může být jak analogové struktury, tak i digitální.



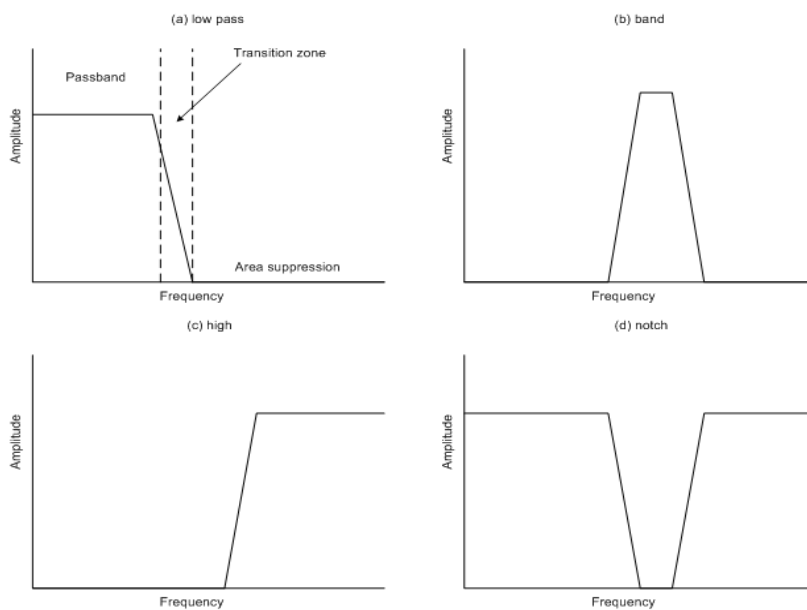
Obrázek 1: Blokové schéma syntezátoru.

Pokyn k zahrání zvuku se provádí kontrolérem, nejčastěji to je MIDI zprava klávesnice (mohou to být ale i kontroléry v jiné podobě). Začátkem cesty signálu je vždy zdroj zvuku, v našem případě tónový generátor (oscilátor) nebo šumový generátor (může být předem upraven na bílý, růžový nebo i jiný). Klasické typy vln u oscilátoru jsou obdélíková, pilovitá, trojúhelníková a sinusoida (Obr. 2) a každá z nich má odlišnou a bohatou spektrální charakteristiku, se kterou potom pracujeme v dalších blocích.



Obrázek 2: Základní typy průběhu vln

Typicky u oscilátoru můžeme upravovat frekvenci (po oktávách, po tónech nebo i přesněji), šířku pulsu, synchronizaci několika oscilátorů vůči sobě. Dále signály z těchto oscilátorů namícháme v mixeru v potřebných proporcích. Některé mixery mohou signály nejen sčítat, ale i odečítat. Ačkoli to není moc populární, jde s tím dosáhnout zajímavých výsledků. Jiný název pro subtraktivní syntézu je rozdílová, protože po namíchání signálu do jednoho mohutného celku začínáme pracovat s jeho spektrem a různě ho ořezávat pomocí filtru. Filtry dnes mají širokou nabídku charakteristik, nejdůležitějšími jsou: BP-bandpass (PP-pásmová propust), LP-lowpass (DP-dolní propust), HP-highpass (HP-horní propust).

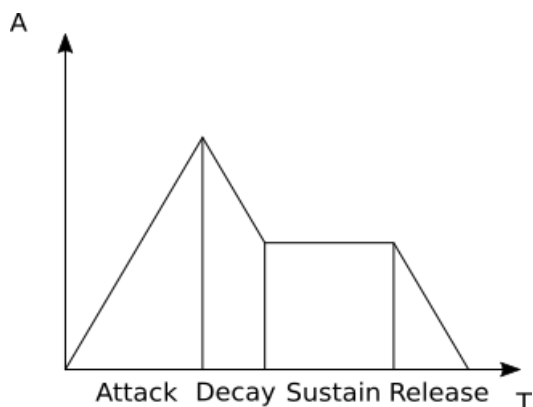


Obrázek 3: Typy filtru. Zdroj: [30]

Ale i ty se liší ve své realizaci v různých nástrojích (topologie, převodní charakteristiky). Kromě toho můžeme ovládat takové parametry jako frekvence, jakost, strmost nebo šířku pásma. Upravujeme pak u signálů nejen frekvenci, ale i amplitudu (dynamiku), a to pomocí VC Amplifier – zesilovačů. Tyto změny v dynamice dělají zvuk živějším a realistickým. U zesilovačů je velmi důležité, aby byl zkonstruován z kvalitních součástek, zabráníme tím vzniku šumu na výstupu. [12] K modulaci parametrů filtru, zesilovačů a vlastně jakékoliv součásti syntezátoru obvykle používáme ADSR nebo LFO. ADSR je obálka signálu (znázorněná na obrázku níže) a je to zkratka z prvních písmen dílčích části průběhů:

„Attack (náběh, nástup): udává, za jakou dobu se signál po stisknutí klávesy dostane na své maximum. Okamžitý náběh je typický pro perkuse. Stringy a pady mají naopak náběh pozvolný.

- Decay (útlum): doba, za kterou signál poklesne ze svého maxima na svou ustálenou hodnotu sustain.
- Sustain (podržení): udává úroveň signálu při stálém držení klávesy.
- Release (uvolnění, doznívání): doba do úplného doznění tónu po uvolnění klávesy“ [13].



Obrázek 4: Obálka signálu.

Nejčastěji má tyto 4 fáze, ale může být rozdělena i na více stupňů, například DAHDSR (jsou navíc delay a hold). Nejčastěji se ADSR spouští klávesnicí, ale dá se k tomu použít i jakýkoliv jiný signál. LFO je low frekvence oscilátor. Není to nic jiného než obyčejný oscilátor pracující na nízkých kmitočtech okolo 0,01–100 Hz. „Umírněnou volbou hloubky modulace můžeme docílit rozzechvělých efektů známých v hudební nauce jako

tremolo a vibráto“[13]. Nejčastěji se dá vybrat typ vlny, zpoždění, po kterém nastoupí lfo po začátku signálu a rychlost. Někdy je možný nakreslit i vlastní průběh lfo vlny. Stejnou funkci najdete i v některých sekvencerech, což je naprogramovatelná posloupnost pulzu, která se dá použít i na modulaci. Existuje spousta dalších bloků a efektů, obzvlášť v modulní syntéze, s nimiž lze upravovat i prostorovou hladinu a provádět mnohem složitější modulace. Uvedeny jsou ale tyto nejzákladnější, které jsou součástí každého subtraktivního syntezátoru.

## **1.3 Typy syntézy**

Pro nalezení nových cest rozvoje syntézy zvuku je nezbytné popsat metody staré, už ověřené. Navíc většina nového je nějakým způsobem nakombinováním starého anebo je na starém vybudovaná. Existuje obrovský počet druhů syntézy kromě těch, jež jsou všem známé. Je hodně matematicky a myšlenkově zajímavých modelů, které se neuplatnily nebo nezískaly svoji popularitu v praxi. Dále popíšeme ty nejrozšířenější:

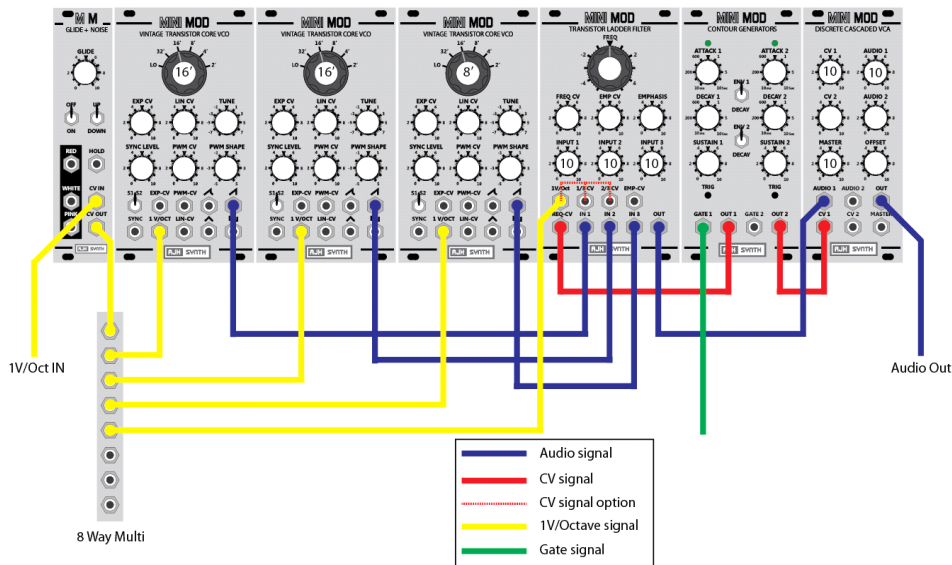
### **1.3.1 Modulní syntéza**

Tento typ syntézy vlastně není nějakou konkrétní metodou, ale způsobem organizace nástroje. Sestavuje se z jednotlivých bloků (patches), které mezi sebou nejsou propojeny. Tímto propojením uživatel vytvoří pokaždé jiný nástroj.

## MINIMOD PATCH CHART

PATCH NAME: Standard "Fat sawtooth" Patch

COMMENTS: Glide patched on all 3 VCO's



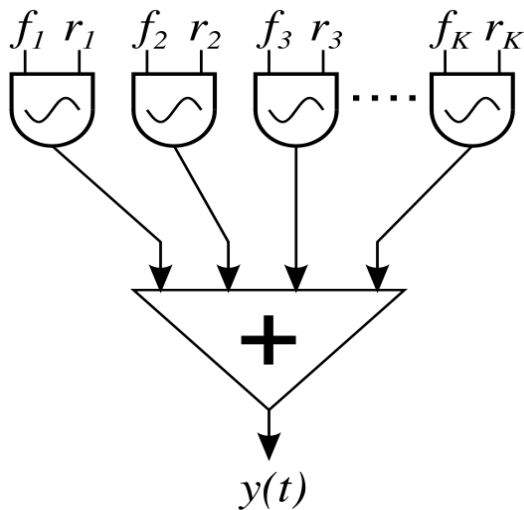
Obrázek 5: Modulní syntezátor. Zdroj: [42]

Nejpopulárnější je subtraktivní syntéza, kterou jsem již popsal v bodě a) v rámci základního modelu syntezátoru. Je to v určité míře zjednodušený typ modulní syntézy, kde nemáme možnost vybrat moduly a cestu signálu, ty jsou vždy pevně dány vnitřním zapojením syntezátoru.

### 1.3.2 Aditivní syntéza

Princip se dá popsat díky Fourierovu teorému. Zvuk je vlna a jakoukoliv vlnu můžeme rozložit na jednotlivé sinusové složky. Z toho plyne, že zpětným způsobem se dá jakýkoliv zvuk ze sinusů sestavit. Na tom je postavena aditivní syntéza. Tyto složky (sinusy) se nazývají operátory, každý má svoji obálku a frekvenci. Počet operátorů není omezen. Stejný princip se používá ve varhanech, které jsou považovány za nejpreciznější typ syntézy. Prakticky je hodně náročný jak na programátora, tak i na techniku, protože abyste dosáhli přesného výsledku, potřebujete velmi vysoký počet operátorů. Tato metoda se uplatnila pomocí algoritmu analýzy a rekonstrukce signálu.





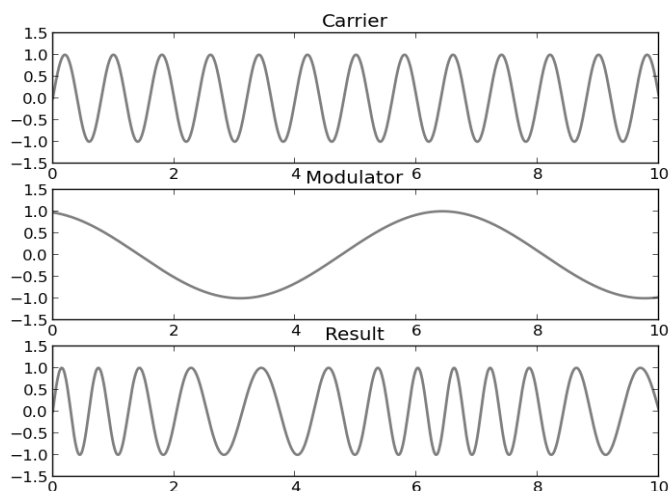
Obrázek 6: Princip aditivní syntézy.

$Y(t)$  – výstupní signál,  $f(1-k)$  – frekvence,  $r(1-k)$  – doplňující parametry

Těsně s aditivní syntézou je spojena technika nazvaná resyntéza. V tomto případě se vezme nějaký vzorec a rozloží se jednotlivé složky. Následně se tyto složky zvlášť upravují a potom se zase zpětně skládají do zvuku, který je odted' už nový.

### 1.3.3 FM syntéza – frekvenční modulace

Pro FM syntézu potřebujeme minimálně 2 oscilátory, přičemž jeden signál (konkrétně jeho frekvenci) modulujeme frekvencí druhého. Ale v reálu se používají více než 2 vlny, které se různě mezi sebou kombinují. Obvykle používáme jednoduché, klasické druhy vln (sinus, obdélník, pila, trojúhelník). Nejlépe se s tímto způsobem syntézy dají vytvářet metalické zvuky a různé zvony. Tato syntéza je více používaná v digitálu kvůli stabilitě.

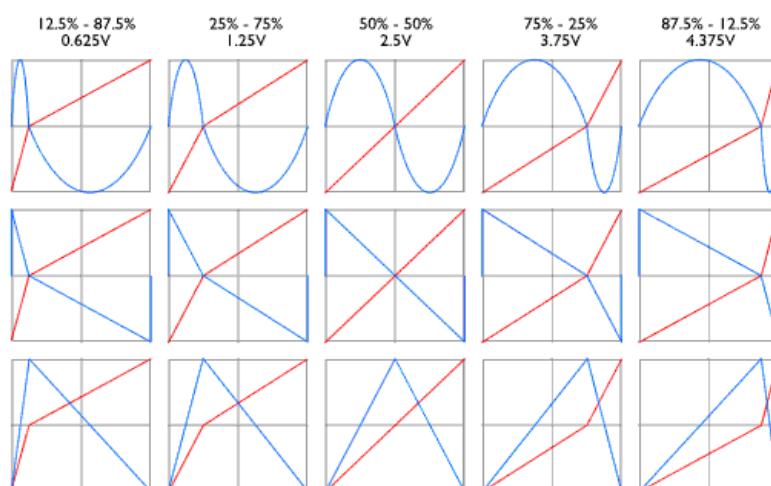


Obrázek 7: Frekvenční modulace.

Carrier – nosná vlna, modulátor – modulující vlna, result – výsledek

Phase Modulation (fázová modulace) je modulace, při které fáze jednoho signálu se mění s průběhem amplitudy druhého. Frekvence mohou být odlišné a jeden z parametrů je poměr frekvencí. Nejvýznamnějším syntezátorem na tomto principu je Yamaha DX7.

Phase Distortion (fázové zkreslení) - je modulace, při které jsou nosný a modulující signál synchronizovány frekvenčně a jedním signálem se čtou druhy (obvykle sinusoida) podobně jako v table look-up syntéze popsané níže. Metoda byla použita v sérii syntezátoru CZ od firmy Casio.



Obrázek 8: Fázové zkreslení. Zdroj: [31]

### 1.3.4 Cross syntéza

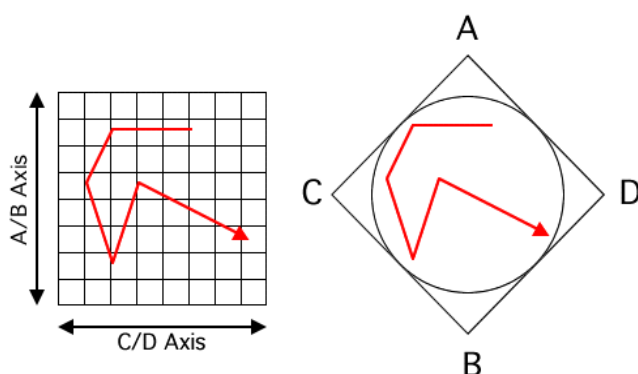
Princip cross syntézy spočívá v nakládání obálky jednoho spektra na spektrum druhého. Většinou se používá ve vocoderách a při modulování řeči. Sleduje se spektrum v dynamice, které se většinou rozdělí na snímky a na části (čím je jich více, tím kvalitnější je reprodukce). Zanalyzuje se obálka těchto částí a použije se na potlačené spektrum toho druhého signálu. Většinou bývá druhý signál frekvenčně bohatý a nasycený a filtry jsou formantové (samohlásky) [14].

Další techniky již nepoužívají klasické oscilátory jako zdroje zvuku, ale předem nahrané sample. Přehrávání těchto sample je pod kontrolou uživatele a tím poskytuje možnost docílit nových zvuků. Přehrávání může být prováděno třeba obrácené nebo s jinou rychlostí, po úsecích nebo se dá použít i klasické ADSR, LFO a další modulaci přímo na tento sample.

### 1.3.5 Wavetable syntéza

Wavetable syntéza používá složitější digitální zvukové vlny, s kterými zachází stejně jako klasický subtraktivní syntezátor. Může se použít nejen jedna vlna, ale tabulka z několika, mezi kterými se přechází pomocí speciálního ovladače. Nejzajímavějších výsledků se docílí modulováním těchto přechodů.

Vektorová syntéza nebo morphing představuje přechody-kombinace mezi obvykle 4 různými vlnami pomocí vektorů. Nejznámější syntezátor realizující tuto metodu je Prophet.



Obrázek 9: Vektorová syntéza.

### 1.3.6 Fyzikální modelování

Fyzikální modelování pracuje s nahrávkami reálných nástrojů. Snaží se napodobit akustické nástroje. Parametry, které má k dispozici uživatel, jsou většinou „nesyntezatorské“, ale blíže spojené s konstrukcí původního nástroje (rezonátory, membrány, materiál, styl hry, doplňky ovlivňující zvuk, artefakty způsobené hraním na nástroj).

Myšlenkově blízkým typem syntézy je Virtual Analog. Jsou to digitální nástroje, které napodobují analogové EHN, nebo fungují na tomto principu. Sem patří i různé emulace starších syntezátorů.

### 1.3.7 Granulární syntéza

V této metodě se používají velmi krátké úseky jakéhokoliv zvuku. Přehrávají se většinou náhodně, ale tato náhodnost se dá kontrolovat ve více parametrech jako: délka přehraného úseku, rozsah přeskoků začátku nového úseku, výška tónů a další. Perfektně se hodí na atmosférické zvuky, textury a perkuse.

## 1.4 Historie

„Jak je známo, historii tvoří lidi a první, koho musíme připomenout, je Elisha Gray (August 2, 1835 – January 21, 1901). Americký vědec, studoval Oberlin College, nedokončil ho, ale přesto se mu v roce 1876 podařilo vytvořit prototyp telefonu. Nějakou dobu provozoval svůj vynález v Western Union Telegraph Company, ale s časem se toho vzdal a dal přednost vědě.“ [17] Thaddeus Cahill v roce 1897 představil světu Telharmonium. Tenhle nástroj, který vážil 200 tun a stál 200 tisíc dolarů, je považován za první syntezátor. Jádrem jeho vynálezu byl tónový kotouč. V podstatě to byl rotor s proměnnými tvary alternátoru, točící se v magnetickém poli a tím generující zvuk. Každý kotouč měl základní tón a šest harmonik. Slyšitelné výstupy z rotoru byly nepříjemné a křiklavé, a proto byl následně filtrován a změkčen sekundárními obvody na sinusoidy. [15] Dalším významným bodem je Theremin nebo thermenvox (ruský vědec Lev Těrmen 1919). Jde o nástroj, který se ovládá pohyby ve vzduchu kolem dvou antén odpovídající frekvence a hlasitosti.



Obrázek 10: Termenvox. Zdroj: [27]

Nástroj byl zamýšlen k nahrazení celého orchestru čemuž nikdy nedošlo, ale i přesto se používal v mnoha známých filmech a hudebních albech v 50.–60. letech. Na tomto nástroji se odehrálo hodně klasických skladeb. Profesor Lev Teremin osobně trénoval skupinu hudebníků, než představil svůj nástroj veřejnosti. Jedna z jeho studentek Clara Rockmore potom získala velkou popularitu, obzvláště za svoji techniku hry prsty, s kterou dosáhla podivuhodné přesnosti. [16] Další důležitý vědec byl Laurens Hammond. Elektrická síť v té době nebyla stabilní, Hammond vymyslel motor, který fungoval se stále stejnou rychlostí a nebyl zašuměný. Následně ho použil ke konstrukci přesných hodinek, které jsou doteď cenným předmětem pro sběratele. Hammond chtěl svůj vynález nějak uplatnit a zároveň jako malý kluk rád poslouchal varhany s matkou v kostele. Bohužel nebyl hudebník, ale byl inspirovaný Telharmoniem, proto se rozhodl vytvořit podobný nástroj, ale menší a dostupnější. A tak v roce 1935 přináší aditivní syntézu, používanou sice již v Telharmoniu, ale v přijatelných rozměrech [19]. Dále následuje RCA Mark II Sound Synthesizer. Je to programovatelný elektronický syntezátor, který má konečně strukturu, na kterou jsme zvyklí, s filtry a modulátory. Navíc přináší sekvencer umožňující hrát přesné rytmy, které se složitě interpretují na akustických nástrojích. Tímto Mark II získává zájem spousty hudebníků, kteří začínali být unavení s nařezání nahrávek v magnetofonu. Bohužel ale nejsou dostupné veřejnosti kvůli své ceně 175 tisíc dolarů. Tento problém později vyřešil Robert Moog ve svém „minimoog“ (1970), který je dodnes ikonou syntezátoru. Stál pouhých 1500 dolarů a byl použit řadou legendárních hudebníků: ABBA, Pink Floyd, Kraftwerk, Depeche Mode, Michael Jackson, Rainbow, The Prodigy, Nine Inch Nails.

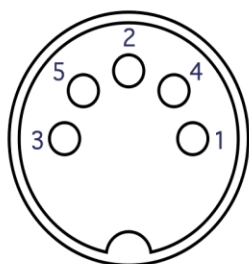


Obrázek 11: Minimoog. Zdroj: [28]

Digitální revoluce v období 70.–80. let přinesla světu hodně skvělých polyfonických nástrojů jako Yamaha CS-80 (1976), Oberheim's Polyphonic and OBX (1975 and 1979), Sequential Circuits'Prophet-5 (1978) a Roland's Jupiter 4 and Jupiter 8 (1978 and 1981). Poslední syntezátor z historie, který bych chtěl uvést, je Yamaha DX7. Představuje FM syntezátor navržený panem Johnem Chowningem, který měl obrovský komerční úspěch a přinesl do hudby celou novou paletu zvuků [11].

## 1.5 MIDI (Musical Instrument Digital interface)

Standard nebo rozhraní používané v hudebním průmyslu. Díky MIDI mohou počítače navázat přímou komunikaci v reálném čase s hudebními nástroji, případně hudební nástroje mezi sebou, dokonce s nehudebními zařízeními (například světelnou nebo projekční technikou). Přenos dat je sériový a asynchronní (podobný např. RS-232) s rychlostí 31250 bit/s. Používá proudovou smyčku s proudem 5 mA a galvanickým oddělením na vstupu. Přítomnost proudu označuje 0, nepřítomnost – 1. Pro propojení přístrojů se používají 5pólové konektory DIN a dvojžilové stíněné kabely.



Obrázek 12: MIDI konektor.

Jsou tři typy konektorů: MIDI IN - přijímá signál, MIDI OUT – vysílá, MIDI THRU - vysílá kopii přijímaného. Signál neobsahuje vlastní zvuk (zvukové vzorky), ale pouze informace

o události (o výšce jednotlivých tónů, jejich intenzitě, délce, tempu, nejrůznějších efektech). MIDI má svůj typ souboru – SMF (Standard MIDI File), pomocí kterého můžeme ukládat posloupnosti příkazů. SMF soubor obsahuje jak zprávy s příkazy, tak i časové markery, které označují, jak dlouho se musí děj konat a jak dlouho má počkat, než se spustí další. Může obsahovat několik stop (patternu) a text. Soubor je navržen tak, aby byl kompatibilní na různých zařízeních. V situaci, když zařízení nerozumí nějakému příkazu, tak ho prostě raději ignoruje, než aby ho zahrálo špatně. Flexibilita MIDI je zajištěna nejenom kompatibilitou naprosto jiných zařízení, ale také možností konverze audio to midi (zvukové nahrávky ve formátech wav nebo mp3 do MIDI posloupnosti) a midi to voltage (MIDI posloupnosti do napěťového průběhu). [20]

Výhody:

- Odolné zkrácení (0 a 1).
- Snadné opravy rytmických chyb.
- Snadná změna tempa.
- Dá se jednoduše kopírovat část nahraného partu (copy/paste).
- Malý objem dat [17].

MIDI nám umožňuje použít nestandardní kontroléry:

- Dotykové plochy a pasy.
- Vzduchové kontroléry (dechové nástroje).
- MIDI kytary.
- Bicí soupravy.
- Bezkontaktní jako theremin.
- Sekvencery.
- Hmatatelné sestavy jako Reactable, AudioCubes.
- Různé doplňky: modulační a pitch kotouč, pedály, talkboxy [11].

## 2 Měření

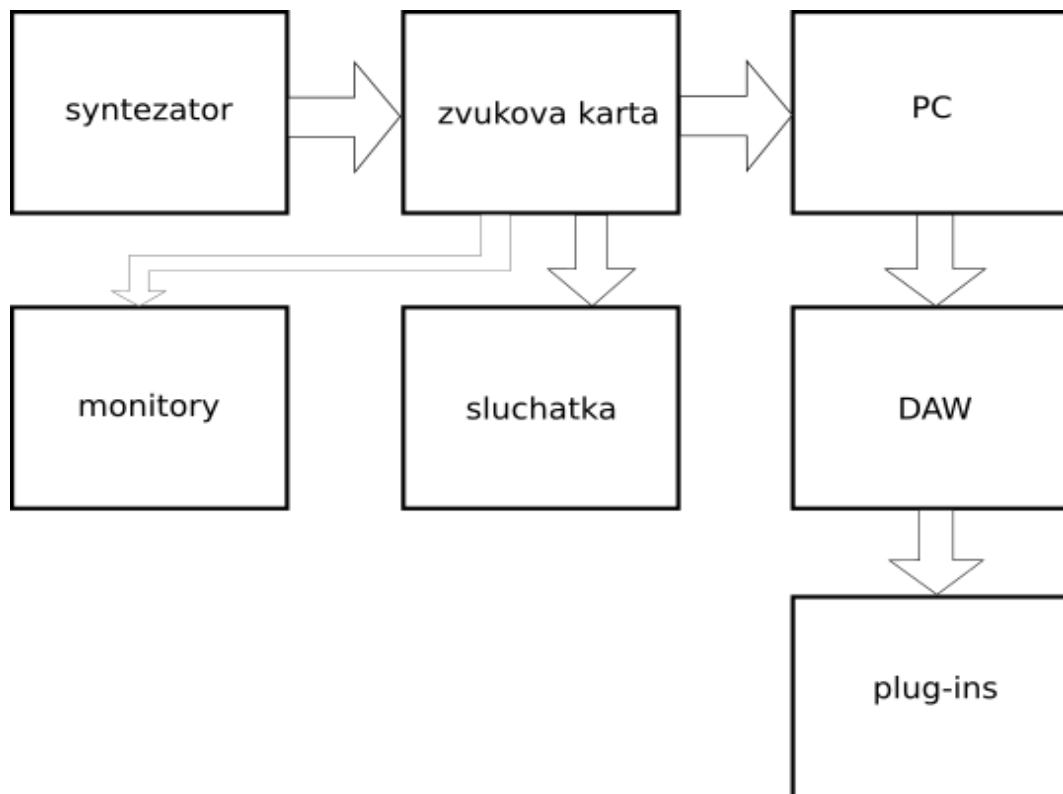
### 2.1 Problematika

Když vycházíme ze základní myšlenky a postavení syntezátorů, tak by nástroj měl teoreticky být schopný vygenerovat jakýkoliv zvuk, ale není tomu tak. Každý z nástrojů je většinou postaven podle klasického modelu, který byl popsán výše, nebo aspoň v nějaké podobě obsahuje jeho části (bloky). Přesto se vždycky liší buď realizací těchto bloků, nebo jinými technickými detaily. Ve výsledku každý z těchto nástrojů vydává svůj specifický zvuk. Skoro vždy byla tato problematika řešena pomocí subjektivních testů nebo „blind“ testů [22] (někdy i z technického hlediska, ale jen statické měření jednotlivých částí syntezátoru[21]), ale nedalo se z toho posoudit, zda-li je to pravda nebo jen komerční chytáky a způsob audio elity se povýšil nad průměrného posluchače. Otázkou s tím spojenou je: proč většina profesionálních hudebníků nebo audio inženýrů má víc než jeden nástroj a také proč si lidi drží staré syntezátory, které nemohou pracovat novým způsobem a technikami generování zvuku?

Postupem měření se budu snažit tyto otázky vyřešit jak subjektivně, tak i objektivně, a to ve formě sady měření a porovnávacích testů. Představuji několik připravených nastavení, která budou následně naprogramovaná na každém nástroji. Výsledný zvuk bude nahrán a analyzován ve frekvenční a časové doméně.



## 2.2 Měřicí pracoviště



Obrázek 13: Blokové schéma pracoviště

Řetězec začíná zvukovou kartou, v mém případě M-AUDIO Fast Track Pro, která je malá, jednoduchá a kompaktní. Potřeboval jsem vždy jenom jeden linkový vstup (jack 6,3mm; většinou mono, někdy ve stereu), protože jsem nástroje nahrával po jednom, takže pro mé potřeby byla víc než dostačující. Při práci jsem použil svůj notebook Samsung s nainstalovaným DAW (Digital Audio Workstation) softwarem Ableton 9. Při nahrávání jsem nepotřeboval kvalitní poslech, protože jsem prováděl pokaždé stálé stejné nastavení a nebylo cílem dosáhnout konkrétního zvuku, ale naopak zjistit jeho variantnost, proto jsem použil vlastní sluchátka Sony MDR-ZX660. V analytické části jsem to potřeboval slyšet kvalitně, proto jsem měl monitory Mackie mk3. K samotné analýze jsem použil volně dostupné pluginy: spektrometr od easy sound space perception a osciloskope od s(m)exoscope.

Nejistoty jednotlivých zařízení navrženého pracoviště můžeme vyloučit za prvé s ohledem na to, že se používala stejná soustava přístrojů a pomůcek (kabely, přípojky, redukce, síť), což při srovnávacím měření vylučuje chyby. A za druhé v porovnání s odchylkami způsobenými EHM jsou tyto nejistoty nerozlišitelné, až na spektrální

charakteristiku sluchátek (vliv při subjektivním ocenění je vyloučen bodem 1. a objektivní výsledek neovlivňují, protože signál jde přímo do DAW, takže ho také můžeme zanedbat).

Musím ale poznamenat, že při nastavení jednotlivých nástrojů mohlo vždycky dojít k malým odchylkám způsobeným driftem knobu, neideálním chováním obvodu, obzvláště u analogových nástrojů, případně i lidským faktorem.

Jak jsme uvedli v první kapitole, typů syntézy existuje hodně, my se omezíme jenom na subtraktivní, protože je nejjednodušší a nejintuitivnější, a to jak na test, tak na použití. Navíc jiné typy jako FM, spektrální, wavetable se za posledních 30 let se rozvíjejí jenom v jedné kategorii (software) nebo jednou firmou.

U polyfonních nástrojů jsem používal jenom jeden hlas a stejně tak u dalších nástrojů, které měly spoustu dalších funkcí, jsem se vždycky omezoval jen na konkrétní nastavení. U některých nástrojů naopak nešlo splnit určité nastavení, protože například chyběl druh zdroje (nebo potřebný typ vlny). U takových vzorků jsem vynechával celou konfiguraci a neupravoval jsem ji, jinak by došlo ke zkreslení celkového výsledku.

## 2.3 Použitá nastavení

Tabulka 1: Nastavení vzorků

Číslo vzorku	Typ zvuku	Mezní kmitočet filtru [Hz]	Resonance [%]	Zdroj zvuku				
				Obálka Amplituda			Obálka Filtr	
	Aa	Ad	As	Ar	Fa	Fd	Fs	Fr
1	Snare drum	3k	20					
2	bass	300	0					
3	keys	80–90 %	10					
1	1ms	500ms	min	min	1ms	1-10 ms (charakteristické zavření)	min	min
2	Trochu nad min (eliminace cvaknutí)	1s	min	min	min	1ms	min	min
3	Min	30 %	50 %	40 %	X	X	X	x

Komentář:

- Obálka pro filtr ve dvou prvních nastaveních byla použita vždy na 100 %.
- U druhého nastavení zdroje zvuku jsou v mixeru namíchané v proporci 1:1.

V podobných testech se měří většinou každý element zvlášť. Proč vlastně moje nastavení je takové, jaké je? Důležité v syntéze zvuku je dynamické chování a interakce mezi součástmi syntezátoru. Proto je moje konfigurace nejvíc zjednodušená, aby bylo zřejmé, jaký zvuk očekáváme, ale zároveň to není čistý zvuk z oscilátoru, ale složitější kombinace, ze které je vidět jak chování bloku, tak i syntezátoru jako celku. Z těchto vzorků je jasná i specifičnost nástroje, kterou se také budeme snažit odhalit.

## 2.4 Výsledky měření

### Analog

Tabulka 2: Krátké hodnocení nástrojů skupiny „Analog hardware“

	Korg ARP	Moog Sub 37	Novation Bass Station 2	Roland JD_XA
bass	Ostřejší zvuk Nejmíň zkreslený ve spektru	Plný, ale suchý zvuk Rovnoměrný, ale zkreslené spektrum	Zní jako v bublině Ve spektru výrazné nízké kmitočty a hodně špiček	V oblasti 2kHz „hřeben“, ve zvuku se to projevuje sytostí, a trochu jedovatostí
SD	Hodně vysokých frekvencí, ani zblízka nevypadá jako původní signál – bílý šum (hodně deformovaný spektrum)	Stejně suchý zvuk a zkreslené spektrum	Také výrazný jako první vzorek, jenom teď v oblasti snaru	Zní, jako kdyby byl zkonstruován z nekvalitních součástek nebo byl ze starých let, spektrum má podobné ARP v tomto vzorku s vyšší frekvencí
keys	X	Původně zdroj zvuku dává víc nízkých frekvencí, zní stále suše, jako kdyby byl silně filtrovaný	Stále živý a pronikavý zvuk	Také zachovává víc nízkých kmitočtů a potlačuje signál, ale ne tolik jako moog.

### **Korg ARP**

Je replikou starého legendárního syntezátoru z roku 1972. Je menší, kompaktnější, přesněji jeho rozměry představují 86 % originálu. Zachovává i originalní design, včetně času. Fyzicky jsem měl pocit, jako kdyby to byla hračka, materiál je levný plast. Možná nezní úplně jako originál, ale pečlivá rekonstrukce původních obvodů o sobě dá vědět. Celkem je slyšet specifičnost syntezátoru a ostrost jeho zvuku, hlavně u snaru.

### **Moog Sub 37**

Co se týká zvuku, moog drží svoji firemní hutnou basovou linku. Také konkrétně u tohoto modelu je barva zvuku tmavší, někde až suchá (obzvláště když je potřeba jiný typ zvuku než bas). Fyzicky zkonstruovaný perfektně: pevný, solidní, nic se zbytečně nehýbe, máte s ním naprostou jistotu a kontrolu.

### **Novation Bass Station 2**

Má živý analogový zvuk schopný se přizpůsobit požadavkům uživatele, zvýrazňuje ta místa, kde je to potřeba. Všechny tyto vlastnosti v součtu s poměrně nízkou cenou z něj dělají ideální komerční produkt. Design a konstrukce jsou jednoduché a neutrální.

### **Roland JD-XA**

Je to syntezátor, který se výstižně popisuje slovem „kombinace“, protože nejen spojuje analog s digitálem v jednom nástroji, ale i zvukově se chová univerzálně. Dá se z tohoto nástroje dostat právě to, co v tomto okamžiku potřebujete (případně víc než z jiných nástrojů). Na test jsem použil analogovou část syntezátoru, proto je zařazen do této skupiny. Subjektivně bych řekl, že univerzálnost je opakem unikátnosti, proto tento syntezátor má všechno až nic. Design má docela futuristický.

## Digitál

Tabulka 3: Krátké hodnocení nástrojů skupiny „Digital hardware“

	Nord Lead	Novation UltraNova	Roland system-8	Roland Jupiter-8 (plug-out system-8)
Bass	Zvuk je okrouhlý, stejně tak jeho spektrum v oblasti nízkých kmitočtů, je slyšet bloky vyšších harmonik. Hlavně ty laloky, které se nacházejí na 1 a 3 kHz)	Zní, jako kdyby nebyl vůbec filtrovaný, má čistější tón a hezký, rovný spektrum	Znějí podobně a mají podobná spektra. Trochu přidušený, neznělý zvuk. Spektrum vyrovnané, bez špiček.	
SD	Shodný charakter zvuku i spektra v tom, že to zní jako písek. Oblast nízkých kmitočtů je plocha a ve zvuku rozmazaná. U Nordu jsou zvýrazněné 4 kHz a novation má shelf od 10 kHz a výše, ve zvuku se to projevuje jako velikost zrnka písku.		x	Ve spektru má „vyřezané“ 400 Hz a par kmitočtu kolem 2 kHz. Zní plně, vyřezané kmitočty vyvolávají pocity prázdného prostoru.
Keys	Harmoniky jsou v porovnání s jinými vzorky hlasitější ve vztahu k základní frekvenci. Tón je díky tomu jasnější a jevnější.	Má trochu širší pásma pracovních frekvencí, ve zvuku to dává hloubku.	Byl zahrán o oktávu výš, proto je z měření vyřazen	Je opakem nordu, je tady hlasitější hlavní tón, proto zní ještě hlubší než novation, až trochu otupeně.

### Nord Lead

Tento syntezátor je kvalitně složen, je elegantní jak ve zvuku, tak v designu. Stejně tak se projevil v testu, dává jasný a čistý zvuk. Charakteristiky jsou také rovné bez nějakých zbytečných zkreslení. Odchyly ve spektru, které se objevily, přidávají znění nástroje spíš styl, nikoliv poruchy, které by vadily.

### **Novation UltraNova**

Digitální verze syntezátoru od Novation potvrzuje zaměření firmy na nástroje s dobrým poměrem cena/výkon. Vidíme ale tady názorně tendenci digitálních syntezátorů schovávat všechno do menu a obrazovky, což pro uživatele není moc příjemný. Zkušený člověk bude jen ztrácet čas a začátečník se v tom ztratí sám a pravděpodobně to zahodí. Zvuk má obyčejného digitálního syntezátoru, popsal bych ho jako holý.

### **System-8, Jupiter (Plug Out System8)**

Je to vlastně jeden nástroj Roland System-8, který se může projevat jako podoba legendárních syntezátorů od Roland ze starých let pomocí technologie plug-out (po stažení určitých algoritmů se dá přepínat mezi těmito „mody“ a zvuk bude mít charakteristické zbarvení). Funguje také i samostatně, design přebírá od řady produktů Aira.

## Soft PC

Tabulka 4: Krátké hodnocení nástrojů skupiny „Software PC“

	Diva	Massive	Prophet	Serum	Sylenth1
bass	Má z celé kategorie nejbohatší zvuk a spektrum (oscilátor napodobuje analog)	Mají prudký pokles energie, který se zobrazuje prudkým sklonem filtru. To, co není filtrované, je docela živé a nezní moc digitálně.		Spektrum vykresluje hladký kopec. Zvuk je odpovídající a je rovnomerně naplněný bez žádného zkreslení. Pokles u Sylenth1 je více lineární, proto zní jako tenčí,	
SD	Je agresivnější s přechodem od vyšších frekvencí ke středu. Kusy spektra trčí nahoru (ale ne špičky, spíše úzká pásma) + propad kolem 7k Hz	Suchý Vyrovaný Obyčejný Průměrný	Silně zašuměné spektrum a zvukově nepříjemný		Propad v oblasti 300 a 600 Hz. Je slyšet něco vadného, ale ne tak moc jako u Prophet nebo Serum. Ve smyslu poměru filtrace a zašumělosti je mezi těmito nástroji a massive
keys	Mezi hlavním tónem a harmonikou je něco navíc. Zvuk také není čistý, ale jako by něčím doplněný	Hezký a čistý jak zvuk, tak i spektrum	Potopený, posazený kalný Ve spektru užitečný signál je blízko úrovně toho rozmazaného	Také čisté tóny jako u massive s výjimkou toho, že u serum chybí oblast nízkých kmitočtů do 100 Hz (zvuk je díky tomu čitelnější)	

### Diva

Syntezátor je zajímavý tím, že je schopný vydat jak suchý digitální zvuk, tak i zajímavý bohatší („analogový“ – přitom bez pretenze na emulaci, ale na kvalitu zvuku). Je jednoduchý v ovládaní a má zajímavé novinky a funkce, které zkušenému zvukovému programátorovi umožňují větší kontrolu. Kvalitní a poctivý nástroj.

## **Massive**

Massive je produkt od Native Instruments. Je hodně populární a řekl bych, že je v určitém pojetí standardem softwaru syntezátoru. Má široký výběr funkcí a možností, ale v rámci testu se projevuje docela očekávaně a skromně. Není nějak zbytečně nebo uměle obohacen.

## **Prophet**

Jeden nástroj z řady emulace od firmy Arturia, ve kterém je přenesen i originální design. Zvuk a spektrum opravdu mají svoje specifčnosti a jsou pro někoho pravděpodobně potřebným nástrojem v tvorbě.

## **Sylenth1**

Je hodně rozšířený díky svému kvalitnímu zvuku. I když nenapodobuje analogový zvuk, aspiruje se s ním rovnat v kvalitě. Interface je trochu zmatující a pro efektivní práci je potřeba s ním zvyknout (není moc hezký).

## **Serum**

Je v nějakém smyslu kombinací massive a sylenth1. Má na výběr hodně možností, modulací, technik typu bloků a představuje opravdu zástupce softwarového giganta jako massive a zároveň má zajímavý zvuk jako u sylenth1 a v něčem i u prophet, a to jak ve zvuku, tak i ve spektru.



## Tablet

Tabulka 5: Krátké hodnocení nástrojů skupiny „Software tablet“

	i-mini	Ims-20	Sunrizer	terra
Bass	Dobrá, bohatý a naplněný zvuk, srovnatelný s analogem. Ve spektru možná až moc zkreslený od 1 do 2 kHz	Ve spektru je vidět, kde bylo co přidáno (výsledek emulace) a zní to jinak než jen suchá digitální vlna	Zní trochu neživě, digitálně	Zvuk je rozmazaný, nejasný, matný. Spektrum je divné: od 100 Hz do 1,5 kHz, má hrby
SD	Má podobnou charakteristiku jako Sunrizer, jenom ten propad má na 200 Hz	Má šílený peak na 20 kHz a ztlumené nízké frekvence. Zní jako plech a je slyšet nápadný přechod filtru	Spektrum má silné propady na 100 Hz a 1 kHz. Zvuk je suchý, standardní, chudý.	Zní přirozeně a normálně
Keys	Má zkreslené nízké kmitočty, je hodně slyšet digitalizaci	Zahráno o oktávu výše, proto vyloučené. Ale i přesto poznáme, že má tmavší, abstraktnější barvu charakteristickou tomuto syntezátoru	x	Zase o oktávu vyšší, ale tón je obyčejný, čistý a spektrum také. Žádné pazvuky digitalizaci

### Imini

Aplikace emulující legendární minimoog a bohužel emuluje i problémy objevené při testu analogového moogu sub 37. Nejlépe zní ve vzorku bassu, v ostatních se začínají projevovat artefakty a znění suchého digitálního soundu. Má zase design původního syntezátoru a je rozšířen o pár efektů.

### Ims20

Také emulace s hodně specifickým zvukem. Je skvěle realizována jak modulární část originálu, tak i nadstavby přinášené softwarovou verzí (nejde jen o syntezátor, ale i o mixer, sekvencer a platformu, na které se dá vytvořit bez problémů malá písnička

nebo plnohodnotná smyčka). Celkem dobře propracovaný produkt s pohodlím a komfortem aplikace a zachovaném zvuku.

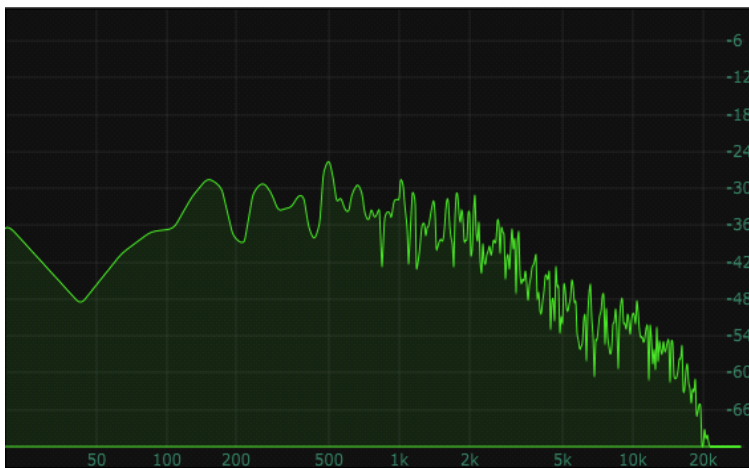
### Sunrizer

Jeden z prvních hratelných, pozoruhodných a splňujících jak technické, tak tvůrčí nároky uživatele syntezátoru na tabletu. Podle výsledku testu vykazuje typické digitální chování. Ale s rozumným přístupem a využitím zabudovaných efektů se dá s tímto nástrojem přijít na zajímavé zvuky.

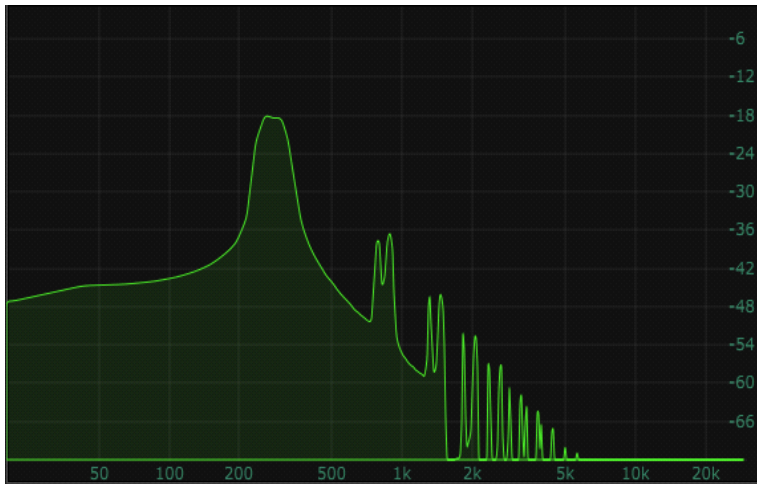
### Terra

Aplikace má produktivní a intuitivní interface, který vypadá jako jeden velký panel s docela názorným routingem modulací a cestami signálu. Má to ale velký nedostatek – přes celý ten panel se musí stále scrollovat. V testu vykazuje dobré výsledky tím, že zní přirozeně a přijatelně. Nejde ale typ jeho zvuku zařadit do analogového typu nebo digitálního.

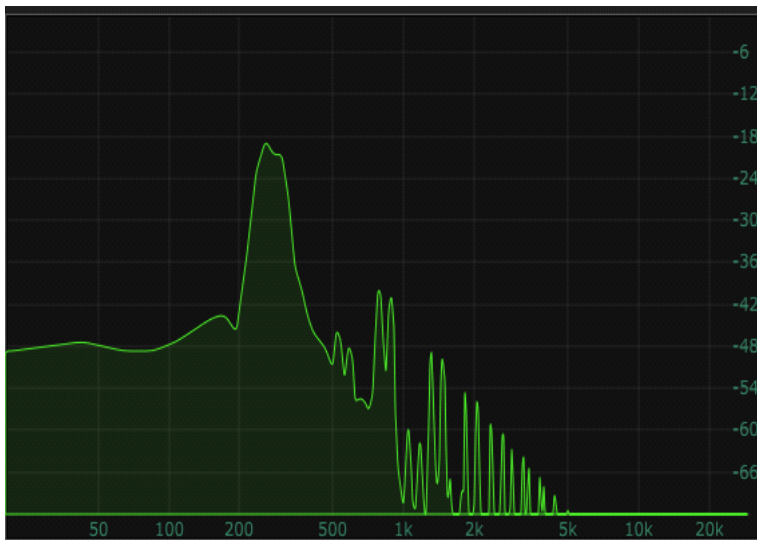
Všechna spektra jsou v příloze a nelze je vložit přímo sem z toho důvodu, že je to obrovský počet dat (okolo 120 grafů a průběhů). Uvedu ale několik nejzajímavějších ukázek:



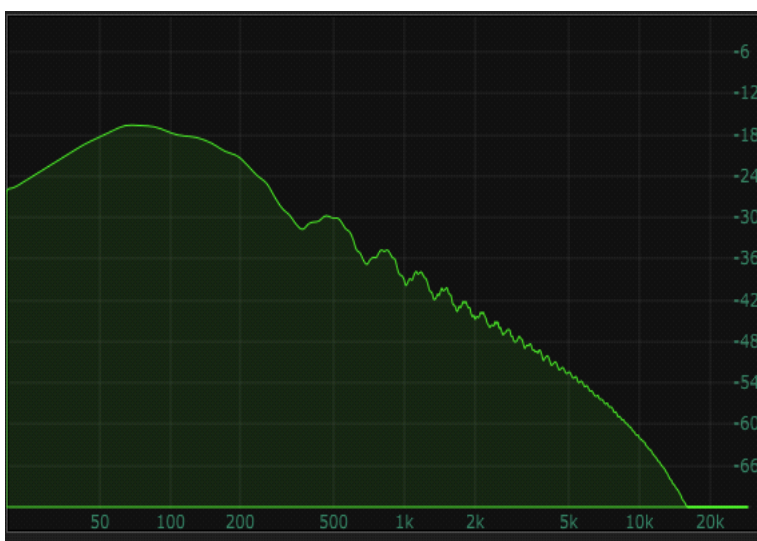
Obrázek 14: Moog sub 37 - snare drum



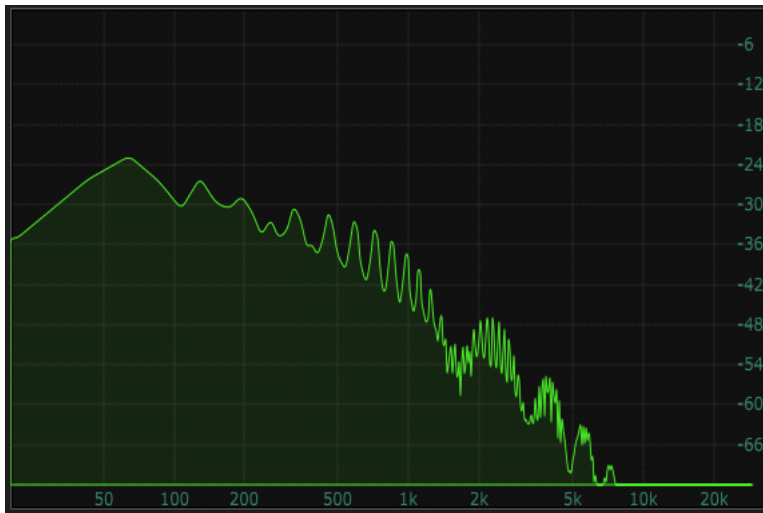
Obrázek 15: Nord lead - keys



Obrázek 16: Diva - keys



Obrázek 17: Serum - bass



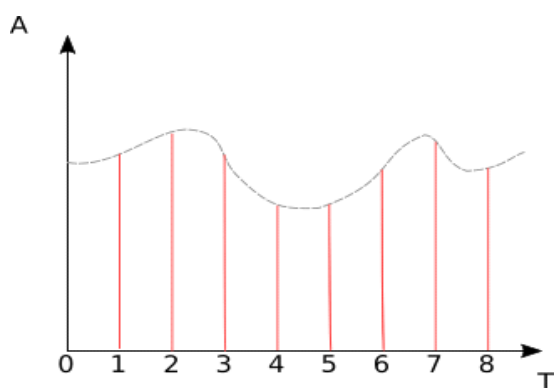
Obrázek 18: ims-20- bass

Měřil jsem nejen kmitočtovou charakteristiku, ale i časový průběh (jsou také v příloze). Při hodnocení jsem ho moc nepoužil, protože nedává příliš informací, které nás zajímají. Jediný zajímavý poznatek, který se tam dá najít, je počáteční fáze signálu. U analogových syntezátorů oscilátory běží stále a nezáleží na tom, jestli je teď zahrána nota, nebo není. Proto v okamžiku, když zahrána je, začíná vždycky jinak, totiž je fázově posunuta. Ale za prvé toto chování se často a jednoduše v digitálních nástrojích napodobuje a za druhé dnešní analogové syntezátory už mají možnost synchronizace, a to nejen oscilátoru, ale skoro všech bloků (LFO, obálky a tak dále).

## 2.5 Shrnutí a zhodnocení

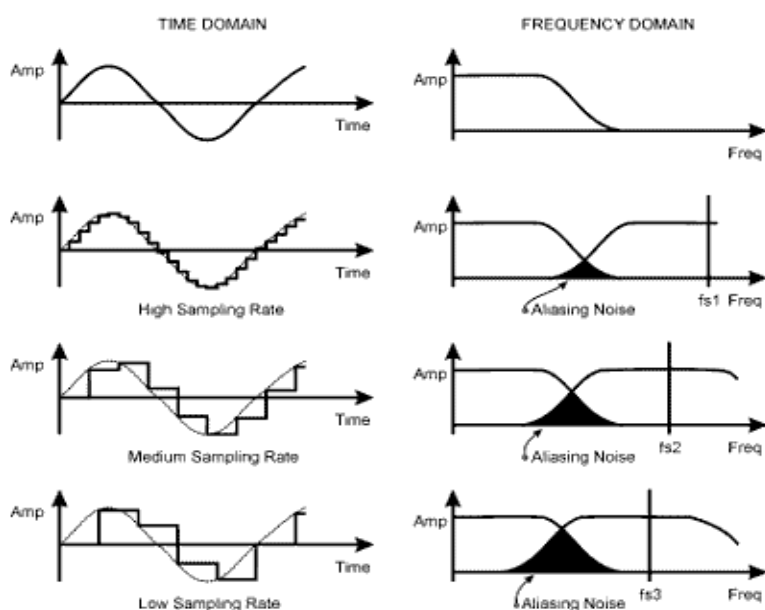
Digitál vs. analog je předmětem věčné diskuze, pokusíme se také na ni udělat svůj názor. Abychom poznali rozdíl a pochopili vlastně, v čem spočívá daný rozpor, musíme se podívat na trochu teorie o procesu digitalizace:

Digitální signál reprezentuje analogový nebo je prostě jinou formou reprezentace signálu. Analogový signál je spojitý, digitální sestává z posloupnosti velkého množství vzorků.



Obrázek 19: Digitální a analogový signál

Digitální signál se lépe přenáší a dají se s ním provádět snadnější operace. Abychom z analogového signálu udělali digitální, potřebujeme provést dvě operace: vzorkování a kvantizaci (diskretizace v čase a amplitudě). Jejimi hlavními parametry jsou vzorkovací frekvence a bitová hloubka. Pokud jsou tyto parametry nastaveny níž než na určitou úroveň, budeme ztrácet informaci v signálu: buď zkreslením vyšších frekvencí ve spektru, nebo zeslabením dynamiky a úrovní nežádанého šumu [13].



Obrázek 20: Digitalizace a Aliasing. Zdroj: [29]

Jaký nám to dává ve výsledku rozdíl? Pokud jsme původně v analogové doméně, tak při nahrání a digitalizaci ztrácíme nebo zkresluje část signálu, pokud jsme ze začátku v doméně digitální, máme čistý signál. Stejně nás ale čekají převody na straně posluchače (protože ve výsledku všichni slyšíme stejnou analogovou akustickou vlnu). Otázkou je, jestli chceme zvuk čistý, nebo zkreslený, s jakým se pracuje lépe a jak s ním pracuje sound designer a ostatní části zvukového řetězce? Co a jak ovlivňuje zvuk?

U analogových syntezátorů je to dané konstrukcí a chováním obvodů, ze kterých sestávají, a jednotlivých součástek. Ve většině případů dostáváme zkreslení, které je pro nás přirozené stejně tak, jako je pro nás přirozené žluté světlo slunce (případně žárovka), a ne ideálně bílá zářivka. [25] V současné době se spousta lidí vrací k plně analogovému řetězci a nosičům jako vinyl a kazety, aby tento zvuk zachovali. Digitální signál máme rádi z jiných důvodů, představuje sebou jedničky a nuly. Jsme schopni udělat a namodulovat cokoli, například i to analogové zkreslení – což se obvykle dělá při emulacích (neskutečně těžko a spíše to za to nestojí, ale je to reálné do té míry, že to člověk nepozná). U akustických nástrojů a analogu nemáme na výběr, zbývá nám jenom pracovat s tím, co je a jak to je (zkreslení a všechny specifičnosti). Proto i když to není vždy jednoduché, ale v idealistickém měřítku a měřítku potenciálu a rozvoje, digitál je určitě správnou cestou, což dokonce přirozeně můžeme pozorovat na trhu. Navíc v tomto smyslu lépe splňuje původní myšlenku syntezátoru, že se dá s jeho pomocí vytvořit jakýkoliv zvuk. Osobně pro mě je v tomto bližší, protože jediné, co nám v tomto případě omezuje nebo nějakým způsobem ovlivňuje zvuk, je prostředí a jazyk programování, limity a omezení nastavené developery při programování, techniky syntézy.

Ze svého testu výše můžeme tvrdit, že se nic nechová tak, jak se obvykle očekává. Spíše: určitě jsou tendence, ale ke každé tendenci jsou take vždy výjimky, které dokazují, že tendence není faktem a nemůžeme podle ní charakterizovat celou kategorii nástroje. Je potřeba oddělovat komerční chytáky (které se nás snaží nalákat na analogový zvuk) a realitu: po pravdě řečeno syntezátory jsou jenom zařízení stejně jako mikrovlnka, jenom tvoří zvuk. Je škoda, že výrobci neudávají opravdové technické detaily, charakteristiky a typ chování nástrojů nebo spíše jeho jednotlivých bloků, třeba spolu se syntezátorem součásti manuálu nebo ještě lépe spolu se specifikacemi na webových stránkách. Proto my to pak musíme testovat, měřit a různě samostatně zkoumat a dělat z toho vědu, diskuze a bakalářkou práci.

Nejdůležitější výsledek je, že každý syntezátor je unikátní a to je odpověď na to, proč lidé mají víc než jeden syntezátor. Unikátní tedy není jenom v pozitivním smyslu, ale i v negativním. Neznamená totiž jen to, že můžeme vytvořit nějaký neobjevený dosud zvuk, ale i to, že nemáme možnost dostat se k spoustě dalších (a to jak technicky – fyzické

konstrukce a z principu), tak zvukově (z výsledku). Můžeme říct, že každý syntezátor je omezený, uvězněný ve své specifičnosti.

Další srovnání, které se neobjevuje moc často, protože je zčásti vyřešeno MIDI strukturou, je digital hardware vs digital software.

Rozdíl těchto nástrojů je docela jednoduchý. Software syntezátoru díky tomu, že běží na platformě počítače, má více paměti, více hlasu polyfonie, širší multitembrálnost, zpracovávají více vzorků, nabízejí lepší interface. Zkrátka jsou lepší ve všem. Na druhé straně jsou dva faktory, které není hned vidět a které nejsou moc rozhodující, ale určitě zaslouží pozornost:

První jsou převodníky a médium. Když vytvoříte na počítači celou písničku, což se dneska často stává, na analog vám to vždycky převede stejná zvuková karta. A už nezáleží, jestli jste použili jeden plugin na všechny nástroje nebo na každý něco jiného, protože celá nahrávka vždycky dostane stejné zbarvení při D/A převodu ve zvukovce. Řešení je několik, buď použití více zvukových karet (respektive D/A převodníků), nebo použití pluginu při masteringu, který zařízení moduluje. Podobný vliv má i médium, na které to budete nahrávat. Tam se sice vyskytují i další problémy, ale to je trochu jiné téma.

Druhým důležitým faktorem je to, že člověk při interakci s různými interfaci (prostředími) přijde na různé výsledky. Vlastně to není nic jiného než lidský faktor, ale když to lze při návrhu nástroje ovlivnit, tak se s tím má počítat. Tady se na to musíme podívat ze strany uživatele. Konfrontační je to v tom, že člověk potřebuješ cítit, znát a být zvyklý na svůj nástroj, aby byl schopný dosáhnout něco nového (případně něco potřebného), z druhé strany úplně nový neobvyklý interface vyvolává nové myšlenky a přístupy, které určitě vedou k novému zvuku [23].

Ve 3. kapitole nabídnou strukturované porovnání, které následně bude podrobněji rozepsáno v 4. kapitole, a to hlavně z hlediska porovnání syntezátoru na mobilních zařízeních oproti jiným kategoriím, a také celkový pohled na tablet jako na zařízení, které kombinuje hardware a software technologie.

## 3 Porovnání jednotlivých kategorií nástrojů

### 3.1 Analog hardware

- může vystupovat v roli MIDI nástroje (v případě, že jste zvyklí na jeden ze svých nástrojů nebo potřebujete ovládat celé studio pomocí jednoho interface, tak ne vždy potřebujete zvlášť MIDI klávesnici, protože skoro každý syntezátor může být také naprogramován jako MIDI nástroj),
- reálný nástroj (na živé vystoupení nebo studijní session hudebník potřebuje ovládat nástroj přímo a analogové nástroje jsou stále fyzickým objektem, kterého se můžete dotknout, s výjimkou na teremín a podobné nestandardní bezprostředně ovládané nástroje),
- hands-on (kromě toho, že analogové nástroje představují reálný nástroj, nejde jenom o jeho použití jako klávesového nástroje, ale také o momentální přístup ke všem nebo většině jeho parametrů),
- těžce přenosný (to je opačná stránka fyzicky reálného nástroje, ovšem tento problém se v posledních letech vyřešil, což bude diskutováno podrobněji v 5. kapitole),
- unikátní a kvalitní zvuk, specifičnost každého nástroje.

### 3.2 Digital hardware

- je to stálé reálný nástroj,
- levnější než analog,
- Výuka (digitální nástroje tvoří velmi široké cenové spektrum a tím existenci jednoduchých syntezátorů a keyboardů, které se dají snadno použít pro výuku),
- Stabilita (na stabilitu se můžeme podívat ze dvou hledisek. Za prvé digitální nástroje jsou stabilnější, co se týká signálů, vždycky začínají se stejnou fází, i když tento parametr v novějších emulátorech se také může chovat jako analogový – random anebo běžící konstantně, i když nástroj nehraje. Z druhé strany je analogový nástroj sám o sobě stabilnější, protože není zatížen ničím



jiným, když třeba počítač/tablet může vypadnout nebo nezvládnout nároky syntézy).

### 3.3 Software PC

- Průhlednost (u skupiny hardware nástrojů jsem sice uváděl hands-on faktor, kde je velkým plusem, v porovnání se spoustou skrytých podmenu a stránek (záložek) v programu, mít všechno před sebou a je to pravda. Jenomže když se na to podíváme objektivně, tak software obsahuje v porovnání s hardwarem desetkrát větší počet parametrů, a kdybychom se pokusili postavit hardware syntezátor se stejným počtem parametrů, tak by to bylo stejně schované v menu (což existuje u digitálních hardwarových syntezátorů a je to pro uživatele komplikované a nekomfortní) anebo bychom dostali na realizaci modulový syntezátor rozměrem podobný skříni, která zabere celou místnost - jako první výpočetní technika).
- Flexibilita – možnost tvoření nebo přizpůsobení pro uživatele. Je možné pro výrobce navrhnout přátelský interface pro úplné začátečníky (lepší na výuku) nebo si to i uživatel může přizpůsobit podle sebe (navrhnout svoje, naprosto nové unikátní prostředí, případně nástroj, který mu bude vyhovovat nejvíce).
- Použití midi dává možnost reálného nástroje (intuitivně se dá použít, ale jen s přednastavením jako třeba u Native Instruments nebo Ableton produktu, jinak ubírá čas na nastavení a přenastavení, i když se to dá ukládat).
- Výpočetní schopnosti počítačů umožňují vytvoření „monstru“ s obrovským počtem bloků, modulací. Objevuje se takzvaný layering, pomocí kterého jeden zvuk v jednom boxu můžete tvořit více syntezátory. Vznikají nové techniky nebo se zdokonalují staré, například práce s takovým prvkem jako XY pad. (Tyto techniky budou podrobněji popsány ve 4. kapitole).
- Výkonnost a schopnost zpracovávat ohromné počty dat u počítačů vede také k rozvoji velmi kvalitní emulace, která je většinou realizována pomocí tabulkové nebo fyzické syntézy (VA). Pro příklady je možné se podívat na produkty od firem Arturia a Spectratronics, ty se jako první snaží navíc napodobit nejen zvuk, ale i graficky podobu nástrojů.

- Se softwarovým syntežátorem také můžeme jít víc do hloubky a mít pod kontrolou přesné detaily. Tak u syntežátoru Diva od firmy U-he se dají měnit parametry pro jednotlivé hlasy oscilátoru.

### 3.4 Tablet

- nezvládá velké projekty a nároky na zařízení (procesor a paměť). Občas se projeví programová chyba nového nástroje nebo nestabilita zařízení jako takového. Bohužel zatím to nevede k možnosti hrát živě (nebo omezovat se jenom na jeden nástroj),
- mobilita,
- tablet v sobě má 2 vynikající funkce – dotyčnost a accelerometr. Tyto funkce v kombinaci s mobilitou a softwarovými technologiemi z něj dělají naprosto neskutečně inovativní a hlavně samostatný nástroj,
- více nástrojů v jednom,
- je rekordér sám o sobě,
- jedním z nejdůležitějších faktorů je cena, ta je pro syntežátory rozhodující. Liší se pro různé kategorie až 10krát. Takže průměrné ceny jsou:
  - hardware ~ 2000\$,
  - PC software ~ 200\$,
  - tablet software ~ 20\$.

Důležité je, že některý software se dá najít naprosto zadarmo, což pro začátek otevírá před lidmi možnost vyzkoušet věci „naživo“.

Žádná kategorie není špatná a ani jedna není lepší. Navzájem se doplňují, a tak tvoří plnou paletu zvuků. Proto záleží na cíli a výsledku, kterého se chystáte dosáhnout, a jen v rámci toho se dá posoudit, co je vhodnější (ne lepší).

## 4 Inovativní nástroje a tablet jako univerzální nástroj

Původně jsem plánoval provést měření opačné k tomu, které jsem popsal ve druhé kapitole. Snažil bych se nezanechat stejné nastavení na různých nástrojích, ale přejít na jeden zvuk a použít přitom různé nástroje (případně metody). Ale uvědomil jsem si, že to není potřeba a nikam to nevede, protože ze zkušenosti nebo testu je jasné, který nástroj dává jaký zvuk. Takže pro uživatele je potřeba jenom vybrat vhodný typ syntézy a nástroj. Proto se místo toho budeme zabývat jedinečnými syntezátory, které přináší současná doba a které mohou ovlivnit vývoj EHM.

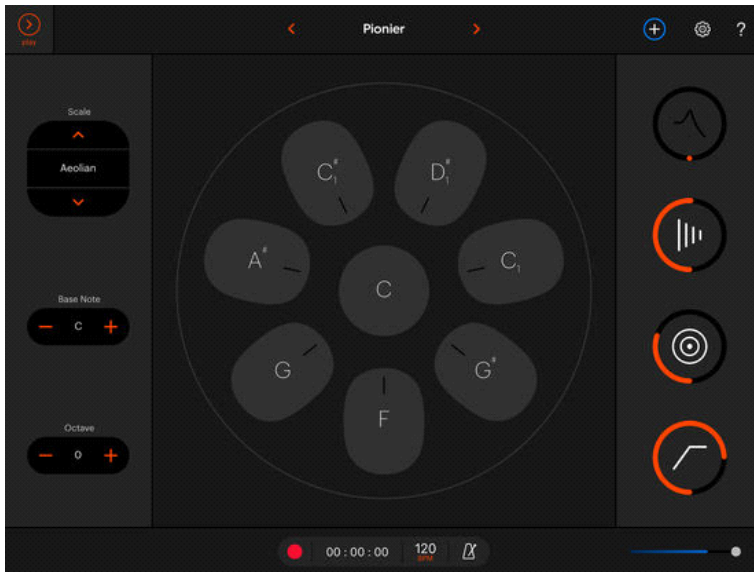
### 4.1 Emulace

Emulace hardware nástrojů je jednou z hlavních forem software nástrojů, tato myšlenka má ale i svoje negativa. Někdo tvrdí, že digitál není schopný napodobit analog, prováděla se spousta blind testů a hodně měření včetně mého z předchozí kapitoly, kde jsem přišel k výsledku, že analog se napodobit dá. Není to jednoduché, ale teoreticky je to možné a prakticky se to také ukazuje jako čím dál jasnější. Stačí poslechnout trillian a další produkty od Spectratronics, které představují fyzikální syntézu, anebo produkty od Arturia.



Obrázek 21: Příklad emulativního nástroje Farfisa od Arturia. Zdroj: [32]

Tato „revoluce“ přiblížila a učinila maximálně dostupné takové legendární nástroje jako Moog systém-15, Korg, Prophet, Roland 909 a desítky dalších drum machines a syntezátorů z naší minulosti. Reprodukci starých syntezátorů můžeme přijít na neskutečné věci. Takové nástroje jako ANS, které se moc neuplatnily kvůli své složitější konstrukci v minulosti, jsou nyní víc než velmi užitečné (o tomto nástroji budeme diskutovat trochu později). Beze sporu emulovat se mohou nejen staré syntezátory, ale jakékoliv nástroje. Tak třeba vznikl nástroj Ovalsynth, který je emulací neobyčejného fyzického (mechanického) nástroje. Novinka, která tomuto nástroji přidává jinou dimenzi, je možnost použít ho jako MIDI kontrolér.



Obrázek 22: Ovalsynth. Zdroj: [35]

## 4.2 Technické využití tabletu

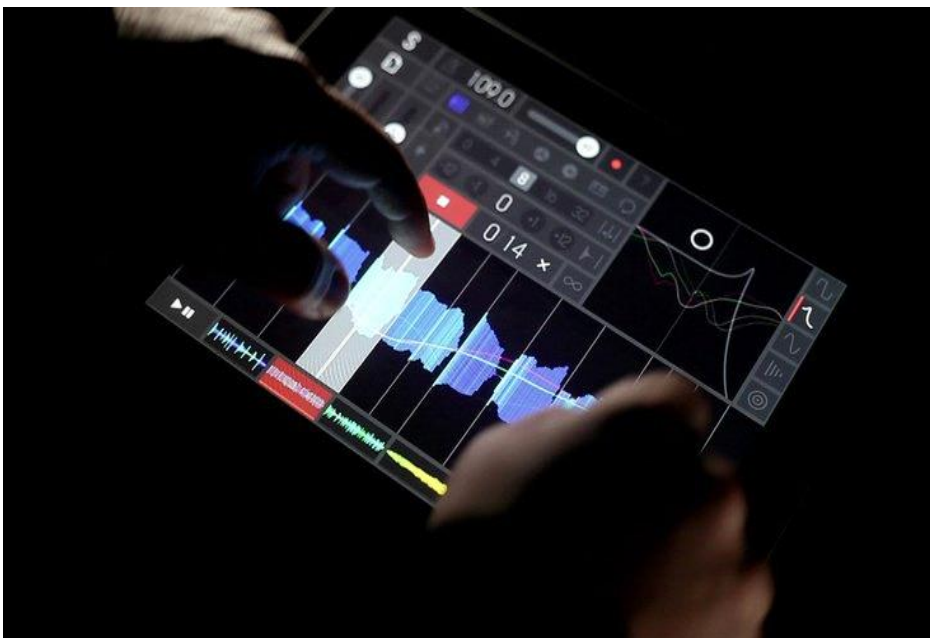
V současnosti přichází další etapa rozvoje emulativních nástrojů, ve které se emulace kombinují s novějšími technologiemi, čímž vzniká něco ohromného. Arturia v syntezátoru Synclavier (což je emulace syntezátoru, který má začátek své historie v roce 1977) používá k modulaci efektů XY plochu (konkrétně pro přechody mezi různými stavy nastavení parametru efektů). Tato technika je také použita v aplikaci animoog od moog music, tam je XY plocha základním prvkem.



Obrázek 23: Animoog. Zdroj: [33]

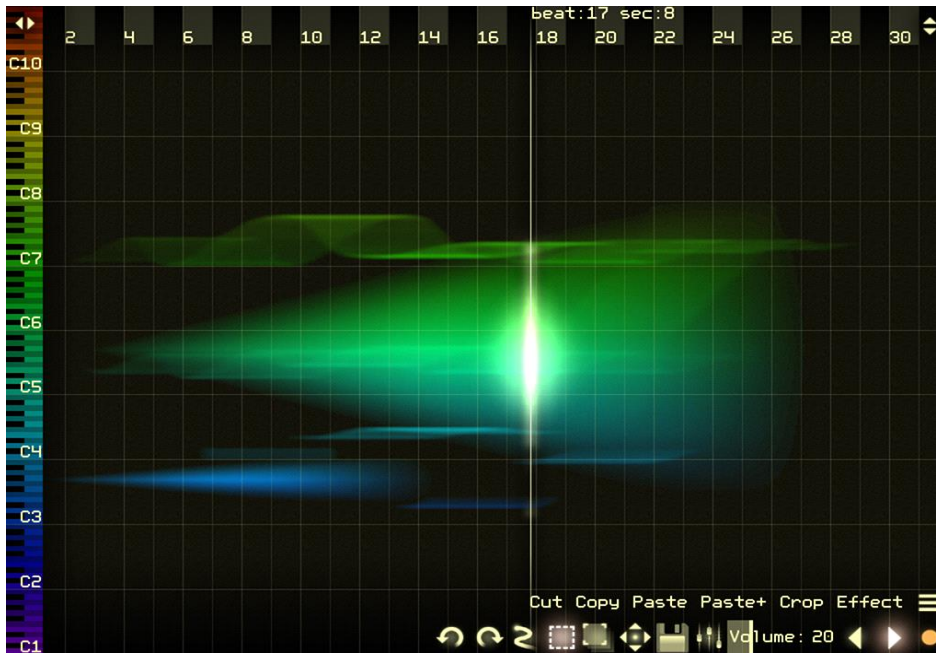
Je rozdělena na několik vodorovných částí, ke každé z nich je přiřazena zvuková vlna. Pro přechody nebo morphing mezi těmito vlnami je použit objekt, který se pohybuje po XY ploše a reprezentuje jeden hlas. Pohyb nebo jiné parametry syntezátoru mohou být modulované klasicky LFO, obálkou nebo souřadnicemi bodu na XY ploše v daný okamžik. Další typ modulace je podle mě revoluční a je to accelerometer. Je také použit skoro ve všech aplikacích od ApeSoftu (například plnohodnotné granulární syntezátory stria, pulsaret, density). Ovládáním parametrů pomocí polohy vašeho tabletu dostáváte nový kontrolér. Vyzkoušet to můžete s aplikací Gyrosynth, která realizuje přesně tuto myšlenku.

Jedna z nejdůležitějších výhod tabletu je dotyková obrazovka a nejlepší aplikace, které s tím pracují, jsou podle mě Borderlands a Samplr. Oba pracují se samplly a tím zároveň využívají možnosti i interního mikrofónu a přímého nahrávání. Se samplrem můžete nahraný vzorek rychle nařezat na potřebné kusy a přehrát je ve více módech. Některé z nich jsou podobné djským technikám, některé jsou naprosto unikátní. Borderlands umožňuje uživateli vyložit na pracovní plochu několik nahrávek a přehrávat je ve stylu granulární syntézy. Samplly se mohou prolínat, přemísťovat se, roztahovat se a stahovat vůči objektu přehrávání. Přehrávajících objektů také může být více.



Obrázek 24: Samplr. Zdroj:[34]

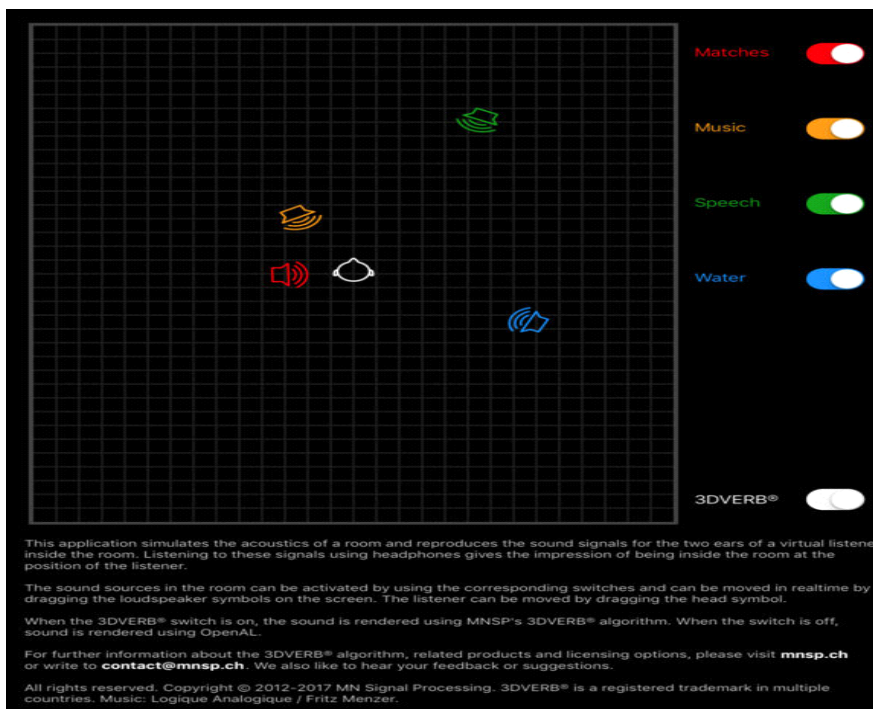
Druhý objekt, se kterým se skvěle pracuje dotykově, je spektrum a toho je využito v aplikacích Shoom a ANS (je to reprodukce starého analogového aparátu). Digitálně se spektrem se už pracovalo v PC pluginech izotope Iris a také Alchemy. Jde o možnost kreslit zvuknebo vložit nějakou připravenou fotografii (obraz), poslechnout si ho a například modifikovat. Anebo lze se opačně jen podívat, jak vypadá kmitočtová charakteristika určité nahrávky v čase, případně vybrat (vykreslit) z toho spektrogramu jenom potřebnou část potřebných frekvencí v čase, a určitým způsobem to přehrát.



Obrázek 25: Virtual ANS. Zdroj: [36]

### 4.3 Nestandardní přístupy

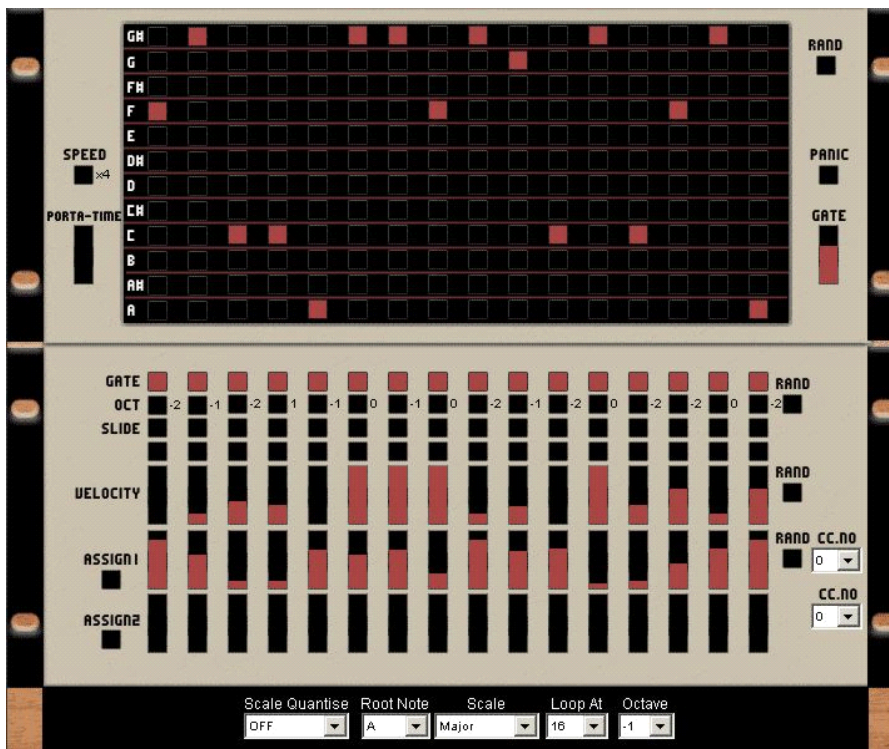
Takový syntezátor jako Physynth používá naprosto nestandardní přístup k tvoření loopu pomocí modelování chování objektů v gravitačním poli ve fyzikálním smyslu. Jiná aplikace bere svoji inspiraci v napodobování chování hmyzu, je to Photophore. Zároveň je ideálním příkladem názornosti polyfonního nástroje. Co se týká názornosti v efektu aplikací VirtualRoom Pro od MN Signal Processing, můžete rozmisťovat zdroje zvuku a posluchače ve zvukovém poli.



Obrázek 26: VirtualRoom Pro. Zdroj: [37]

## 4.4 Sekvencery v nové podobě

Skoro všechny sekvencery vypadají stejně a představují 16krokovou posloupnost, kde u každého kroku můžete měnit více či méně parametrů.

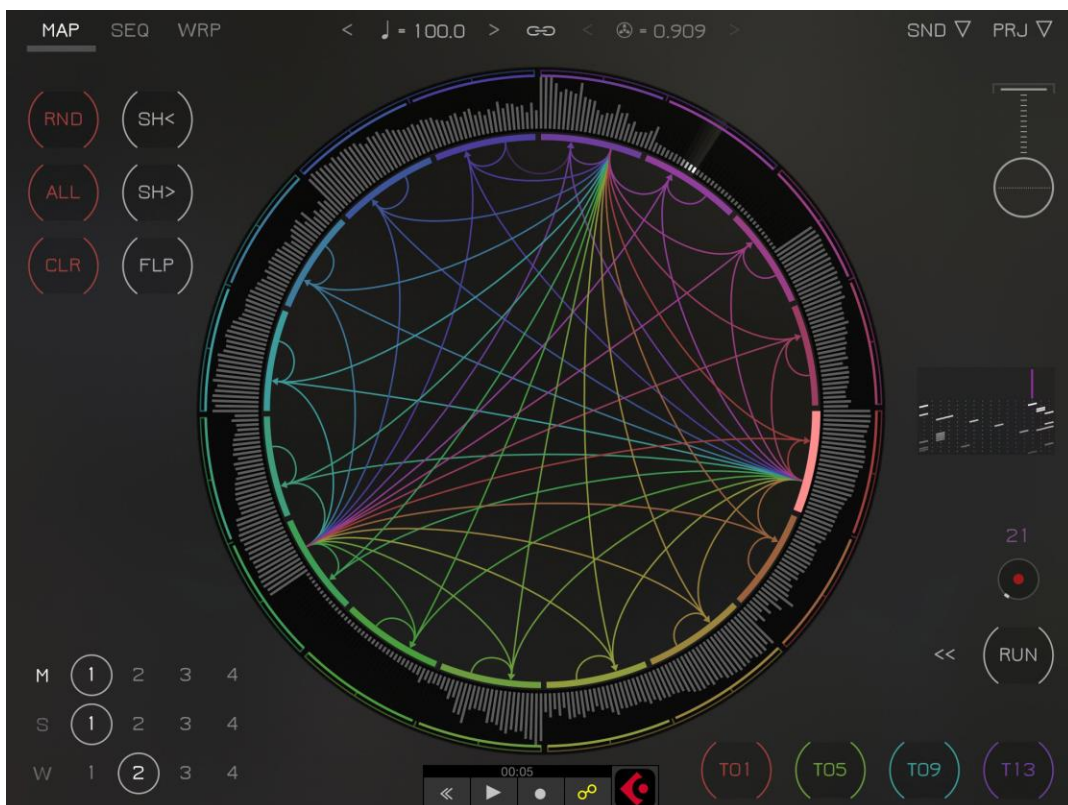


Obrázek 27: Příklad typického sekvenceru. Zdroj: [38]



Stejnou strukturu má i plugin Obscurium od Sugar Bytes. Není to sekvencer, ale syntezátor, jehož základem je sekvencer. Není v tomto nástroji nic mimořádně nového, ale přístup k tvoření je jiný, řekl bych obrácený. Namísto toho, abyste vytvořili konkrétní zvuk a pro něj postavili arpeggiator, máte před sebou hned sekvence, u kterých nastavujete na každý krok parametr zvuku. Takže pracujete se zvukem skrz a pomocí posloupnosti, netvoříte posloupnost pro určitý zvuk. Má hezký, intuitivní interface a práce je v tomto pluginu rychlá a snadná.

Na tabletech sekvencér, na který jsme zvyklí, teď získává novou podobu – podobu kruhu. V aplikaci rhythmic necklace můžeme pozorovat vztah mezi rytmem a geometrií. V aplikaci pattering od Olympia Noise už máme větší kontrolu nad parametry a je to naprosto klasický sekvencér, jenom je orientovaný kruhově a je snadnější k ovládní. Trochu stranou stojí Chronium, který se snaží obsáhnout nejen funkci sekvencéru, ale i trochu morphingu a mixingu. Nejzajímavější mi ale připadal koncept, jak se vytváří rytmus v této aplikaci. Je to jakási kombinace délek not a jejich úroveň v závislosti na určitých limitech a to celé opět v kruhové podobě. Třešničkou této kategorie je aplikace Sector, se kterou můžete postavit performance nástroj na tvoření rytmu na hranici náhody a kontroly.



Obrázek 28: Sector. Zdroj: [39]

## 4.5 DAW a propojení všeho druhu

Důkazem toho, že tablet v současné době není hračkou, ale nezbytným nástrojem pro audio inženýra nebo hudebníka, jsou takové seriózní aplikace pro mastering jako Cubasis, audio mastering, auria pro a final touch. A to nemluvíme o dálkovém ovládní hardwaru pomocí tabletu. Všechno je jednoduše integrovatelné a přenositelné ke klasickému DAW na počítači.



Obrázek 29: Cubasis 2. Zdroj: [40]

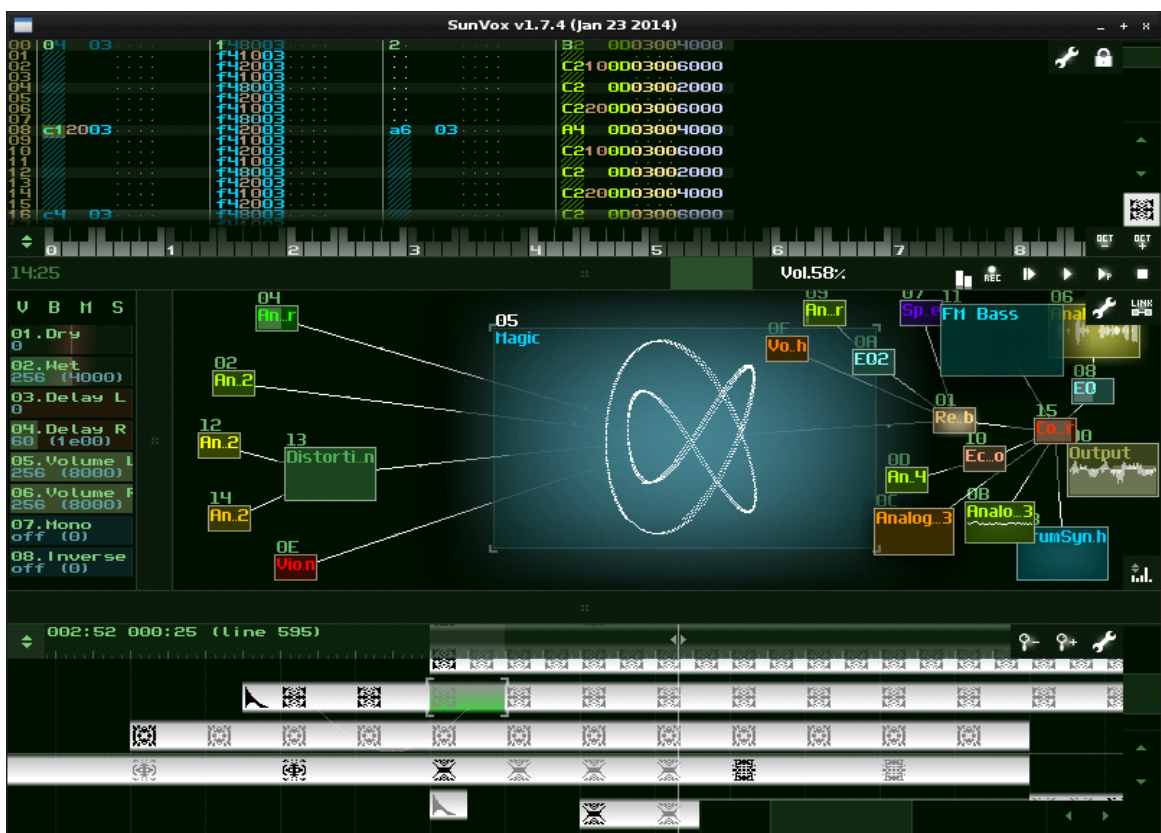
Přímo se podporuje jak MIDI (overwifi a dratove), tak audio (audioshare a dropbox). MIDI přes wifi se předává se srovnatelnou a často i rychlejší odezvou. Nejsou to stabilní výsledky a určitě zatím jsou problémy s jitteringem (odchylkami) a přeplněností wifi sítě, ale z hlediska rozvoje je to perspektivní cesta [26].

Stejně tak je dobře odladěna konektivita mezi nástroji uvnitř tabletu pomocí například audiobusu. Je to jakýsi standard komunikací, který podporuje skoro každá aplikace.

Co se týká bližšího propojení syntezátoru, existují dvě aplikace. První je LayR, umožňuje vám vytvořit několik vrstev interního syntezátoru a přiřadit každému svoji kmitočtovou (klávesovou) oblast. Tahle možnost byla ve spoustě pluginů na počítači. Tou druhou aplikací je AUM, představuje kombinaci LayR a audiobusu. Spojuje externí syntezátory se zajímavějším routingem, mezitím se dají přidávat i efektní aplikace. Když už mluvíme

o routingu, aplikace Moebius Lab je sbírkou efektů (od klasických po exkluzivní) s možností kontroly cesty signálů.

Když připomeneme modulní syntézu, tak lze konstatovat, že je dostupnější než kdykoliv dříve. Můžete koupit software syntezátor za desítky nebo stovky dolarů. A máte nekonečný počet modulů všech druhů, zapojování, která jsou průhlednější (sunvox). Také vám nic nebrání dokonce i naprogramovat svůj vlastní modul (reaktor). Pokud pochybujete o zvuku, zase vám pomůže několik emulací legendárních racků (moog system-15).



Obrázek 30: Sunvox. Zdroj: [41]

## 5 Návrh vlastní aplikace

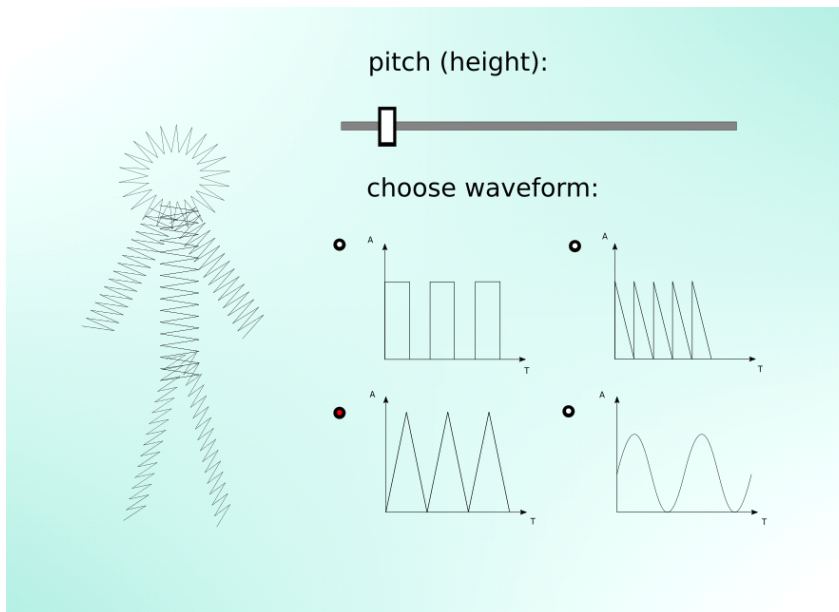
Některé lidé těžce vnímají technické termíny, grafy a mechanizmy. Proto pro většinu vypadá i nejjednodušší klasický subtraktivní syntezátor jako složité zařízení, mnozí ho nevnímají ani jako hudební nástroj a po prvních zkušenostech kroucení knobů se toho většina vzdá. Ve svém návrhu jsem se rozhodl přiblížit EHN nezkušenému uživateli, případně lze tento interface nebo aplikaci brát jako hru, která přímo i podvědomě seznamuje člověka se základy syntézy. Nejlépe lidé rozumějí sami sobe neboli svojí podobě, proto jako hlavní objekt jsem vzal postavu člověka. Dále jsem postupně navazoval parametry signálu na jednoduché příklady okolí.

Syntezátor představuje interaktivní pole, zároveň zobrazené jako obvyklá podoba syntezátoru. Jsou zároveň dvě grafické reprezentace toho, co provádíme se signálem: jedna je intuitivní a druhá technická. První je navržena tak, aby každý objekt, s kterým se kontaktuje člověk, působil na signál stejným způsobem, jakým tento objekt vyvolává pocity nebo smyslové odezvy v člověku. Ta druhá reprezentace představuje sebou klasický syntezátorový interface, na který jsme si zvykli. Proto, když uživatel si pohrál s intuitivní částí aplikaci a pochopil vliv na zvuk určitého objektu a chce se seznámit jak je to vysvětlený s pohledu signálu.



Obrázek 31: Návrh prostředí aplikace

Aplikace je rozdělená na dvě etapy – příprava nebo vytvoření postavy a poznání okolí. Postava člověka reprezentuje signál. Základní signál bude mít 2 parametry: výšku tónu (základní frekvenci) a tvar vlny. Výška tónu se jednoduše reprezentuje výškou postavy a tvar vlny bude obkreslovat konturu postavy, protože podle mě průběh zvuku většinou zní tak, jak vypadá. Jednotlivé parametry při výběru jsou také popsány a okomentované. Jako druhá věc se v první etapě nastavuje řeč člověka neboli obálka signálu. Dá se vybrat ze tří parametrů: Mluví rychle? (Attack), Mluví nahlas? (Sustain) a Protahuje slova? (Release).



Obrázek 32: 1. etapa - vytvoření postavy

Dále postupujeme do druhé etapy, kde se dostáváme do nového prostředí. Cíl uživatele je seznámit se se všemi objekty a jejich vlivy na řeč člověka. Vezmeme to postupně po blocích:

dum (reverb) – tento efekt dává posluchači pocit místnosti, prostoru. Bude mít k interakci dva parametry: poměr suchého signálu k zpracovanému – jak moc postava vešla do domu, rozměr místnosti odpovídá rozměru domu.

hory (delay) - efekt echa: počet hor – množství odrazu, rozměr hor – délka odrazu, vzdálenost hor od postavy – hlasitost odrazu, poloha člověka vůči hoře odpovídá poloze ve stereu.

voda (LP filtr) – čím hlubší, tím nižší mezní frekvence, rezonance a přechod jako u XY plochy (oblasti čisté a špinavé vody), několik jezer, různá strmost filtru.

slunce nebo (HP filtr) – opak vody, jenom bez strmosti a rezonance přiblížením ke slunci.

sušící se prádlo (EQ) - na obrázku si lehne na lehátko a bude skryt za sušícím se prádlem, které se bude moct různě věšet. Každý kus prádla znamená kmitočtové pásmo, a jak vysoko visí na šňůře, tak je zesíleno, nebo zeslabeno.

oblaka (noise) – přidává signálu bílý šum, poměr šumu a signálu odpovídá tomu, jak je tmavý oblak.

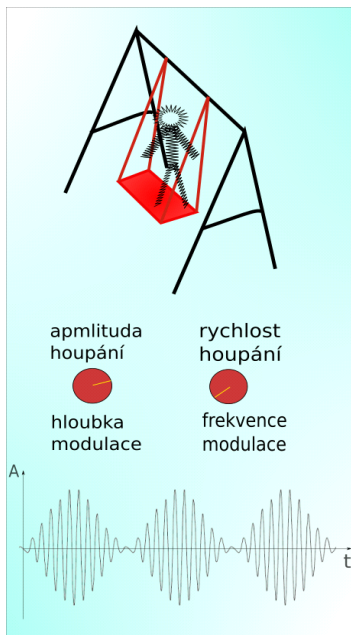
kolotoč (phaser) – rychlost změny v efektu – rychlost kolotoče, hloubka – jak je daleko od středa (osy).

děšť (distortion) – čím silnější děšť - tím větší zkreslení.

skákání panáka (sekvencer) – ze začátku na poli rozmístit buňky, kde bude zvuk, a pak je proskakovat.

LFO (houpačka) – jenom jako amplitudová modulace s parametry rychlosti a amplitudy.

malý človíček (kompresor) – který sleduje, aby naše postava nemluvila hlasitěji, než je možný (treshhold), a když se to stane, tak mu přikrývá pusku (přitom rychlost reakce je parametr ratio). Můžete dát reproduktor (gain).



Obrázek 33: Příklad jednoho z bloku aplikace - AMhoupačka

Zvuk se bude spouštět kliknutím na postavu nebo se dá nastavit „drž tón" mód, kdy zmáčknutí znamená přepínání stavu zapnuto/vypnuto.

mód s více postavami (reprezentace mixeru nebo polyfonie) – hlasitost zdrojů zvuku – průhlednost postav nebo jejich vzdálenost.

### Nástroje pro realizaci

Programovací jazyky:

C/C++, Objective C, swift

Frameworks:

coreMIDI (PGMIDI), The Amazing Audio Engine, audiokit, juce, csound [5], EZAudio

Jiné možnosti:

PureData, Max for live, Lemur, Reaktor

## Závěr

V této kapitole se pokusíme naznačit cesty rozvoje EHM a shrnout práci jak celkově, tak i její dílčí cíle. Taky naznačím několik tendencí, které jsem již zmínil v předchozích kapitolách, ale je potřeba je doplnit a rozšířit.

Začít bych chtěl naznačením hlavního problému, na který jsem narazil při zkušenosti s programováním syntezátoru v rámci jiného projektu, ale přímo souvisejícím se softwarovou aplikací z předchozí kapitoly. Nejsložitější částí realizace je grafický interface a propojení front-end a back-end, protože většina uvedených frameworku je dobře propracovaná a front-end se dá udělat opravdu rychle a snadno, ale podporuje jen klasické syntezátorové grafické prvky. Udělat ale něco úplně od nuly s vlastní grafikou je poměrně náročná záležitost.

Co se týká obecně rozvoje EHN v dnešní době, tak nejde naznačit rozvoj každé kategorie zvláště kvůli tendenci propojení. Spojení jako faktor nebo způsob vzniku nových věcí dominuje v různých projevech.

V jednom nástroji jsou propojené analogové a digitální části. Příkladem je syntezátor Roland JD-XA, který byl součástí měření v této práci anebo Prophet 12. Další spojení představuje hardware, který se ovládá softwarem (případně i naopak). Tak aplikace Lemur nám umožňuje vytvořit vlastní interface a pomocí MIDI jím ovládat naprosto cokoli.

Stejně tak se spojují i techniky a typy syntézy, proto z velkých produktů nenajdeme skoro nic, co by představovalo čistě jenom jednu techniku.

„in the box“ (všechno v jednom) – snaha spojit více zařízení v jedno (sampler, syntezátor, efektovou jednotku, mixer, sekvencer, záznamové zařízení). Nejvíce se to projevuje v software, klasicky DAW může dostatečně plnit funkci každého z těchto zařízení, dokonce i bez externích pluginů. V hardware světě je ideálním příkladem Octatrack od Elektron nebo Teenage Engineering OP-1.

Dalším logickým parametrem k rozvoji, který potkáváme všude a hlavně v elektronice a elektrotechnice, je rozměr. Z historie známe, jak se syntezátory proměnily z obrovských skříní na stolní a studiové zařízení, teď už máme nástroje, které se dají schovat do kapsy. Typickým příkladem projevu této tendence je série pocket



syntezátoru od Teenage Engineering nebo reface od Yamaha. U modulních syntezátorů se setkáváme s moduly, které sebou představují syntezátor jako celek nebo semi-modular syntezátor. Emulace a remake se konstruují také skoro vždy v menších rozměrech.

Ve 4. kapitole jsem připomínal využití takové funkce syntezátoru, jako accelerometr k modulaci a také dotykové obrazovky tabletu. Další potenciální možnost, které se už pokoušejí využít, je schopnost znobrazovky snímat úroveň tlaku. V syntezátorech se to může použít jako klasický aftertouch u kláves anebo spíše pressure u touch surface na moog voyager. Teoreticky nám to dává třetí dimenzi k ovládní a další kontrolér k modulacím. Mobilní zařízení sama o sobě mají spoustu dalších zajímavých funkcí: senzory, kameru, projekce. Proto přechod na tuto platformu a propojení technologie, to obojí, světu určitě ještě poskytne hodně zajímavých objevů. Zatím jsme jenom na začátku nové éry syntezátoru.

Co se týká propojení, další inspirací a oblastí spolupráce jsou grafika (obrazy, 3D modely, projekce) a signály obecně. Obraz a zvuk mají hodně podobného a s přechodem obou převážně na software jsou si bližší než kdykoliv dříve. Interakce těchto dvou oblastí na úrovni syntézy a performance je samozřejmě další cestou rozvoje multimediální techniky a tvorby.

Jako konstrukce zařízení pro syntézu zvuku (případně i multimediálního contentu) v budoucnu bych mohl předpokládat tři varianty:

- a. Mobilní zařízení s dotykovou obrazovkou a dostatečným výkonem.
- b. Něco malého s principem „vše v jednom“. Myslím si, že to může být multifunkční stanice s možností pokročilejšího routingu a připojení externích modulů a signálů na principu pomůcek u kamer GoPro (analogové moduly, kamery, kvalitnější snímače a rekordéry, senzory, ovladače).
- c. Naprosto nové rozhraní jako reactable nebo blocks a seaboard by roli.

## Obsah CD

CD obsahuje zvukové nahrávky z měření, jejich spektra a průběhy.

Všichni soubory jsou rozděleny do příslušných složek jejich kategorií nástrojů s podobnou strukturou a v pořadí, v jakém byly hodnoceny ve 2. kapitole této práce.

Pojmenovány jsou podle zvuku a typu, například: keysSpec – spektrum klávesového vzorku nástroje v této složce.

## Seznam použité literatury

1. GUŠTAR, Milan. *Elektrofony : historie, principy, souvislosti. Část I, Elektromechanické nástroje*. Praha : Uvniř, 2007. ISBN: 978-80-239-8446-0.
2. GUŠTAR, Milan. *Elektrofony : historie, principy, souvislosti. Část II, Elektronické nástroje*. Praha: Uvniř, 2008. ISBN:978-80-239-8447-7.
3. SÝKORA, Rudolf, KRUTÍLEK, František, VČELAŘ, Jaroslav. *Elektronické hudební nástroje a jejich obvody*. Praha : Nakladatelství techn. lit., 1981.
4. GUÉRIN, Robert. *Velká kniha MIDI : standardy, hardware, software*. Brno : Computer Press, 2004. ISBN 80-722-6985-2.
5. BOULANGER, Richard (ed.). *The Csound book : perspectives in software synthesis, sound design, signal processing, and programming*. Cambridge : MIT Press, 2000. ISBN 0-262-52261-6.
6. ROADS, Curtis. *The Computer Music Tutorial*. Cambridge: MIT Press, 1996.
7. CANN, Simon. *How to Make a Noise: a Comprehensive Guide to Synthesizer Programming*. New Malden: Coombe Hill Publishing, 2007.. ISBN: 9780955495502.
8. JENKINS, Mark. *Analog Synthesizers: Understanding, Performing, Buying- from the legacy of Moog to software synthesis*. Amsterdam: Focal Press, 2007. ISBN 978-0240520728.
9. SHEPARD, Brian K. *Refining Sound: A Practical Guide to Synthesis and Synthesizers* Oxford: Oxford University Press, 2013. ISBN 978-0199922963.
10. RUSS, Martin. *Sound Synthesis and Sampling (Music Technology)*. 3rd Ed. Oxford: Focal Press. ISBN 978-0240521053.
11. Synthesizer. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2017 [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/Synthesizer>

12. Alexey. Modulní analogové syntezátory. *Habrahabr.ru* [online]. 2014 [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: <https://habrahabr.ru/post/236703/>
13. Teletone. Old School Electro Music. *Teletone.cz* [online]. 2014 [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: <http://elektronicka-hudba.telotone.cz/sluzby/prehled-clanku>
14. DSP related. Cross synthesis. *Dspcrelated.com* [online]. 2017 [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: [https://www.dsprelated.com/freebooks/sasp/Cross\\_Synthesis.html](https://www.dsprelated.com/freebooks/sasp/Cross_Synthesis.html)
15. Simon (crab). The 'Telharmonium' or 'Dynamophone' Thaddeus Cahill, USA 1897. *120years.net* [online]. 2017 [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: <https://120years.net/the-telharmonium-thaddeus-cahill-usa-1897/>
16. Jason. What's a Theremin? *Thereminworld.com* [online]. 2005 [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: <http://www.thereminworld.com/Article/14232/what-s-a-theremin->
17. LIUDKEVICH, Denis. Elektronické hudební nástroje. In: *HPM WIKI* [online]. 2016 [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: <http://noel.feld.cvut.cz/vyu/a2b31hpm/index.php/U%C5%BEivatel:Liudkden>
18. Redbull music Historie syntezatoru. *Redbull.com* [online]. 2016 [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: <http://www.redbull.com/ru/ru/music/stories/1331624100661/synth-history-1>
19. Hammond USA. Company profile. *Hammondorganico.com* [online]. 2016 [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: <http://hammondorganico.com/about-us/company-profile/>
20. HASS, Jeffrey. Introduction to Computer Music: Volume One. Chapter Three: MIDI. *Indiana.edu* [online]. 2013 [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: [http://www.indiana.edu/~emusic/etext/MIDI/chapter3\\_MIDI.shtml](http://www.indiana.edu/~emusic/etext/MIDI/chapter3_MIDI.shtml)
21. MENDES, Stephen. Měření na tema analog vs digital. *Youtube.com* [online]. 2016 [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/user/stephenmendes1/videos>

22. CARR, Starsky. Porovnaní a testy syntezátoru. *Youtube.com* [online]. 2017 [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/channel/UCvqGJkKHb-VHgxJmuBbIfIQ/videos>
23. DOBOS, Julius. Analog vs. Digital Synthesizers – My Take on the Old Debate. *Juliusdobos.com* [online]. 2012 [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: <http://www.juliusdobos.com/the-philosophy-behind/analog-vs-digital-synthesizers-debate/>
24. DOBOS, Julius. Three Less Obvious Enemies of Originality. *Juliusdobos.com* [online]. 2013 [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: <http://www.juliusdobos.com/the-philosophy-behind/obvious-enemies-originality/>
25. Keyboard Magazine. A Conversation With Bob Moog: Analog Vs. Digital Sound Generation. *Moogmusic.com* [online]. 2013 [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: <https://www.moogmusic.com/legacy/conversation-bob-moog-analog-vs-digital-sound-generation>
26. SYNHTOPIA. Can Wireless MIDI Be As Fast As Wired MIDI? *Synthtopia.com* [online]. 2013 [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: <http://www.synthtopia.com/content/2013/09/21/can-wireless-midi-be-as-fast-as-wired-midi/>
27. Wikiwand.com. *Theremin* [online]. 2016 [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: <http://www.wikiwand.com/nl/Theremin>
28. Pitchform.com *Moog's Groundbreaking Minimoog Synth Returns to Full Production* [online]. 2016 [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: <http://pitchfork.com/news/66946-moogs-groundbreaking-minimoog-synth-returns-to-full-production/>
29. YAGER, Charles, LABER, Carlos. Switched-Capacitor Filters Beat Active Filters at Their Own Game. *Eetimes.com* [online]. 2000 [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: [http://www.eetimes.com/document.asp?doc\\_id=1255124](http://www.eetimes.com/document.asp?doc_id=1255124)

30. TKACHENKO, Sergey. Research and selection of ECG signal processing algorithms to implement in a portable ECG based on inexpensive hardware capabilities. *Donntu.org* [online]. 2012 [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: <http://masters.donntu.org/2012/fknt/tkachenko/diss/indexe.htm>
31. WILTSHIRE, Tom. Voltage Controlled LFO (VCLFO 9D). *Electricdruoid.net* [online]. 2008 [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: <http://electricdruoid.net/voltage-controlled-lfo-vclfo-9d/>
32. Arturia.com. *Farfisa V* [online]. 2016 [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: <https://www.arturia.com/farfisa-v/overview>
33. Moogmusic.com. *Devine Expansion Pack for Animoog* [online]. 2017 [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: <https://www.moogmusic.com/products/apps/devine-expansion-pack-animoog>
34. Twitter.com. *Samplr* [online]. 2017 [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: <https://twitter.com/samplr>
35. ChrisG. Oval Synth by Oval Sound. *Audiob.us* [online]. 2016 [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: <https://forum.audiob.us/discussion/16543/oval-synth-by-oval-sound>
36. PITMAN, Toby. 5 Cool and Unique Music Making Apps For iPad. *Ask.audio* [online]. 2014 [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: <https://ask.audio/articles/5-cool-and-unique-music-making-apps-for-ipad>
37. VirtualRoom By MN Signal Processing. *Apple.com* [online]. 2017 [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: <https://itunes.apple.com/us/app/virtualroom/id512896634?mt=8>
38. AUDIO TOOLS. Step Machine v.0.901 Beta (freeware). *Vstplanet.com* [online]. 2017 [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: [http://www.vstplanet.com/Other\\_audio\\_tools/Sequencing.htm](http://www.vstplanet.com/Other_audio_tools/Sequencing.htm)
39. John. Sector update – Jonatan Liljedahl brings new features to his brilliant slice sequencer. *Musicappblog.com* [online]. 2014 [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: <http://musicappblog.com/sector-update/>

40. Cubasis 2 - Mobile Music Creation System By Steinberg Media Technologies GmbH. *Apple.com* [online]. 2016 [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: <https://itunes.apple.com/us/app/cubasis-2-mobile-music-creation-system/id583976519?mt=8>

41. Warmplace.ru. *SunVox. Latest release - v1.9.2 (4 nov 2016)* [online]. 2016 [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: <http://www.warmplace.ru/soft/sunvox/>

42. AJH Synth.com. DISCRETE CASCADED VCA. [online]. 2014 [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: <http://www.ajhsynth.com/VCA.html>