



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

**Fakulta elektrotechnická
Katedra telekomunikační techniky**

Měřicí pracoviště pro elektronické hudební nástroje

Measurement Workplace for Electronic Musical Instruments

Bakalářská práce

Studijní program: Komunikace, Multimédia a Elektronika

Studijní obor: Multimediální technika

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

Tomáš Vyšinský

Praha, 2018

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou 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.

Datum:

.....

podpis bakalanta

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Vyšinský** Jméno: **Tomáš** Osobní číslo: **457170**
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:

Měřicí pracoviště pro elektronické hudební nástroje

Název bakalářské práce anglicky:

Measurement Workplace for Electronic Musical Instruments

Pokyny pro vypracování:

Navrhněte a realizujte sadu měřicích pracovišť, pomocí kterých bude možno demonstrovat a měřit důležité parametry elektronických hudebních nástrojů. Dále se v práci zaměřte na problematiku hudebního software, datových rozhraní a syntézy zvukových barev.

Seznam doporučené literatury:

- [1] SYROVÝ, Václav. Hudební akustika. 3., dopl. vyd. V Praze: Akademie múzických umění, 2013. ISBN 8073312972;9788073312978
[2] GUÉRIN, Robert. Velká kniha MIDI: standardy, hardware, software. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2004. ISBN 8072269852;9788072269853

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: **23.01.2018**

Termín odevzdání bakalářské práce: **25.05.2018**

Platnost zadání bakalářské práce: **30.09.2019**

Ing. Tomáš Zeman, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Pavel Ripka, CSc.
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

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu práce Ing. Tomáši Zemanovi, Ph.D. za vedení bakalářské práce, za cenné rady v průběhu jejího plnění a za poskytnutí příležitosti pracovat na tomto tématu, o které se ve svém volném čase aktivně zajímám. Dále bych rád poděkoval Tomáši Malinovi za konzultace a připomínky u praktických a hudebně-teoretických částí práce, jejichž prodiskutování zvýšilo věcnou kvalitu celé práce.

1 Anotace

Práce se zaměřuje na problematiku elektronických hudebních nástrojů (EHN) a jejich využití v praxi. Úvodní část, pojednávající o základním rozdělení EHN, slouží jako základ pro další kapitoly přibližující význam a využití jednotlivých konstrukčních bloků a elementů tvořících studiový audiořetězec používaný v profesionálních zvukových produkčních studiích. Součástí práce je i vlastní návrh a realizace reálného měřicího pracoviště pro elektronické hudební nástroje v laboratoři T2:B3-703 katedry telekomunikační techniky Fakulty elektrotechnické ČVUT v Praze, na němž je postavena tvorba sedmi laboratorních úloh soustředících se na měření dané problematiky a demonstrujících proces technické výroby hudebního díla.

Klíčová slova:

Elektronické hudební nástroje, zvukové studio, audiořetězec, měřicí pracoviště, syntéza audiosignálů, elektronická hudební tvorba, nahrávání zvuku, zvuková postprodukce

Summary

The thesis deals with the issue of electronic musical instruments (EMI) and their practical use. The first part, that describes the basic division of EMI, is considered as a basis for following chapters illustrating the importance and application of individual structural blocks and elements of the studio audio chain used in professional sound production studios. The design of a real measuring workplace for EMI was made and realized in T2:B3-703 lab (Department of Telecommunication Technology of CTU FEE in Prague). Seven laboratory tasks focusing on the measuring and demonstrating the process of technical production of the musical work were created based on the workplace.

Index Terms:

Electronic musical instruments, sound studio, audio chain, measuring workplace, synthesis of audio signals, electronic music creation, audio recording, sound postproduction

Obsah

1	Anotace	5
2	Úvod	12
3	Elektronické hudební nástroje	13
3.1	Analogový syntezátor	13
3.2	Zvukový sampler	14
3.3	Digital Audio Workstation	14
3.3.1	VST pluginy	15
4	Signály a jejich zpracování	16
4.1	Periodické signály.....	16
4.1.1	Sinusový průběh.....	16
4.1.2	Obdélníkový průběh.....	17
4.1.3	Trojúhelníkový průběh.....	18
4.1.4	Pilový průběh	19
4.2	Neperiodické signály	20
4.2.1	Šum	20
4.3	Součet signálů pomocí Fourierovy metody	21
4.4	Obálka.....	22
4.4.1	ADSR	22
5	Filtry	23
5.1	Dolní propust, horní propust.....	23
5.2	Pásmová propust, pásmová zadrž	23
5.3	Ekvalizér	24
5.3.1	Grafický ekvalizér	24
5.3.2	Parametrický ekvalizér.....	24
5.3.3	Kvaziparametrický ekvalizér	24
5.4	Vlastnosti filtrů	24
5.4.1	Rezonance	24
6	Dynamické procesory	25
6.1	Kompresor	25
6.1.1	De-esser.....	25
6.2	Expander	26

6.3	Limiter	26
6.4	Šumová brána	27
7	Efektové procesory	27
7.1	Delay.....	27
7.2	Reverb.....	27
	7.2.1 Konvoluční reverb	28
7.3	Chorus.....	28
7.4	Flanger	28
7.5	Phaser.....	28
7.6	Tremolo.....	29
7.7	Vibráto	29
7.8	Saturátor.....	29
7.9	Stereo imager	29
7.10	Pitch tuner.....	29
7.11	Doubler	29
8	Hudební akustika	30
8.1	Základní pojmy z hudební terminologie.....	30
8.2	Libozvučnost.....	30
8.3	Klaviatura	31
8.4	Tóniny.....	32
	8.4.1 Arpeggiator	33
8.5	Tempo	33
8.6	Elektronická hudební tvorba.....	33
	8.6.1 Zvuková koláž a stavební části elektronického hudebního díla.....	33
	8.6.2 Kmitočtový rozsah hudebních nástrojů.....	35
	8.6.3 Zpracování vokálů	35
	8.6.4 Struktura typického elektronického hudebního díla	36
9	Protokoly pro přenos zvukových informací	37
9.1	MIDI	37
	9.1.1 Hardware	37
	9.1.2 Přenos informace	38
	9.1.3 Metoda řetězení.....	38
	9.1.4 MIDI merge box	39
	9.1.5 Ukládání souboru	39

9.1.6	Typy zpráv MIDI	40
9.1.7	Stavový bajt	40
9.1.8	Datový bajt.....	40
9.2	WIDI.....	41
10	Laboratorní úlohy	41
10.1	Měřicí pracoviště	41
10.2	Tvorba zvuku pomocí syntezátoru X-Station 49	45
10.3	Analogová syntéza.....	45
10.4	Hardwarové zpracování zvuku	45
10.5	Měření datového rozhraní MIDI.....	45
10.6	Tvorba hudby pomocí DAW Ableton Live – samplování.....	46
10.7	Tvorba hudby pomocí DAW Ableton Live – produkce a mixáž.....	46
10.8	Nahrávání a zpracování zvukového záznamu v Cubase.....	46
11	Závěr.....	47
12	Literatura.....	49
13	Přílohy	53

Seznam obrázků

Obr. 3.1: Blokové schéma analogového syntezátoru	14
Obr. 4.1: Čtyři periody sinusového průběhu s kmitočtem $f = 1$ kHz	16
Obr. 4.2: Amplitudové spektrum sinusového průběhu	16
Obr. 4.3: Čtyři periody obdélkového průběhu s kmitočtem $f = 1$ kHz	17
Obr. 4.4: Amplitudové spektrum obdélkového průběhu.....	17
Obr. 4.5: Čtyři periody trojúhelníkového průběhu s kmitočtem $f = 1$ kHz.....	18
Obr. 4.6: Amplitudové spektrum trojúhelníkového průběhu	18
Obr. 4.7: Čtyři periody pilového průběhu s kmitočtem $f = 1$ kHz	19
Obr. 4.8: Amplitudové spektrum pilového průběhu	19
Obr. 4.9: Časový průběh bílého šumu.....	20
Obr. 4.10: Amplitudové spektrum bílého šumu	20
Obr. 4.11: Demonstrace součtu dvou harmonických signálů o blízkém kmitočtu a následného vzniku zánějí.....	21
Obr. 4.12: Demonstrace nežádoucího součtu dvou audiokanálov v případě extrémní kombinace hodnot fázového posuvu φ	22
Obr. 4.13: Rozložení amplitudové obálky ADSR na časové ose.....	23
Obr. 5.1: Znárodnění zesílených kmitočtů v oblasti mezního kmitočtu f_m	25
Obr. 6.1: Převodní charakteristika kompresoru s nastaveným kompresním poměrem 4:1. 25	
Obr. 6.2: Převodní charakteristika expanderu s nastaveným kompresním poměrem 4:1 ... 26	
Obr. 6.3: Převodní charakteristika limiteru (kompresoru s nastaveným kompresním poměrem $\infty:1$).....	26
Obr. 6.4: Převodní charakteristika šumové brány (expanderu s nastaveným kompresním poměrem $\infty:1$)	27
Obr. 8.1: Demonstrace skládání průběhů – nalevo libozvučně, napravo nelibozvučně.....	31
Obr. 8.2: Interval jedné oktávy a popis jednotlivých kláves klasickou hudební terminologií31	
Obr. 8.3: Klaviatura a znárodnění MIDI číslování.....	32
Obr. 8.4: Příklad vhodného umístění jednotlivých stavebních prvků na pravolevé a předozadní ose.....	35
Obr. 8.5: Příklad možné ekvalizační křivky upravovaného vokálu	36
Obr. 8.6: Ukázka amplitudové obálky elektronického hudebního díla.....	36
Obr. 9.1: DIN konektor	37
Obr. 9.2: MIDI kabel (2x konektor DIN, male), Zdroj: http://musical-instruments.blog/ ..	38
Obr. 9.3: Port MIDI,.....	38
Obr. 9.4: Příklad řetězení zařízení.....	38
Obr. 9.5: Čelní a zadní strana MIDI merge boxu.....	39
Obr. 10.1: Schéma měřicího pracoviště v laboratoři T2:B3703. Plná čára značí propojovací linkové kabely, čerchovaná čára značí propojovací MIDI kabely	42
Obr. 10.2: Vzhled pracoviště před započítím bakalářské práce	43
Obr. 10.3: Vzhled pracoviště v závěru bakalářské práce	43
Obr. 10.4: Vzhled přístrojů výhledově umístěných ve stolním rackovém stojanu	44
Obr. 10.5: Vzhled pracoviště v závěru bakalářské práce při pohledu od části s generátory44	

Seznam tabulek

Tab. 8.1: Výpočet frekvencí všech půltónů jedné oktávy a výpočet poměru frekvencí vůči základnímu tónu (zvolený základní tón je A)	32
Tab. 8.2: Způsob výpočtu všech půltónů tónin dur a moll přiřítáním MIDI čísel kláves k MIDI číslu zvoleného základního tónu	32
Tab. 8.3: Seznam stavebních částí typického elektronického hudebního díla	34

Seznam používaných zkratk

- EHN – elektronické hudební nástroje
- MIDI – Musical Instrument Digital Interface
- DAW – Digital Audio Workspace
- VST – Virtual Studio Technology
- LFO – Low-frequency oscillation
- VCO – Voltage controlled oscilátor
- VCF – Voltage controlled filter
- NG – Noise generator
- EG – Envelope generator
- VCA – Voltage controlled amplifier
- FM – frekvenční modulace
- AM – amplitudová modulace
- RM – kruhová modulace
- PWM – pulsně šířková modulace
- A/D – analogově/digitální
- SMF – Standard Midi File
- WIDI – Wireless MIDI
- BPM – Beats Per Minute

2 Úvod

Hudební průmysl je odjakživa formován technickým rozvojem zvukových prostředků. Počítače vnesly několik desetiletí nazpět do celého produkčního procesu zjednodušení nelineárního přístupu tvorby elektronického hudebního díla.

Zcela nový rozměr produkování elektronické hudby se objevil s příchodem tzv. digitálních zvukových stanic (DAW). Srdcem těchto stanic je software poskytující pokročilé možnosti snímání, tvorby, zpracování a konečného exportu zvukového díla. Programy jsou uživatelsky nastavitelné a doplnitelné o zásuvné moduly třetích stran (tzv. pluginy). Tímto je docíleno velké variability používaných nástrojů. DAW jsou použitelné i v amatérských a poloprofesionálních studiích, jež jsou realizovatelné i v domácích podmínkách. Hudebníci tak mají snadno k dispozici postprodukční výbavu, jejíž nároky závisí takřka pouze na hardwarovém vybavení počítače.

Součástí zvukových studií jsou i hardwarové nástroje, jakými jsou například dynamické a signálové procesory, efektové jednotky, ekvalizéry, filtry nebo například generátory, které jsou dnes digitalizovány do digitálních pluginů a mnohé z nich se kvalitou a spolehlivostí dokážou vyrovnat svým hardwarovým analogovým verzím. Audiořetězec si tak může dovolit vynechat mnoho fyzických přístrojů. Propojování přístrojů s počítači nebo mezi sebou navzájem je možno skrze datové rozhraní pro přenos zvukových informací, např. přes MIDI.

V teoretické části je zmiňované problematice DAW a hardwarových nástrojů věnována nadpoloviční většina práce. Druhu podstatnou kapitolou je část věnující se datovému rozhraní MIDI.

3 Elektronické hudební nástroje

3.1 Analogový syntezátor

Součástí elektronických hudebních nástrojů jsou následující bloky (viz Obr. 3.1):

- LFO generátor pomaloběžných kmitů
- VCO napětím řízený oscilátor
- VCF napětím řízený filtr
- NG generátor šumu
- EG generátor obálky
- VCA napětím řízený zesilovač

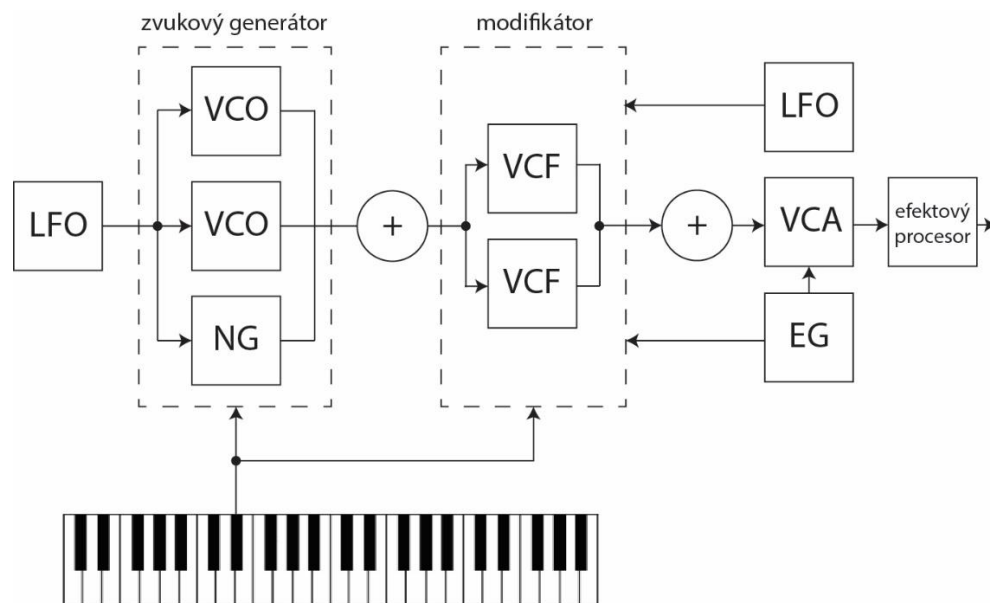
Řídicími jednotkami analogových syntezátorů jsou kromě klaviatury i další řídicí prvky, jejichž vzájemná interoperabilita zajišťuje u **modulárních typů** syntezátorů možnost libovolného propojení jednotek, čímž lze dosáhnout syntézy různých zvukových barev. Takzvané *All-In-One* syntezátory mají svou strukturu přesně danou a z ovládacího hlediska jsou uživatelsky jednodušší.

Zvukový generátor zajišťuje generování různých typů signálových průběhů (viz kapitolu 4). Skládá se z několika napětově řízených oscilátorů (VCO) a generátoru šumu (NG). Svou funkci zde plní i pomaloběžný oscilátor, sloužící pro periodické ovlivňování kmitočtu signálu (a tedy vzniku efektu *vibráto*) a také pro ovlivnění střidy obdélníkového průběhu, generovaného pro účely pulsně šířkové modulace (PWM). Mezi dalšími druhy modulací má v analogových syntezátorech své zastoupení i kruhová (RM) a frekvenční (FM) modulace.

Modifikátor je subtraktivní syntezátor sestávající z napětově řízených filtrů (VCF), jejichž řazení a počet ve struktuře může být různé. Další využití pomaloběžného oscilátoru LFO slouží pro změnu mezních kmitočtů těchto napětově řízených filtrů (a tedy vzniku automatizovaného *wah-wah* efektu, zvaného *auto-wah*) nebo ovlivnění výstupní amplitudy signálu (efekt *tremolo*). Napětí, kmitočet signálu i mezní kmitočet filtru je ovlivnitelný také generátorem obálky (EG), který zajišťuje automatizovaný průběh daného parametru v čase.

Amplituda signálu je nastavitelná napětím řízeným zesilovačem (VCA) umístěným za modifikátorem a sumačním zesilovačem.

Efektový procesor obsahuje řadu bloků umožňující úpravu generovaného zvuku. Patří mezi ně modulační efekty (*delay*, *flanger*, *chorus* apod. – viz kapitolu 7), variační efekty (tvarovače signálu, dynamické procesory – viz kapitolu 6), ekvalizéry (filtry, grafické a parametrické ekvalizéry – viz kapitolu 5) apod.



Obr. 3.1: Blokové schéma analogového syntezátoru

3.2 Zvukový sampler

Výchozími informacemi pro generování zvuku pomocí zvukového sampleru jsou informace o kmitočtu tónu (zadávaném stiskem příslušné klávesy na klaviatuře) a jeho transpozici (určenou polohou pitch kotouče). Sampler obě vstupní informace zpracuje a podle nich transponuje zvukový vzorek. Absence syntézy zvuku vnáší do procesu transpozice zvukového vzorku nežádoucí změnu výšky tónu. Pro korekci lze využít několik metod, mezi které patří například převzorkování zvukového vzorku (decimace/interpolace), změna vzorkovacího kmitočtu během přehrávání nebo využití modulace zpožďovací linky. Všechny metody způsobují změnu barvy tónu. Optimálním řešením je proto rozdělení klaviatury do několika zón (intervalem zón může být například jedna oktáva), z nichž pro každou z nich je určen samostatný zvukový vzorek téhož hudebního nástroje.

3.3 Digital Audio Workstation

Digitální zvukové studio může sloužit jednak jako vhodná alternativa nákladného a prostorného hardwarového vybavení studia pro poloprofesionální účely, ale také silný pilíř profesionálního zpracování audia v moderních zvukových studiích. Základem DAW je software. Nejrozšířenějšími programy jsou *Ableton Live*, *Logic*, *Pro Tools*, *Cubase*, *FL Studio* a mnohé další. Účel a vhodnost využití těchto programů se různí. Některé z nich nalézají své uplatnění především pro účely nelineární hudební tvorby, jiné pro živé hraní nebo pro editaci zvuku k videoobsahu.

DAW klade své minimální požadavky na hardwarovou výbavu počítače, na kterém je provozován, a to zejména na procesor, operační paměť a zvukovou kartu. Složitost sestavy audiořetězce závisí na účelu provozování. Počítač s DAW lze přes zvukovou kartu propojit se studiovým mixážním pultem, studiovými poslechovými monitory, elektronickými hudebními nástroji, mikrofony, vícestopými záznamovými zařízeními, efektoými jednotkami a dalšími zařízeními.

3.3.1 VST pluginy

Jedná se o software, tzv. zásuvný modul komunikující s DAW pomocí rozhraní VST. Slouží k tvorbě či úpravě audiosignálu. Některé VST pluginy jsou vytvořeny jako digitální verze oblíbených hardwarových zařízení. Při jejich programování se proměřují zvukové vlastnosti původního přístroje, čímž je zajištěna spolehlivost při používání pluginu. VST pluginy jsou vytvářeny nejčastěji jako náhrada za analogové i elektronické hudební nástroje, generátory signálů, mohou plnit funkci efektových procesorů, dynamických procesorů, spektrálních analyzátorů, masteringových nástrojů a dalších. Svými vlastnostmi a zvukovou kvalitou se však dosud nejsou schopny analogovým přístrojům, zejména audioprocessorům pro mastering, plnohodnotně vyrovnat.

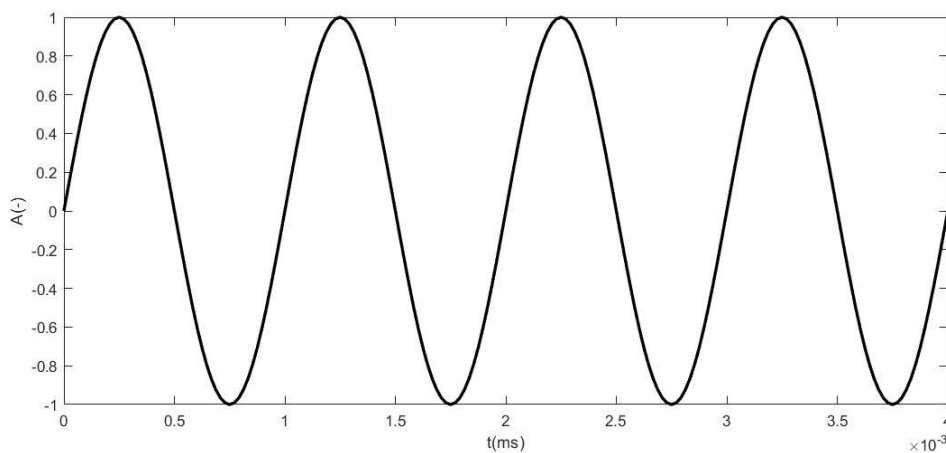
4 Signály a jejich zpracování

4.1 Periodické signály

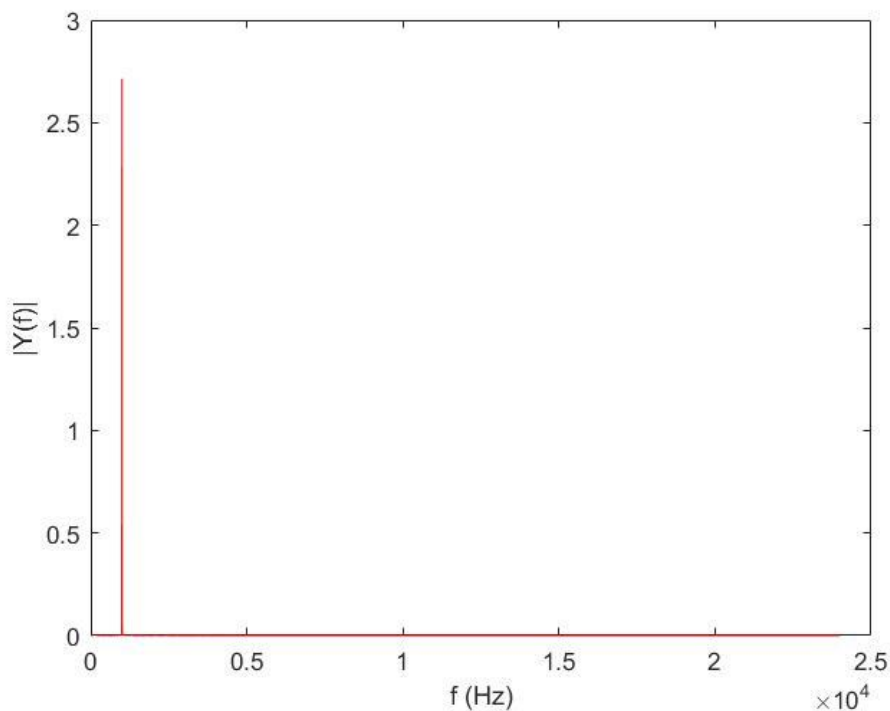
4.1.1 Sinusový průběh

Signál funkce $f(t) = A \sin(\omega t + \varphi_0)$. Amplitudové spektrum sinusového průběhu kromě základního kmitočtu neobsahuje žádné vyšší harmonické frekvence, při filtraci signálu se proto nemění barva zvuku. Díky této vlastnosti je signál vhodný pro užití ve Fourierově syntéze signálů.

Pro barvu zvuku platí následující adjektiva: „měkký“, „zastřený“, „neprůrazný“, „jemný“, „prázdný“, „průzračný“, „tupý“, „kulatý“.



Obr. 4.1: Čtyři periody sinusového průběhu s kmitočtem $f = 1$ kHz

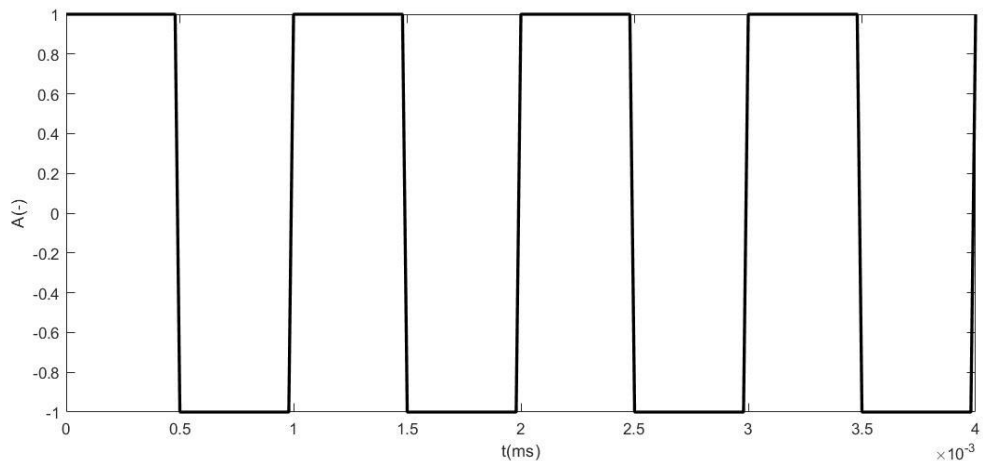


Obr. 4.2: Amplitudové spektrum sinusového průběhu

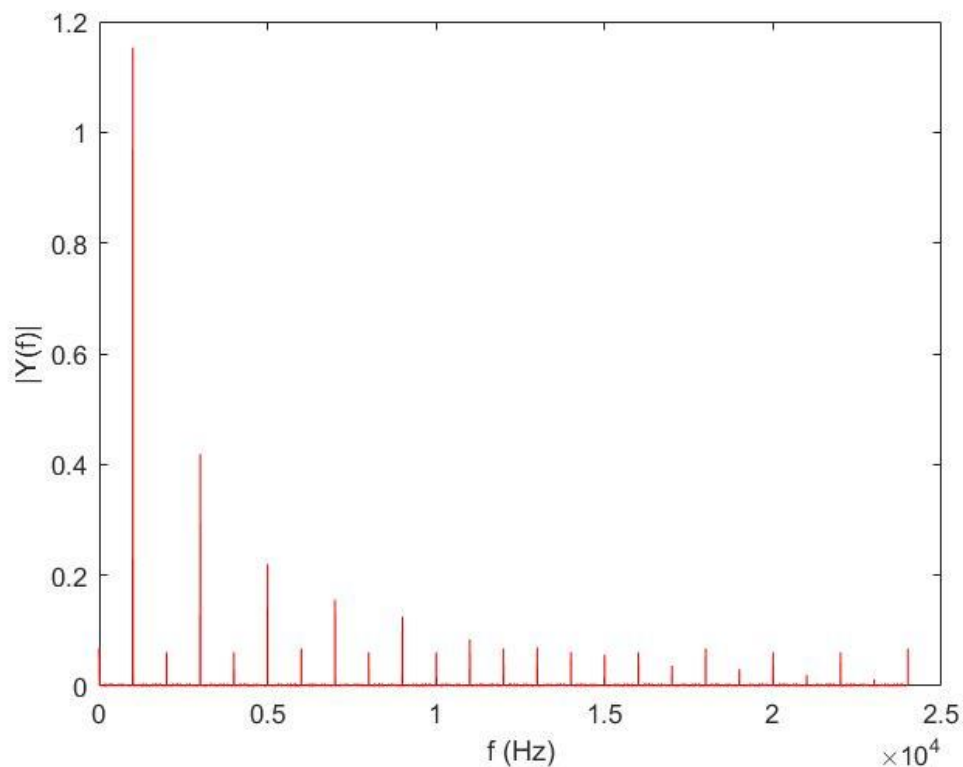
4.1.2 Obdélníkový průběh

Jedná se o geometricky předvídatelný tvar a ideálně nespojitý signál. Spektrum obdélníkového signálu závisí na jeho střídě. Je-li střída v přesném poměru 1:1, obsahuje amplitudové spektrum pouze liché harmonické kmitočty. V jiném případě se ve spektru uplatní i sudé harmonické kmitočty. Využitím PWM, jejímž vlivem dochází k proměnné změně střídy, tak lze docílit spektrálně proměnného signálu.

Pro barvu zvuku platí následující adjektiva: „dutý“, „huhňavý“, „plovoucí“, „oblý“, „rozladěný“.



Obr. 4.3: Čtyři periody obdélníkového průběhu s kmitočtem $f = 1 \text{ kHz}$

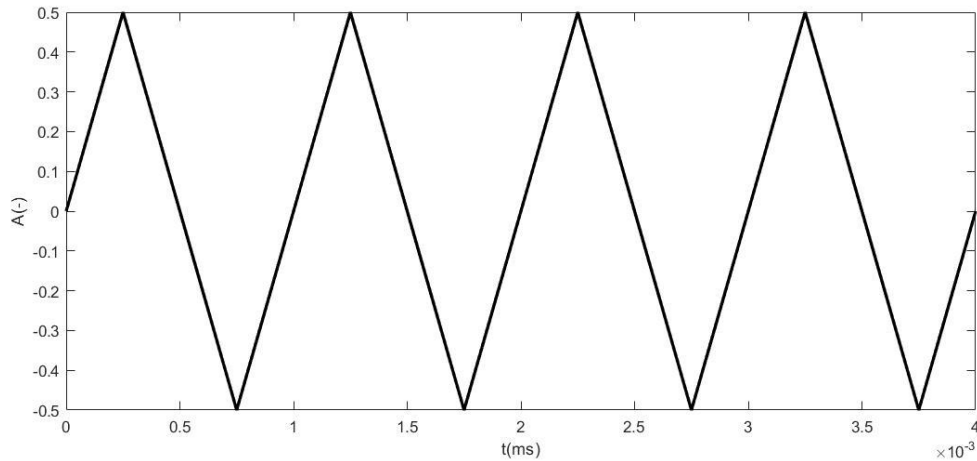


Obr. 4.4: Amplitudové spektrum obdélníkového průběhu

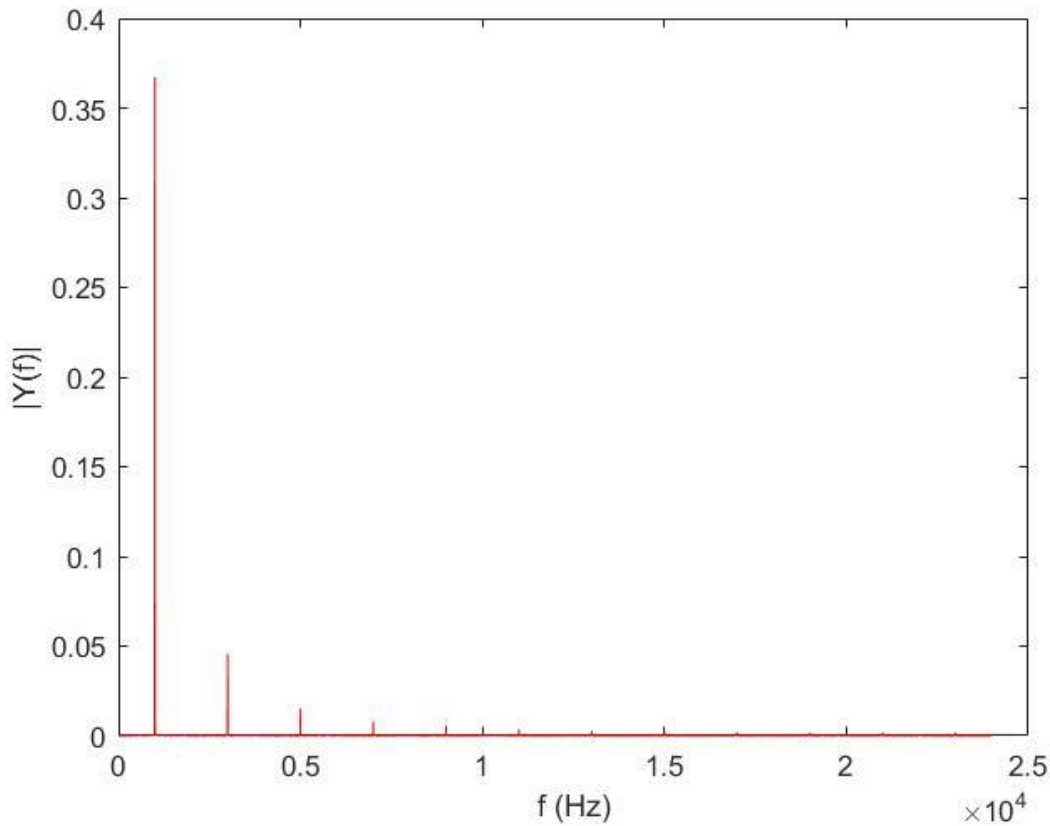
4.1.3 Trojúhelníkový průběh

Jedná se o geometricky předvídatelný tvar vykazující lomený časový průběh. Obsahuje pouze liché harmonické kmitočty, jejichž amplituda s vyššími harmonickými kmitočty klesá.

Pro barvu zvuku platí následující adjektiva: „dutý“, „huhňavý“, „plovoucí“, „oblý“, „rozladěný“.



Obr. 4.5: Čtyři periody trojúhelníkového průběhu s kmitočtem $f = 1$ kHz

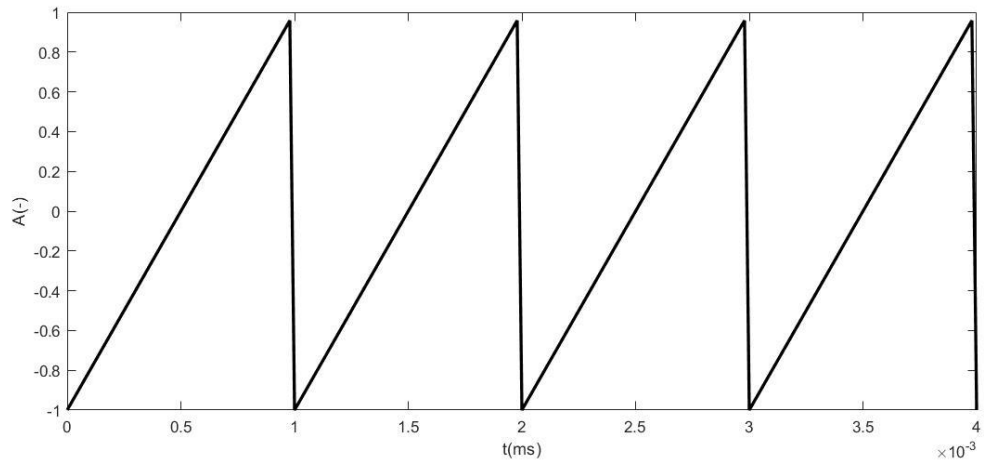


Obr. 4.6: Amplitudové spektrum trojúhelníkového průběhu

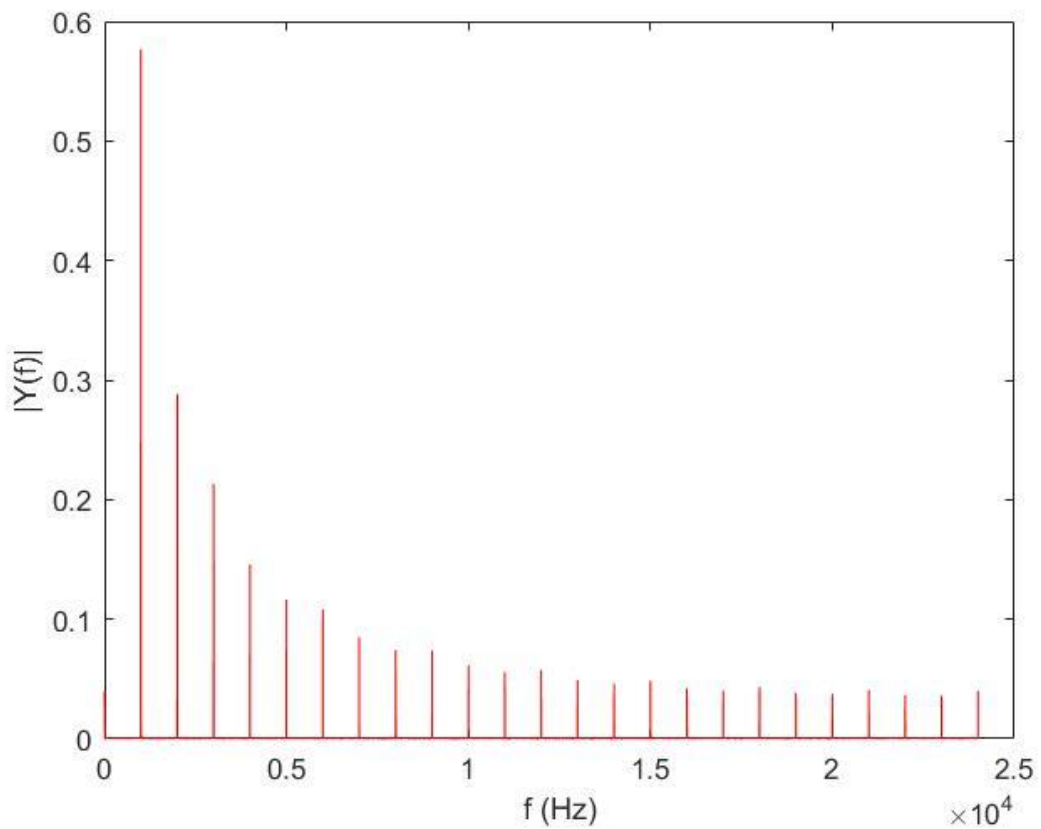
4.1.4 Pilový průběh

Nesymetrický periodický nespojitý signál. Amplitudové spektrum pilového signálu obsahuje jak liché, tak sudé harmonické složky postupně klesající s rostoucím číslem pořadí příslušného harmonického kmitočtu.

Pro barvu zvuku platí následující adjektiva: „ostrý“, „sytý“, „průrazný“, „jasný“, „agresivní“, „pronikavý“, „špičatý“, „jiskrný“.



Obr. 4.7: Čtyři periody pilového průběhu s kmitočtem $f = 1$ kHz

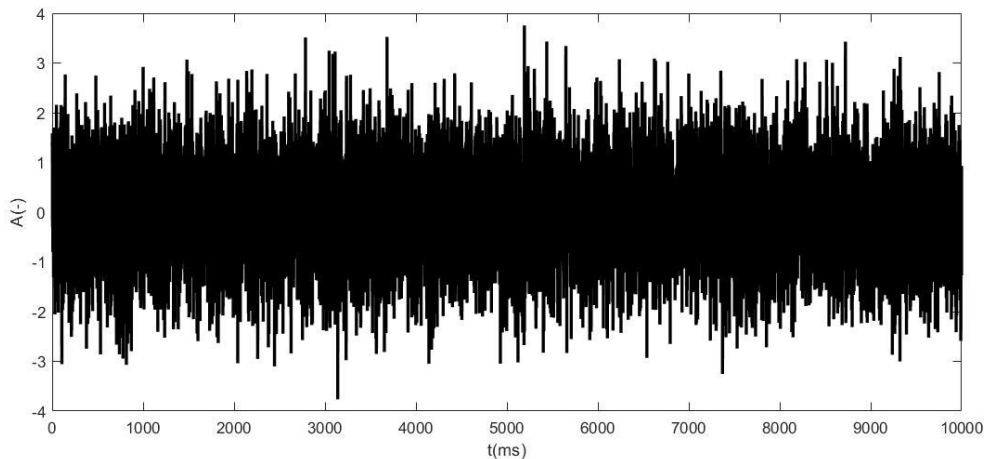


Obr. 4.8: Amplitudové spektrum pilového průběhu

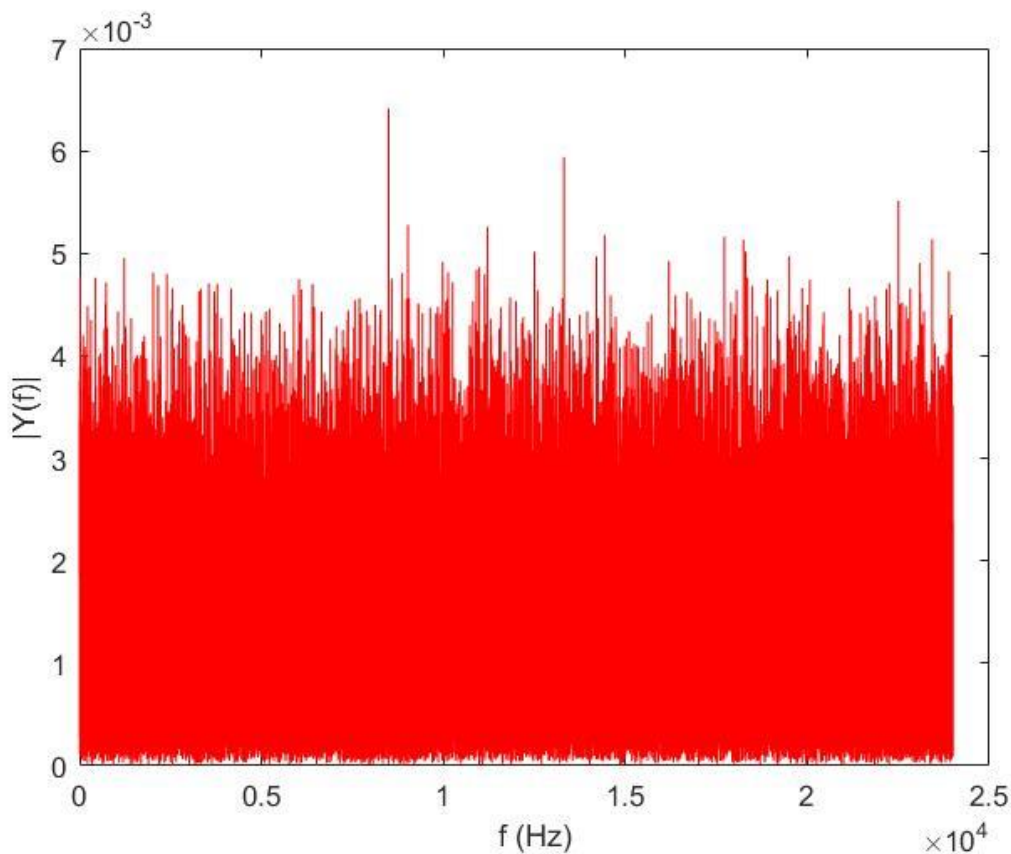
4.2 Neperiodické signály

4.2.1 Šum

Náhodný signál nemající určitou barvu zvuku. Spektrum šumu je spojité a stochastické. Podle spektrální výkonové hustoty rozlišujeme různé barvy šumu pro různá použití, čehož lze docílit příslušnou filtrací náhodného šumu. Nejpoužívanějšími barvami šumu jsou bílý šum, mající rovnoměrné rozložení všech kmitočtových složek v celé šířce spektra, a růžový šum, u něhož je spektrální výkonová hustota přímo úměrná převrácené hodnotě kmitočtu. S rostoucím kmitočtem tedy úroveň maxima signálu klesá.



Obr. 4.9: Časový průběh bílého šumu



Obr. 4.10: Amplitudové spektrum bílého šumu

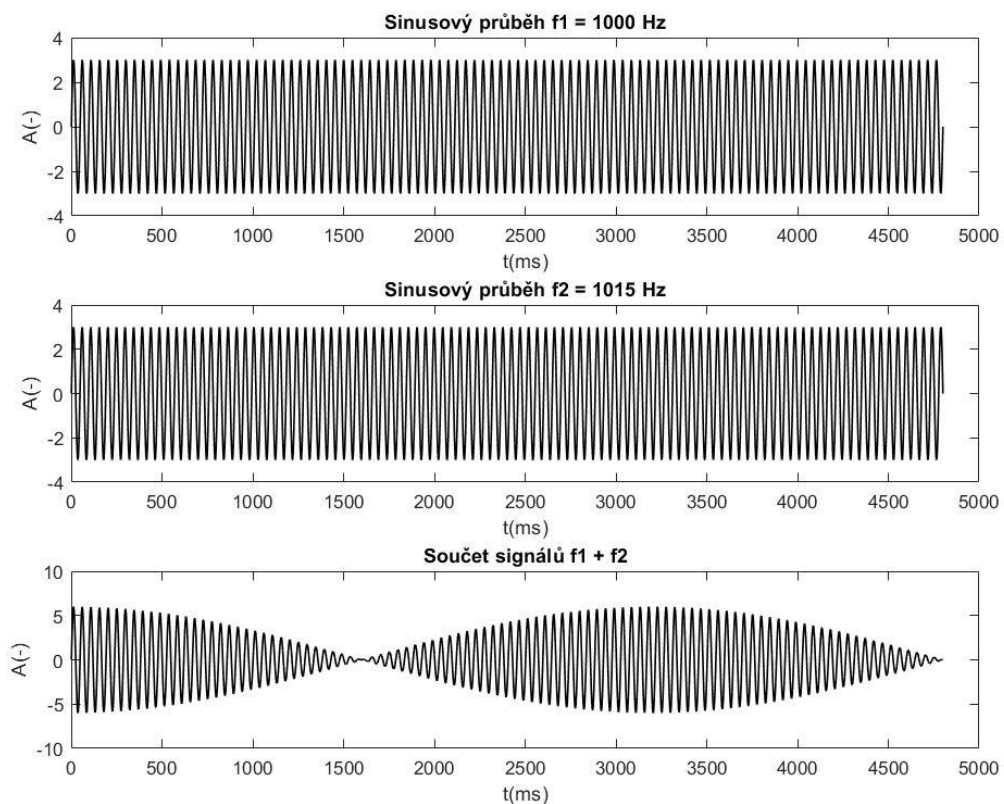
4.3 Součet signálů pomocí Fourierovy metody

Jedná se o nejstarší metodu syntézy, k jejímuž uplatnění došlo například v Hammondových varhanech, které byly vyrobeny v první polovině 20. století. Metoda vychází z principu Fourierova rozvoje periodického signálu a je založena na předpokladu, že každý spojitý periodický signál lze rozložit (harmonická analýza) na množinu dílčích harmonických složek, jejímž opětovným součtem lze původní signál následně znovu složit (harmonická syntéza).

$$F(t) = \sum_{k=1}^n A_k \sin(k\omega t + \varphi_k)$$

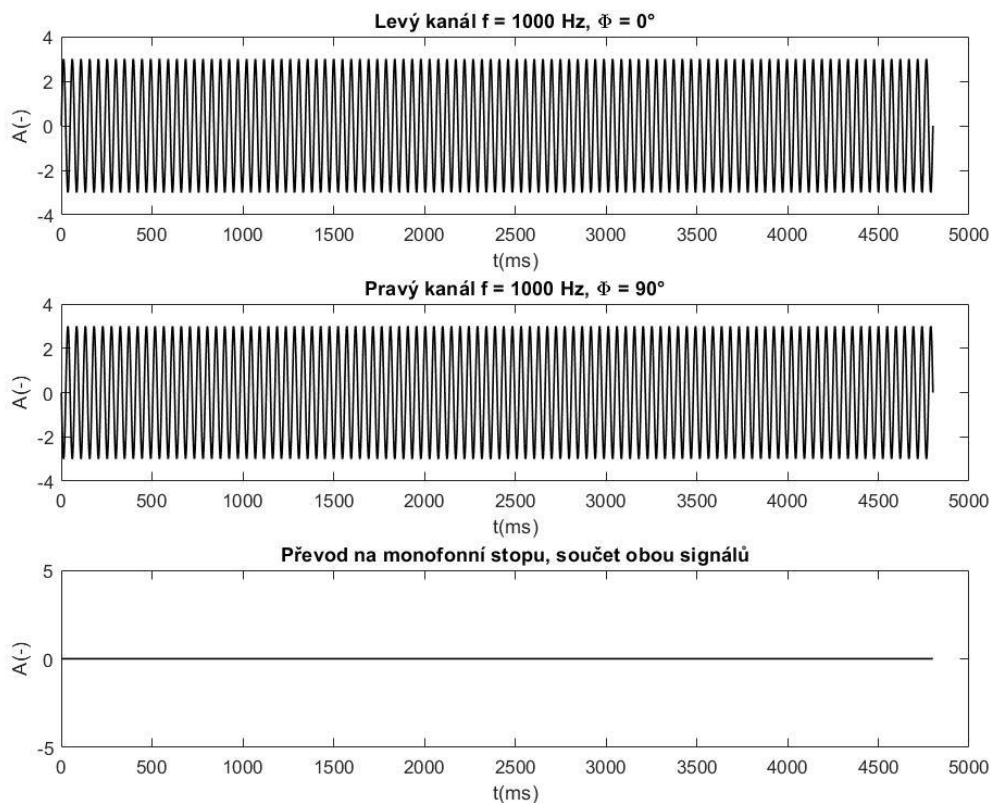
- , kde
- n počet harmonických složek použitých k analýze
 - k pořadí harmonického kmitočtu
 - A_k amplituda k-tého harmonického kmitočtu
 - ω úhlová rychlost ($\omega = 2\pi f$)
 - t čas
 - φ_k počáteční fázový posuv k-tého harmonického kmitočtu

Součtem dvou signálů blízkých kmitočtů lze docílit nízkofrekvenční změny amplitudy signálu (záznějí). Děje se tak u kmitočtů téměř shodných, lišících se o jednotky Hz.



Obr. 4.11: Demonstrace součtu dvou harmonických signálů o blízkém kmitočtu a následného vzniku záznějí

Jsou-li sčítané signály totožné a vykazují-li nenulový fázový rozdíl, může se daný kmitočet v součtu významně potlačit, či zcela odečíst. Tato problematika může nastat při konverzi stereofonního signálu na signál monofonní a je potřeba této nežádoucí vlastnosti předejít již v průběhu produkce hudebního díla.



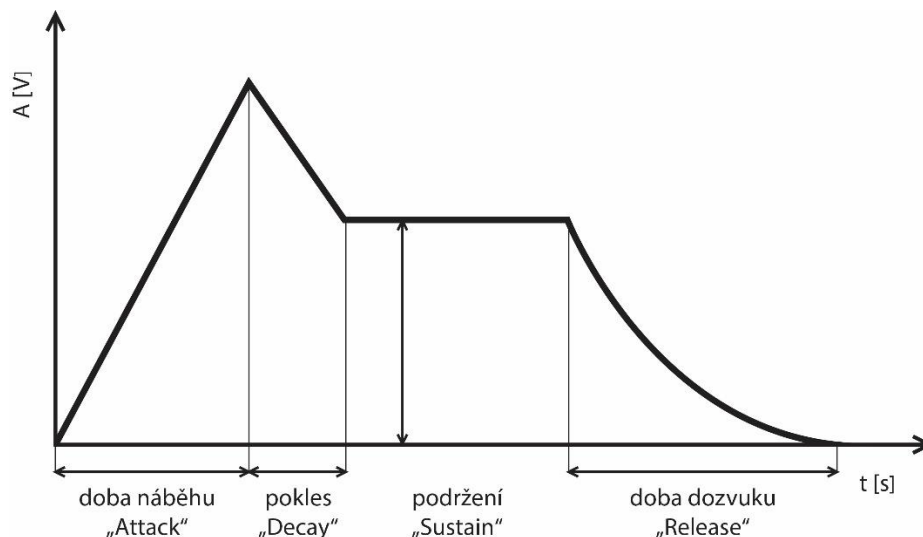
Obr. 4.12: Demonstrace nežádoucího součtu dvou audiokanáľů v případě extrémní kombinace hodnot fázového posuvu φ

4.4 Obálka

Časový průběh úrovně generovaného signálu. Využívá se z důvodu přirozenější tvorby generovaných zvuků. Další aplikaci obálky nalzáme například pro změnu mezního kmitočtu, kdy lze jeho posuvem měnit ostrost a živost zvuku. V některých aplikacích se jednotlivé části obálky mohou periodicky opakovat. Obálka se obvykle dělí na čtyři části. V DAW systémech se využívají i složitější obálky, rozdělené na větší počet samostatných částí, přičemž v každé z nich lze nastavovat hodnotu jiného parametru, a to buď pro změnu napěťového maxima signálu, nebo pro změnu délky trvání příslušné části.

4.4.1 ADSR

Nejvyužívanější rozložení obálky. Používá se u drtivé většiny hardwarových syntezátorů.



Obr. 4.13: Rozložení amplitudové obálky ADSR na časové ose

Attack – upravuje dobu náběhu zvuku do jeho maximální intenzity od počátku podržení klávesy.

Decay – časový interval mezi maximální úrovní intenzity zvukového signálu a jeho ustálenou hladinou.

Sustain – určuje velikost ustálené hladiny.

Release – doba dozvuku signálu od uvolnění klávesy.

Při krátkých, perkusivních zvucích se nemusí zvuk ustálit na nastavenou ustálenou hladinu, ani nemusí dojít k pozvolnému poklesu, a obálka se tak stává o něco jednodušší.

5 Filtry

Pro účely zvukové syntézy se využívají základní druhy filtrů, a to dolní, horní a pásmová propust a pásmová zadrž. Společným nastavitelným parametrem je mezní kmitočet (kmitočty) a strmost filtru.

5.1 Dolní propust, horní propust

Typ propusti, který odfiltruje s definovanou strmostí ze vstupního signálu kmitočty vyšší (pro dolní propust) nebo nižší (pro horní propust), než je mezní kmitočet f_m . Strmost bývá u běžných hardwarových syntezátorů nastavitelná z definovaných rozsahů (obvykle 6, 12 a 24 dB/okt, pozn.: v oblasti elektronické hudby se strmost filtrů udává zpravidla ve vztahu k oktávě, a ne k dekadě, jako je tomu v jiných oblastech), v DAW je strmost digitálních filtrů nastavitelná v širokém spojitém rozsahu.

5.2 Pásmová propust, pásmová zadrž

Kombinace horní a dolní propusti. Propouští se (v případě pásmové propusti) nebo potlačuje (v případě pásmové zadrž) pouze určité kmitočtové pásmo nastavené s definovanou strmostí mezními kmitočty f_{m1} a f_{m2} , přičemž platí podmínka: $f_{m1} < f_{m2}$.

5.3 Ekvalizér

Zařízení umožňující úpravy kmitočtové oblasti vstupního signálu. Ekvalizér se vyskytuje v drtivé většině zvukových zařízení. Podle počtu pásem lze ekvalizéry rozdělit na:

- dvoupásmové (jednoduché ekvalizéry ve spotřební zvukové technice, malé mixážní pulty);
- třípásmové (aktivní studiové reproduktory, střední mixážní pulty, dj mixážní pulty, frekvenční výhybky);
- vícepásmové, jejich počet běžně v mocninách 2^n (profesionální hardwarové ekvalizéry, studiové aplikace).

5.3.1 Grafický ekvalizér

Zařízení plnící funkci vícepásmového ekvalizéru osazené tahovými potenciometry umístěnými v posloupnosti korespondující s umístěním příslušného ovládaného kmitočtu ve frekvenčním spektru. Ovládaná pásma pokrývají celé akustické spektrum.

5.3.2 Parametrický ekvalizér

Využitelný zejména v případě úzkopásmových útlumů/zdůraznění. Svůj název získal z důvodu nastavení filtrace pomocí tří parametrů, a to potlačovaný/zesilovaný kmitočet, hodnota potlačení/zdvihu udávaná v dB a činitel jakosti Q určující strmost filtru. Využití takovýchto úzkopásmových ekvalizérů je například v případech nevhodného umístění mikrofónů (korekce zpětné vazby), nežádoucích rezonancí, odstranění brumu od síťové frekvence atp.

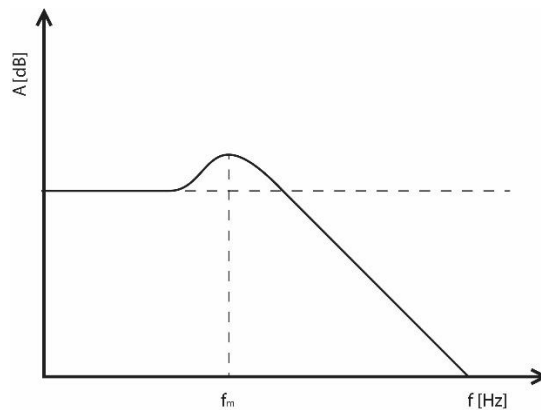
5.3.3 Kvaziparametrický ekvalizér

Parametrický ekvalizér bez možnosti nastavit některé hodnoty. Děje se tak za předpokladu, že některé parametry není nutné v tomto ekvalizéru nastavovat a výrazný zásah do kmitočtového složení výsledného signálu proběhne v další části zvukového řetězce, zpravidla v k tomuto účelu určenému vícepásmovému ekvalizéru. Často se tak děje u některých druhů ekvalizérů, například v syntezátorech, kde je továrně nastaven činitel jakosti, nebo u pásmových propustí/pásmových zádrží, kde je tím pevně definována šířka pásma.

5.4 Vlastnosti filtrů

5.4.1 Rezonance

Využívá se pro zvýraznění kmitočtů v oblasti mezního kmitočtu filtru.

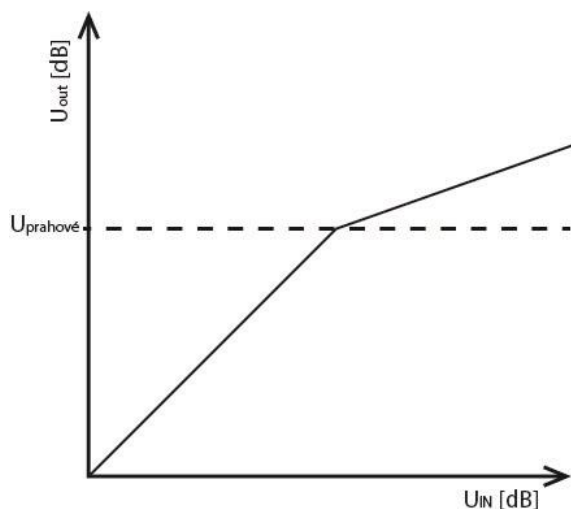


Obr. 5.1: Znázornění zesílených kmitočtů v oblasti mezního kmitočtu f_m

6 Dynamické procesory

6.1 Kompresor

Zařízení zeslabující vstupní signál nad nastavenou prahovou úrovní. Zeslabením dojde ke kompresi dynamického rozsahu (rozdíl mezi nejslabší a nejhlasitější částí signálu) dle zvoleného kompresního poměru. Časté využití kompresorů ve zvukové praxi je při prevenci přebuzení zvukového řetězce neočekávaným maximem vstupního signálu. Tento neočekávaný extrém se vlivem kompresoru ztlumí.



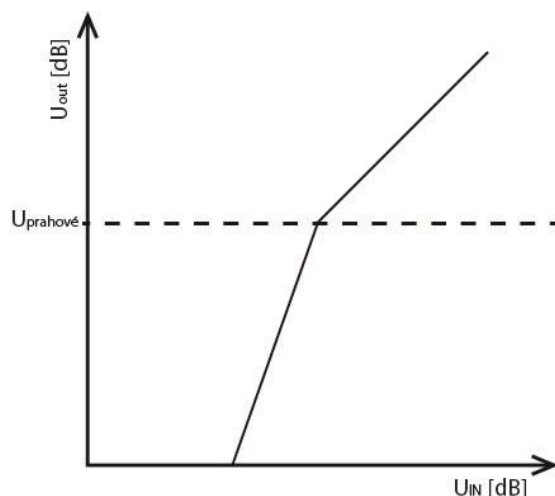
Obr. 6.1: Převodní charakteristika kompresoru s nastaveným kompresním poměrem 4:1

6.1.1 De-esser

Speciální případ kompresoru pracujícího jen v určitém kmitočtovém rozsahu. Používá se zejména při úpravě zpěvu pro potlačení sykavek. Vyskytne-li se v nastaveném kmitočtovém pásmu výraznější sykavka, kompresor ji potlačí v poměru nastaveným prahovým napětím.

6.2 Expander

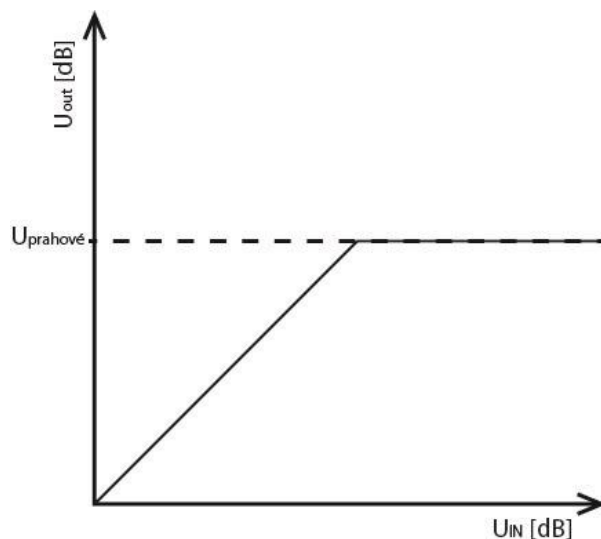
Opačná funkce kompresoru. Pod nastavenou prahovou úrovní je signál zeslabován a tím dochází ke zvýšení dynamického rozsahu dle zvoleného kompresního poměru.



Obr. 6.2: Převodní charakteristika expanderu s nastaveným kompresním poměrem 4:1

6.3 Limiter

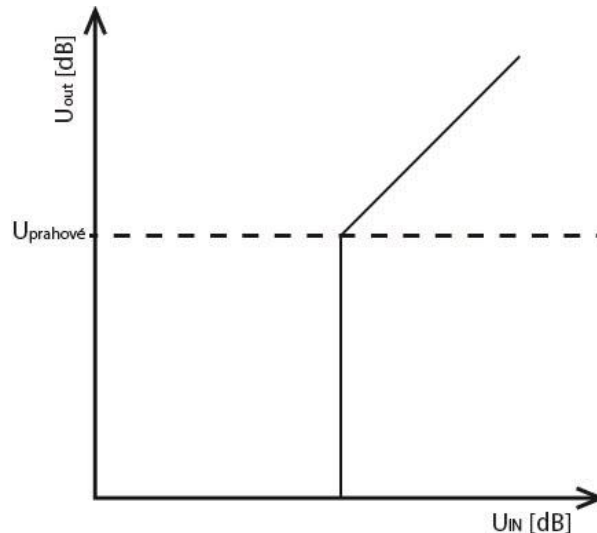
Kompresor s nekonečným kompresním poměrem. Nad nastavenou prahovou úrovní je signál oříznut a při signálových extrémech tak vzniká nežádoucí zkreslení signálu z důvodu přebuzení. Vhodná aplikace limiteru je tam, kde je důležité, aby signál nepřekročil určitou úroveň. Typicky se jedná o vstup A/D převodníku. Pro samostatné využití při prevenci přebuzení ve zvukové praxi není vhodný, neboť zavádí do signálu stejnosměrnou složku a zavádí zmiňovaná nežádoucí zkreslení. Pro tyto účely je vhodnější v kombinaci s kompresorem.



Obr. 6.3: Převodní charakteristika limiteru (kompresoru s nastaveným kompresním poměrem $\infty:1$)

6.4 Šumová brána

Expander s nekonečným kompresním poměrem. Pod nastavenou prahovou úrovní je signál oříznut. Slouží pro filtraci slabých zvuků, typicky pro filtraci ruchových složek. Pro řadu aplikací zní šumová brána nepřírozně a vhodnějším nástrojem pro filtraci ruchových složek je expander.



Obr. 6.4: Převodní charakteristika šumové brány (expanderu s nastaveným kompresním poměrem $\infty:1$)

7 Efektové procesory

Nedílnou součástí amatérských, poloprofesionálních i profesionálních hudebních nahrávek jsou zvukové efekty, mající za účel dodat výslednému signálu vlastnosti, kterých se při snímání zvuku dosahuje stěží nebo vůbec. Moderní syntezátory a DAW systémy jsou vybaveny několika základními druhy efektových jednotek, ať už hardwarových, či softwarových. Softwarové efektové procesory se blíží kvalitám hardwarových jednotek, avšak v kvalitě zvuku se jim stále nejsou schopny plnohodnotně vyrovnat.

7.1 Delay

Nástroj pro tvorbu ozvěny. V analogové technice se ozvěna tvořila zápisem na magnetofonový pásek a tímto principem došlo k tvorbě nekonečné smyčky z přivedeného signálu. Zvuk z nekonečné smyčky byl smíchan s původním signálem, čímž došlo k mnohonásobnému opakování signálu a díky tomu k tvorbě ozvěny.

Nejběžněji nastavitelnými parametry dozvuku je například čas mezi jednotlivými opakováními zvuku (*delay time*), hustota opakování (*feedback*) a také panorama jednotlivých opakování (*panning*).

7.2 Reverb

Efekt využívaný pro simulaci prostoru. V analogové technice se využívalo dozvukové komory, tedy speciálně upravené místnosti se stavebně nastavenou dobou dozvuku. V místnosti byl příslušný zvuk přehrán a dozvuk vytvořily reálné odrazy zvukových vln

od stěn a segmentů v prostoru, ty byly zaznamenány na magnetofonový pásek a přimíchány do výsledné stopy. Softwarově reverb vzniká přivedením zpětné vazby z výstupu na vstup efektu delay. Zpožděný vstupní signál je přiveden do paměti (posuvného registru), odkud je následně vyčítán a na výstup tak přiváděn opožděný signál vytvářející vjem prostorových odrazů od překážek v imaginární místnosti.

Doba dozvuku (*reverb time*) je základním parametrem efektu. Kmitočtovou filtraci odraženého signálu pro ztvárnění pohltivosti určitých materiálů, od kterých se zvuk odrazil, lze korigovat parametrem mezním kmitočtem (*cut off frequency*). Nastavitelný je také poměr odraženého (*wet*) ku vstupnímu zvuku (*dry*).

7.2.1 Konvoluční reverb

Reverb využívající pro proces ozvěny konvoluci (spektrální násobení) vstupního signálu s danou impulsní odezvou interpretované místnosti je nejuvěrnější metodou produkční tvorby dozvuku místnosti. Běžně se tímto principem modelují dozvuky koncertních hal, katedrál, pódíí, malých místností, studií či například koupelny. Všechny tyto prostory se liší velikostí, mírou odrazivosti zvuku na různých kmitočtech a také pohltivostí materiálů.

7.3 Chorus

Modulační efekt znásobující počet nástrojů (hlasů) hrající daný tón. Tyto uměle přidané hlasy jsou opožděny, rozmítány pomaloběžným oscilátorem a následně přimíchány zpět k původnímu signálu. Využívá se pro zvýšení subjektivní „plnosti“ daného zvuku.

Efekt má nastavitelnou hloubku (*depth*), počet uměle přidaných hlasů (*voices*) a poměr vstupního (*wet*) ku vstupnímu zvuku (*dry*).

7.4 Flanger

Vzniká přivedením zpětné vazby z výstupu na vstup efektu chorus. Vytváří souzvuk původního a zpožděného signálu, zpožděného v řádu jednotek milisekund. Takové zpoždění je pro ucho neidentifikovatelné. Proměnnou změnou rychlosti kmitání pomaloběžného generátoru dochází v důsledku posunutí fáze zpožděného signálu k odečtení některých kmitočtů. Kmitočtová charakteristika obvodu odpovídá charakteristice hřebenového filtru.

Hlavními parametry jsou hloubka efektu (parametry *depth*, *width*), rychlost pomaloběžného oscilátoru (*TLFO Speed*), střední hodnota opožděného signálu (*Tkonst Delay*) anebo množství signálu přivedeného zpětnou vazbou na vstup efektu (*feedback*).

7.5 Phaser

Základ tvoří širokopásmový filtr. V závislosti na vstupním kmitočtu dochází vlivem kmitočtově závislých a impedančně nenulových součástí k otáčení fáze signálu. S rostoucím kmitočtem tedy roste zpoždění signálu. Phaser využívá hřebenový filtr, tedy více širokopásmových filtrů zapojených sériově, možné je i využití zpětné vazby z výstupu efektu na vstup.

Nastavuje se hloubka efektu (parametry *Rate*, *Intensity* a *Range*), rychlost otáčení fází (*speed*) nebo množství signálu přivedeného zpětnou vazbou na vstup efektu (*feedback*).

7.6 Tremolo

Automatizovaná změna amplitudy (hlasitosti) přehrávaného signálu napěťově řízeným zesilovačem. Nastavuje se zejména rychlost kolísání (*speed*) a hloubka rozkmitu (*depth*).

7.7 Vibráto

Automatizovaná změna výšky tónu přehrávaného signálu řízena kolísavou změnou rychlosti přehrávání jednotlivých vzorků signálu. Stejně jako u efektu tremolo se nastavuje rychlost kolísání (*speed*) a hloubka efektu (*depth*).

7.8 Saturátor

Korektor saturace. K saturaci dochází zakulacováním signálových špiček signálu. Toto zkreslení vnáší do spektra liché násobky základního kmitočtu, z nichž dominující je zpravidla třetí harmonická složka. Výsledný zvuk působí subjektivně kompaktním a plným dojmem.

7.9 Stereo imager

Efekt pracující se stereo bází signálu. Jedná se o psychoakustický efekt, pomocí něhož lze korigovat rozmístění a vyvážení pozice zdroje zvuku do prostoru.

7.10 Pitch tuner

Chromatický doladovač je efekt sloužící pro úpravu výšky tónu. Využití nalézá mimo jiné pro drobnou úpravu vokálů v momentě, kdy zpěvák zazpívá falešný tón.

7.11 Doubler

Nástroj pro zdvojení signálu. Výstupní signály se po průchodu doublerem liší svou intonací, časem a dobou náběhu k dosažení subjektivního dojmu generování zvuku více zdroji současně.

8 Hudební akustika

8.1 Základní pojmy z hudební terminologie

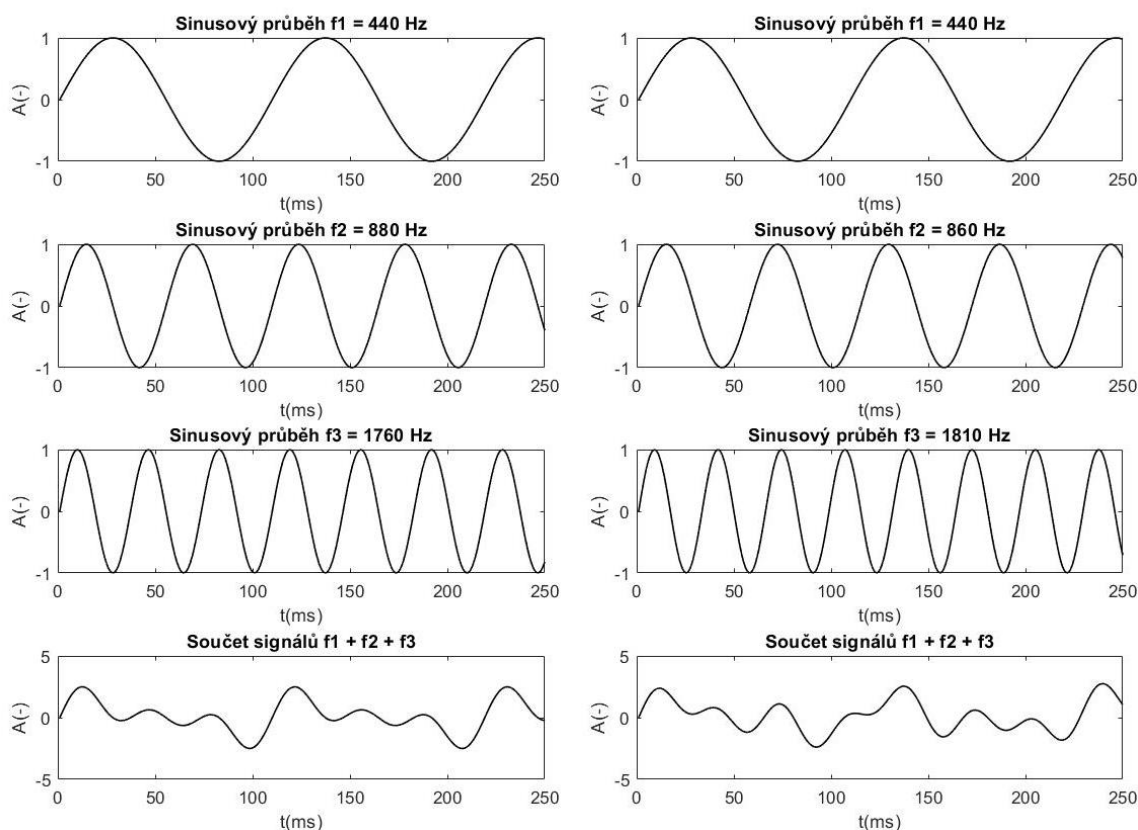
- Výška tónu – odpovídá frekvenci tónu
- Barva tónu – odpovídá obsahu harmonických frekvencí signálů
- Délka tónu – odpovídá době trvání tónu
- Síla tónu – odpovídá amplitudě tónu
- Hlasitost tónu – odpovídá amplitudě tónu
- Půltón – jedna klávesa v oktávě
- Základní tón v hudbě – je definován jako tón A4 (a1) – tzv. komorní A s kmitočtem 440 Hz
- Základní tón v technické praxi – je definován s kmitočtem 1 kHz

8.2 Libozvučnost

Jedná se o subjektivní výraz pro konsonantní souznění tónů vyvolávající v posluchači pocit smíru. Matematicky je libozvučnost založena na složitosti součtu dvou průběhů. Jednoduché poměry kmitočtů se vyznačují větší libozvučností než poměry složitější.

Výsledkem skládání periodických průběhů, jejichž kmitočty jsou celočíselnými násobky nejnižšího kmitočtu, je vytvoření nového periodického signálu, jehož délka periody je rovna délce periody signálu s nejnižším kmitočtem. Tento výsledný součtový signál zní libozvučně.

Při součtu tónů, jejichž kmitočty nejsou celočíselnými násobky nejnižšího kmitočtu a jejichž kmitočtové poměry nejsou jednoduché, dochází často k vytvoření neperiodického signálu. Taková kombinace tónů nezní libozvučně.

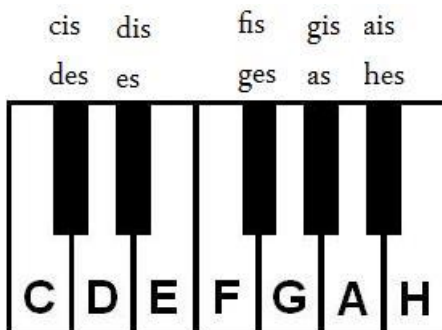


Obr. 8.1: Demonstrace skládání průběhů – nalevo libozvučně, napravo nelibozvučně

8.3 Klaviatura

Definice jednotlivých výšek tónů na klaviatuře je založena na poměrech kmitočtů jednotlivých kláves. Nejjednodušším poměrem je poměr 2:1, resp. $\frac{1}{2}$. Oktáva je interval 12 kláves.

Klasickou hudební terminologii pro označení kláves pomocí písmen lze v technické praxi nahradit tzv. MIDI číslováním, v kterém je nejnižšímu tónu C-2 přiřazeno číslo 0, dalšímu tónu C-1 číslo 12, tónu C-0 číslo 24, atd.



Obr. 8.2: Interval jedné oktávy a popis jednotlivých kláves klasickou hudební terminologií

STANDARDNÍ KLAVIATURA



MIDI ZÁPIS

Obr. 8.3: Klaviatura a znázornění MIDI číslování

8.4 Tóniny

Množina pŕltónů se zvoleným základním tónem. Pro výpočet kmitočetů jednotlivých pŕltónů v jedné oktávě lze využít následující vzorec:

$$f = \sqrt[12]{2^n} * f_0 \text{ Hz}$$

, kde n počet kláves mezi klávesou počítanou a klávesou základního tónu
 f_0 kmitočet základního tónu

Tón	A	A#	B	C	C#	D	D#	E
f (Hz)	440,00	466,16	493,88	523,25	554,37	587,33	622,25	659,26
Poměr vůči A	1,00	1,06	1,12	1,19	1,26	1,33	1,41	1,50
Tón	F	F#	G	G#	A1			
f (Hz)	698,46	739,99	783,99	830,61	880			
Poměr vůči A	1,59	1,68	1,78	1,89	2,00			

Tab. 8.1: Výpočet frekvencí všech pŕltónů jedné oktávy a výpočet poměru frekvencí vůči základnímu tónu (zvolený základní tón je A)

Fyziologicky jsou lidé naučeni vnímat určité poměry tónů v tóninách vyjadřujících veselé a smutné emoce (v různých geografických oblastech mohou být tyto poměry odlišné). Na tomto základu jsou definovány nejrozšířenější tóniny dur a moll. Obě tyto tóniny lze odvodit ze zvoleného základního tónu přičítáním definovaných MIDI čísel k MIDI číslu základního tónu:

Dur	+0	+2	+4	+5	+7	+9	+11
Moll	+0	+2	+3	+5	+7	+8	+10

Tab. 8.2: Způsob výpočtu všech pŕltónů tónin dur a moll přičítáním MIDI čísel kláves k MIDI číslu zvoleného základního tónu

- Pŕltón vzdálený o 7 pŕltónů je matematicky v kombinaci se základním tónem v poměru 1,5. Součet těchto dvou pŕběhů je tak v rozsahu jedné oktávy nejvíce libozvučný a je proto definován v obou tóninách dur a moll.

- Půltón vzdálený o 4 půltóny v durové tónině a o 3 půltóny v mollové tónině má v kombinaci se základním tónem hudebně takový poměr, který v posluchačích vyvolává veselé nebo smutné emoce. Tento tón emoci jasně určuje.
- Ostatní půltóny jsou z matematického a hudebního hlediska neutrální.

Z tabulky 8.1 vyplývá, že jednoduché poměry půltónů se v durové tónině vyskytují u kláves vzdálených o 4 a 7 MIDI čísel. Klávesy A, C# a E tedy tvoří dohromady jeden akord A-dur.

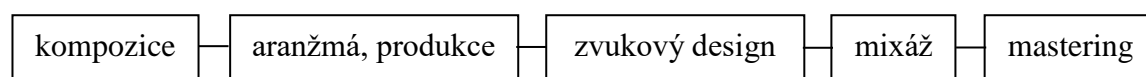
8.4.1 Arpeggiator

Funkce automatizovaně přehrávající zadaný akord dle naprogramovaného běhu.

8.5 Tempo

Označení udávající rychlost skladby. V elektronické hudbě se nejčastěji používá číselná hodnota počtů úderů za minutu, zkráceně BPM, přičemž každý hudební žánr má své specifické tempo.

8.6 Elektronická hudební tvorba



- Kompozice:** proces plánování hudebního díla. Stanovení žánru, rychlosti skladby, tóniny, hlavního motivu a melodií skladby, zvukových vrstev apod.
- Aranžmá, produkce:** tvorba jednotlivých částí skladby, tvorba pevného rámce skladby hudebního díla, výběr vhodných nástrojů (samplů), harmonizace všech částí skladby, tvorba melodických linií, vsazení vokálů do hudebního díla apod.
- Zvukový design:** opatření hudební skladby efektovými složkami, doladění barevného podání, užití efektových procesorů, ekvalizace zvuků apod.
- Mixáž:** kmítočtové vyvážení skladby, normalizace hlasitostí jednotlivých kanálů, ekvalizace skladby jako celku na studiových monitorech, očištění hudebního díla od nežádoucích frekvenčních složek, snaha o eliminaci technických nedostatků, ověření monofonní kompatibility
- Mastering:** zvuková finalizace hotové stopy, snaha o zajištění dobré technické kvality pro dobrou reprodukovatelnost na většině reprodukcích zařízení

8.6.1 Zvuková koláž a stavební části elektronického hudebního díla

Velká většina elektronických hudebních skladeb sestává z následujících stavebních částí. Jejich názvy jsou v seznamu uváděny převážně v anglickém jazyce vzhledem k tomu, že některé nemají vhodný ekvivalent v českém jazyce.

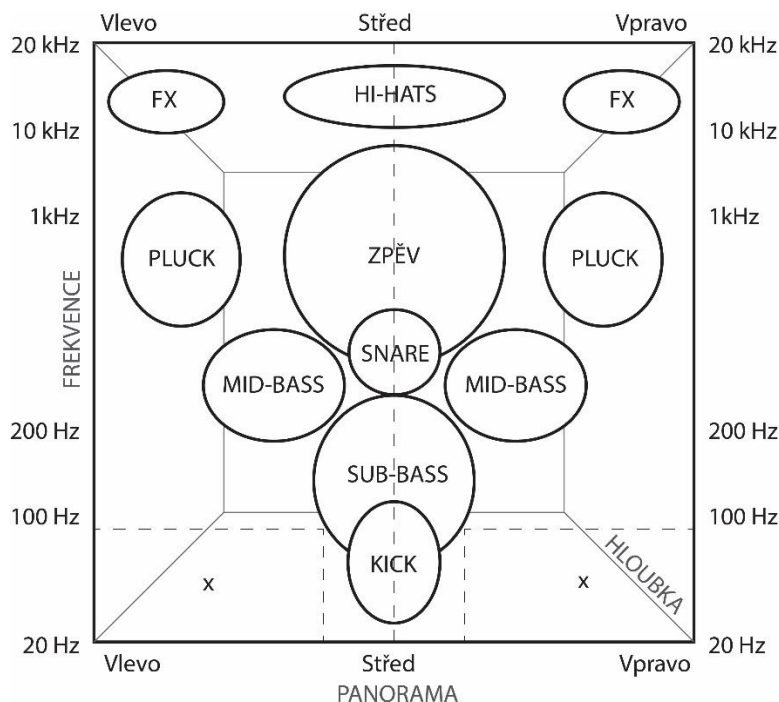
Kick	zvuk basového bubnu ovládaného nožním pedálem, impulsivní zvuk jednoznačně určující tempo skladby, pouze monofonní <i>používané efekty: ekvalizér, kompresor, korektor dynamiky, tvarovač obálky</i>
Clap	zvuk tlesknutí <i>používané efekty: ekvalizér, kompresor, delay, reverb</i>
Snare	zvuk vířivého bubnu <i>používané efekty: ekvalizér, kompresor, reverb, šumová brána</i>
Percussion	perkuse, zvuk bicích <i>používané efekty: ekvalizér, kompresor, reverb</i>
Closed hi-hat	zvuk činelu (způsob hry – zavřený hi-hat), krátká doba trvání <i>používané efekty: ekvalizér, kompresor, reverb</i>
Open hi-hat	zvuk činelu (způsob hry – otevřený hi-hat), dlouhá doba trvání <i>používané efekty: ekvalizér, kompresor, reverb</i>
Ride	zvuk činelu charakteristický dlouhou dobou podržení <i>používané efekty: ekvalizér, kompresor, reverb</i>
Sub-bass	nízkofrekvenční basová linka, pouze monofonní <i>používané efekty: ekvalizér, kompresor</i>
Mid-bass	středobasová linka <i>používané efekty: ekvalizér, kompresor, delay, saturátor</i>
Lead	syntetická složka hrající melodii na pozadí hudebního díla <i>používané efekty: ekvalizér, delay, reverb, chorus, saturátor, stereo imager</i>
Pads	syntetický ambientní zvuk užívaný k získání silnější atmosféry a vytvoření plnějších zvukových harmonií a breakdownů <i>používané efekty: ekvalizér, reverb, stereo imager</i>
Pluck	syntetický zvuk vyznačující se velmi krátkou dobou náběhu a poklesu, případně krátkým dozvukem, obvykle hrající melodii <i>používané efekty: ekvalizér, kompresor, delay, reverb, saturátor, stereo imager, arpeggiator</i>
Piano	zvuk klavíru nebo piana vytvořený samplováním či synteticky <i>používané efekty: ekvalizér, kompresor, delay, reverb, saturátor</i>
Vocal	monofonní pěvecká zvuková stopa <i>používané efekty: ekvalizér, kompresor, delay, reverb, saturátor, stereo imager, pitch tuner, doubler</i>
FX	efektová složka, nahodilé zvuky, zvuky vykreslující určitou atmosféru apod <i>používané efekty: ekvalizér, kompresor, delay</i>

Tab. 8.3: Seznam stavebních částí typického elektronického hudebního díla

Mixáž všech stavebních částí se provádí:

- v kmitočtovém spektru – odstranění nadbytečných kmitočtů ekvalizérem tak, aby se jednotlivé stavební části navzájem neovlivňovaly;
- v hlasitosti – tvorba dynamiky skladby;
- v panoramě – panoramatickým potenciometrem a korektorem fáze pro navození prostorového dojmu v pravolevé ose;

- v předozadní ose – s využitím psychoakustického jevu. Vjem hloubky prostoru je utvářen s předpokladem, že zvuk vytvořený zdrojem z určité vzdálenosti v předozadní ose ztrácí s rostoucí vzdáleností vyšší kmitočty a vzrůstá u něj ozvěna.



Obr. 8.4: Příklad vhodného umístění jednotlivých stavebních prvků na pravolevé a předozadní ose

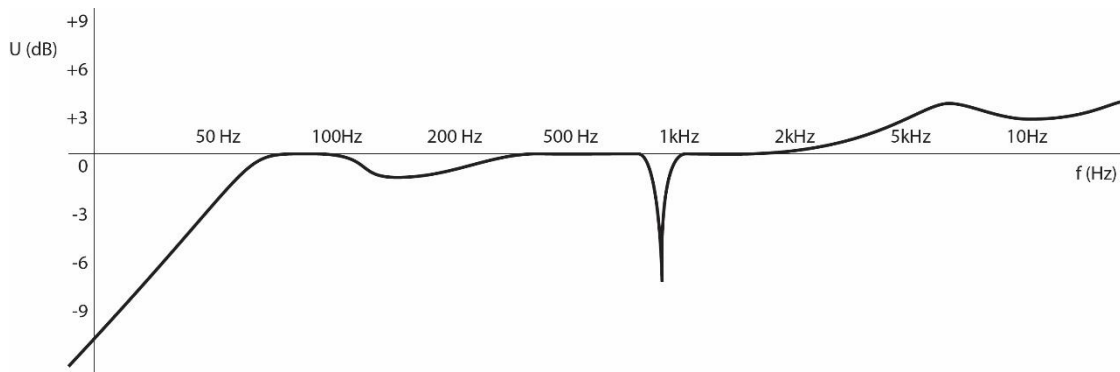
8.6.2 Kmitočtový rozsah hudebních nástrojů

Každý hudební nástroj je schopen vyprodukovat jen určitý kmitočtový rozsah, přičemž jen část tohoto rozsahu pro něj bývá specifická. Při kompozici stavebních prvků je vhodné tento rozsah respektovat, aby nedocházelo k nežádoucím jevům (maskování, nelibozvučnost).

Kmitočtové rozsahy vybraných hudebních nástrojů přibližuje graf, viz přílohu 1.

8.6.3 Zpracování vokálů

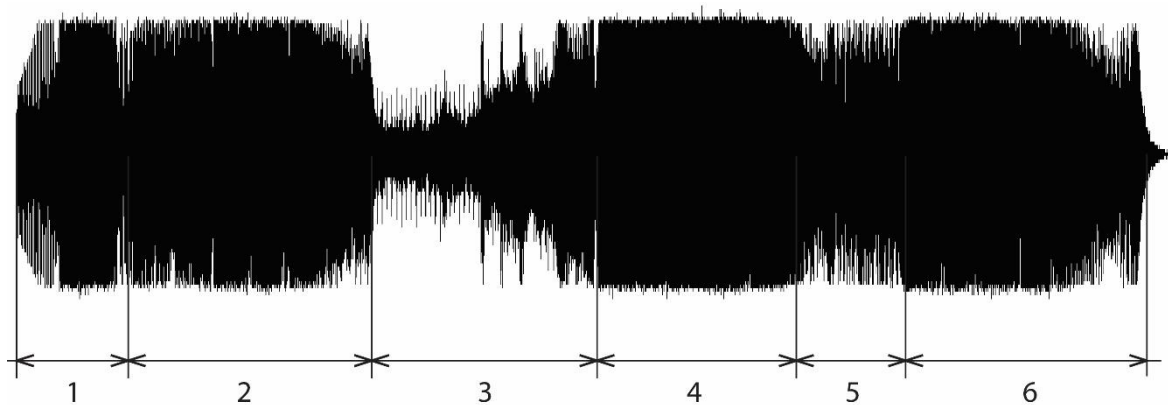
Při zpracování nahrávky lidského hlasu je kladen důraz na vhodnou ekvalizaci nahrávky. Nízké kmitočty do několika desítek Hz, obsahující zpravidla nežádoucí ruchy, je vhodné odfiltrovat horní propustí. Rezonanční frekvence, vytvořené průchodem zvuku hlasovým traktem, je vhodné odfiltrovat pásmovou zadržicí. Vyšší kmitočty ležící v rozsahu řečového spektra zhruba mezi 6 a 8 kHz je vhodné zesílit pro zlepšení subjektivního vjemu z vokálu. Pro redukci nežádoucí zvukové složky sykavek je vhodné využití de-esseru, kompresoru pracujícího v určitém kmitočtovém pásmu, jež problémové zvuky účinně potlačuje.



Obr. 8.5: Příklad možné ekvalizační křivky upravovaného vokálu

8.6.4 Struktura typického elektronického hudebního díla

Elektronické hudební dílo lze rozdělit do několika typických pasáží s různou hudební gradací. Tyto pasáže lze kombinovat v libovolném pořadí.



Obr. 8.6: Ukázka amplitudové obálky elektronického hudebního díla

- 1 **Intro** – uvedení skladby jednoduchou, postupně gradující kombinací kicku, perkusí, leadů a dalších stavebních částí.
- 2 **Verse** – sloka, část skladby, v které se rozvíjí myšlenka skladby.
- 3 **Breakdown** – oblast zvolnění skladby, zlom, v němž vystupují hlavní melodické linky, klavír, zpěv a atmosféru utvářející prvky.
- 4 **Chorus/drop** – refrén, subjektivní moment s největší hudební energií a hlavní melodií ve smyčce.
- 5 **Bridge** – zvolnění skladby / mezihra, obvykle harmonicky navázáno na hlavní část.
- 6 **Outro** – postupné ubývání zvukových vrstev od složitější kombinace kicku, perkusí a leadů až po jednoduchou.

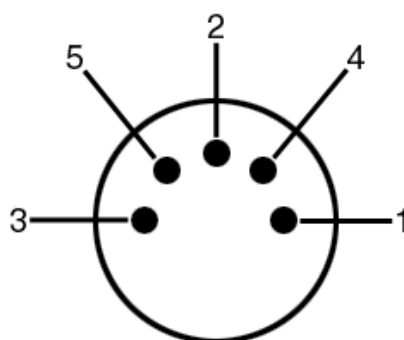
9 Protokoly pro přenos zvukových informací

9.1 MIDI

Digitální rozhraní MIDI umožňuje společné používání multimediálního počítače s elektronickými hudebními nástroji. Skládá se ze tří částí: protokolu, hardwarového rozhraní a distribučních formátů.

9.1.1 Hardware

Fyzické rozhraní je realizováno 5kolíkovým DIN konektorem, na zařízeních se vždy nacházejí konektory female, tzn., že propojovací kabel má na obou koncích stejný male konektor a případný prodlužovací kabel disponuje na svých koncích female-male konektory. Význam jednotlivých kolíků (na obrázku 9.1) je vysvětlen níže.



Obr. 9.1: DIN konektor

Pin 1	Nepoužitý.
Pin 2	Uzemnění. Slouží jako elektrické stínění.
Pin 3	Nepoužitý.
Pin 4	Datový vodič.
Pin 5	Datový vodič.

Vstupními konektory na zařízeních jsou samičí verze DIN konektoru. Používají se 3 označení těchto zásuvek: IN, OUT a THRU.

MIDI IN	vstup do zařízení.
MIDI OUT	výstup ze zařízení.
MIDI THRU	duplikovaný (a galvanicky oddělený) signál z MIDI IN sloužící k propojení s dalšími zařízeními.

Tuto trojici popisovaných zásuvek (obrázek 9.3) lze souhrnně označit jako port či sběrnice MIDI (obrázek 9.3). Většina hudebních zařízení disponuje jedním portem, existují však i zařízení víceportová.



Obr. 9.2: MIDI kabel (2x konektor DIN, male),
Zdroj: <http://musical-instruments.blog/>



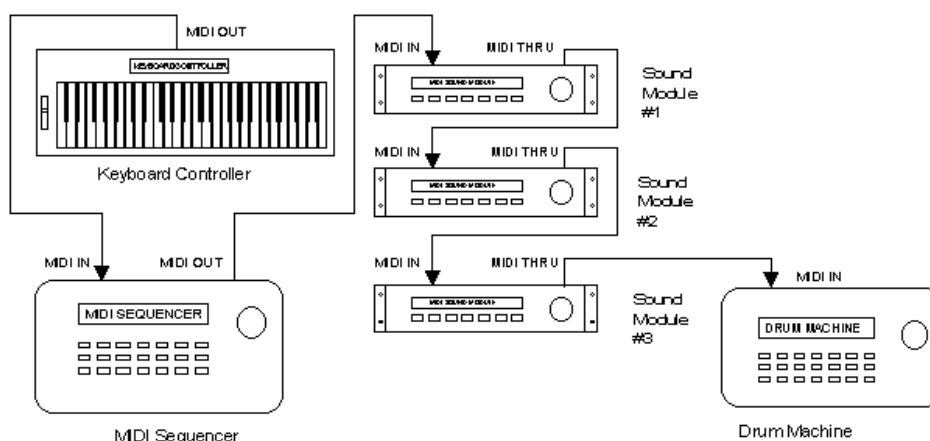
Obr. 9.3: Port MIDI,
Zdroj: <https://www.dawsons.co.uk/>

9.1.2 Přenos informace

Základní charakteristikou rozhraní MIDI je sériový přenos informace, který umožňuje, že po jednom kabelu (obrázek 9.2) lze posílat informace více zařízením současně. Reálně dokáže jedna sběrnice MIDI ovládat až 16 kanálů, tedy 16 různých nástrojů. S existencí víceportových nástrojů se počet kanálů úměrně znásobí.

9.1.3 Metoda řetězení

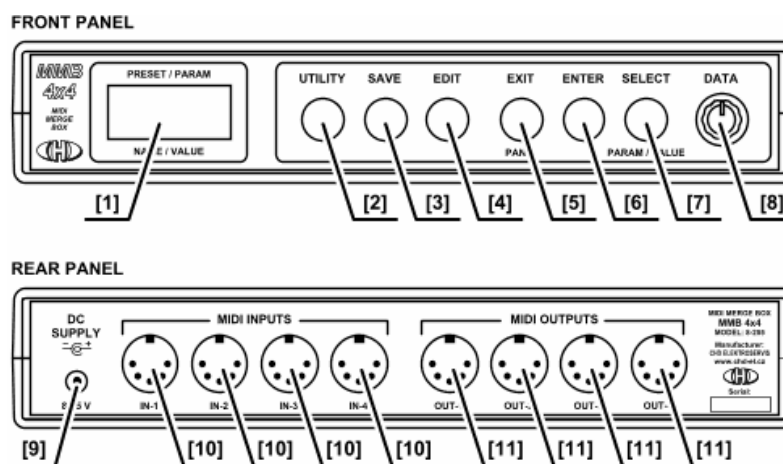
Způsobem, jakým lze jednoduše využít více zařízení současně, je propojení elektronických hudebních zařízení pomocí konektoru MIDI THRU. Jak bylo popsáno výše, tento výstup přímo duplikuje signál přivedený na vstup MIDI IN. Tato metoda má jednu hlavní výhodu. Při jejím použití odpadá nutnost, aby zařízení obsahovalo více portů. První ze zařízení se nazývá „master“. Využívá výstup MIDI OUT a může se jednat například o syntezátor nebo počítač. Pokud vytvoříme onen řetězec s počítačem a dalšími klávesami zapojenými v sérii, nemůžeme přijímat informace od „vzdálenějších“ zařízení. Ke komunikaci s nimi bychom museli využít buď víceportový výstup MIDI nebo MIDI merge box (viz kapitolu 9.1.4).



Obr. 9.4: Příklad řetězení zařízení

9.1.4 MIDI merge box

Jedná se většinou o blok s několika vstupy a výstupy, jejichž datové toky protokolu MIDI lze libovolně nasměrovat. Směrování se nastavuje pomocí merge boxu nebo softwarového rozhraní. Směrování (routing) je velice problémovou částí, při níž se hledá bezproblémové propojení cest bez vytvoření smyček nebo nefunkčních větví. Při vyšší počtu hudebních zařízení a merge boxů může jít o složitější úkol. Avšak směrování není jedinou funkcí těchto zařízení. Merge boxy se využívají také k převádění časového kódu, umí si zapamatovat současné nastavení ve svojí paměti a rozeznávají a vhodně zasahují do obsahu přenášeného do vstupu boxu. Novodobá studiová technika zvládá ve spolupráci s počítači zpracovávat i více než jen pouhých 16 kanálů, a to i 128, rozdělených do osmi sběrnic, přičemž každá z nich disponuje právě 16 kanály.



Obr. 9.5: Čelní a zadní strana MIDI merge boxu

9.1.5 Ukládání souboru

Důležitým parametrem popisujícím jednotlivé úkony prováděné hudebními zařízeními MIDI je nepochybně čas, v kterém byl daný klávesový stav pozměněn (zapnut/vypnut). Z těchto informací pak postupně vzniká množina dat, kterou na rozdíl od souborů jiných typů (například videa) netvoří soubory obrazu a zvuku, ale pouze velmi malé, datově nenáročné informace (parametry) o daném zvukovém signálu, nikoliv samotný zvukový signál. MIDI soubor tedy obsahuje pouze seznam událostí, které se v průběhu určité sekvence dějí. Značnou výhodou zde popisovaného principu je významná úspora místa na disku, která se u složitějších skladeb blíží i 99 procentům. Problémem může být následná reprodukce zvukového signálu, kdy je výsledek přímo závislý na vlastnostech syntezátoru, kdy na různých PC může znít skladba odlišně.

Ukládání probíhá s pomocí souborového formátu SMF, který definuje způsob ukládání MIDI zpráv v souboru s koncovkou *.mid*. Existují 3 typy standardu:

Typ 0	1 stopa	1 skladba
Typ 1	1 stopa (na kanál)	1 skladba
Typ 2	1 stopa (na kanál)	není omezeno (tento typ se v praxi příliš nevyužívá)

9.1.6 Typy zpráv MIDI

Samotný obsah MIDI datových zpráv lze rozdělit na 2 základní typy bajtů, a to: stavové (Status) a datové (Data). V binární číselné soustavě jsou tyto typy zpráv reprezentovány samostatnými bajty (tvořeny 8 bity). Základním rozdílem těchto dvou druhů posloupnosti jedniček a nul je následující.

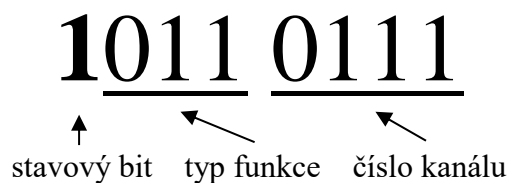
Stavový bajt obsahuje informaci o kanálu, kterému je zpráva určena (v předchozí kapitole bylo zmíněno, že jedna MIDI sběrnice je schopna obsloužit až 16 kanálů), a dále typ sdělení, které je touto binární posloupností předáván (například stisk klávesy, uvolnění klávesy, změna programu atd.).

Datový bajt oproti tomu složí k předání konkrétních informací o příslušném úkonu, který byl proveden a vždy se vztahuje k poslední stavové zprávě, která byla v dané sekvenci vyslána. Tím je i řečeno, že datových bajtů může být v sérii i více než jeden. Některé typy událostí se bez rozšíření prostoru pro datový bajt zkrátka neobejdou. Mezi typické zástupce tohoto druhu zprávy je například o čísle (adresaci) příslušné klávesy či síle úderu (velocity).

Základním pravidlem jakékoliv komunikace přes datové rozhraní MIDI je, že první ve zprávě je posílán vždy stavový bajt, jenž může být následován datovými bajty dle typu zprávy.

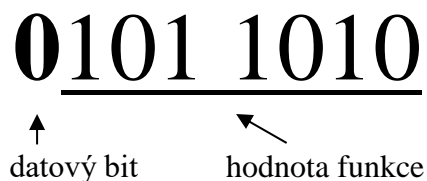
9.1.7 Stavový bajt

Struktura stavového osmibitového slova je intuitivní a snadno zapamatovatelná. Prvním (nejvyšším) bitem je vždy stav určující, zda se jedná o stavový či datový bajt. Stavový bajt se vyznačuje logickou 1 na tomto místě. Následující 3 bity určují typ funkce MIDI. Poslední čtveřice bitů (nibble) určuje číslo kanálu, kterému je zpráva určena. Příklad stavového bajtu pro 7. kanál MIDI funkce *Control Change* (hexadecimální interpretace zadaného binárního slova je: **B7**):



9.1.8 Datový bajt

Posloupnost datového bajtu není tak složitá, jako je tomu u bajtu stavového. Je reprezentována počáteční logickou nulou na počátku posloupnosti a zbývajících 7 bitů je parametrem konkrétní vykonávané funkce. Příklad datového bajtu vykonávané funkce (hexadecimální interpretace zadaného binárního slova je: **5A**):



9.2 WIDI

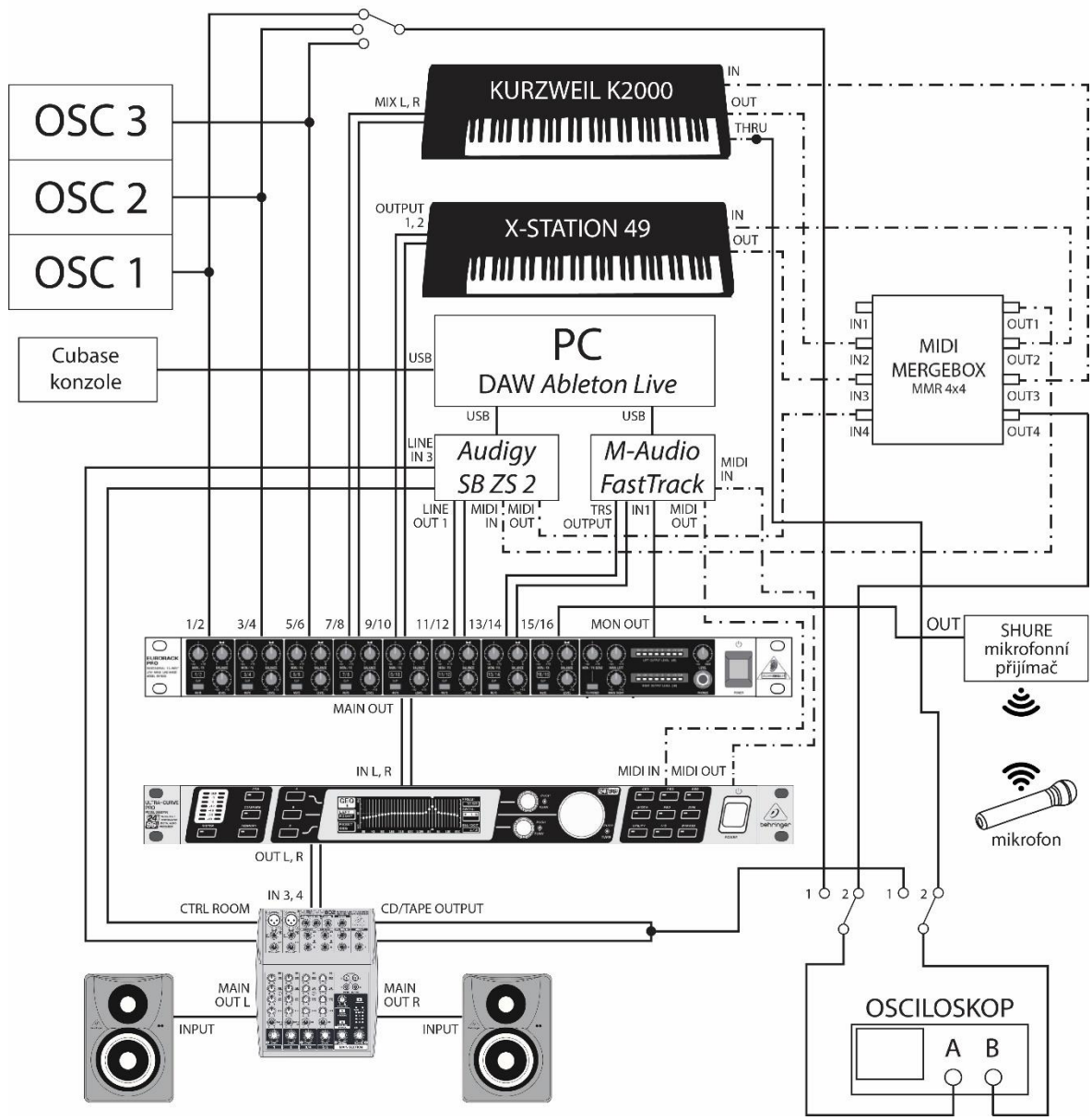
WIDI je metoda pro rádiový přenos dat. Zařízení tvoří vysílač a přijímač. Komunikace probíhá v bezlicenčním kmitočtovém pásmu 2,4 GHz. Latence přenosu obvykle nepřesahuje 3 ms. WIDI umožňuje hraní na nástroje bez potřeby přímé kabeláže k nástroji. Ideální je tak například pro bateriemi napájené MIDI kytary, kdy se může vystupující pohybovat po pódiu bez omezení. Výdrž na jedno nabití je v řádu desítek hodin.

10 Laboratorní úlohy

10.1 Měřicí pracoviště

V rámci své bakalářské práce jsem navrhl, realizoval a oživil měřicí pracoviště pro elektronické hudební nástroje. Pro toto pracoviště jsem následně navrhl, realizoval a vyzkoušel sedm laboratorních úloh. Pro všechny úlohy jsem rovněž připravil podrobné návody (viz přílohy B–H této práce). Stručný popis laboratorních úloh je v částech 10.2 až 10.8 této práce.

Měřicí pracoviště se nachází v laboratoři T2-B3:703, která se nachází na katedře telekomunikační techniky Fakulty elektrotechnické. Základ zvukového řetězce tvoří osmikanálový rackový mixážní pult, do něž jsou připojeny všechny zdroje signálů. Jeho výstup je připojen do vstupu zvukového procesoru. Ten lze ovládat pomocí rozhraní MIDI z počítače. Před reproduktory je umístěn původní dvoukanálový mixážní pult, sloužící jako rozbočovač signálů pro účely připojení upraveného signálu na vstup osciloskopu nebo na vstup zvukové karty počítače.



Obr. 10.1: Schéma měřicího pracoviště v laboratoři T2:B3703. Plná čára značí propojovací linkové kabely, čerchovaná čára značí propojovací MIDI kabely



Obr. 10.2: Vzhled pracoviště před započítím bakalářské práce



Obr. 10.3: Vzhled pracoviště v závěru bakalářské práce



Obr. 10.4: Vzhled přístrojů výhledově umístěných ve stolním rackovém stojanu



Obr. 10.5: Vzhled pracoviště v závěru bakalářské práce při pohledu od části s generátory

10.2 Tvorba zvuku pomocí syntezátoru X-Station 49

Viz přílohu B – laboratorní úloha „Tvorba zvuku pomocí syntezátoru X-Station 49“

Úloha cílí na demonstraci funkcí klasického elektronického hudebního syntezátoru X-Station 49. Ten nabízí ovládací bloky, z nichž v úloze využité a nastavované jsou tři funkční generátory, tvarovač obálky, arpeggiator a nastavitelný signálový filtr. Úloha blíže vysvětluje funkci ovládacích prvků. Prvním bodem zadání je přehrání a analýza předem nahrané smyčky z počítače. Její syntéza je zároveň cílem úlohy. Postup měření zahrnuje i otázky vyplývající z prováděných činností, jejichž zodpovězení předchází studium teoretické části. Součástí laboratorní úlohy jsou i tabulky požadovaných hodnot parametrů, vedoucích ke splnění úlohy.

10.3 Analogová syntéza

Viz přílohu C – laboratorní úloha „Analogová syntéza“

Laboratorní měření je zaměřeno na demonstraci analogové aditivní syntézy a vysvětlení její funkce. Porozumění fyzikálních základů fungování tohoto procesu je nezbytnou součástí pochopení technické podstaty hudební teorie a výroby hudebního díla pomocí syntezátorů. Teoretický úvod tvoří rozbor všech používaných druhů signálových průběhů a jejich spektra a matematické základy hudební akustiky zacílené na výpočet kmitočtů tóniny. Úloha vyzývá k vytvoření subjektivního popisu základních signálových průběhů a vybízí k demonstrování generování signálů a modulací laboratorními generátory. Řeší se zde problematika tvorby záznejí, skládání tónů o stejném kmitočtu a hledání subjektivního prahu libozvučnosti.

10.4 Hardwarové zpracování zvuku

Viz přílohu D – laboratorní úloha „Hardwarové zpracování zvuku“

Úloha je volným pokračováním úlohy „Analogová syntéza“. Hlavní problematikou je zpracování zvukového signálu s pomocí hardwarového zvukového procesoru Behringer DEQ2496. Ten nabízí několik zvukových bloků umožňujících úpravu signálu v reálném čase. Jsou to bloky grafického ekvalizéru, parametrického ekvalizéru, dynamicky přizpůsobitelného ekvalizéru, dynamického procesoru a limiteru. Všechny části jsou v laboratorním měření nastavovány s cílem pochopení významu jednotlivých parametrů. Upravovaným signálem jsou dva sinusové signály, jejichž součet zapříčiňuje díky vzájemně blízkým kmitočtům tvorbu záznejí. Takový signál je viditelně zobrazitelný na osciloskopu a aplikace dynamických procesorů je tak velmi názorná.

10.5 Měření datového rozhraní MIDI

Viz přílohu E – laboratorní úloha „Měření datového rozhraní MIDI“

Pro datové rozhraní MIDI jsou typická jeho přenosová časová zpoždění. Jedním z prováděných úkonů je měření doby reakce optoizolačního členu, nacházejícího se v MIDI portu, sloužícího pro galvanické oddělení signálu mezi vstupem a výstupem THRU. Měření se provádí na syntezátoru Kurzweil K2000. Další měření zkoumá časové zpoždění zařízení MIDI, sloužícího pro bezdrátový přenos MIDI zpráv. Sběrnice MIDI má vzhledem k nízké přenosové rychlosti 31,25 kbit/s svá časová omezení. Tato omezení a z toho plynoucí časová

zpoždění nejsou lidským sluchem postřehnutelná. V měření se demonstruje zahlcení MIDI sběrnice velkým počtem zpráv generovaných počítačem a následným hraním na syntezátor. Úloha řeší také analýzu MIDI souboru a zpráv v ní obsažených.

10.6 Tvorba hudby pomocí DAW Ableton Live – samplování

Viz přílohu F – laboratorní úloha „Tvorba hudby pomocí DAW Ableton Live – samplování“

Hudební produkce elektronické hudby se dnes opírá o počítačové generování a zpracování zvuku. Celá laboratorní úloha je měřena v programovém prostředí profesionálního DAW systému Ableton Live 10 v dostačující intro verzi. Cílem úlohy je demonstrace tvorby hudby metodou samplování, tedy prací s již vytvořenými a předpřipravenými zvukovými vzorky. Jako demonstrační balíček pro měření slouží volně využitelný soundkit od hudebních producentů Freemasons, který obsahuje řadu základních stavebních částí vhodných pro další zpracování. Upravovaný zvuk je vytvořen nahráním mluveného slova mikrofonem. Na zvuky se dále aplikuje ekvalizér a digitální efektové procesory, přičemž ověření jejich funkcí je v úloze věnována dostatečná pozornost.

10.7 Tvorba hudby pomocí DAW Ableton Live – produkce a mixáž

Viz přílohu G – laboratorní úloha „Tvorba hudby pomocí DAW Ableton Live – produkce a mixáž“

Volné pokračování úlohy „Tvorba hudby pomocí DAW Ableton Live – samplování“, zabývající se problematikou technického pohledu na hudební produkci. Většinu současných elektronických hudebních děl tvoří řada stavebních částí, vyznačující se rozdílnou stavbou, významem a umístěním v pravolevé a předozadní ose. Úloha využívá poznatky psychoakustiky, s jejímž přispěním nabývá měřená úloha na praktickém využití. Hlavními úkoly v laboratorní úloze jsou kmitočtové omezení zvuku, jeho usazení na obou osách, práce s dynamikou hudebního díla, stereofonií, barvami zvuku a počítačovou syntézou signálů s pomocí VST pluginů. Zvukový řetězec v laboratoři rovněž umožňuje nahrávání nejen audio, ale také MIDI stop, v úloze je proto také této problematice věnována pozornost. Úloha je zakončena demonstrací základních činností využívaných při zvukovém designu a mixáži skladby.

10.8 Nahrávání a zpracování zvukového záznamu v Cubase

Viz přílohu H – laboratorní úloha „Nahrávání a zpracování zvukového záznamu v Cubase“

Problematika nahrávání mluveného slova tvoří svou velkou oblast zvukové techniky, která není cílem laboratorního měření. Jeho obsahem je zaměření se na nahrávání zvuku ve studiu, kde režijnímu zpracování napomáhá správně zapojený a nastavený audiořetězec. Nahrávání zvuku v laboratoři probíhá bezdrátovým mikrofonem Shure PG58 do počítače přes zvukovou kartu M-Audio FastTrack, zpracování zvuku probíhá v programu Cubase 5. Pro ovládání softwaru je k dispozici externí ovládací konzole Steinberg CC121.

11 Závěr

Možnosti hudební tvorby pomocí EHN jsou dnes stále více obohacovány o alternativní zdroje generování zvuku, oproti klasickým, k tomuto účelu určeným generátorům. Hudbu lze skládat s pomocí osobního notebooku, tabletu či smartphonu. Vývoj přináší stále nové směry v oblasti rozhraní člověk – zařízení a prodejní trh je dnes plný různými způsoby ovladatelných kontrolérů.

Laboratoř T2:B3-703, nacházející se na katedře telekomunikační techniky, byla vybavena prostorem pro vybudování měřicího pracoviště pro elektronické hudební nástroje. Cílem mé práce byla úspěšná realizace tohoto pracoviště tak, aby v něm bylo možné měřit různé parametry a demonstrovat proces výroby elektronického hudebního díla s důrazem na technickou podstatu věci. Součástí bakalářské práce je i realizace sady laboratorních úloh, které lze na tomto pracovišti vykonávat.

Stálou hardwarovou součástí zrealizovaného měřicího pracoviště jsou následující přístroje:

- syntezátor X-Station 49
- syntezátor Kurzweill K2000
- mixážní pult Xenyx 802
- rackový mixážní pult Behringer Rx1602 Eurorack Pro
- rackový zvukový procesor Behringer DEQ2496
- programovatelný MIDI mergebox MMB4x4
- bezdrátové zařízení WIDI WIDI-X8
- ovládací konzole k programu Cubase Steinberg CC121
- studiové monitory Behringer Truth B1030A
- 3x laboratorní generátor Agilent 33220A
- bezdrátový mikrofon Shure PG58
- bezdrátový mikrofonní přijímač Shure
- zvuková karta Audigy SoundBlaster ZS2 Premium
- zvuková karta M-Audio FastTrack Pro

Stálou softwarovou výbavu tvoří následující programy:

- Ableton Live 10 Intro
- Cubase 5
- DEQ2496 Remote
- MIDI OX
- Spectrum Analyzer Pro Live

Původní myšlenka realizace pěti laboratorních úloh byla při realizaci mé bakalářské práce rozšířena. Vzhledem k rozsahu demonstrovatelných problematik v úloze zaměřené na analogovou syntézu a hardwarové zpracování zvuku a v úloze v programovém prostředí DAW Ableton Live, vzniklo nakonec úloh sedm. Každá z úloh je věnována určité problematice a je nezávislá na ostatních úlohách. Měřicí pracoviště je schopno odbavit všechny úlohy, přepojení přístrojů v rámci přípravy na měření úlohy je uskutečnitelné s pomocí intuitivních schémat zapojení v laboratorních návodech.

Bakalářská práce shrnuje téma EHN, ale nabízí i vysvětlení funkcí v EHN používaných. Obsah se zabývá také specifickou tematikou hudební akustiky, z které jsem popsal vybrané partie hudební teorie technickou formou postavenou na elementárních matematických základech. Součástí tematiky se stala i analýza elektronického hudebního díla, zahrnující popis stavebních částí typického elektronického hudebního díla. Problematika je názorně demonstrována ve dvou úlohách. Zmiňovaným oblastem hudební akustiky byla během vypracovávání věnována značně velká pozornost vzhledem k takřka neexistujícím odborným zdrojovým podkladům. Jako celek je bakalářská práce s vytvořenými úlohami použitelná pro výuku problematiky EHN, pro přiblížení významu EHN a jejich zvukových rozhraní, pro demonstraci praktických činností často aplikovaných ve zvukovém produkčním studiu a pro ukázkou nezbytnosti technické gramotnosti ve všech krocích produkce elektronického hudebního díla. Práce obsahuje současně jak technická témata, tak i specifické poznatky z praxe elektronické hudební tvorby, která přinejmenším v české odborné literatuře dosud nikdy propojena nebyla. Toto činilo malou obtíž zejména v překladu názvosloví stavebních prvků elektronického hudebního díla, kde český překlad není vypovídající nebo neexistuje. Pro jejich popis jsem proto volil anglické názvosloví běžně se vyskytující v hudební praxi a jejich přiblížení českými větami.

Během realizace měřicího pracoviště jsem musel analyzovat a následně odstranit řadu technických obtíží. Potýkal jsem se s problémem přítomnosti zemních smyček a přeslechů v signálové cestě, který jsem po vhodném přepojení přívodních kabelů k přístrojům úspěšně vyřešil. Dalším problémem je program pro vzdálené ovládání zvukového procesoru DEQ2496 Remote, který při zvolení současně MIDI vstupu a výstupu vykazuje po několika momentech známky nestability a je nepředvídatelně ukončen. Program je tak nutné provozovat pouze v jednocestném módu (ovládání z počítače bez možnosti přijímat data z procesoru). Tento problém znemožňuje načítání aktuálního nastavení jednotlivých bloků pomocí příslušného tlačítka. Program uvede při každém spuštění hodnoty všech parametrů do výchozího stavu a pro změnu parametrů dle hodnot uložených v procesoru je nutné je editovat manuálně.

Kromě návrhu a pořízení vybavení bylo součástí mé práce i fyzické natažení potřebných propojovacích audiokabelů skrz zeď u měřicího pracoviště do technické místnosti, kde se nachází počítač měřicího pracoviště. Mou další činností bylo i usazení nových kabelů do kabelové lišty nad pracovním stolem a vytvoření kabelových průchodků.

12 Literatura

- [1] SYROVÝ, Václav. *Hudební akustika*. 3., dopl. vyd. V Praze: Akademie múzických umění, 2013. Akustická knihovna Zvukového studia Hudební fakulty AMU. ISBN 978-80-7331-297-8.
- [2] SYROVÝ, Václav a Milan GUŠTAR. *Malý slovník základních pojmů z hudební akustiky a hudební elektroniky*. 3. vydání. Praha: Akademie múzických umění v Praze (Nakladatelství AMU), 2016. ISBN 978-80-7331-383-8.
- [3] HUBER, David M. *The MIDI manual*. 1. Carmel: Sams, 1993. ISBN 0672227576; 9780672227578;.
- [4] GUÉRIN, Robert. *Velká kniha MIDI: standardy, hardware, software*. Brno: Computer Press, 2004. ISBN 80-722-6985-2.
- [5] FORRÓ, Daniel. *MIDI: komunikace v hudbě*. Praha: Grada, 1993. ISBN 80-85623-56-0.
- [6] FUKA, František. *Hudba z geekovsko-matematického hlediska*. (přednáška) Praha: ČVUT FEL, 10.11.2012.
- [7] SÝKORA, Rudolf, František KRUTÍLEK a Jaroslav VČELAŘ. *Elektronické hudební nástroje a jejich obvody*. Praha: Nakladatelství techn. lit., 1981.
- [8] SCHIMMEL, Jiří. *Studiová a hudební elektronika*. Studiová a hudební elektronika. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2012. ISBN: 978-80-214-4452- 2.
- [9] SCHIMMEL, Jiří. *Studiová a hudební elektronika - laboratorní cvičení*. Studiová a hudební elektronika - laboratorní cvičení. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2013. s. 1-108. ISBN: 978-80-214-4724- 0.
- [10] PUCKETTE, Miller. *The Theory and Technique Of Electronic Music*. Singapore: World Scientific Publishing, 2007. ISBN 13 978-981-270-077-3
- [11] VYŠINSKÝ, Tomáš. *Moderní datová rozhraní pro elektronické hudební nástroje*. Praha, 2017. Projekt v týmu. Fakulta elektrotechnická, ČVUT FEL, Katedra telekomunikační techniky, Vedoucí práce Ing. Tomáš Zeman, Ph.D.
- [12] VALENDIN, Jan. *Softwarové technologie tvorby zvuku a podpora živého hraní*. Brno, 2006. Bakalářská práce. Fakulta informatiky, Masarykova univerzita. Katedra počítačových systémů a komunikací. Vedoucí bakalářské práce MgA. Rudolf Růžička
- [13] URBAN, Ondřej. *Mastering jako finální tvůrčí proces při výrobě hudební nahrávky a jeho optimalizace*. In ATP 2004, Proceedings of the 5th Conference of Czech Student AES. VUT, Brno. 90–99. ISBN 80-214- 2643-8
- [14] SYROVÝ, Václav., *Hudební signál a jeho syntéza*. Sborník HAMU "Živá hudba 1986", str.153-205.
- [15] ŠTĚPÁNEK, Jan a Ondřej MORAVEC. *Barva hudebního zvuku a její slovní popis (Výsledky grantového projektu GA ČR 202/02/1370)*. Sborník 14. semináře univerzitního

Společenství pro studium hlasu a řeči, Univerzita Palackého Olomouc, str.3-17.
RIV/61384984:51110/05:00000023.

[17] *Analogové elektronické nástroje*. [online]. [cit. 2018-04-24]. Dostupné z:
<http://www.uvni.cz/books/17.pdf>

[18] MASÁR, Igor. *Analýza hudebních multiefektů*. Brno, 2011. Bakalářská práce. Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Vysoké učení technické v Brně. Ústav radioelektroniky. Vedoucí bakalářské práce Ing. Martin Friedl.

[19] ŠIŠKA, Adam. *Fyzikální a matematické základy hudby*. Materiály pro výuku IKT v hudbě (2015/2016). Kroměříž, 2015. Konzervatoř P. J. Vejvanovského Kroměříž.

[20] PANENKA, Vojtěch. *Kompresory dynamiky zvukových signálů*. Brno, 2017. Bakalářská práce. Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Vysoké učení technické v Brně. Ústav telekomunikací. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Jaroslav Koton, Ph.D.

[21] VLČEK, Václav. *Tvorba zvuku pomocí aditivní a FM syntézy*. Praha, 2007. Bakalářská práce. Matematicko-fyzikální fakulta Univerzity Karlovy v Praze. Katedra softwaru a výuky informatiky. Vedoucí bakalářské práce RNDr. Tomáš Holan, Ph.D.

[22] BURG, Jennifer, ROMNEY, Jason. *Setting Up Your DAW*. Digital, Sound & Music, Practical Exercise. National Science Foundation, 2015

[23] JIRÁSEK, Ondřej. Vizualizace barvy zvuku - tvar signálu, osciloskop. *Výzkumné centrum JAMU*. [online]. [cit. 2014-04-10]. Dostupné z:
<http://www.audified.com/projekt/vavcjamu/page76/page86/page86.html>

[24] TIŠNOVSKÝ, Pavel. Rozhraní MIDI na osobních počítačích. *Root.cz: Informace nejen ze světa Linuxu*. [online]. 2009, [cit. 11.02.2018]. ISSN 1212-8309. Dostupné z:
<https://www.root.cz/clanky/rozhrani-midi-na-osobnich-pocitacich/>

[24] SCHIMMEL, J. Komunikační rozhraní MIDI. *Elektrorevue: Časopis pro elektrotechniku*. [online]. 2002, č. 69 [cit. 2002-12-20]. Dostupný z:
<http://www.elektrorevue.cz/clanky/02069/index.html>

[25] BELLO, Juan P. *MIDI Code*. [online prezentace]. [cit. 2017-05-25]. Dostupné z:
https://www.nyu.edu/classes/bello/FMT_files/9_MIDI_code.pdf

[26] MATLA, Sam. How to Enhance Your Creative Process Using the Production Pyramid. *EDMProd* [online]. 2015. [cit. 2018-04-18]. Dostupné z:
<https://www.edmprod.com/production-pyramid/>

[27] JACKSON, Siberius. *Music Theory For Producers*. [online]. [cit. 2018-04-18]. Dostupné z: <https://musictheoryforproducers.files.wordpress.com/2014/06/music-theory-for-producers.pdf>

[28] SIEVERS, Beau. A Young Person's Guide to the Principles of Music Synthesis. [online]. [cit. 2018-04-19]. Dostupné z: <http://beausievers.com/synth/synthbasics/>

[29] FUKA, František. Hudebním skladatelem snadno a rychle. *FFFilm*. [online]. 2012. [cit. 2018-03-24]. Dostupné z: <http://www.fffilm.name/2012/02/hudebnim-skladatelem-snadno-rychle.html>

- [30] FUKA, František. Hudebním skladatelem snadno a rychle, 2. část. *FFFilm*. [online]. 2012. [cit. 2018-03-24]. Dostupné z: <http://www.fffilm.name/2012/02/cast-2-skladatelem-snadno-rychle.html>
- [31] FUKA, František. Hudebním skladatelem snadno a rychle, 3. část. *FFFilm*. [online]. 2012. [cit. 2018-03-24]. Dostupné z: <http://www.fffilm.name/2012/09/skladatelem-snadno-rychle-cast-3-rytmus.html>
- [32] RUSS, Martin. *Sound synthesis and sampling. 2nd*. Amsterdam: Focal Press, 2009. ISBN 978-0-240-52105-3
- [33] KOSTELNÝ, Štefan. Softwarové simulace analogového magnetického záznamu. *Muzikus.cz: hudební portal*. [online]. 2007. [cit. 2018-04-20]. Dostupné z: <http://www.muzikus.cz/pro-muzikanty-clanky/Softwarove-simulace-analogoveho-magnetickeho-zaznamu-tema-mesice~28~leden~2007/>
- [34] SOBOTKA, František. DAW na počítači (1). *Muzikus.cz: hudební portal*. [online]. 2013. [cit. 2018-04-22]. Dostupné z: <http://www.muzikus.cz/pro-muzikanty-clanky/DAW-na-pocitaci-1-tema-mesice~09~unor~2013/>
- [35] SOBOTKA, František. DAW na počítači (2). *Muzikus.cz: hudební portal*. [online]. 2013. [cit. 2018-04-22]. Dostupné z: <http://www.muzikus.cz/pro-muzikanty-clanky/DAW-na-pocitaci-2-tema-mesice~10~unor~2013/>
- [36] SEYDEL, Rory. How To Write A Song in 6 Simple Steps. *Landr Journal*. [online]. 2016. [cit. 2018-04-24]. Dostupné z: <https://blog.landr.com/write-song/>
- [37] BARBER, Johnny. Eq'ing Vocals Cheat Sheet. *Mix Engineer*. [online]. 2015. [cit. 2018-04-24]. Dostupné z: <http://mymixengineer.com/eqing-vocals-cheat-sheet/>
- [38] *How To Layout An EDM Track*. FL Beat Tutorials. [online]. 2014. [cit. 2018-04-24]. Dostupné z: <http://flbeattutorials.com/layout-edm-track-edm-tutorial/>
- [39] HORÁČEK, Jaromír a Jan ŠVEC. Modelování lidského hlasu. *Vesmír*, 2008, listopad. s. 833-835. ISSN 1214-4029. Dostupné také z: https://www.researchgate.net/profile/Jan_Svec2
- [40] SCHMIDT-JONES, Catherine. *Understanding Basic Music Theory*. 12th Media Services. 2018. ISBN 1680921541; 9781680921540
- [41] MALINA, Tomáš. Ableton Live Tutoriál – Práce s audio. *YouTube*. [online]. 2017. [cit. 2018-05-01]. Dostupné z: <https://youtu.be/yqsnVDXxN-0>. Kanál uživatele Musartedo.
- [42] MALINA, Tomáš. Ableton Live Tutoriál – Práce s MIDI. *YouTube*. [online]. 2017. [cit. 2018-05-01]. Dostupné z: <https://youtu.be/IJu3uk-Rmco>. Kanál uživatele Musartedo.
- [43] MALINA, Tomáš. Ableton Live Tutoriál – Kvantizace a automatizace. *YouTube*. [online]. 2018. [cit. 2018-05-06]. Dostupné z: <https://youtu.be/bnxkGhD45oM>. Kanál uživatele Musartedo.
- [44] MALINA, Tomáš. Ableton Live Tutoriál – Sidechain. *YouTube*. [online]. 2018. [cit. 2018-05-06]. Dostupné z: <https://youtu.be/bFQN4rmmnoI>. Kanál uživatele Musartedo.

- [45] MALINA, Tomáš. Ableton Live Tutoriál – Routing. *YouTube*. [online]. 2018. [cit. 2018-05-06]. Dostupné z: <https://youtu.be/fIHebOO0uBY>. Kanál uživatele Musartedo.
- [46] MALINA, Tomáš. Ableton Live Tutoriál – První beat. *YouTube*. [online]. 2018. [cit. 2018-05-06]. Dostupné z: <https://youtu.be/o555kXEbwTc>. Kanál uživatele Musartedo.
- [47] *MMB 4x4 MIDI Merge Box*. Návod k obsluze. 2010. [cit. 2018-04-04].
- [48] *X-Station 49*. Návod k obsluze. 2004. [cit. 2017-03-30].
- [49] PTÁČEK, Ladislav. *Jak pracují efekty I*. [online]. 2009. [cit. 2018-04-20]. Dostupné z: <http://www.muzikus.cz/pro-muzikanty-clanky/Jak-pracuji-efekty-I~19~leden~2009/>
- [50] TUREČEK, Oldřich. Tipy, triky, nastavení - Variace na téma "parametrický ekvalizér". *Muzikus.cz: hudební portal*. [online]. 2010. [cit. 2018-04-20]. Dostupné z: <http://www.muzikus.cz/pro-muzikanty-serialy/Tipy-triky-nastaveni-Variace-na-tema-parametricky-ekvalizer~18~brezen~2010/>
- [51] KOSTELNÝ, Štefan. Frekvence, panorama a hloubka. *Muzikus.cz: hudební portal*. [online]. 2007. [cit. 2018-05-14]. Dostupné z: <http://www.muzikus.cz/pro-muzikanty-clanky/Frekvence-panorama-a-hloubka-Tema-mesice~21~srpen~2007/>

13 Přílohy

Příloha A – kmitočtové rozsahy klasických hudebních nástrojů

Příloha B – laboratorní úloha „Tvorba zvuku pomocí syntezátoru X-Station 49“

Příloha C – laboratorní úloha „Analogová syntéza“

Příloha D – laboratorní úloha „Hardwarové zpracování zvuku“

Příloha E – laboratorní úloha „Měření datového rozhraní MIDI“

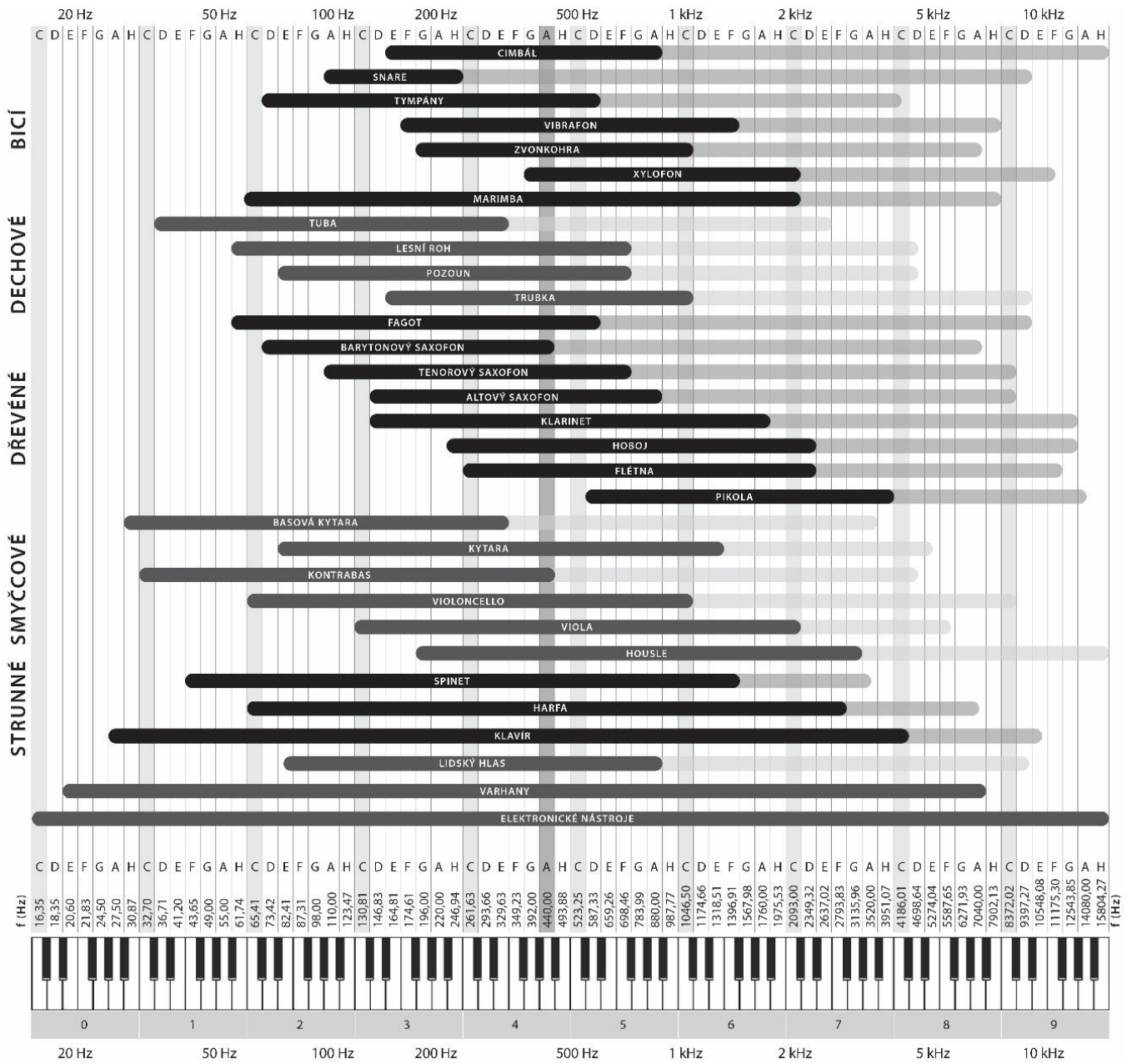
Příloha F – laboratorní úloha „Tvorba hudby pomocí DAW Ableton Live – samplování“

Příloha G – laboratorní úloha „Tvorba hudby pomocí DAW Ableton Live – produkce a mixáž“

Příloha H – laboratorní úloha „Nahrávání a zpracování zvukového záznamu v Cubase“

Příloha I (*pouze v elektronické verzi*) – zvukové, MIDI a jiné soubory pro laboratorní úlohy

Příloha A – kmitočtové rozsahy klasických hudebních nástrojů



Tvorba zvuku pomocí syntezátoru X-Station 49

Cíle úlohy: Rozbor a demonstrace funkčních bloků syntezátoru, pochopení významu nejčastěji využívaných ovládacích jednotek, vytvoření zvuku dle předlohy

Úkol měření:

1. Poslechněte si soubor *uloha_1.wav*, analyzujte charakter zvuku.
2. Dle postupu měření pracujte s ovládacími prvky na syntezátoru X-Station 49, zkoumejte vlastnosti jednotlivých prvků a vytvořte zvuk blížící se zadanému úryvku ze souboru *uloha_1.wav*.

Teoretický úvod:

Analogový syntezátor

Součástí elektronických hudebních nástrojů jsou následující bloky (viz obr.+++):

- LFO generátor pomaloběžných kmitů
- VCO napětím řízený oscilátor
- VCF napětím řízený filtr
- NG generátor šumu
- EG generátor obálky
- VCA napětím řízený zesilovač

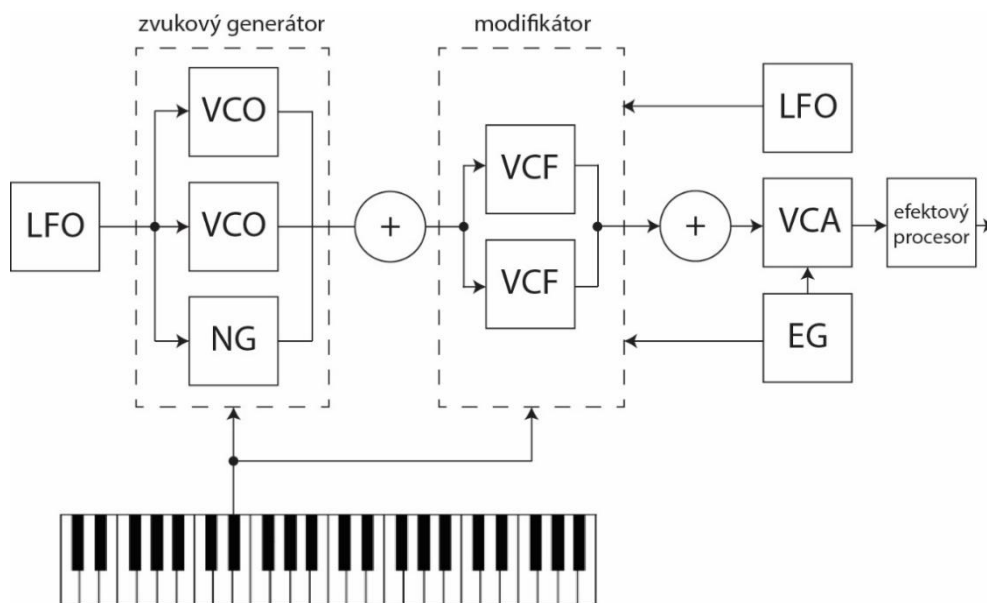
Řídicími jednotkami analogových syntezátorů jsou kromě klaviatury i další řídicí prvky, jejichž vzájemná interoperabilita zajišťuje u **modulárních typů** syntezátorů možnost libovolného propojení jednotek, čímž lze dosáhnout syntézy různých zvukových barev. Takzvané **All-In-One syntezátory** mají svou strukturu přesně danou a z ovládacího hlediska jsou uživatelsky jednodušší.

Zvukový generátor zajišťuje generování různých typů signálových průběhů (viz kapitulu 4). Skládá se z několika napětově řízených oscilátorů (VCO) a generátoru šumu (NG). Svou funkci zde plní i pomaloběžný oscilátor, sloužící pro periodické ovlivňování kmitočtu signálu (a tedy vzniku efektu *vibráto*) a také pro ovlivnění středy obdélníkového průběhu, generovaného pro účely pulsně šířkové modulace (PWM). Mezi dalšími druhy modulací má v analogových syntezátorech své zastoupení i kruhová (RM) a frekvenční (FM) modulace.

Modifikátor je subtraktivní syntezátor sestávající z napětově řízených filtrů (VCF), jejichž řazení a počet ve struktuře může být různé. Další využití pomaloběžného oscilátoru LFO slouží pro změnu mezních kmitočtů těchto napětově řízených filtrů (a tedy vzniku automatizovaného *wah-wah* efektu, zvaného *auto-wah*) nebo ovlivnění výstupní amplitudy signálu (efekt *tremolo*). Napětí, kmitočet signálu i mezní kmitočet filtru je ovlivnitelný taktéž generátorem obálky (EG), který zajišťuje automatizovaný průběh daného parametru v čase.

Amplituda signálu je nastavitelná napětím řízeným zesilovačem (VCA) umístěným za modifikátorem a sumačním zesilovačem.

Efektový procesor obsahuje řadu bloků umožňující úpravu generovaného zvuku. Patří mezi ně modulační efekty (*delay, flanger, chorus*, apod. – viz kapitolu 7), variační efekty tvarovače signálu, dynamické procesory – viz kapitolu 6), ekvalizéry (filtry, grafické a parametrické ekvalizéry – viz kapitolu 5), apod.



Blokové schéma analogového syntezátoru

Ovládací bloky syntezátoru X-Station 49

Blok „OSCS – MIXER“



Model X-Station 49 je v bloku „*OSCS – MIXER*“ vybaven třemi nezávislými oscilátory pro generování zdrojového signálu, generátorem šumu a kruhovým modulátorem. U vybraného generátoru svítí indikační červená LED. Mezi nimi lze přepínat tlačítkem „*OSCILLATOR*“, umístěného pod sloupcem indikačních LED.

Posouvat užívanou oktávu generátoru lze stiskem tlačítka „*OCTAVE*“, a to v rozmezí -3 až +3.

Tlačítkem „*UNISON*“ lze přidávat/ubírat počet hlasů vytvářených generátorem. Z hudebního hlediska tato funkce slouží pro „zhuťnění“ a zvýraznění signálu. Maximální počet hlasů je 8.

Potenciometrem „*WAVEFORM*“ je nastavován charakter průběhu generovaného signálu. Na výběr je 17 různých průběhů. Těmi nejpoužívanějšími jsou sinusový (volba 0), trojúhelníkový (volba 1) a pilovitý průběh (volba 3).

Tlačítko „**PORTAMENTO**“ ovládá úroveň efektu přeladování mezi dvěma stisknutými klávesami.

Volbou „**SEMITONE**“ lze měnit tón zvuku. Krokem jsou půltóny v rozsahu jedné oktávy.

Funkce „**DETUNE**“ nabízí možnost rozladění v rozmezí ± 50 centů. (1 půltón = 100 centů).

Úroveň signálu z generátoru, která je posílána do vstupu mixážní sběrnice, je nastavitelná pomocí „**LEVEL**“.

Míru aplikování obálky ze sekce „MOD ENV / ENV 3“ lze měnit potenciometrem „**ENV DEPTH**“.

Řízenou změnu amplitudy lze provést pomocí oscilátoru 1 z bloku „**LFOS**“. Jeho úroveň je nastavitelná pomocí „**LFO DEPTH**“. Efekt se nazývá vibráto.

Signál pulsně šířkové modulace, jakožto jeden z klasických zvuků analogových syntezátorů už od počátku jejich vzniku, je možno využít jako zdroj generátoru pouze pro první oscilátor („OSC1“). Stiskem „**PW SELECT**“ je vybírán zdroj řízení modulace. Změnou hodnoty potenciometru „**PWM**“ v režimu „Position“ lze manuálně měnit šířku impulsů. Režim „Lfo“ přenechává řízení běhu modulace bloku pomaloběžných oscilátorů „**LFOS**“, a to konkrétně oscilátoru 2.

Funkce „**SYNC**“ provádí aditivní součet signálů z oscilátorů 1 a 2, přičemž je prováděn pravidelný restart signálu druhého oscilátoru vždy v momentě ukončení periody signálu prvního oscilátoru. Při rozdílných periodách obou vstupních signálů díky takto provedenému součtu obou signálů obvykle vznikají nové harmonické kmitočty a signál získává „metalický“ charakter.

Blok „**LFOS**“



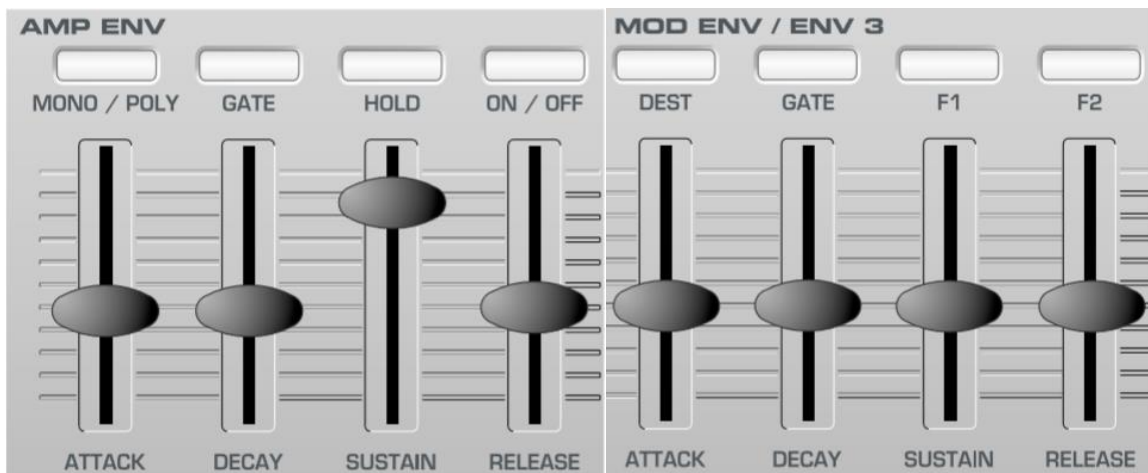
Blok pomaloběžných oscilátorů nabízí v modelu X-Station 49 pouze dva samostatné generátory, mezi kterými lze přepínat příslušným tlačítkem umístěným pod sloupcem indikačních LED.

„**SPEED**“ upravuje frekvenci generovaného signálu.

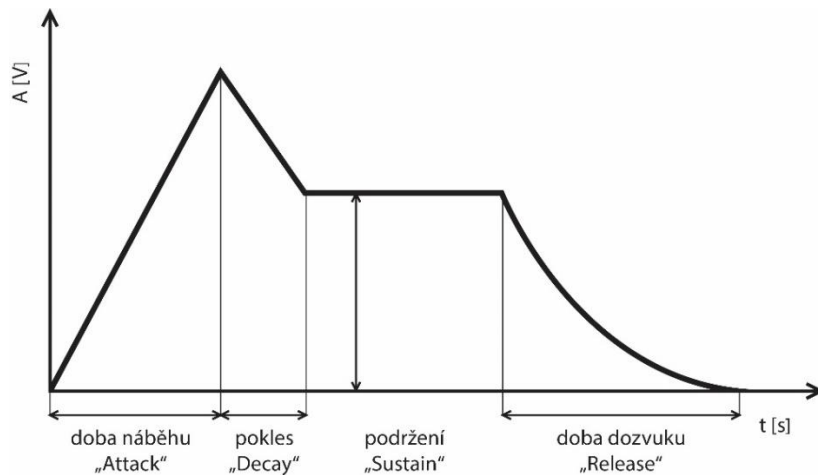
„**DELAY/AMOUNT**“ ovládá časové zpoždění generátorů, vhodné například pro zpoždění vibráto efektu.

Pro výběr charakteru generovaného signálu ze seznamu slouží tlačítka „**WAVEFORM**“ (posun nahoru) a „**DEST**“ (posun dolů).

Bloky „AMP ENV“ a „MOD ENV / ENV 3“



Sekce slouží pro nastavení obálky generovaného signálu. Užívá se nejpoužívanější systém ADSR.



„**ATTACK**“ – upravuje dobu náběhu zvuku do jeho maximální intenzity od počátku podržení klávesy.

„**DECAY**“ – časový interval mezi maximální úrovní intenzity zvukového signálu a jeho ustálenou hladinou.

„**SUSTAIN**“ – určuje velikost ustálené hladiny.

„**RELEASE**“ – doba dozvuku signálu od uvolnění klávesy.

Blok „ARP“



Funkce arpeggiator slouží pro tvorbu akordů. Při aktivování tlačítkem „**ON**“ se do paměti uloží stisknutá klávesa, která se při zvoleném tempu potenciometrem „**TEMPO**“ pravidelně přehrává. Při stisknutí více kláves současně se do paměti přidají všechny stisknuté klávesy, které jsou následně přehrávány postupně za sebou.

„**LATCH**“ – aktivuje režim, při kterém arpeggiator drží v paměti a přehrává uložené klávesy i po uvolnění kláves. Při držení alespoň jedné klávesy lze stisknutím další klávesy do paměti přidávat/ubírat z ní přehrávané klávesy. Pokud jsou všechny klávesy uvolněny a dojde ke stisknutí nové kombinace kláves, tato se zapíše do paměti a původní kombinace kláves je smazána.

Blok „**FILTERS**“



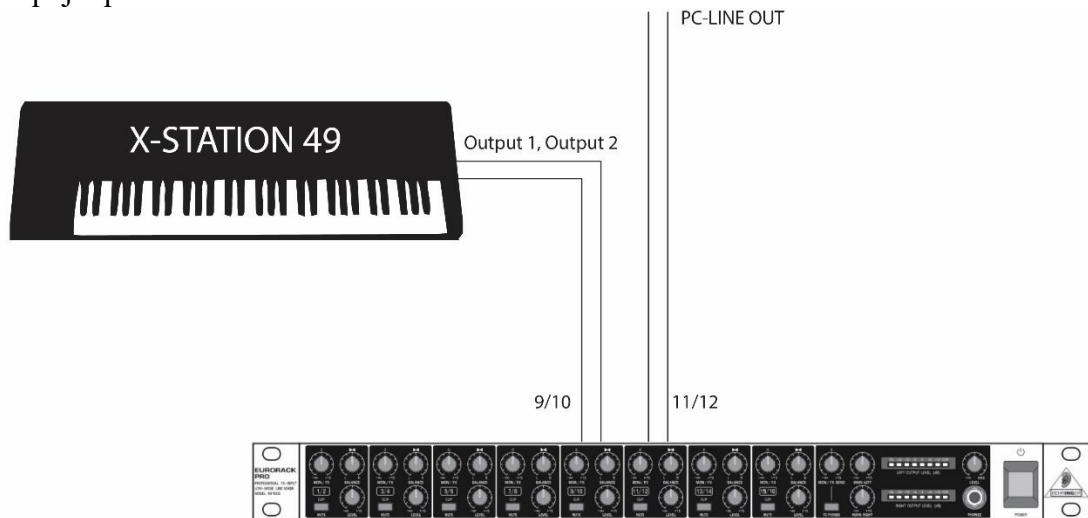
Blok nabízí tři druhy filtrů – dolní propust, horní propust, pásmovou propust, zvolitelné tlačítkem „**TYPE**“. Filtrům lze upravovat jejich mezní frekvenci potenciometrem „**FREQUENCY**“. Při maximálním vytočení tohoto prvku (u horní propusti hodnota 127, u dolní propusti hodnota 0) filtr nepotlačuje žádné kmitočty. Při využití pásmové propusti filtr propouští pouze úzký pás frekvencí v závislosti na nastavení mezní frekvence.

Strmost filtrů lze zvolit -12dB/oct nebo -24dB/oct ovládacím prvkem „**SLOPE**“. Pro zvýraznění potlačovaných frekvencí v oblasti mezní frekvence filtru a jejich harmonických násobků slouží prvek „**RESONANCE**“. Funkce „**KEY TRACK**“ nastavuje optimální zesílení mezi nižšími a vyššími tóny.

„**ENV DEPTH**“ ovládá vliv modulační obálky na mezní frekvenci. „**LFO DEPTH**“ ovládá vliv pomaloběžného oscilátoru LFO2 na mezní frekvenci. „**OVERDRIVE**“ definuje zkreslení filtru, vhodné pro zvýraznění generovaného zvuku.

Postup měření:

1. Zapojte pracoviště dle schématu:



2. Poslechněte si soubor *uloha_1.wav* a poslechem s pomocí osciloskopu analyzujte jeho zvukové vlastnosti [obálka, frekvence, tónina, množství efektů (reverb, delay, ...)].
3. Vyberte z banky zvuků na syntezátoru **X-Station 49** předvolbu číslo 290 - „SYNTH PROG“. Zvuk přehrávejte klávesou C3.
4. V bloku „OSCS“ nastavte zdroje pro generování signálu (tři generátory OSC 1-3). Měňte nastavení jednotlivých parametrů a poslechem s pomocí osciloskopu zkoumejte vliv na výsledný signál.

Úkoly:

- a) Pomocí ovládacího prvku „Waveform“ poslechem zhodnoťte zvukové vlastnosti signálů „Sine“ (sinusovka), „Triangle“ (trojúhelník) a „Sawtooth“ (pila).

Požadované nastavení:

	OSC 1	OSC 2	OSC 3
Waveform	Sine	Sine	Sawtooth
Semitone	0	-12	-12
Detune	+3	+0	+0
Level	58	75	111
PWM (Position)	+20	+40	+0
Portamento	48	127	0
Env Depth	0	0	0
Lfo Depth	0	0	0
Octave	0	0	0
Unison	+2	+2	+2

5. Nastavte obálku zvuku v bloku „AMP ENV“. Pohybujte s jednotlivými ovládacími prvky pro nastavení obálky signálu a poslechem s pomocí osciloskopu sledujte průběh a charakter signálu.

Úkoly:

- Vyzkoušejte, jak doba náběhu („Attack“) ovlivňuje pohodlnost hraní na klávesy.
- Na osciloskopu zkoumejte vliv hodnoty „Decay“ na výsledný zvuk.
- Změřte osciloskopem dobu dozvuku signálu od uvolnění klávesy při nastavení maximální hodnoty „Release“.

Požadované nastavení:

Attack	Decay	Sustain	Release
3	70	57	80

- Nastavte arpeggiator v bloku „ARP“ a otestujte, jakým způsobem lze s jeho pomocí vytvářet akordy.

Úkoly:

- Zapněte arpeggiator a držte libovolnou klávesu. Měňte v průběhu přehrávání tempo příslušným ovládacím prvkem. Zkoumejte vlastnosti výsledného zvuku.
- Zapněte funkci „Latch“ a stiskněte libovolnou klávesu. Stiskněte současně více kláves najednou. Poslechem s pomocí osciloskopu subjektivně zhodnoťte, které kombinace kláves znějí lépe a proč.

Požadované nastavení:

Tempo	64
On	On
Latch	On

Stisknutá klávesa: C3

- Upravte filtry signálu v bloku „FILTERS“. Poslechem s pomocí osciloskopu sledujte kmitočtové změny signálu.

Úkoly:

- Zkoumejte vliv nastavení horní propusti, dolní propusti, pásmové propusti a jejich mezních frekvencí na zvukový charakter signálu.
- Proč při přehrávání hlubokého tónu a aktivované horní propusti s maximální mezní frekvencí přehrávaný zvuk stále slyšíme?

Požadované nastavení:

	1
Frequency	25
Resonance	36
Key Track	66
Env Depth	+63
Lfo Depth	-10
Overdrive	60
Slope	+12 dB / oct
Type	Low pass

- Porovnejte vytvořený zvuk s původním zvukem ze souboru.

Analogová syntéza

Cíle úlohy: Tvorba zvuku pomocí analogové aditivní syntézy, pochopení a demonstrování funkcí laboratorního generátoru, pochopení matematických základů hudební akustiky a problematiky skládání různých signálových průběhů a s tím související syntézy různých zvukových barev.

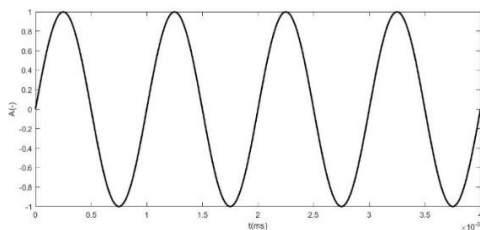
Úkol měření:

1. Nastavte oscilátory dle návodu.
2. Generujte různé typy průběhů a analyzujte na spektrálním analyzátoru i poslechem jejich zvukové vlastnosti.
3. Kombinujte různé typy průběhů a analyzujte na spektrálním analyzátoru i poslechem jejich zvukové vlastnosti.
4. Demonstrujte tvorbu akustických záznějí.
5. Zkoumejte vliv fáze na stereoskopický vjem.

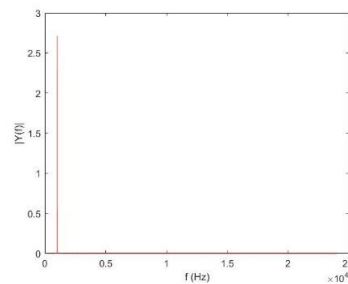
Teoretický úvod:

Sinusový průběh

Signál funkce $f(t) = A \sin(\omega t + \varphi_0)$. Amplitudové spektrum sinusového průběhu kromě základního kmitočtu neobsahuje žádné vyšší harmonické frekvence, při filtraci signálu se proto nemění barva zvuku. Díky této vlastnosti je signál vhodný pro užití ve Fourierově syntéze signálů.



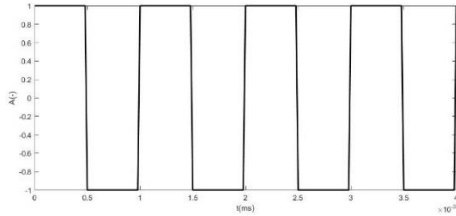
Čtyři periody sinusového průběhu s kmitočtem $f = 1 \text{ kHz}$



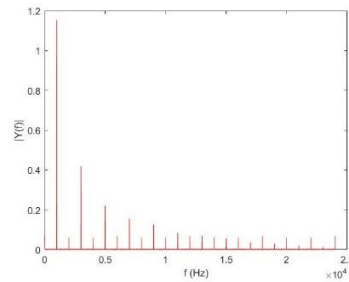
Amplitudové spektrum sinusového průběhu

Obdélníkový průběh

Jedná se o geometricky předvídatelný tvar a ideálně nespojitý signál. Amplitudové spektrum obdélníkového signálu závisí na jeho střídě. Je-li střída v přesném poměru 1:1, obsahuje amplitudové spektrum pouze liché harmonické kmitočty. V jiném případě se ve spektru uplatní i sudé harmonické kmitočty. Využitím pulsně šířkové modulace (PWM), jejímž vlivem dochází k proměnné změně střídy, tak lze docílit spektrálně proměnného signálu.



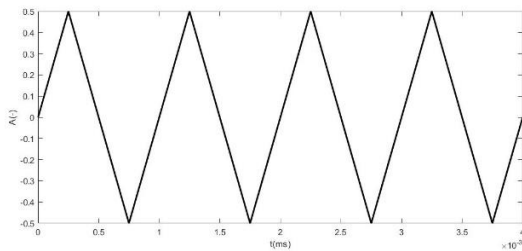
Čtyři periody obdélníkového průběhu s kmitočtem $f = 1 \text{ kHz}$



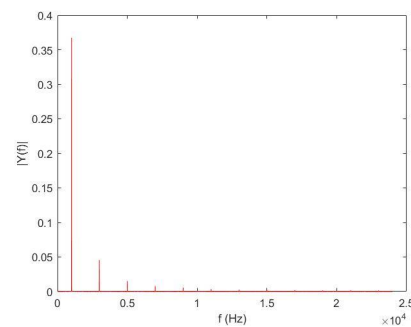
Amplitudové spektrum obdélníkového průběhu

Trojúhelníkový průběh

Jedná se o geometricky předvídatelný tvar vykazující lomený časový průběh. Obsahuje pouze liché harmonické kmitočty, jejichž amplituda s vyššími harmonickými kmitočty klesá.



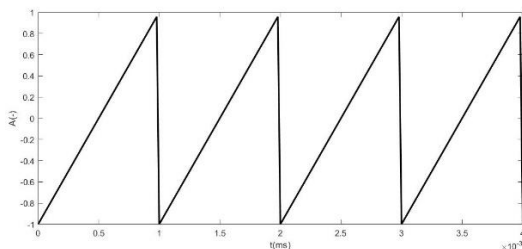
Čtyři periody trojúhelníkového průběhu s kmitočtem $f = 1 \text{ kHz}$



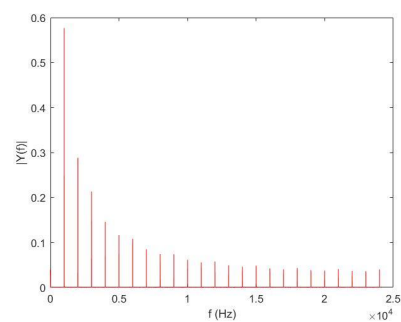
Amplitudové spektrum trojúhelníkového průběhu

Pilový průběh

Nesymetrický periodický nespojitý signál. Amplitudové spektrum pilového signálu obsahuje jak liché, tak sudé harmonické složky, postupně klesající s rostoucím číslem pořadí příslušného harmonického kmitočtu.



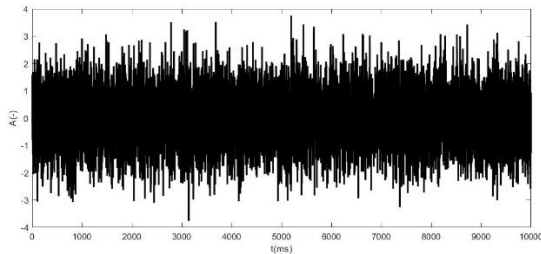
Čtyři periody pilového průběhu s kmitočtem $f = 1 \text{ kHz}$



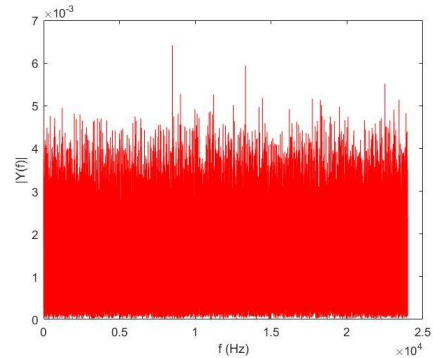
Amplitudové spektrum pilového průběhu

Šum

Náhodný signál nemající určitou barvu zvuku. Amplitudové spektrum šumu je spojité a stochastické. Podle spektrální výkonové hustoty rozlišujeme různé barvy šumu pro různá použití, čehož lze docílit příslušnou filtrací náhodného šumu.



Časový průběh bílého šumu



Amplitudové spektrum bílého šumu

Součet signálů pomocí Fourierovy metody

Metoda je založena na předpokladu, že každý spojité periodický signál lze rozložit (harmonická analýza) na množinu dílčích harmonických složek, jejímž opětovným součtem lze původní signál následně znovu složit (harmonická syntéza).

$$F(t) = \sum_{k=1}^n A_k \sin(k\omega t + \varphi_k)$$

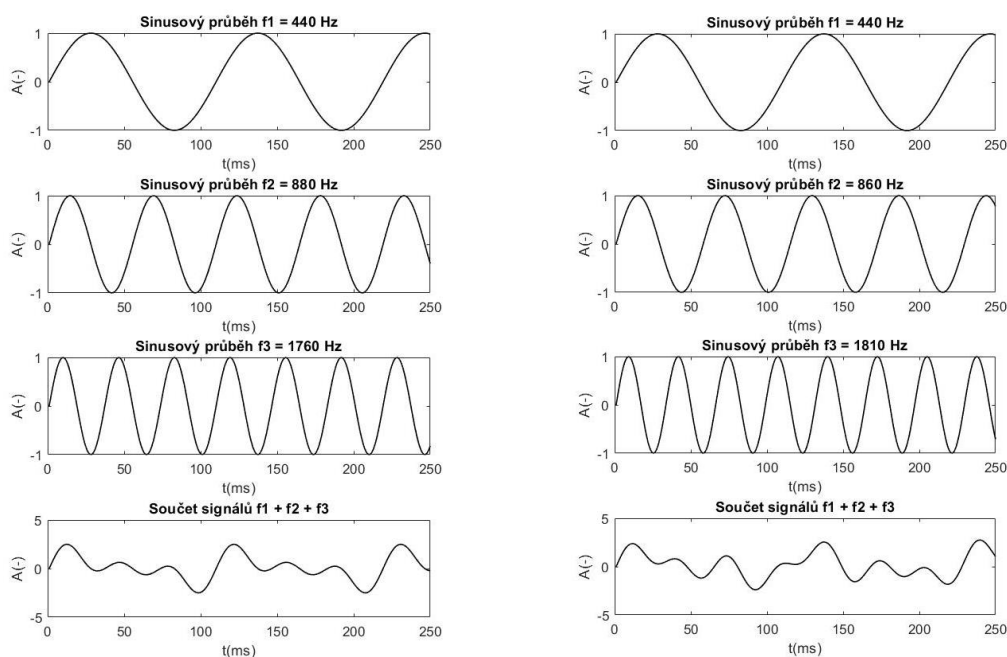
- , kde
- n počet harmonických složek použitých k analýze
 - k pořadí harmonického kmitočtu
 - A_k amplituda k-tého harmonického kmitočtu
 - ω úhlová rychlost ($\omega = 2\pi f$)
 - t čas
 - φ_k počáteční fázový posuv k-tého harmonického kmitočtu

Libozvučnost

Jedná se o subjektivní výraz pro konsonantní souznění tónů vyvolávající v posluchači pocit smíru. Matematicky je libozvučnost založena na složitosti součtu dvou průběhů. Jednoduché poměry kmitočtů se vyznačují větší libozvučností než poměry složitější.

Výsledkem skládání periodických průběhů, jejichž kmitočty jsou celočíselnými násobky nejnižšího kmitočtu, je vytvoření nového periodického signálu, jehož délka periody je rovna délce periody signálu s nejnižším kmitočtem. Tento výsledný součtový signál zní libozvučně.

Při součtu tónů, jejichž kmitočty nejsou celočíselnými násobky nejnižšího kmitočtu a jejichž kmitočtové poměry nejsou jednoduché, dochází často k vytvoření neperiodického signálu. Taková kombinace tónů nezní libozvučně.



Demonstrace skládání průběhů – nalevo libozvučně, napravo nelibozvučně

Tóniny

Množina pŕltónů se zvoleným základním tónem. Pro výpočet kmitočtů jednotlivých pŕltónů v jedné oktávě lze využít následující vzorec:

$$f = \sqrt[12]{2^n} * f_0 \text{ Hz}$$

, kde n počet kláves mezi klávesou počítanou a klávesou základního tónu
 f_0 kmitočet základního tónu

Tón	A	A#	B	C	C#	D	D#	E
f (Hz)	440,00	466,16	493,88	523,25	554,37	587,33	622,25	659,26
Poměr vůči A	1,00	1,06	1,12	1,19	1,26	1,33	1,41	1,50
Tón	F	F#	G	G#	A1			
f (Hz)	698,46	739,99	783,99	830,61	880			
Poměr vůči A	1,59	1,68	1,78	1,89	2,00			

Výpočet frekvencí všech pŕltónů jedné oktávy a výpočet poměru frekvencí vůči základnímu tónu (zvolený základní tón je A)

Fyziologicky jsou lidé naučeni vnímat určité poměry tónů v tóninách vyjadřujících veselé a smutné emoce (v různých geografických oblastech mohou být tyto poměry odlišné). Na tomto základu jsou definovány nejrozšířenější tóniny dur a moll. Obě tyto tóniny lze odvodit ze zvoleného základního tónu přičítáním definovaných MIDI čísel k MIDI číslu základního tónu:

Dur	+0	+2	+4	+5	+7	+9	+11
Moll	+0	+2	+3	+5	+7	+8	+10

Způsob výpočtu všech půltónů tónin dur a moll přičítáním MIDI čísel kláves k MIDI číslu zvoleného základního tónu

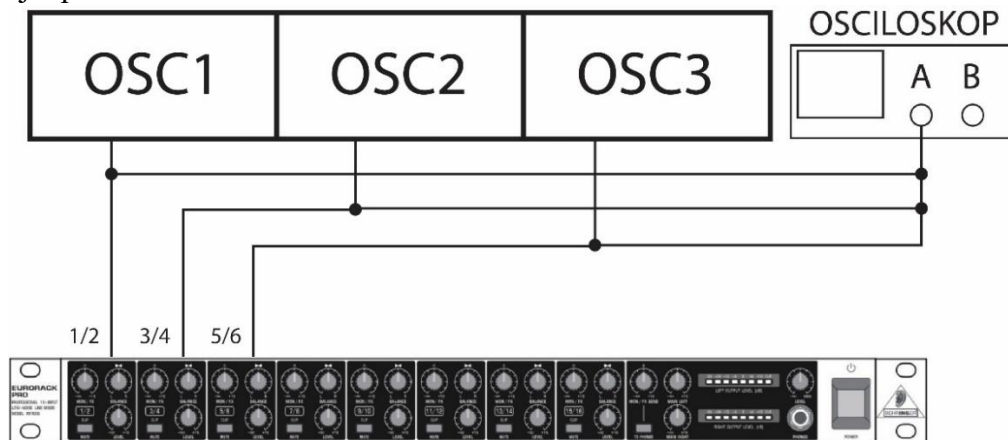
- Půltón vzdálený o 7 půltónů je matematicky v kombinaci se základním tónem v poměru 1,5. Součet těchto dvou průběhů je tak v rozsahu jedné oktávy nejvíce libozvučný a je proto definován v obou tóninách dur a moll.
- Půltón vzdálený o 4 půltóny v durové tónině a o 3 půltóny v mollové tónině má v kombinaci se základním tónem hudebně takový poměr, který v posluchačích vyvolává veselé nebo smutné emoce. Tento tón emoci jasně určuje.
- Ostatní půltóny jsou z matematického a hudebního hlediska neutrální.

Z tabulky vyplývá, že jednoduché poměry půltónů se v durové tónině vyskytují u kláves vzdálených o 4 a 7 MIDI čísel. Klávesy A, C# a E tedy tvoří dohromady jeden akord A-dur.

Postup měření:

A Generování signálů jedním generátorem

1. Zapojte pracoviště dle schématu.



2. Nastavte OSC1 jako generátor sinusového průběhu s rozkmitem 100 mV. Kmitočet zadejte na tón A1 („komorní a“ = 440 Hz). Postupně přepínejte druh generovaných průběhů mezi sinusovým, obdélníkovým, pilovým a pulsy. Diskutujte poslechem zvukové vlastnosti.

Vytvořte subjektivní popis jednotlivých průběhů:

Sinusový průběh: _____

Obdélníkový průběh: _____

Pilový průběh: _____

Pulsy: _____

3. Pomocí spektrálního analyzátoru zachyťte kmitočtové spektrum průběhů a porovnejte s teoretickými předpoklady. Odůvodněte možné odlišnosti.
4. Na osciloskopu stiskněte volbu „Mod“ pro aktivování modulací.

A1. Amplitudová modulace

5. V nabídce modulací „Type“ zvolte možnost „AM“. Hloubku modulace „AM Depth“ nastavte na 30 %, kmitočet modulace „AM Freq“ nastavte na 5 kHz. Zobrazte na osciloskopu několik period signálu a experimentálně zkoumejte vliv nastavení jednotlivých parametrů na zvukový charakter signálu. Přepínejte tlačítka druhy signálů mezi sinusovým, obdélníkovým a pilovým.

A2. Frekvenční modulace

6. V nabídce modulací „Type“ zvolte možnost „FM“. Kmitočtovou odchylku „Freq Dev“ nastavte na 100 Hz. Kmitočet modulace nastavte na 1 Hz. V nabídce „Shape“ přepínejte mezi různými druhy ovládacích průběhů. Zobrazte na osciloskopu několik period signálu a experimentálně zkoumejte vliv nastavení jednotlivých parametrů na zvukový

charakter signálu. Přepínejte tlačítka druhy signálů mezi sinusovým, obdélníkovým a trojúhelníkovým. Kombinujte různá nastavení parametrů.

A3 Fázová modulace

7. V nabídce modulací „Type“ zvolte možnost „PM“. Fázovou odchylku „Phase Dev“ nastavte na 180°. Kmitočet modulace nastavte na 11 Hz. V nabídce „Shape“ přepínejte mezi různými druhy ovládacích průběhů. Zobrazte na osciloskopu několik period signálu a experimentálně zkoumejte vliv nastavení jednotlivých parametrů na zvukový charakter signálu. Přepínejte tlačítka druhy signálů mezi sinusovým, obdélníkovým a trojúhelníkovým. Kombinujte různá nastavení parametrů.
8. Demonstrujte funkci rozmítání. Stiskněte tlačítko „Sweep“. Počáteční kmitočet „Start“ nastavte na 100 Hz, koncový kmitočet nastavte na 1 kHz. Dobu trvání „Sweep Time“ nastavte na 1 sekundu. Zobrazte na osciloskopu několik period signálu a experimentálně zkoumejte vliv nastavení jednotlivých parametrů na zvukový charakter signálu. Přepínejte tlačítka druhy signálů mezi sinusovým, obdélníkovým a trojúhelníkovým. Kombinujte různá nastavení parametrů. V nastavení „Trigger Setup“ lze přepínat mezi manuální ovládním (pomocí stisku tlačítka „Trigger“ nebo periodickým ovládním řízeným interním generátorem přístroje). Tak lze generovat zvuk jen po jedné periodě.
9. Demonstrujte funkci impulsní modulace. Stiskněte tlačítko „Burst“. Typ generování ponechte na „N Cycle“. V možnostech „#Cycle“ nastavte počet pulsů na hodnotu 50. „Burst period“, čili dobu opakování, nastavte na 1 sekundu. V nastavení „Trigger Setup“ lze přepínat mezi manuální ovládním (pomocí stisku tlačítka „Trigger“ nebo periodickým ovládním řízeným interním generátorem přístroje). Tak lze generovat zvuk jen po jedné periodě.

B Generování signálů více generátory

10. Nastavte všechny generátory do základního stavu generujícího sinusové průběhy o kmitočtech 440 Hz, 880 Hz a 1760 Hz. Sledujte spektrální analyzátor a poslechem zhodnoťte změnu spektra oproti stavu při generování jedním generátorem. Přepínejte tlačítka druhy signálů mezi sinusovým, obdélníkovým a trojúhelníkovým.
11. Vypněte „Output“ u OSC3. Ovládacím potenciometrem generátoru OSC2 pohybujte kmitočtem v řádu jednotek a subjektivně zkoumejte, kdy vám současné znění již nepřijde libozvučné. Určete, zda je tato hranice subjektivního vyhodnocení libozvučnosti u vámi měněného kmitočtu širší k nižším nebo vyšším kmitočtům.
12. Znovu zapněte „Output“ generátoru OSC3 a nastavte na všech třech generátorech opět kmitočty 440 Hz, 880 Hz a 1760 Hz při sinusových průbězích. Na osciloskopu zobrazte přibližně dvě periody signálu. Ovládacím potenciometrem jednoho z generátorů měňte kmitočet v řádu jednotek a sledujte změnu signálu na osciloskopu. Diskutujte výsledek závislosti aditivního skládání vln na subjektivní libozvučnost zvuku.
13. S pomocí teoretického úvodu spočtete všechny púltóny tvořící tóninu A-dur se základním tónem komorní A = 440 Hz a na oscilátorech nastavte generování sinusových průběhů jednotlivých tónů z této tóniny tvořící akord A-dur. Zobrazte na osciloskopu výsledek skládání jednotlivých tónů. Jak se od sebe liší tóny vzdálené o 12 kláves?

C Demonstrování tvorby akustických záznějí

14. Osciloskop nastavte tak, aby zobrazoval amplitudovou obálku signálu v čase (to odpovídá nastavení horizontálního přiblížení přibližně na 100 ms na jeden dílek).
15. Vypněte výstup „Output“ generátoru OSC3. Na generátorech OSC1 a OSC2 zvolte sinusový průběh o kmitočtech 1 kHz. Ovládacím potenciometrem jednoho z generátorů měňte kmitočet v řádu jednotek a sledujte změnu signálu na osciloskopu.

D Sledování vlivu fáze na stereoskopický vjem

16. Zkontrolujte, že je potenciometr „Balance“ na rackovém mixážním pultu u kanálu OSC1 nastaven na střed. Přepojte výstup generátoru OSC2 z kanálu 3 do kanálu 2. Tímto je zajištěno generování signálu pro levý a pravý reproduktor a při poloze potenciometru „Balance“ na středu je zajištěn součet obou signálů
17. Na OSC1 a OSC2 nastavte generování sinusového průběhu 400 Hz. Potenciometr „Balance“ vytočte postupně do obou krajních poloh a s pomocí osciloskopu zaznamenejte hodnotu napětí rozkmitu signálu.
18. Potenciometr „Balance“ nastavte na střed. Na jednom z generátorů upravujte pomocí ovládacího kolečka kmitočet tak, abyste s pomocí osciloskopu dosáhli co nejnižší hodnoty signálu. Touto drobnou změnou kmitočtu lze pohybovat s fází signálů vůči sobě. Zaznamenejte nejnižší hodnotu napětí rozkmitu signálu, které bylo tímto způsobem dosaženo. Proč se signály stoprocentně nevyruší? Proč není fyzikálně možné, abychom v reálném prostředí laboratoře slyšeli ze stereo reproduktorů při generování, byť slabého sinusového průběhu, ticho?
19. Potenciometr „Balance“ vytočte postupně do obou krajních poloh a s pomocí osciloskopu zaznamenejte rozdíl hodnoty napětí rozkmitu signálu.

Hardwarové zpracování zvuku

Cíle úlohy: Pochopení významu kompresoru, limiteru a jejich speciálních případů, práce s hardwarovým zvukovým procesorem.

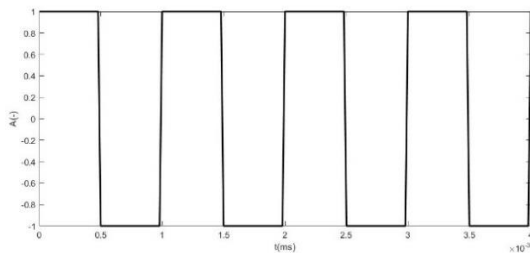
Úkol měření:

1. Nastavte oscilátory dle návodu.
2. Zkuste funkci parametrického a grafického ekvalizéru ve zvukovém procesoru DEQ 2496.
3. Dle postupu měření pracujte s limiterem, kompresorem a expandérem.

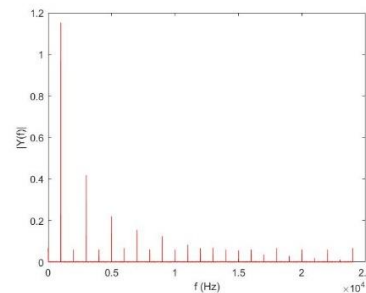
Teoretický úvod:

Obdélníkový průběh

Jedná se o geometricky předvídatelný tvar a ideálně nespojitý signál. Amplitudové spektrum obdélníkového signálu závisí na jeho střídě. Je-li střída v přesném poměru 1:1, obsahuje amplitudové spektrum pouze liché harmonické kmitočty. V jiném případě se ve spektru uplatní i sudé harmonické kmitočty. Využitím pulsně šířkové modulace (PWM), jejímž vlivem dochází k proměnné změně střídě, tak lze docílit spektrálně proměnného signálu.



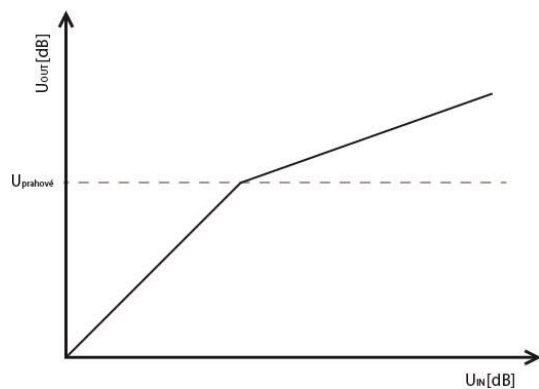
Čtyři periody obdélníkového průběhu
s kmitočtem $f = 1 \text{ kHz}$



Amplitudové spektrum obdélníkového průběhu

Kompresor

Zařízení zeslabující vstupní signál nad nastavenou prahovou úrovní. Zeslabením dojde ke kompresi dynamického rozsahu (rozdíl mezi nejslabší a nejhlásitější částí signálu) dle zvoleného kompresního poměru. Časté využití kompresorů ve zvukové praxi je při prevenci přebuzení zvukového řetězce neočekávaným maximem vstupního signálu. Tento neočekávaný extrém se vlivem kompresoru ztiší.



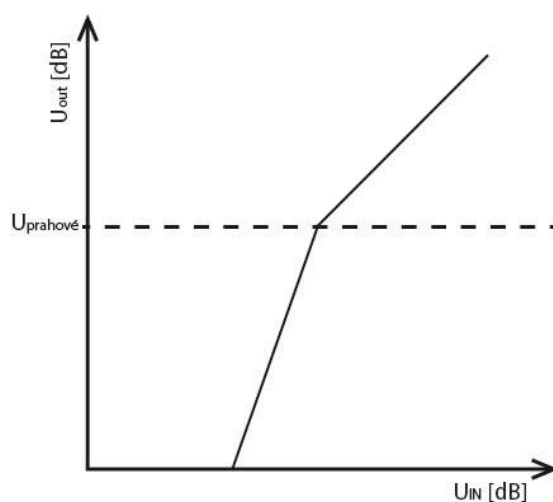
Převodní charakteristika kompresoru s nastaveným kompresním poměrem 2:1

De-esser

Speciální případ kompresoru pracujícího jen v určitém kmitočtovém rozsahu. Používá se zejména při úpravě zpěvu pro potlačení sykavek. Vyskytne-li se v nastaveném kmitočtovém pásmu výraznější sykavka, kompresor ji potlačí v poměru nastaveným prahovým napětím.

Expander

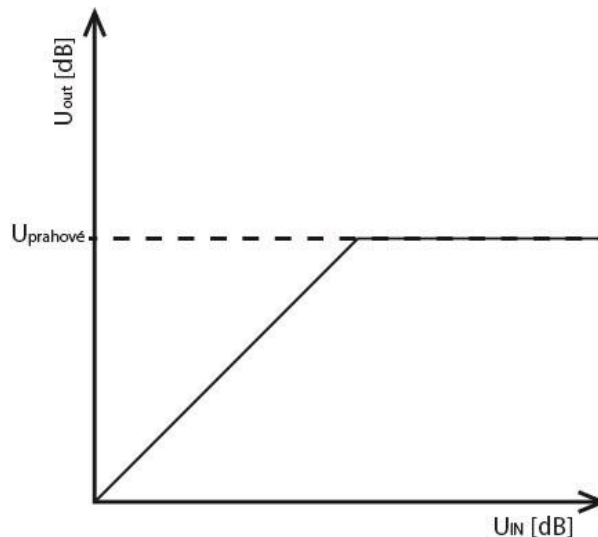
Opačná funkce kompresoru. Pod nastavenou prahovou úrovní je signál zeslabován a tím dochází ke zvýšení dynamického rozsahu dle zvoleného kompresního poměru.



Převodní charakteristika expanderu s nastaveným kompresním poměrem 4:1

Limitér

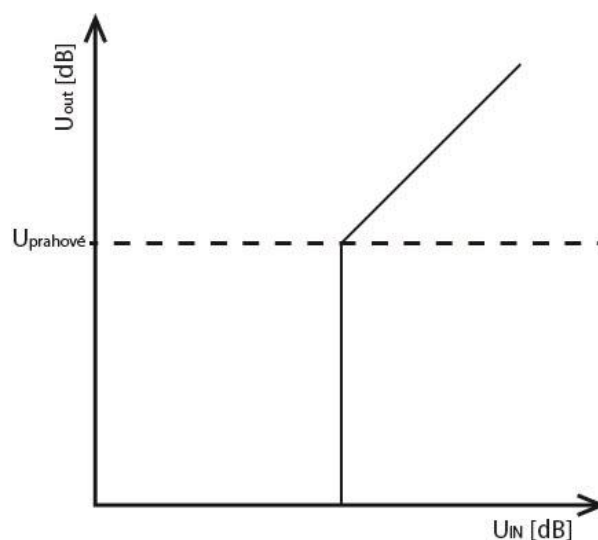
Kompresor s nekonečným kompresním poměrem. Nad nastavenou prahovou úrovní je signál oříznut a při signálových extrémech tak vzniká nežádoucí zkreslení signálu z důvodu přebuzení. Vhodná aplikace limiteru je tam, kde je důležité, aby signál nepřekročil určitou úroveň. Typicky se jedná o vstup A/D převodníku. Pro samostatné využití při prevenci přebuzení ve zvukové praxi není vhodný, neboť zavádí do signálu stejnosměrnou složku a zavádí zmiňovaná nežádoucí zkreslení. Pro tyto účely je vhodnější v kombinaci s kompresorem.



Převodní charakteristika limiteru (kompresoru s nastaveným kompresním poměrem $\infty:1$)

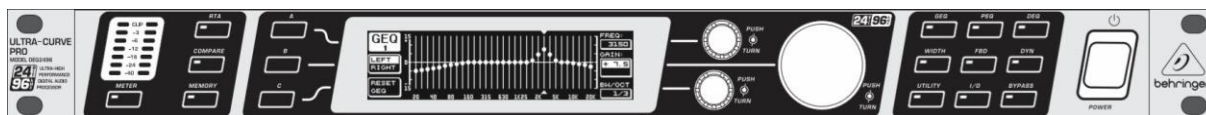
Šumová brána

Expander s nekonečným kompresním poměrem. Pod nastavenou prahovou úrovní je signál oříznut. Slouží pro filtraci slabých zvuků, typicky pro filtraci ruchových složek. Pro řadu aplikací zní šumová brána nepřírozně a vhodnějším nástrojem pro filtraci ruchových složek je expander.

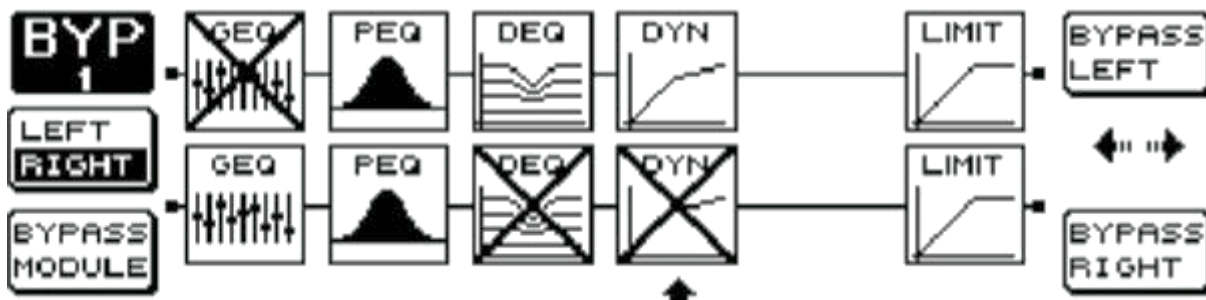


Převodní charakteristika šumové brány (expanderu s nastaveným kompresním poměrem $\infty:1$)

Zvukový procesor DEQ2496



Processor nabízí několik zvukových bloků umožňujících úpravu signálu v reálném čase. Jsou to bloky grafického ekvalizéru, parametrického ekvalizéru, dynamicky přizpůsobitelného ekvalizéru, dynamického procesoru a limiteru. Každý z bloků je nastavitelný samostatně pro levý a pravý kanál.

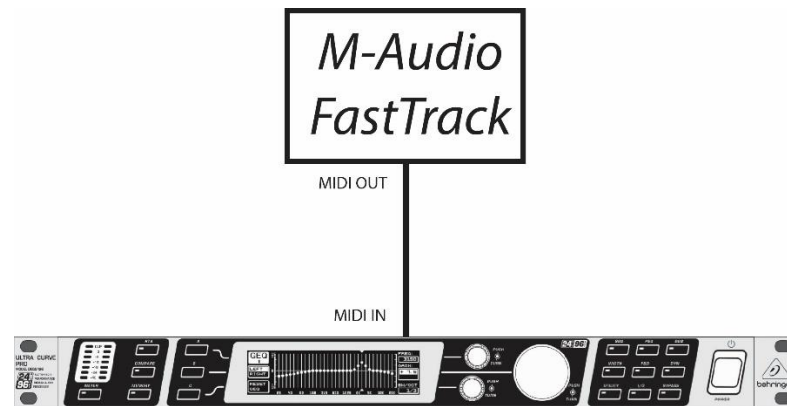


Pozn.: Zvukový procesor DEQ2496 má své jednotlivé signálové bloky vypínatelné. Měnit stav zapnutých, potažmo vypnutých bloků pro oba kanály lze zkontrolovat stiskem tlačítka „Bypass“.

Program „DEQ2496 PC Remote Control“ umožňuje vzdálené ovládání přístroje skrze sběrnici MIDI. Ovšem tento program v laboratorním počítači vykazuje známky nestability a je tak nutné jej provozovat pouze v jednocestném módu (ovládání z počítače bez možnosti přijímat data z procesoru). Tento problém znemožňuje načítání aktuálního nastavení jednotlivých bloků pomocí „Get Values From DEQ2496“. Program uvede při každém spuštění hodnoty všech parametrů do výchozího stavu a pro změnu parametrů dle hodnot uložených v procesoru je nutné je editovat manuálně.

Postup měření:

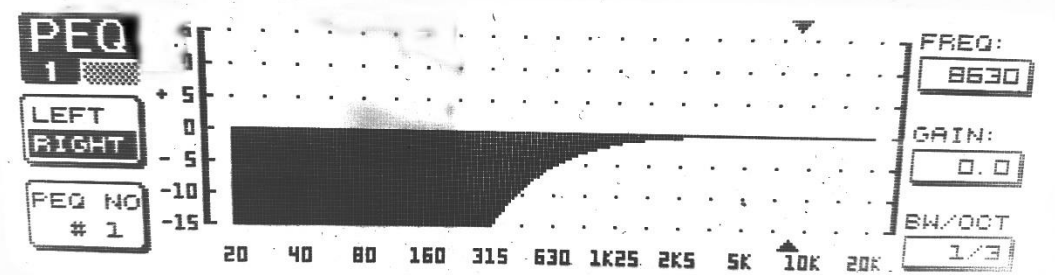
1. Propojte MIDI vstup zvukového procesoru DEQ2496 s konektorem PC-MIDI OUT dle schématu.



2. Zapněte zvukový procesor DEQ2496.
3. Otevřete v počítači plugin Remote Control – „DEQ2496remote18b.exe“ pro vzdálené ovládání přístroje a v kartě „Midisettings“ nastavte jako MIDI vstup „3-Fast Track Pro MIDI In“. Výstup ponechejte nezvolen z důvodu softwarové nestability ovládacího pluginu.

A Zkoumejte funkci parametrického ekvalizéru ve zvukovém procesoru DEQ 2496

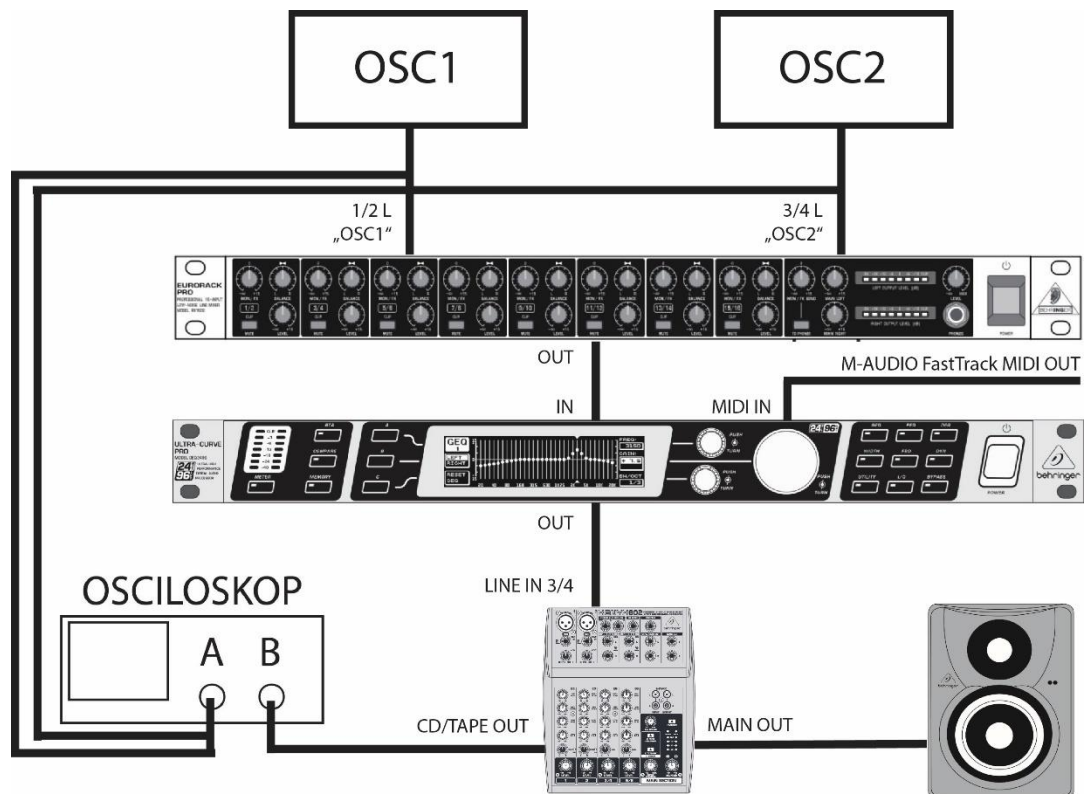
4. Na vybraném generátoru zvolte možnost generování šumu, amplitudu nastavte na 200 mVpp. Na zvukovém procesoru DEQ2496 stiskněte v pravé části tlačítko „PEQ“. Ovládacími prvky nastavte horní propust s kmitočtem přibližně 630 Hz:



5. Stiskněte tlačítko „GEQ“. Potenciometrem „FREQ“ vyberte vámi zvolený kmitočet. Otočením velkého tlačítka zvýšte/snižte jeho hodnotu. Následně otočením tlačítka „MODE“ nastavte šířku zesilovaného/potlačovaného pásma. Na závěr otáčejte potenciometrem „FREQ“ a pohybujte s celým vybraným pásmem a subjektivně zkoumejte vliv nastavení filtru na zvukové vlastnosti šumu.
6. Pomocí generátoru OSC1 generujte obdélkový signál o kmitočtu 200 Hz. Ovládacími tlačítky s pomocí grafického ekvalizéru odfiltrujte první harmonickou složku v obou kanálech („Left“, „Right“). Zkoumejte vliv potlačení prvního harmonického kmitočtu na zvukové vlastnosti zvuku. Stejným způsobem pokračujte s odfiltrováním dalších harmonických kmitočtů (vždy po jedné složce v obou kanálech „Left“ a „Right“).

B Práce s limiterem, kompresorem a expandérem

7. Přepojte pracoviště dle schématu:



8. Pomocí generátorů OSC1 a OSC2 generujte sinusový signál o kmitočtech 440 Hz a 441 Hz za účelem vzniku záznějí, jakožto jednoduchého proměnného signálu.

F1 Práce s limiterem

9. Stiskněte dvakrát tlačítko „DYN“ pro zobrazení karty, na které se nachází funkce limiter. Stiskněte tlačítko „Limit Menu“. Čelními ovládacími prvky nastavujte parametry limiteru tak, aby mezní hladina signálu „Threshold“ byla rovna -23 dB. Na rackovém mixážním pultu přidejte hlasitost na výstup přístroje, dokud se nerozsvítí červené indikační diody „Clip“. Zkoumejte s pomocí osciloskopu a poslechem vliv nastavení parametrů „Threshold“, „Hold“ a „Release“ na vlastnosti omezovaného signálu. V programu Remote Control v kartě „Bypass“ zapínejte a vypínejte příslušné bloky pro poslechové porovnání zvuku před a po úpravě.

Pozn.: Pro zajímavost můžete na vstup mixážního pultu pustit i libovolné hudební skladby z adresáře „uloha3“, případně z jiného zdroje a zkoumat tak parametry širokospektrálního signálu.

F1 Práce s kompresorem

10. Stiskněte jednou tlačítko „DYN“ pro zobrazení karty, na které se nachází funkce kompresor. Stiskněte tlačítko pro výběr „COMP.“. Čelními ovládacími prvky nastavujte parametry kompresoru tak, aby mezní hladina signálu „Threshold“ byla rovna přibližně -44 dB. Zkoumejte s pomocí osciloskopu a poslechem vliv nastavení parametrů „Threshold“, „Hold“ a „Release“ na vlastnosti omezovaného

signálu. V programu Remote Control v kartě „Bypass“ zapínejte a vypínejte příslušné bloky pro poslechové porovnání zvuku před a po úpravě.

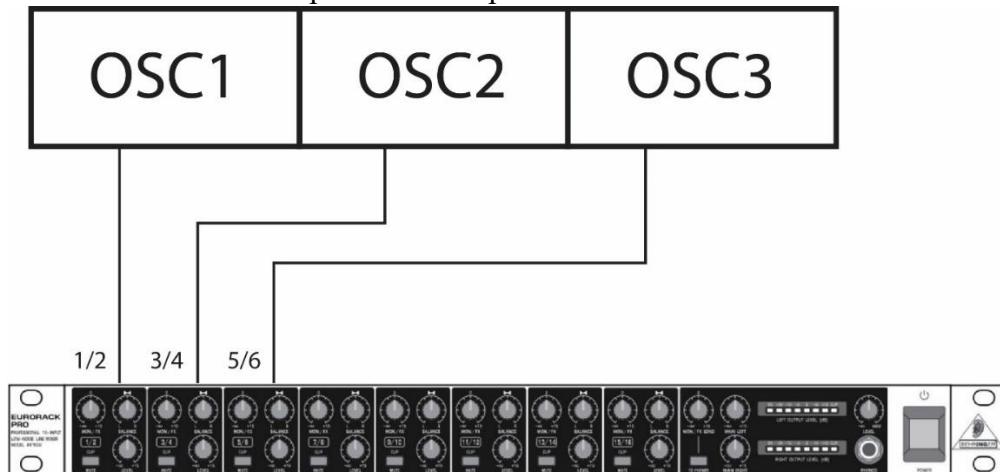
Pozn.: Pro zajímavost můžete na vstup mixážního pultu pustit i libovolné hudební skladby z adresáře „uloha3“, případně z jiného zdroje a zkoumat tak parametry širokospektrálního signálu.

F1 Práce s expanderem

11. Stiskněte tlačítko Y pro výběr „EXPA“. Ovládacími prvky x, y a z nastavujte parametry expandéru tak, aby mezní hladina signálu „Threshold“ byla rovna přibližně -20 dB. Zkoumejte s pomocí osciloskopu a poslechem vliv nastavení parametrů „Threshold“, „Hold“ a „Release“ na vlastnosti omezovaného signálu. V programu Remote Control v kartě „Bypass“ zapínejte a vypínejte příslušné bloky pro poslechové porovnání zvuku před a po úpravě.

Pozn.: Pro zajímavost můžete na vstup mixážního pultu pustit i libovolné hudební skladby z adresáře „uloha3“, případně z jiného zdroje a zkoumat tak parametry širokospektrálního signálu.

12. Po skončení měření uveďte pracoviště do původního stavu dle schématu:



Měření datového rozhraní MIDI

Cíle úlohy: Demonstrace reálného MIDI řetězce a možných funkcí mergeboxu, změření reálných parametrů MIDI přenosu, pochopení významu MIDI zpráv na základě jejich analýzy.

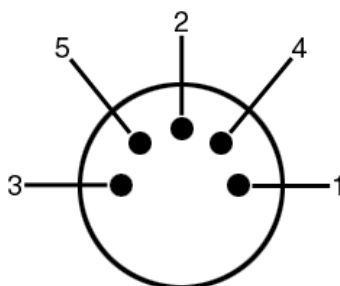
Úkol měření:

1. Prostudujte zapojení pracoviště dle schématu.
2. Změřte dobu reakce optoizolačního členu v MIDI sběrnici.
3. Demonstrujte zahlcení MIDI kanálu.
4. Analyzujte komunikaci sběrnice MIDI s počítačem a analyzujte přenesené zprávy.
5. Demonstrujte ovládání hardwarových zařízení pomocí rozhraní MIDI a analyzujte typy přenášených zpráv.
6. Měřte časové zpoždění bezdrátového zařízení WIDI.

Teoretický úvod:

Fyzické rozhraní

Zařízení MIDI se propojují standardně 5kolíkovým DIN konektorem, na zařízeních se vždy nacházejí zástrčky (female), tzn. že propojovací kabel má na obou koncích stejný samčí konektor a případný prodlužovací kabel disponuje na svých koncích příslušnými samčími a samičými konektory. Význam jednotlivých kolíků (na obrázku) je vysvětlen níže.



DIN konektor

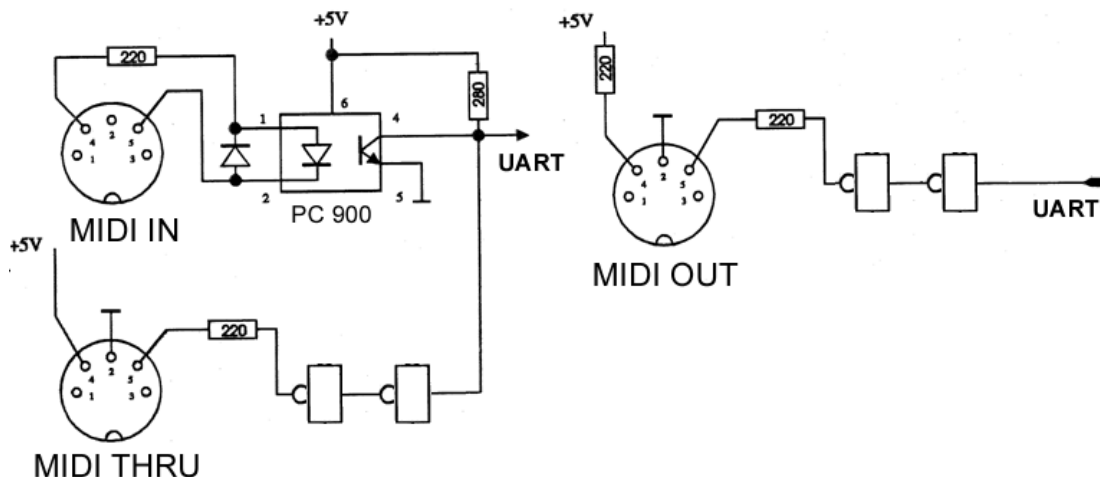
Pin 1	Nepoužitý.
Pin 2	Uzemnění. Slouží jako elektrické stínění.
Pin 3	Nepoužitý.
Pin 4	Datový vodič.
Pin 5	Datový vodič.

MIDI sběrnici tvoří 3 zásuvky s označením IN, OUT a THRU.

MIDI IN	vstup do zařízení.
MIDI OUT	výstup ze zařízení.
MIDI THRU	duplikovaný signál z MIDI IN sloužící k propojení s dalšími zařízeními.

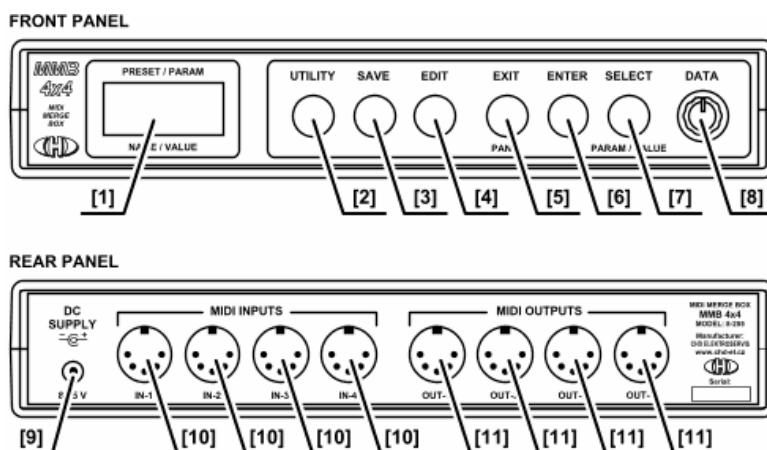
Tuto trojici popisovaných zásuvek lze souhrnně označit jako port či sběrnici MIDI. Většina hudebních zařízení má jen jeden port, existují však i zařízení víceportová.

Elektricky tvoří MIDI kabel proudová smyčka, kdy logické nule odpovídá protékající proud 5 mA. Pro zabránění tvorby zemních smyček, které mohou vzniknout propojením dvou zařízení napájených z různých rozvodných sítí nemající shodný potenciál na nulovém vodiči, se využívá optoizolátor. Ten je tvořen dvěma polovodičovými prvky v jednom zatměném pouzdře. Vstup optoizolátoru tvoří LED (ve viditelném či IR spektru). Výstup optoizolátoru tvoří fototranzistor, jehož báze je ovládaná množstvím dopadajícího světla z LED. Tímto způsobem dojde ke galvanickému oddělení vstupního konektoru od přístroje.



Mergebox

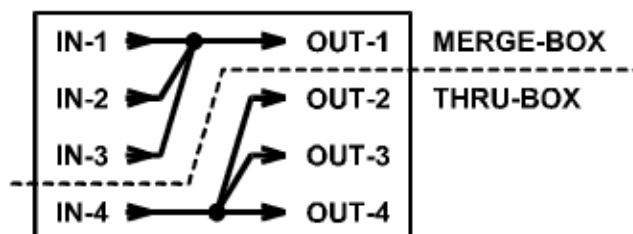
Jedná se o blok s několika vstupy a výstupy, jejichž datové toky protokolu MIDI lze libovolně nasměrovat. Směrování se nastavuje pomocí merge boxu nebo softwarového rozhraní. To je velice problémovou částí, kdy se při směrování (routing) hledá bezproblémové propojení cest bez vytvoření smyček nebo nefunkčních větví. Při vyšším počtu hudebních zařízení a merge boxů může jít o složitější úkol. Avšak směrování není jedinou funkcí těchto zařízení. Merge boxy se využívají také k převádění časového kódu, umí si zapamatovat současné nastavení ve svojí paměti a rozeznávají a vhodně zasahují do obsahu přenášeného do vstupu boxu. Novodobá studiová technika zvládá ve spolupráci s počítači zpracovávat i více než jen pouhých 16 kanálů, a to i 128, rozdělených do osmi sběrnic, přičemž každá z nich disponuje právě 16 kanály.



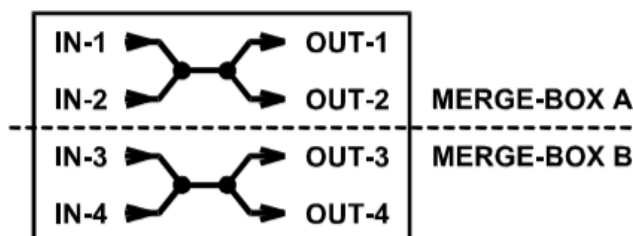
MIDI Mergebox má v laboratoři nakonfigurovány tři presety:

„*1xMerge*“ je nastaven tak, aby plnil funkci mergeboxu. Všechny vstupy jsou směřovány na všechny výstupy.

„*Mer/Thru*“ je nastaven tak, aby plnil jednak funkci Mergeboxu, v které slučuje tři vstupy do jednoho výstupu a zároveň funkci Thruboxu, kdy jeden vstupní signál rozesílá do tří různých výstupů. Celkové zapojení pracoviště je znázorněno na obrázku níže.

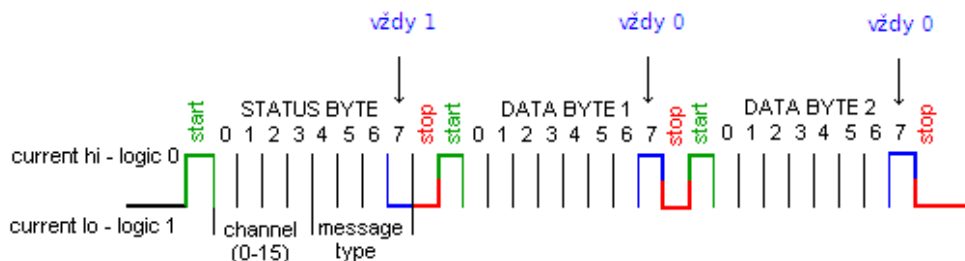


„*2x Merge*“ je nastaven tak, aby směřoval vždy dva vstupy na dva výstupy.



Měření zahlcení MIDI sběrnice

Stěžejní vlastností přenosu dat obsahující změny stavů funkcí hudebních nástrojů je latence přenosu signálu. Rychlost přenosu zpráv MIDI je 31,25 kbit/s. Každý stavový či datový bajt v pořadí od LSB (nejméně významného bitu) je ohraničen jedním rozběhovým bitem a jedním závěrným bitem. Pro přenesení jednoho bajtu informací je tedy zapotřebí 10 bitů. Většina MIDI zpráv sestává ze 3 bajtů.



Dobu trvání přenosu jednoho bajtu zpráv (8 bitů + rozběhový bit + závěrný bit) lze vypočítat ze vztahu:

$$t_{1B} = v_{10b} = \frac{b}{v} = \frac{10}{31250} = 320 \mu s$$

- , kde v_{10b} rychlost přenosu 10 bitů,
- b počet přenášených bitů,
- v přenosová rychlost MIDI rozhraní.

Z výpočtu tedy vyplývá:

Počet stavových bajtů	Počet datových bajtů	Doba trvání přenosu MIDI zprávy
1	0	320 μs
1	1	640 μs
1	2	960 μs

Přenos tří bajtů jedné MIDI zprávy trvá přibližně jednu milisekundu. Pro představu, souhra členů kapely v praxi nebývá horší než 20 milisekund. Při použití více elektronických hudebních nástrojů, kdy jsou jednotlivé vstupní kanály slučovány mergeboxem do menšího počtu výstupních kanálů, může dojít k zahlcení. Využití řetězení zařízení konektorem MIDI THRU může do příslušného kanálu zanést další zpoždění v řádu jednotek milisekund, a to vlivem využití optoizolačního členu umístěného na vstupu zařízení. Z tohoto důvodu platí omezení řetězení zařízení skrze zásuvku THRU na maximálně čtyři zařízení. Je tedy patrné, že v určitých podmínkách může dojít ke slyšitelnému zkreslení výsledného generovaného zvuku.

Tabulka vybraných MIDI zpráv:

Zpráva	Hodnota bajtu	Obsah 1. databajtu	Obsah 2. databajtu
Nota zapnuta	8n	Číslo noty	Citlivost
Nota vypnuta	9n	Číslo noty	Citlivost
Změna síly stisku	An	Číslo noty	Hodnota přitlaku
Změna hodnoty ovladače	Bn	Číslo ovladače	Data
Změna programu	Cn	Číslo programu	-
Změna přitlaku kláves	Dn	Hodnota přitlaku	-
Změna výšky tónu	En	Spodní polovina bajtu	Horní polovina bajtu

Tóniny

Množina půltónů se zvoleným základním tónem. Pro výpočet kmitočtů jednotlivých půltónů v jedné oktávě lze využít následující vzorec:

$$f = \sqrt[12]{2^n} * f_0 \text{ Hz}$$

, kde n počet kláves mezi klávesou počítanou a klávesou základního tónu
 f_0 kmitočet základního tónu

Tón	A	A#	B	C	C#	D	D#	E
f (Hz)	440,00	466,16	493,88	523,25	554,37	587,33	622,25	659,26
Poměr vůči A	1,00	1,06	1,12	1,19	1,26	1,33	1,41	1,50
Tón	F	F#	G	G#	A1			
f (Hz)	698,46	739,99	783,99	830,61	880			
Poměr vůči A	1,59	1,68	1,78	1,89	2,00			

Výpočet frekvencí všech půltónů jedné oktávy a výpočet poměru frekvencí vůči základnímu tónu (zvolený základní tón je A)

Fyziologicky jsou lidé naučeni vnímat určité poměry tónů v tóninách vyjadřujících veselé a smutné emoce (v různých geografických oblastech mohou být tyto poměry odlišné). Na tomto základu jsou definovány nejrozšířenější tóniny dur a moll. Obě tyto tóniny lze odvodit ze zvoleného základního tónu přičítáním definovaných MIDI čísel k MIDI číslu základního tónu:

Dur	+0	+2	+4	+5	+7	+9	+11
Moll	+0	+2	+3	+5	+7	+8	+10

- Půltón vzdálený o 7 půltónů je matematicky v kombinaci se základním tónem v poměru 1,5. Součet těchto dvou průběhů je tak v rozsahu jedné oktávy nejvíce libozvučný a je proto definován v obou tóninách dur a moll.
- Půltón vzdálený o 4 půltóny v durové tónině a o 3 půltóny v mollové tónině má v kombinaci se základním tónem hudebně takový poměr, který v posluchačích vyvolává veselé nebo smutné emoce. Tento tón emoci jasně určuje.
- Ostatní půltóny jsou z matematického a hudebního hlediska neutrální.

Schéma pracoviště:

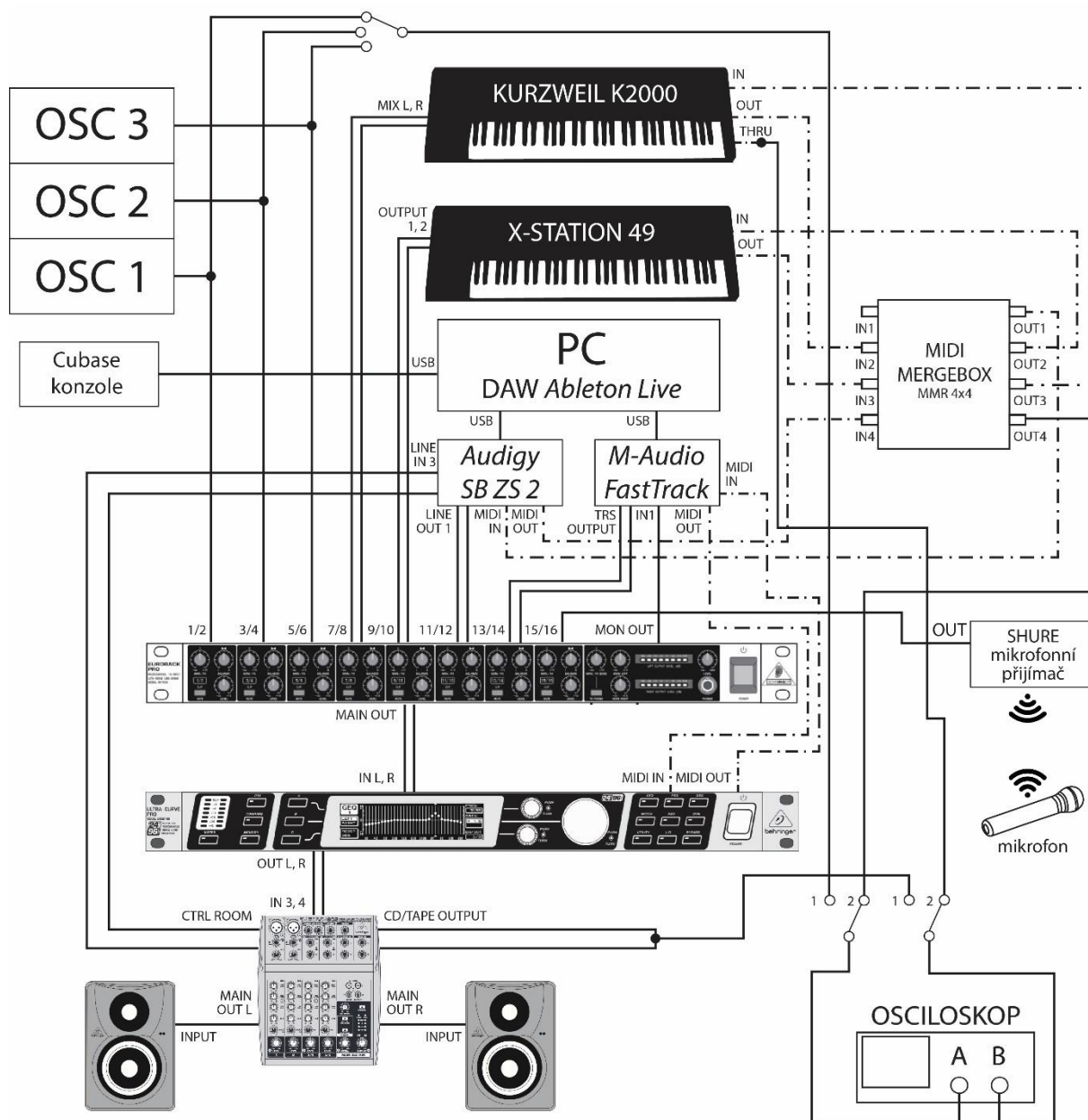
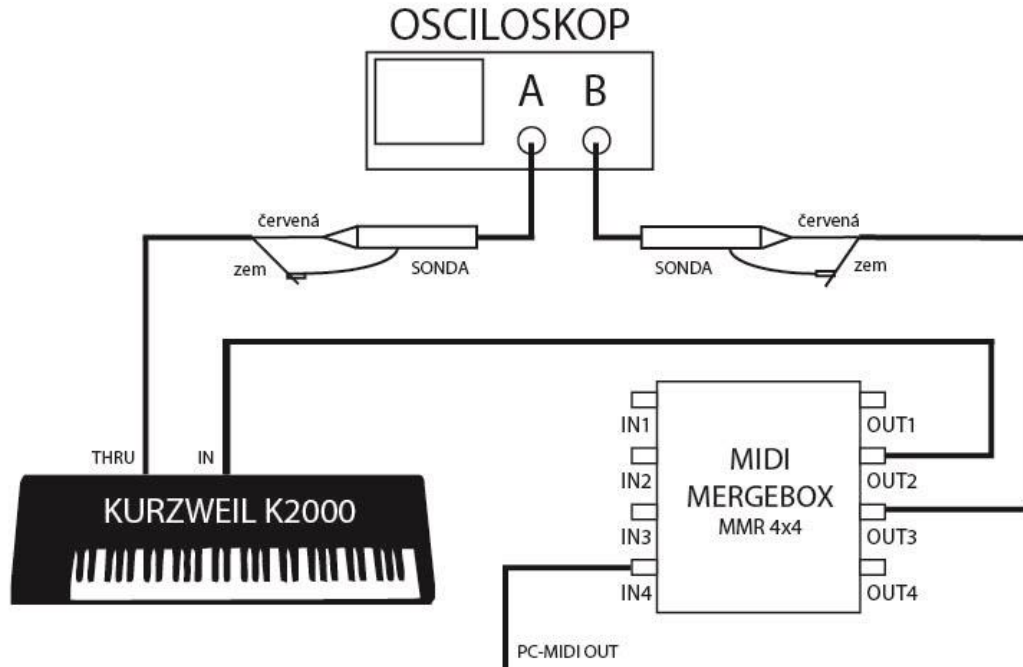



Schéma měřicího pracoviště v laboratoři 703. Plná čára značí propojovací linkové kabely, čerchovaná čára značí propojovací MIDI kabely

Postup měření:

A. Měření doby reakce optoizolačního členu

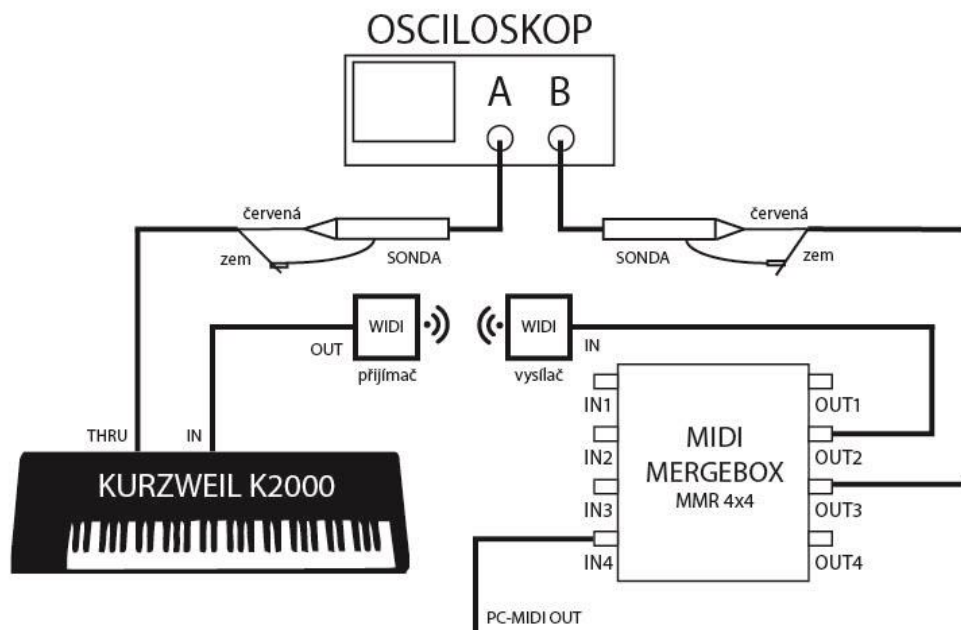
1. Propojte zařízení dle následujícího schématu. Připojte vstupy osciloskopu na žíly měřicího MIDI kabelu dle schématu.



2. V Mergeboxu vyberte s pomocí potenciometru „Data“ preset „Mer/Thru“ a výběr potvrďte tlačítkem „Enter“.
3. V programu MIDI OX aktivujte v horní liště tlačítkem  funkci „Play notes from the Computer keyboard“. Při stisku klávesy na klávesnici tak MIDI sběrnice zvukové karty počítače zahájí vysílání MIDI zpráv.
4. Z osciloskopu určete časový rozdíl obou signálů při stisku klávesy na klávesnici počítače při průchodu MIDI zprávy jedním MIDI THRU konektorem, a tedy jedním optoizolátorem.

B. Měření zpoždění WIDI

5. Propojte zařízení dle následujícího schématu.

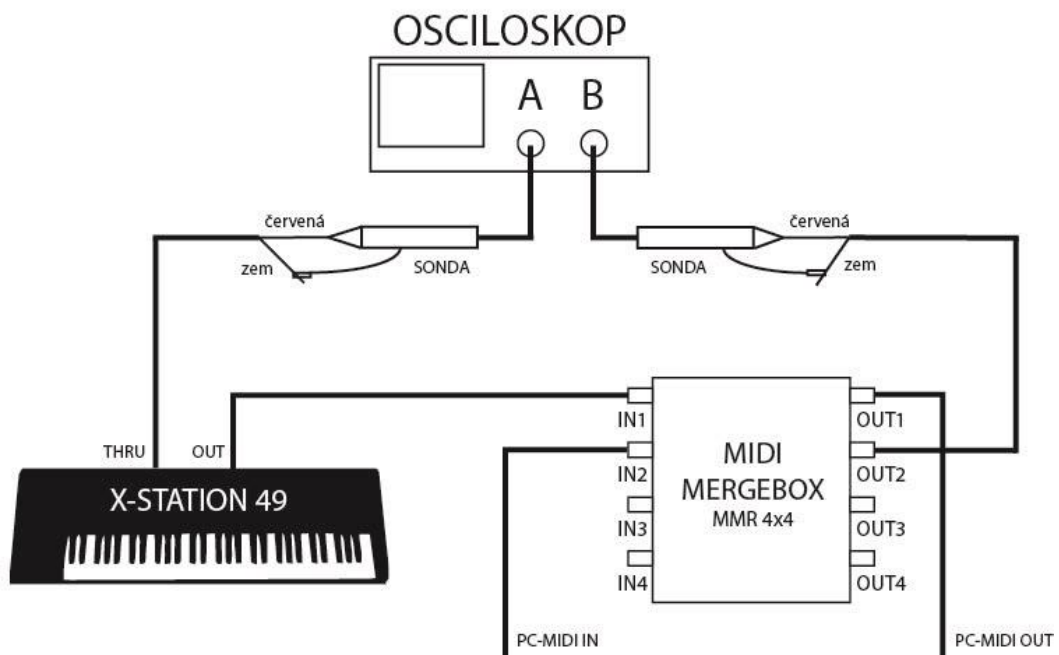




6. Připojte vstupy osciloskopu na žíly měřicího MIDI kabelu dle schématu.

7. Pomocí MIDI OX generujte MIDI zprávy na klávesnici stejným způsobem jako v měření A. Určete časový rozdíl signálů při stisku kláves na klávesnici počítače při průchodu bezdrátovým zařízením WIDI. Odečte od časového rozdílu dobu reakce optoizolačního členu z bodu A4.

C. Měření zahlcení MIDI sběrnice

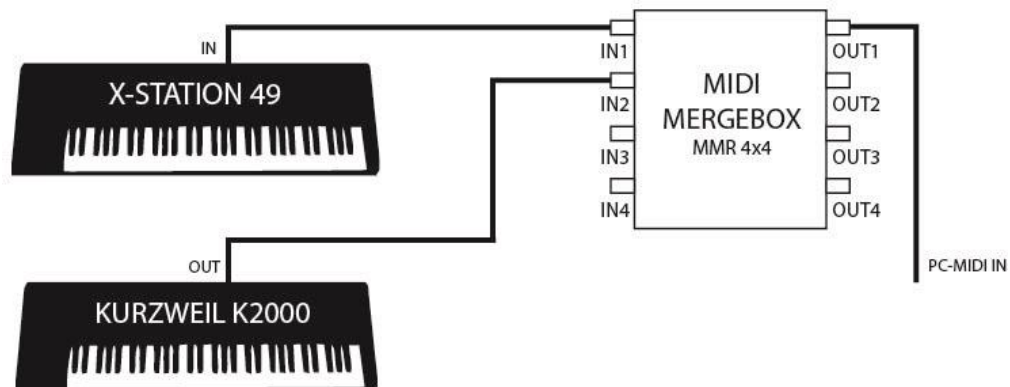
8. Propojte zařízení dle následujícího schématu.



9. V Mergeboxu vyberte s pomocí potenciometru „Data“ preset „Ix Merge“ a výběr potvrďte tlačítkem „Enter“.
10. V programu MIDI OX zajistíte periodické vysílání MIDI souboru z počítače stiskem tlačítka . Nahrajte do programu soubor „midi_zahlceni.mid“, zasmyčkejte jej a nechte přehrávat.
11. Sledujte provoz sběrnice na osciloskopu. Libovolně můžete přidat generování zpráv MIDI Sync a MIDI Time Code pomocí tlačítek  pro větší zahlcení.
12. Pohybuje modulační jednotkou na zařízení Kurzweil 2000 pro zajištění generování velkého množství MIDI zpráv. Poslouchejte časové zpoždění stisknutých kláves ze zasmyčkováného MIDI souboru a sledujte míru zahlcení MIDI sběrnice v příslušném okně MIDI OX.
13. Po několika sekundách vypněte přehrávání souboru „midi_zahlceni.mid“ a změřte dobu, po kterou se vyslaná data stále generují od okamžiku zastavení vysílání MIDI zpráv.
Pozn.: Při extrémním zahlcení MIDI sběrnice může dojít ke kolapsu MIDI komunikace z důvodu přeplnění vyrovnávacích registrů v Mergeboxu. Mergebox zobrazí na displeji nápis „Panic!“, restartuje se a nastaví preset uložený pod číslem 1 ve své paměti.

D. Analýza zpráv MIDI na vstupu zvukové karty

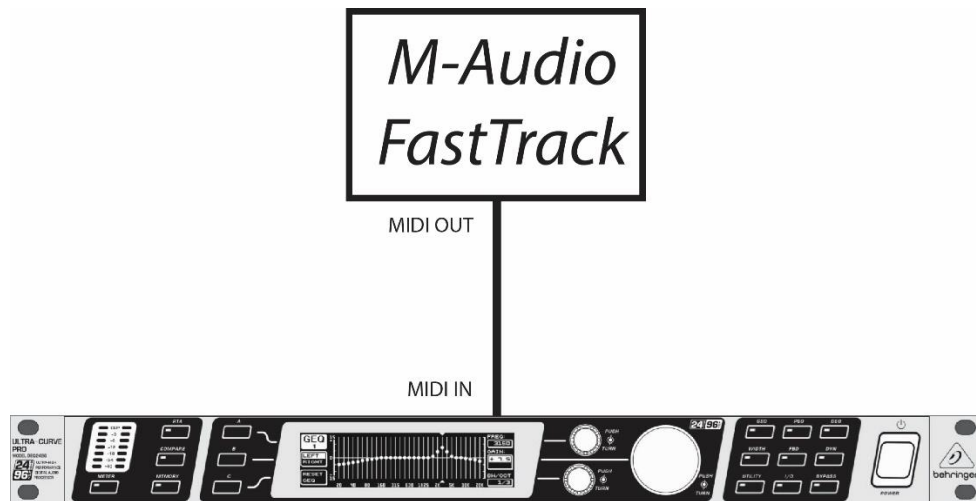
14. Propojte zařízení dle následujícího schématu.



15. Stiskněte různé klávesy na zařízení Kurzweil K2000, zobrazte výpis přijatých zpráv v okně „Monitor – Input“ a v programu MIDI OX analyzujte pomocí tabulky vybraných MIDI zpráv kmitočty stisknutých kláves. Přepínejte oktávy rozsah na zařízení.
16. Zkoumejte systémové zprávy.


E. Analýza zpráv Systém exclusive

17. Zkontrolujte propojení MIDI vstup zvukového procesoru DEQ2496 s konektorem MIDI OUT zvukové karty M-Audio FastTrack Pro dle schématu.



18. Zapněte zvukový procesor DEQ2496.
19. Otevřete v počítači plugin „DEQ2496remote18b.exe“ pro vzdálené ovládání přístroje a v kartě „Midisettings“ nastavte jako MIDI vstup „3-Fast Track Pro MIDI In“. Výstup ponechejte nezvolen z důvodu softwarové nestability ovládacího pluginu.
20. S pomocí MIDI OX analyzujte typy zpráv do zařízení při softwarovém ovládání jednotlivých parametrů přístroje.
21. S pomocí MIDI OX analyzujte typy zpráv ze zařízení při hardwarovém ovládání jednotlivých parametrů přístroje.

F. Analýza souboru

22. V programu MIDI-OX zajistěte vysílání MIDI souboru z počítače stiskem tlačítka  . Nahrajte do programu soubor „Energy 52 – Cafe Del Mar.mid“, nechejte soubor přehrávat zhruba 15 sekund a přehrávání zastavte.
23. Zkoumejte výpis zpráv z midi souboru. Dle výpisu tónů obsažených tónů určete tóninu dané skladby s pomocí teoretického úvodu.
24. Dle teoretického úvodu určete, jaký typ zpráv je obsažen v datových bytech vypsáných zpráv.
25. Spusťte program Midi Editor. Nahrajte do něj soubor „Energy 52 – Cafe Del Mar.mid“
26. Vyberte si jednu notu libovolného kanálu a proveďte analýzu doby trvání noty, síly úderu a druhu kanálu.

Tvorba hudby pomocí DAW Ableton Live 10 - samplování

Cíle úlohy: Tvorba hudby v DAW, demonstrace nahrávání a zpracování zvuku pro účely samplování, aplikace digitálních efektových procesorů a ověření jejich funkcí.

Úkol měření:

1. Seznamte se s DAW Ableton Live 10 a pracujte dle návodu s cílem pochopení fyzikálních základů hudební akustiky pro tvorbu elektronické hudby a jejich praktických využití v profesionálním programovém prostředí s podporou vestavěných VST pluginů.

Teoretický úvod:

1 Filtry

1.1 Dolní propust, horní propust

Typ propusti, který odfiltruje s definovanou strmostí ze vstupního signálu kmitočty vyšší (pro dolní propust) nebo nižší (pro horní propust) než je mezní kmitočet f_m . Strmost bývá u běžných hardwarových syntezátorů nastavitelná z definovaných rozsahů (obvykle 6, 12 a 24 dB/okt, pozn.: v oblasti elektronické hudby se strmost filtrů udává zpravidla ve vztahu k oktávě, a ne k dekádě, jako je tomu v jiných oblastech), u DAW systémů je strmost digitálních filtrů nastavitelná v širokém spojitém rozsahu.

1.2 Pásmová propust, pásmová zadrž

Kombinace horní a dolní propusti. Propouští se (v případě pásmové propusti) nebo potlačuje (v případě pásmové zadrž) pouze určité kmitočtové pásmo, nastavené s definovanou strmostí mezními kmitočty f_{m1} a f_{m2} , přičemž platí: $f_{m1} < f_{m2}$.

1.3 Ekvalizéry

Zařízení umožňující úpravy kmitočtové oblasti vstupního signálu. Ekvalizér se vyskytuje v drtivé většině zvukových zařízení. Podle počtu pásem se dělí na:

- dvoupásmové (jednoduché ekvalizéry ve spotřební zvukové technice, malé mixážní pulty),
- třípásmové (aktivní studiové reproduktory, střední mixážní pulty, dj mixážní pulty, frekvenční výhybky),
- vícepásmové, jejich počet běžně v mocninách 2^n (profesionální hardwarové ekvalizéry, studiové aplikace).

1.3.1 Grafický ekvalizér

Zařízení plnící funkci vícepásmového ekvalizéru osazené tahovými potenciometry umístěnými v posloupnosti korespondující s umístěním příslušného ovládaného kmitočtu ve frekvenčním spektru. Všechna ovládaná pásma pokrývají celé akustické spektrum.

1.3.2 Parametrický ekvalizér

Využitelný zejména v případě úzkopásmových útlumů / zdůraznění. Svůj název získal z důvodu nastavení filtrace pomocí tří parametrů, a to potlačovaný / zesilovaný kmitočet, hodnota zdvihu / potlačení udávaná v dB a činitel jakosti Q určující strmost filtru. Využití takovýchto úzkopásmových ekvalizérů je například v případech nevhodného umístění mikrofónů (korekce zpětné vazby), nežádoucích rezonancí, odstranění brumu od síťové frekvence atp.

2 Efektové procesory

Nedílnou součástí amatérských, poloprofesionálních i profesionálních hudebních nahrávek jsou zvukové efekty, mající za účel dodat výslednému signálu vlastnosti, kterých se při snímání zvuku dosahuje stěží nebo vůbec. Moderní syntezátory a DAW systémy jsou vybaveny několika základními druhy efektových jednotek, ať už hardwarových, či softwarových. Softwarové efektové procesory se blíží kvalitám hardwarových jednotek, avšak v kvalitě zvuku se jim stále nejsou schopny plnohodnotně vyrovnat.

2.1 Delay

Nástroj pro tvorbu ozvěny. V analogové technice se ozvěna tvořila zápisem na magnetofonový pásek a tímto principem došlo k tvorbě nekonečné smyčky z přivedeného signálu. Zvuk z nekonečné smyčky byl smíchán s původním signálem, čímž došlo k mnohonásobnému opakování signálu a díky tomu k tvorbě ozvěny.

Nejběžněji nastavitelnými parametry dozvuku je například čas mezi jednotlivými opakováními zvuku (*delay time*), hustota opakování (*feedback*) a také panorama jednotlivých opakování (*panning*).

2.2 Reverb

Efekt využívaný pro simulaci prostoru. V analogové technice se využívalo dozvukové komory, tedy speciálně upravené místnosti se stavebně nastavenou dobou dozvuku. V místnosti byl příslušný zvuk přehrán a dozvuk vytvořily reálné odrazy zvukových vln od stěn a segmentů v prostoru, ty byly zaznamenány na magnetofonový pásek a přimíchány do výsledné stopy. Softwarově reverb vzniká přivedením zpětné vazby z výstupu na vstup efektu delay. Zpožděný vstupní signál je přiveden do paměti (posuvného registru), odkud je následně vyčítán a na výstup tak přiváděn opožděný signál vytvářející vjem prostorových odrazů od překážek v imaginární místnosti.

Doba dozvuku (*reverb time*) je základním parametrem efektu. Kmitočtovou filtraci odraženého signálu pro ztvárnění pohltivosti určitých materiálů, od kterých se zvuk odrazil, lze korigovat parametrem mezním kmitočtem (*cut off frequency*). Nastavitelný je také poměr odraženého (*wet*) ku vstupnímu zvuku (*dry*).

2.2.1 Konvoluční reverb

Reverb využívající pro proces ozvěny konvoluci (spektrální násobení) vstupního signálu s danou impulsní odezvou interpretované místnosti je nejuvěrnější metodou produkční tvorby dozvuku místnosti. Běžně se tímto principem modelují dozvuky koncertních hal, katedrál, pódíí, malých místností, studií, či například koupelny. Všechny tyto prostory se liší velikostí, mírou odrazivosti zvuku na různých kmitočtech a také pohltivostí materiálů.

2.3 Chorus

Modulační efekt znásobující počet nástrojů (hlasů) hrající daný tón. Tyto uměle přidané hlasy jsou opožděny, rozmítány pomaloběžným oscilátorem a následně přimíchány zpět k původnímu signálu. Využívá se pro zvýšení subjektivní „plnosti“ daného zvuku.

Efekt má nastavitelnou hloubku (*depth*), počet uměle přidaných hlasů (*voices*) a poměr vstupního (*wet*) ku vstupnímu zvuku (*dry*).

2.4 Flanger

Vzniká přivedením zpětné vazby z výstupu na vstup efektu chorus. Vytváří souzvuk původního a zpožděného signálu, zpožděného v řádu jednotek milisekund. Takové zpoždění je pro ucho neidentifikovatelné. Proměnnou změnou rychlosti kmitání pomaloběžného generátoru dochází v důsledku posunutí fáze zpožděného signálu k odečtení některých kmitočtů. Kmitočtová charakteristika obvodu odpovídá charakteristice hřebenového filtru.

Hlavními parametry jsou hloubka efektu (parametry *depth*, *width*), rychlost pomaloběžného oscilátoru (*TLFO Speed*), střední hodnota opožděného signálu (*Tkonst Delay*) a nebo množství signálu přivedeného zpětnou vazbou na vstup efektu (*feedback*).

2.5 Phaser

Základ tvoří širokopásmový filtr. V závislosti na vstupním kmitočtu dochází vlivem kmitočtové závislosti a impedančně nenulových součástí k otáčení fáze signálu. S rostoucím kmitočtem tedy roste zpoždění signálu. Phaser využívá hřebenový filtr, tedy více širokopásmových filtrů zapojených sériově, možné je i využití zpětné vazby z výstupu efektu na vstup.

Nastavuje se hloubka efektu (parametry *Rate*, *Intensity* a *Range*), rychlost otáčení fází (*speed*) nebo množství signálu přivedeného zpětnou vazbou na vstup efektu (*feedback*).

3 Uživatelské prostředí Ableton Live 10

3.1 Zobrazovací režimy

Program nabízí dva základní režimy zobrazování, mezi nimiž lze přepínat tlačítky nebo klávesou <tab>:

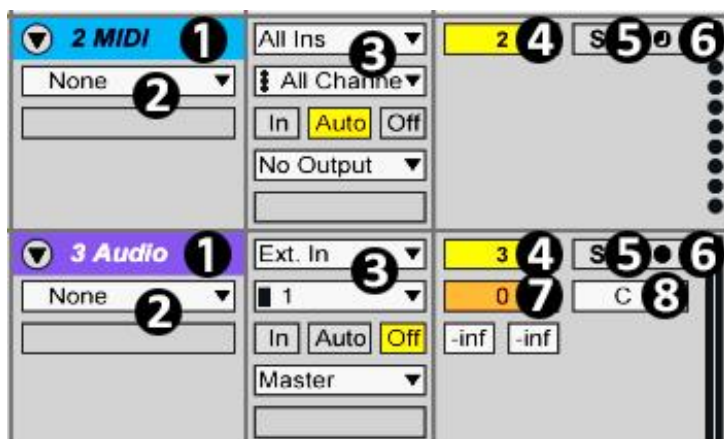


- **Session view** – pro nelineární skládání a živé vystupování
- **Arrangement view** – pro lineární skládání

V úloze se bude pracovat výhradně se zobrazením *Arrangement view*.


3.2 Druhy stop

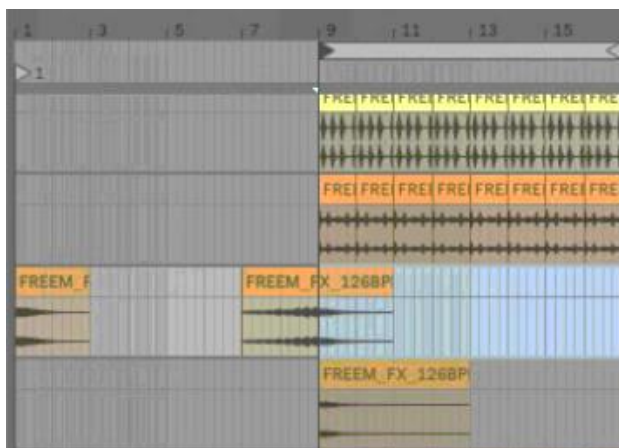
- **Audiostopa** – obsahuje zvukovou informaci, slouží pro nahrávání zvuku, vkládání samplů a zvuků z generátorů a pluginů;
- **MIDI stopa** – obsahuje datové informace o stisknutých klávesách a dalších ovládacích prvcích nástroje pro propojení hardwarových hudebních nástrojů s virtuálními nástroji v DAW;
- **Return stopa** – stopa sloužící pro uchování efektů, které lze tímto způsobem aplikovat současně na více stop najednou.



- 1 V barevném okně se nachází název stopy. Název a podbarvení lze libovolně upravit výběrem „Rename“ v kontextové nabídce vyvolané kliknutím pravým tlačítkem myši na příslušnou stopu. V této nabídce se nachází i vzorník barev pro výběr podbarvení stopy.
- 2 Okno výběru automatizace. U efektů a zdrojů signálů lze měnit každý jejich parametr automatizační stopou obsahující průběh změny daného ovládacího prvku v čase.
- 3 Možnosti směřování signálu (routingu) do jiných stop a výběr zdroje pro nahrávání signálu.
- 4 Volba mute ztlumí danou stopu.
- 5 Volba solo ztlumí ostatní stopy.
- 6 Přepínač nahrávání
 - při zaškrtnutí u MIDI stopy se zaznamenává sekvence stisknutých kláves do dané stopy, z níž se zároveň generuje zvuk.
 - Při zaškrtnutí u audiostopy se po spuštění nahrávání zaznamenává zvuk do dané stopy.
- 7 Ovládání hlasitosti
- 8 Panoramatický potenciometr

3.3 Zasmýčkování

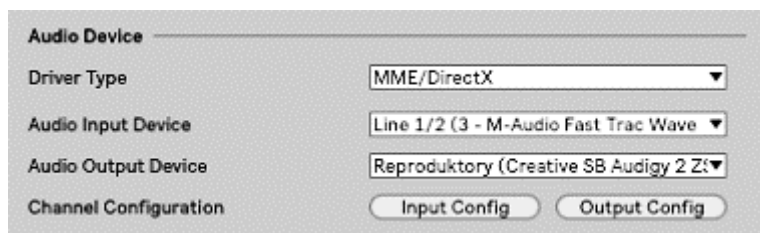
Zasmýčkování přehrávaného úseku lze v horním *Transport panelu* tlačítkem . Ohraničení přehrávaného úseku lze změnou polohy krajních bodů horní lišty umístěnou pod časovou osou.



3.4 Nastavení vstupu pro nahrávání

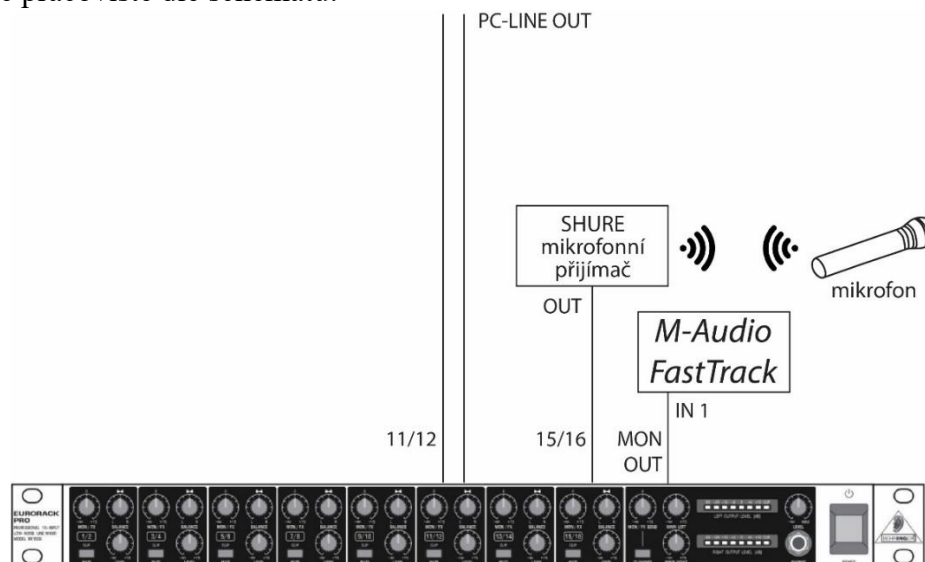
Nahrávání probíhá do zvukové karty M-Audio Pro Track. V úloze se nahrává audiovýstup z mikrofonního přijímače Shure. Na rackovém mixážním pultu nastavte potenciometr FX/Send kanálu *MIC* přibližně do 2/3 jeho rozsahu. Ujistěte se, že stejné potenciometry u ostatních kanálů jsou ve své minimální poloze. Tímto se směruje signál ze syntezátoru X-Station 49 do oddělené sběrnice, na jejímž výstupu je připojen vstup zvukové karty M-Audio Pro Track.

Softwarové nastavení v programu Ableton Live: *Options > Preferences > Audio:*




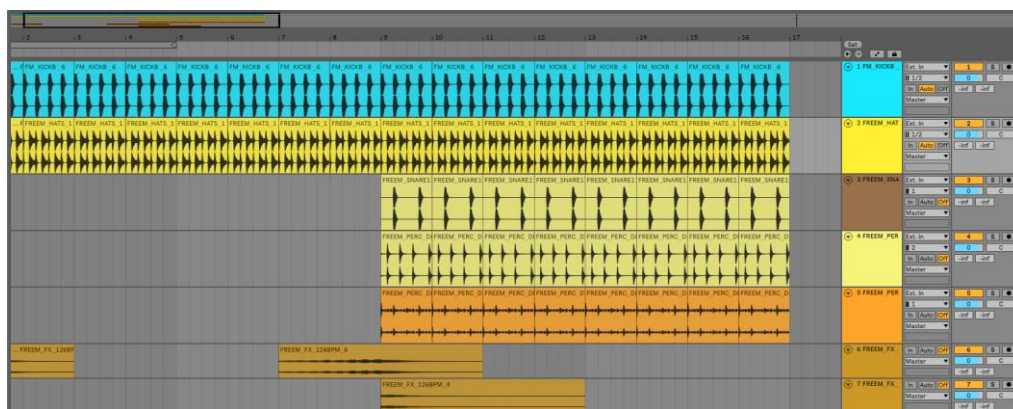
Postup měření:

1. Zapojte pracoviště dle schématu:









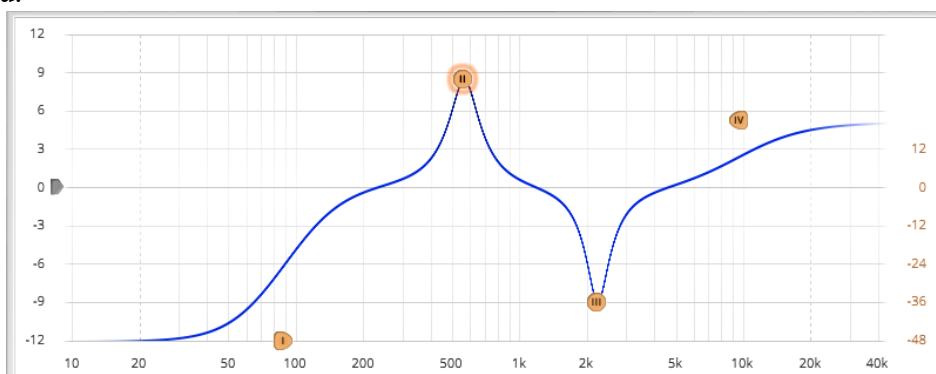
A Založení projektu, přidání audiosmyček

2. Zapněte program Ableton Live 10 Intro.
3. Přepněte zobrazovací režim na *Arrangement view* tlačítkem  v pravém horním rohu.
4. V levém menu vyhledávání ve sloupci *Places* vyberte adresář „uloha_soundkit“.
5. V levé části Transport panelu (horní panel) změňte tempo skladby z výchozí hodnoty tempo 126 BPM.
6. Rozklikněte adresář soundkitu a vyberte z adresáře smyčku *kick* jejím přetažením do audiostreamu. Stejný postup opakujte i pro *hi-hat*, *percussion* a *snare*, případně *fx*.
Pozn.: Pro přidání dalších audiostreamů klikněte pravým tlačítkem na libovolnou stopu a z kontextové nabídky vyberte „Insert Audio Track“.
7. Smyčky umístěte pod sebe do tří audiostreamů, označte je přetažením myši a několikrát je duplikujte na počet 16 kopií stisknutím *CTRL+D*.
Výsledná kompozice může vypadat následovně:






B Nahrávání a editace audiostopy


8. Zapněte syntezátor X-Station 49 a vyberte v něm příslušným ovládacím prvkem jeden z přednastavených zvuků. Na rackovém mixážním pultu nastavte potenciometr FX/Send kanálu X-ST přibližně do 2/3 jeho rozsahu. Ujistěte se, že stejné potenciometry u ostatních kanálů jsou ve své minimální poloze. Tímto se směruje signál ze syntezátoru X-Station 49 do oddělené sběrnice, na jejímž výstupu je připojen vstup zvukové karty M-Audio Pro Track.
9. Vytvořte novou audiostopu a aktivujte u ní nahrávání tlačítkem . Zasmýčkovat přehrávaný úsek lze tlačítkem . Funkci metronomu aktivujte tlačítkem .
10. V Transport panelu zahajte nahrávání zvuku stisknutím tlačítka .
11. Zahrajte na syntezátor krátkou melodii tvořenou vypočtenými tóny akordu F-dur v libovolné oktávě. Pokuste se zahrát melodii tak, aby byla hudebně synchronizovaná s bicí smyčkou. Pro ukončení nahrávání slouží tlačítko . Deaktivace metronomu se provádí tlačítkem .
12. Audiostopu vhodně zkraťte tažením myši poblíž konců audiostopy a v případě potřeby nahrávku rozkopírujte do délky ostatních smyček. Myší posuňte nahranou audiostopu v čase tak, abyste kompenzovali časové zpoždění vzniklé v průběhu nahrávání.
13. V levém menu vyberte ve sloupci *Categories* kategorii *Plug-ins* a aplikujte grafický ekvalizér *TDR Nova* jeho přetažením levým tlačítkem myši na nahranou audiostopu.
14. Ověřte funkci ovládacích prvků ekvalizéru a vytvořte všechny druhy filtrů (dolní propust, horní propust, pásmová propust, pásmová zádrž) dle obrázku. Měňte u všech filtrů hodnotu činitele jakosti Q a zkoumejte vliv jeho změny na vlastnosti filtrovaného signálu.

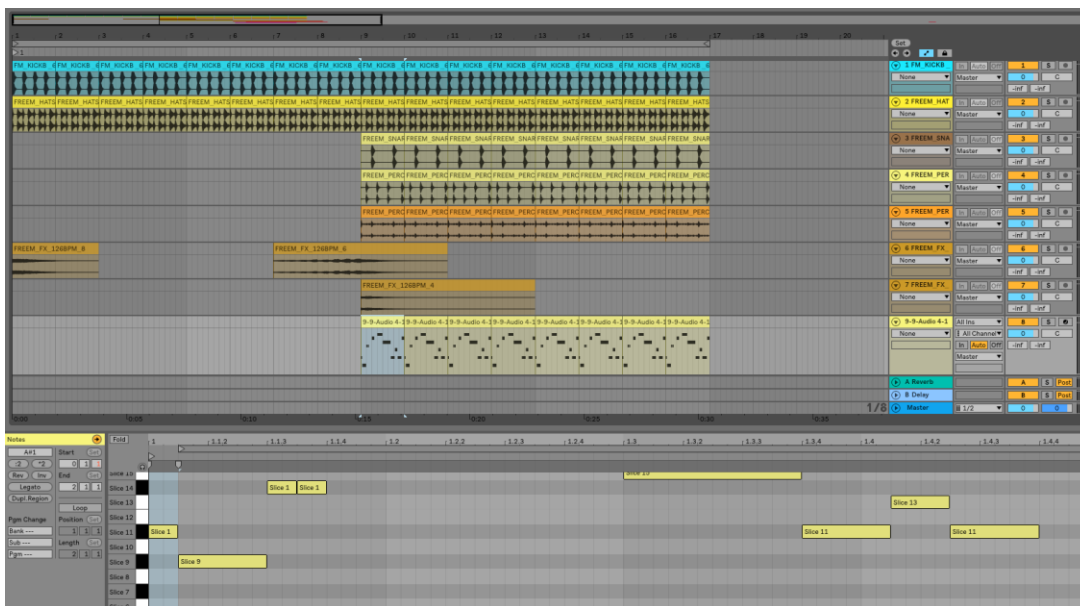


C Nahrání a samplování vlastního zvuku

- Na rackovém mixážním pultu nastavte potenciometr FX/Send kanálu *MIC* přibližně do 2/3 jeho rozsahu. Ujistěte se, že stejné potenciometry u ostatních kanálů jsou ve své minimální poloze. Tímto se směruje signál z bezdrátového mikrofonního přijímače Shure do oddělené sběrnice, na jejímž výstupu je připojen vstup zvukové karty M-Audio Pro Track.
- Vytvořte novou audiostopu a aktivujte u ní nahrávání tlačítkem . Zasmýčkovat přehrávaný úsek lze tlačítkem .
- V Transport panelu zahajte nahrávání zvuku stisknutím tlačítka .
- Namluvte do mikrofonu krátký komentář (zhruba 10 sekund).
- V levém menu vyberte ve sloupci *Categories* rozklikněte kategorii *Instruments* a dvakrát klikněte na *Simpler*. Myší přetáhněte do zobrazeného okna část nahraného mluveného slova.
- V levé části Sliceru klikněte na *Slice*. Vybraná část zvuku je tím automaticky rozdělena na dílčí části.



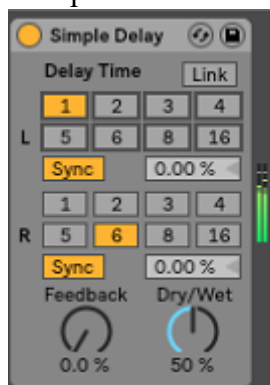
- Pravým kliknutím v okně amplitudové obálky je vyvolána kontextová nabídka, z které vyberte *Slice to New MIDI Track*. Vytvoří se tím nová MIDI stopa, která po rozkliknutí v *Note Editor* obsahuje řadu not, přehrávaných postupně za sebou. Pokud nyní budete hrát kombinaci not na syntezátoru (na rackovém mixážním pultu stisknete *MUTE* u příslušného kanálu se syntezátorem), budou se v počítači přehrávat zvukové vzorky příslušné k dané klávese.
- V okně *Note Editor* samplované MIDI stopy vytvořte při aktivním *Draw Mode* (stiskem tlačítka ) libovolnou kombinaci kláves a vytvořenou koláž vložte do skladby.



D Aplikace efektů

DI Delay

23. V levém menu vyberte ve sloupci *Categories* kategorii *Audio Effects* a přetáhněte efekt *Simple Delay* levým tlačítkem na samplovanou audiostopu.



24. Otestujte, jaký vliv na signál má nastavení parametru doby trvání ozvěny *Delay Time* (udáváno v počtu taktů) pro každý kanál shodný nebo pro každý kanál rozdílný. V takto nastavených krajních polohách měňte generovaný průběh pomaloběžného oscilátoru a subjektivně porovnejte poslechem zvukové vlastnosti signálů.
25. Přehrajte úsek audiostopy a pomocí osciloskopu změřte dobu dozvuku při třech různých kombinacích parametrů *Delay Time* (shodná hodnota pro oba kanály) a množství ozvěny udávané parametrem *Feedback*.

Delay Time:	Feedback:	Naměřená doba dozvuku:
_____	_____ %	_____
_____	_____ %	_____
_____	_____ %	_____

26. Po ukončení demonstrování s daným efektem efekt odstraňte jeho označením a stisknutím klávesy *Delete*.

D2 Flanger

27. V levém menu vyberte ve sloupci *Categories* kategorii *Audio Effects* a přetáhněte efekt *Flanger* levým tlačítkem na samplovanou audiostopu.



28. Otestujte, jaký vliv na signál mají krajní polohy parametru doby trvání ozvěny *Delay Time* a množství signálu přivedeného zpětnou vazbou *Feedback*. V takto nastavených krajních polohách měňte generovaný průběh pomaloběžného oscilátoru a subjektivně porovnejte poslechem zvukové vlastnosti signálů.
29. Otestujte ostatní ovládací prvky efektu flanger.
30. Po ukončení demonstrování s daným efektem efekt odstraňte jeho označením a stisknutím klávesy *Delete*.

D3 Phaser

31. V levém menu vyberte ve sloupci *Categories* kategorii *Audio Effects* a přetáhněte efekt *Phaser* levým tlačítkem na samplovanou audiostopu.



32. Zkoumejte, jak poloha modulačního ovladače ovlivní generovaný zvuk.
33. Přepněte ovladač *Earth* do polohy *Space* a poslechem subjektivně zhodnoťte generovaný zvuk.
34. Po ukončení demonstrování s daným efektem efekt odstraňte jeho označením a stisknutím klávesy *Delete*.

D4 Chorus

35. V levém menu vyberte ve sloupci *Categories* kategorii *Audio Effects* a přetáhněte efekt *Chorus* levým tlačítkem na samplovanou audiostopu.



36. Zkoumejte, jak poloha modulačního ovladače ovlivní generovaný zvuk.
37. Potenciometry *Feedback* a *Dry/Wet* nastavte do maximální polohy, měňte polohu modulačního ovladače a poslechem subjektivně zhodnoťte generovaný zvuk.
38. Po ukončení demonstrování s daným efektem efekt odstraňte jeho označením a stisknutím klávesy *Delete*.

D5 Reverb

39. V levém menu vyberte ve sloupci *Categories* kategorii *Audio Effects* a přetáhněte efekt *Reverb* levým tlačítkem na samplovanou audiostopu.



40. Zkoumejte, jak poloha potenciometru *Decay Time* ovlivní generovaný zvuk.
41. Subjektivně ohodnoťte zvukové vlastnosti zvuku při změně parametru *Size*.
42. Demonstrujte a slovně popište funkci parametru *Freeze*.

D6 Saturátor

43. V levém menu vyberte ve sloupci *Categories* kategorii *Audio Effects* a přetáhněte efekt *Saturator* levým tlačítkem na samplovanou audiostopu.



44. Měňte hodnotu parametrů *Drive* a *Base*.

45. Zkoumejte, jaký vliv na upravený signál mají různé průběhy grafické tvarovací křivky (zvolitelné ze seznamu pod zobrazenou křivkou). Demonstrujte zejména průběhy *Sinoid* *Fold* a *Hard Curve*.
46. Po ukončení demonstrování s daným efektem efekt odstraňte jeho označením a stisknutím klávesy *Delete*.

E Finalizace a export

47. Aplikujte jeden z efektů dle vlastního výběru na samplovanou audiostopu, vhodně jej nastavte, zrušte nastavení volby *Solo* u kanálů a výslednou zvukovou sekvenci exportujte do mp3 souboru. Cesta pro exportování: *File > Export Audio > Export*.

Tvorba hudby pomocí DAW Ableton Live 10 – produkce a mixáž

Cíle úlohy: Tvorba hudby v DAW, demonstrace tvorby kompozice, aplikace zvukového designu a jednoduché mixáže, praktická práce s grafickým ekvalizérem, audiostopami, MIDI stopami a jejich cílená aplikace pro tvorbu hudebního díla.

Úkol měření:

1. Seznamte se s DAW Ableton Live 10 a pracujte dle návodu s cílem pochopení fyzikálních základů hudební akustiky pro tvorbu elektronické hudby a jejich praktických využití v profesionálním programovém prostředí s podporou vestavěných VST pluginů.

Teoretický úvod:

1 Filtry

1.1 Dolní propust, horní propust

Typ propusti, který odfiltruje s definovanou strmostí ze vstupního signálu kmitočty vyšší (pro dolní propust) nebo nižší (pro horní propust) než je mezní kmitočet f_m . Strmost bývá u běžných hardwarových syntezátorů nastavitelná z definovaných rozsahů (obvykle 6, 12 a 24 dB/okt, pozn.: v oblasti elektronické hudby se strmost filtrů udává zpravidla ve vztahu k oktávě, a ne k dekadě, jako je tomu v jiných oblastech), u DAW systémů je strmost digitálních filtrů nastavitelná v širokém spojitém rozsahu.

1.2 Pásmová propust, pásmová zadrž

Kombinace horní a dolní propusti. Propouští se (v případě pásmové propusti) nebo potlačuje (v případě pásmové zadrž) pouze určité kmitočtové pásmo, nastavené s definovanou strmostí mezními kmitočty f_{m1} a f_{m2} , přičemž platí: $f_{m1} < f_{m2}$.

1.2 Ekvalizéry

Zařízení umožňující úpravy kmitočtové oblasti vstupního signálu. Ekvalizér se vyskytuje v drtivé většině zvukových zařízení. Podle počtu pásem se dělí na:

- dvoupásmové (jednoduché ekvalizéry ve spotřební zvukové technice, malé mixážní pulty),
- třípásmové (aktivní studiové reproduktory, střední mixážní pulty, dj mixážní pulty, frekvenční výhybky),
- vícepásmové, jejich počet běžně v mocninách 2^n (profesionální hardwarové ekvalizéry, studiové aplikace).

1.2.1 Grafický ekvalizér

Zařízení plnící funkci vícepásmového ekvalizéru osazené tahovými potenciometry umístěnými v posloupnosti korespondující s umístěním příslušného ovládaného kmitočtu ve frekvenčním spektru. Všechna ovládaná pásma pokrývají celé akustické spektrum.

1.2.2 Parametrický ekvalizér

Využitelný zejména v případě úzkopásmových útlumů / zdůraznění. Svůj název získal z důvodu nastavení filtrace pomocí tří parametrů, a to potlačovaný / zesilovaný kmitočet, hodnota zdvihu / potlačení udávaná v dB a činitel jakosti Q určující strmost filtru. Využití takovýchto úzkopásmových ekvalizérů je například v případech nevhodného umístění mikrofónů (korekce zpětné vazby), nežádoucích rezonancí, odstranění brumu od síťové frekvence atp.

2 Efekty

2.1 Delay

Nástroj pro tvorbu ozvěny. V analogové technice se ozvěna tvořila zápisem na magnetofonový pásek a tímto principem došlo k tvorbě nekonečné smyčky z přivedeného signálu. Zvuk z nekonečné smyčky byl smíchán s původním signálem, čímž došlo k mnohonásobnému opakování signálu a díky tomu k tvorbě ozvěny.

Nejběžněji nastavitelnými parametry dozvuku je například čas mezi jednotlivými opakováními zvuku (delay time), hustota opakování (feedback) a také panorama jednotlivých opakování (panning).

2.2 Reverb

Efekt využívaný pro simulaci prostoru. V analogové technice se využívalo dozvukové komory, tedy speciálně upravené místnosti se stavebně nastavenou dobou dozvuku. V místnosti byl příslušný zvuk přehrán a dozvuk vytvořily reálné odrazy zvukových vln od stěn a segmentů v prostoru, ty byly zaznamenány na magnetofonový pásek a přimíchány do výsledné stopy. Softwarově Reverb vzniká přivedením zpětné vazby z výstupu na vstup efektu delay. Zpožděný vstupní signál je přiveden do paměti (posuvného registru), odkud je následně vyčítán a na výstup tak přiváděn opožděný signál vytvářející vjem prostorových odrazů od překážek v imaginární místnosti.

Doba dozvuku (reverb time) je základním parametrem efektu. Kmitočtovou filtraci odraženého signálu pro ztvárnění pohltivosti určitých materiálů, od kterých se zvuk odrazil, lze korigovat parametrem mezním kmitočtem (cut off frequency). Nastavitelný je také poměr odraženého (wet) ku vstupnímu zvuku (dry).

2.2.1 Konvoluční reverb

Reverb využívající pro proces ozvěny konvoluci (spektrální násobení) vstupního signálu s danou impulsní odezvou interpretované místnosti je nejuvěrnější metodou produkční tvorby dozvuku místnosti. Běžně se tímto principem modelují dozvuky koncertních hal, katedrál, pódíí, malých místností, studií, či například koupelny. Všechny tyto prostory se liší velikostí, mírou odrazivosti zvuku na různých kmitočtech a také pohltivostí materiálů.

2.3 Chorus

Modulační efekt znásobující počet nástrojů (hlasů) hrající daný tón. Tyto uměle přidané hlasy jsou opožděny, rozmítány pomaloběžným oscilátorem a následně přimíchány zpět k původnímu signálu. Využívá se pro zvýšení „plnosti“ daného zvuku.

Efekt má nastavitelnou hloubku (*depth*), počet uměle přidaných hlasů (*voices*) a poměr vstupního (*wet*) ku vstupnímu zvuku (*dry*).

2.4 Flanger

Vzniká přivedením zpětné vazby z výstupu na vstup efektu chorus. Vytváří souzvuk původního a zpožděného signálu, zpožděného v řádu jednotek milisekund. Takové zpoždění je pro ucho neidentifikovatelné. Proměnnou změnou rychlosti kmitání pomaloběžného generátoru dochází v důsledku posunutí fáze zpožděného signálu k odečtení některých kmitočtů. Kmitočtová charakteristika obvodu odpovídá charakteristice hřebenového filtru.

Hlavními parametry jsou hloubka efektu (parametry *depth*, *width*), rychlost pomaloběžného oscilátoru (*TLFOspeed*), střední hodnota opožděného signálu (*Tkonst Delay*) a nebo množství signálu přivedeného zpětnou vazbou na vstup efektu (*feedback*).

2.5 Phaser

Základ tvoří širokopásmový filtr. V závislosti na vstupním kmitočtu dochází vlivem kmitočtově závislých a impedančně nenulových součástek k otáčení fáze signálu. S rostoucím kmitočtem tedy roste zpoždění signálu. Phaser využívá hřebenový filtr, tedy více širokopásmových filtrů zapojených sériově, možné je i využití zpětné vazby z výstupu efektu na vstup.

Nastavuje se hloubka efektu (parametry *Rate*, *Intensity* a *Range*), rychlost otáčení fází (*speed*) nebo množství signálu přivedeného zpětnou vazbou na vstup efektu (*feedback*).

2.6 Tremolo

Automatizovaná změna hlasitosti (amplitudy) přehrávaného signálu napět'ově řízeným zesilovačem. Nastavuje se zejména rychlost kolísání (*speed*) a hloubka rozkmitu (*depth*).

2.7 Vibráto

Automatizovaná změna výšky tónu přehrávaného signálu řízena kolísavou změnou rychlosti přehrávání jednotlivých vzorků signálu. Stejně jako u efektu tremolo se nastavuje rychlost kolísání (*speed*) a hloubka efektu (*depth*).

2.8 Saturátor

Korektor saturace. K saturaci dochází zakulacováním signálových špiček signálu. Toto zkreslení vnáší do spektra liché násobky základního kmitočtu, z nichž dominující je zpravidla třetí harmonická složka. Výsledný zvuk působí subjektivně kompaktním a plným dojmem.

2.9 Stereo imager

Efekt pracující se stereo bází signálu. Jedná se o psychoakustický efekt, pomocí něhož lze korigovat vyvážení pozice zdroje zvuku do prostoru.

2.10 Pitch tuner

Chromatický dolad'ovač je efekt sloužící pro úpravu výšky tónu. Využití nalézá mimo jiné pro drobnou úpravu vokálů v momentě, kdy zpěvák zazpívá falešný tón.

2.11 Doubler

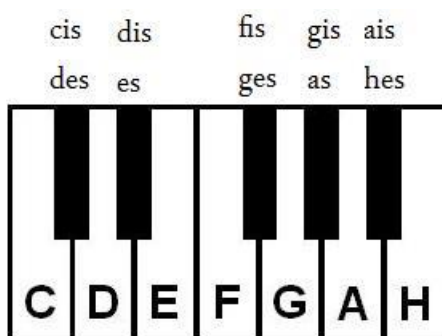
Nástroj pro zdvojení signálu. Výstupní signály se po průchodu doublerem liší svou intonací, časem a dobou náběhu k dosažení subjektivního dojmu generování zvuku více zdroji současně.

3 Hudební akustika

3.1 Klaviatura

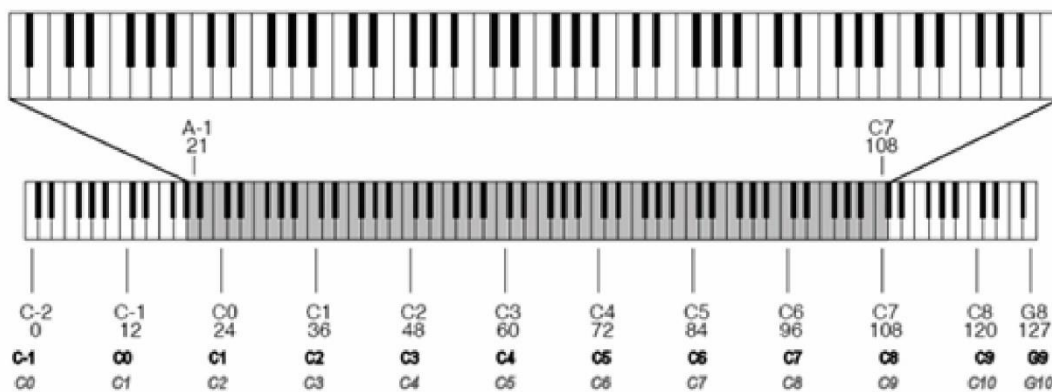
Definice jednotlivých výšek tónů na klaviatuře je založena na poměrech kmitočtů jednotlivých kláves. Nejjednodušším poměrem je poměr 2:1, resp. $\frac{1}{2}$. Oktáva je interval 12 kláves.

Klasickou hudební terminologií pro označení kláves pomocí písmen lze v technické praxi nahradit tzv. MIDI číslováním, v kterém je nejnižšímu tónu C-2 přiřazeno číslo 0, dalšímu tónu C-1 číslo 12, tónu C0 číslo 24, atd.



Interval jedné oktávy a popis jednotlivých kláves klasickou hudební terminologií

STANDARTNÍ KLAVIATURA



MIDI ZÁPIS

Klaviatura a znázornění MIDI číslování

3.2 Tóniny

Množina půltónů se zvoleným základním tónem. Pro výpočet kmitočtů jednotlivých půltónů v jedné oktávě lze využít následující vzorec:

$$f = \sqrt[12]{2^n} * f_0 \text{ Hz}$$

, kde n počet kláves mezi klávesou počítanou a klávesou základního tónu
 f_0 kmitočet základního tónu

Tón	A	A#	B	C	C#	D	D#	E
f (Hz)	440,00	466,16	493,88	523,25	554,37	587,33	622,25	659,26
Poměr vůči A	1,00	1,06	1,12	1,19	1,26	1,33	1,41	1,50
Tón	F	F#	G	G#	A1			
f (Hz)	698,46	739,99	783,99	830,61	880			
Poměr vůči A	1,59	1,68	1,78	1,89	2,00			

Výpočet frekvencí všech půltónů jedné oktávy a výpočet poměru frekvencí vůči základnímu tónu (zvolený základní tón je A)

Fyziologicky jsou lidé naučeni vnímat určité poměry tónů v tóninách vyjadřující veselé a smutné emoce (v různých geografických oblastech mohou být tyto poměry odlišné). Na tomto základu jsou definovány nejrozšířenější tóniny dur a moll. Obě tyto tóniny lze odvodit ze zvoleného základního tónu přičítáním definovaných MIDI čísel k MIDI číslu základního tónu:

Dur	+0	+2	+4	+5	+7	+9	+11
Moll	+0	+2	+3	+5	+7	+8	+10

Způsob výpočtu všech půltónů tónin dur a moll přičítáním MIDI čísel kláves k MIDI číslu zvoleného základního tónu

- Půltón vzdálený o 7 půltónů je matematicky v kombinaci se základním tónem v poměru 1,5. Součet těchto dvou průběhů je tak v rozsahu jedné oktávy nejvíce libozvučný a je tak definován v obou tóninách dur a moll.
- Půltón vzdálený o 4 půltóny v durové tónině a o 3 půltóny v mollové tónině má v kombinaci se základním tónem hudebně takový poměr, který v posluchačích vyvolává veselé nebo smutné emoce. Tento tón emoci jasně určuje.
- Ostatní půltóny jsou z matematického a hudebního hlediska neutrální.

Z tabulky vyplývá, že jednoduché poměry půltónů se v durové tónině vyskytují u kláves vzdálených o 4 a 7 MIDI čísel. Klávesy A, C# a E tedy tvoří dohromady jeden akord A-dur.

3.2.1 Arpeggiator

Funkce automatizovaně přehrávající zadaný akord dle naprogramovaného běhu.

3.3 Tempo

Označení udávající rychlost skladby. V elektronické hudbě se nejčastěji používá číselná hodnota počtů úderů za minutu, zkráceně BPM, přičemž každý hudební žánr má své specifické tempo.

3.4 Zvuková koláž a stavební části elektronického hudebního díla

Velká většina elektronických hudebních skladeb sestává z následujících stavebních částí. Jejich názvy jsou v seznamu uváděny převážně v anglickém jazyce, vzhledem k tomu, že některé nemají vhodný ekvivalent v českém jazyce.

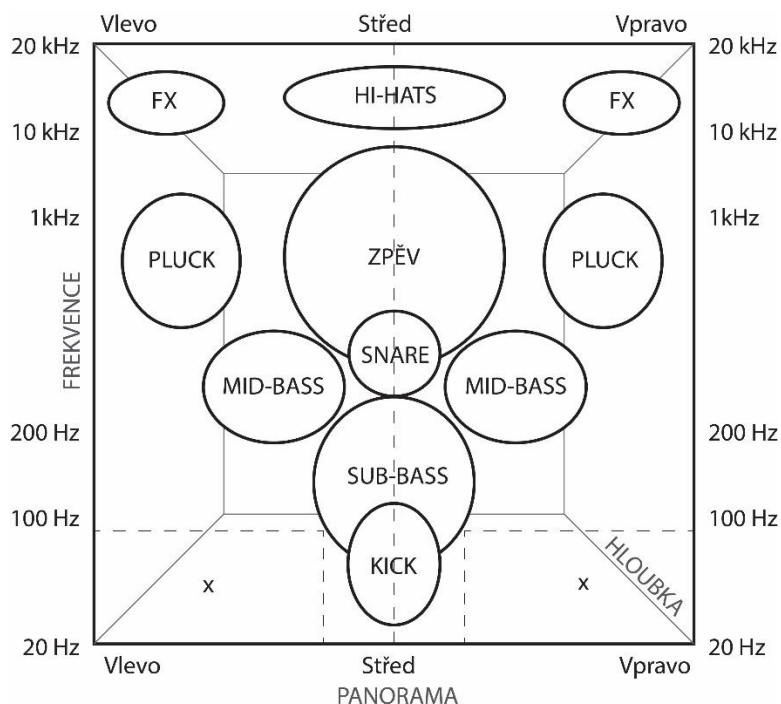
Kick	Zvuk basového bubnu ovládaného nožním pedálem, impulsivní zvuk jednoznačně určující tempo skladby, pouze monofonní <i>používané efekty: ekvalizér, kompresor, korektor dynamiky, tvarovač obálky</i>
Clap	zvuk tlesknutí <i>používané efekty: ekvalizér, kompresor, delay, reverb</i>
Snare	zvuk vířivého bubnu <i>používané efekty: ekvalizér, kompresor, reverb, šumová brána</i>
Percussion	perkuse, zvuk bicích <i>používané efekty: ekvalizér, kompresor, reverb</i>
Closed hi-hat	zvuk činelu (způsob hry – zavřený hi-hat), krátká doba trvání <i>používané efekty: ekvalizér, kompresor, reverb</i>
Open hi-hat	zvuk činelu (způsob hry – otevřený hi-hat), dlouhá doba trvání <i>používané efekty: ekvalizér, kompresor, reverb</i>
Ride	zvuk činelu charakteristický dlouhou dobou podržení <i>používané efekty: ekvalizér, kompresor, reverb</i>
Sub-bass	nízkofrekvenční basová linka, pouze monofonní <i>používané efekty: ekvalizér, kompresor</i>
Mid-bass	středobasová linka <i>používané efekty: ekvalizér, kompresor, delay, saturátor</i>
Lead	syntetická složka hrající melodii na pozadí hudebního díla <i>používané efekty: ekvalizér, delay, reverb, chorus, saturátor, stereo imager</i>
Pads	syntetický ambientní zvuk užívaný k získání silnější atmosféry a vytvoření plnějších zvukových harmonií a breakdownů. <i>používané efekty: ekvalizér, reverb, stereo imager</i>
Pluck	syntetický zvuk vyznačující se velmi krátkou dobou náběhu a poklesu, případně krátkým dozvukem <i>používané efekty: ekvalizér, kompresor, delay, reverb, saturátor, stereo imager, arpeggiator</i>
Piano	zvuk klavíru nebo piana vytvořený samplováním či synteticky. <i>používané efekty: ekvalizér, kompresor, delay, reverb, saturátor</i>
Vocal	monofonní pěvecká zvuková stopa <i>používané efekty: ekvalizér, kompresor, delay, reverb, saturátor, stereo imager, pitch tuner, doubler</i>
FX	efektová složka, nahodilé zvuky, zvuky vykreslující určitou atmosféru <i>používané efekty: ekvalizér, kompresor, delay</i>

Seznam stavebních částí typického elektronického hudebního díla

Mixáž všech stavebních částí se provádí:

- v kmitočtovém spektru – odstranění nadbytečných kmitočtů ekvalizérem tak, aby se jednotlivé stavební části navzájem neovlivňovaly;
- v hlasitosti – tvorba dynamiky skladby;
- v panoramě – panoramatickým potenciometrem a korektorem fáze pro navození prostorového dojmu v pravolevé ose;

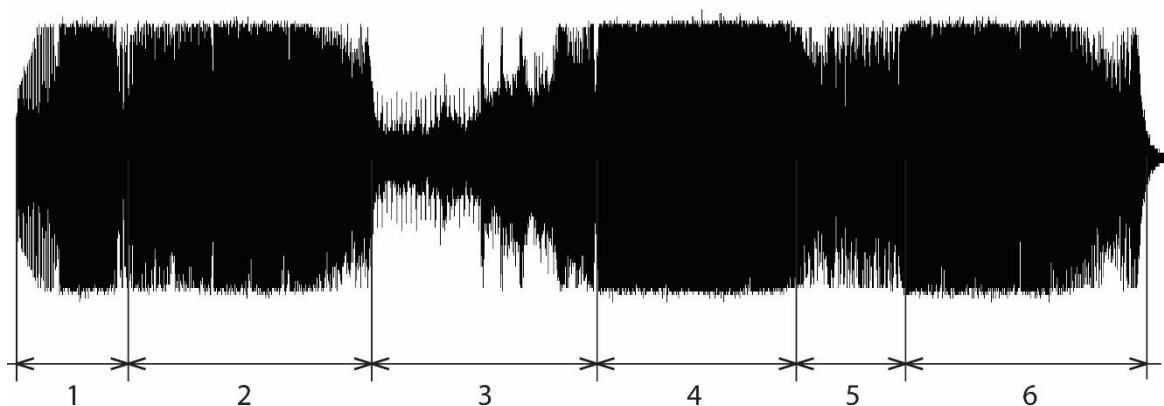
- v předozadní ose – s využitím psychoakustického jevu. Vjem hloubky prostoru je utvářen s předpokladem, že zvuk vytvořený zdrojem z určité vzdálenosti v předozadní ose pozbývá s rostoucí vzdáleností vyšších frekvencí a vyskytuje se u něj ozvěna.



Příklad vhodného umístění jednotlivých stavebních prvků na pravolevé a předozadní ose

3.5 Struktura typického elektronického hudebního díla

Elektronické hudební dílo lze rozdělit do několika typických pasáží s různou hudební gradací. Tyto pasáže lze kombinovat v libovolném pořadí.



Příklad amplitudové obálky elektronického hudebního díla

- 1 **Intro** – uvedení skladby jednoduchou, postupně gradující kombinací kicku, perkusí, leadů a dalších stavebních částí.
- 2 **Verse** – sloka, část skladby, v které se rozvíjí myšlenka skladby
- 3 **Breakdown** – oblast zvolnění skladby, zlom, v němž vystupují hlavní melodické linky, klavír, zpěv a atmosféru utvářející prvky.

- 4 **Chorus / drop** – refrén, subjektivní moment s největší hudební energií a hlavní melodií ve smyčce.
- 5 **Bridge** – zvolnění skladby / mezihra, obvykle harmonicky navázáno na hlavní část.
- 6 **Outro** – postupné ubývání zvukových vrstev od složitější kombinace klicku, perkusí a leadů až po jednoduchou.

4 Uživatelské prostředí Ableton Live 10

4.1 Zobrazovací režimy

Program nabízí dva základní režimy zobrazování, mezi nimiž lze přepínat tlačítky nebo klávesou <tab>:

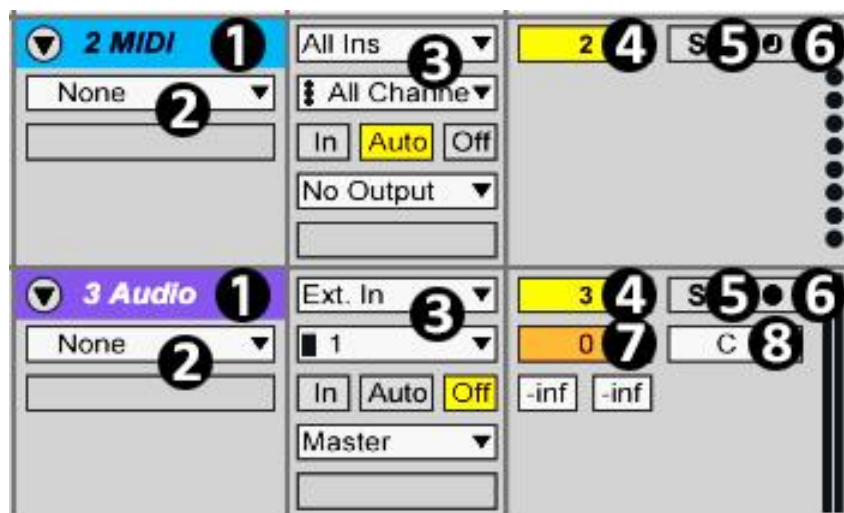


- *Session view* – pro nelineární skládání a živé vystupování
- *Arrangement view* – pro lineární skládání

V úloze se bude pracovat výhradně se zobrazením *Arrangement view*.

4.2 Druhy stop


- *Audiostopa* – obsahuje zvukovou informaci, slouží pro nahrávání zvuku, vkládání sample a zvuků z generátorů a pluginů;
- *MIDI stopa* – obsahuje datové informace o stisknutých klávesách a dalších ovládacích prvcích nástroje pro propojení hardwarových hudebních nástrojů s virtuálními nástroji v DAW;
- *Return stopa* – stopa sloužící pro uchování efektů, které lze tímto způsobem aplikovat současně na více stop najednou.

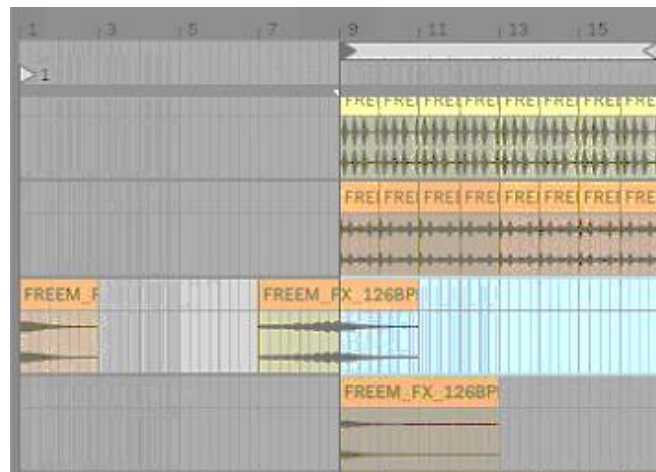


- 1 V barevném okně se nachází název stopy. Název a podbarvení lze libovolně upravit výběrem „Rename“ v kontextové nabídce vyvolané kliknutím pravým tlačítkem myši na příslušnou stopu. V této nabídce se nachází i vzorník barev pro výběr podbarvení stopy.
- 2 Okno výběru automatizace. U efektů a zdrojů signálů lze měnit každý jejich parametr automatizační stopou obsahující průběh změny daného ovládacího prvku v čase.

- 3 Možnosti směrování signálu (routingu) do jiných stop a výběr zdroje pro nahrávání signálu.
- 4 Volba mute ztlumí danou stopu.
- 5 Volba solo ztlumí ostatní stopy.
- 6 Přepínač nahrávání
 - při zaškrtnutí u MIDI stopy se zaznamenává sekvence stisknutých kláves do dané stopy, z níž se zároveň generuje zvuk.
 - při zaškrtnutí u audiostopy se po spuštění nahrávání zaznamenává zvuk do dané stopy.
- 7 Ovládání hlasitosti
- 8 Panoramatický potenciometr

4.3 Zasmýčkování

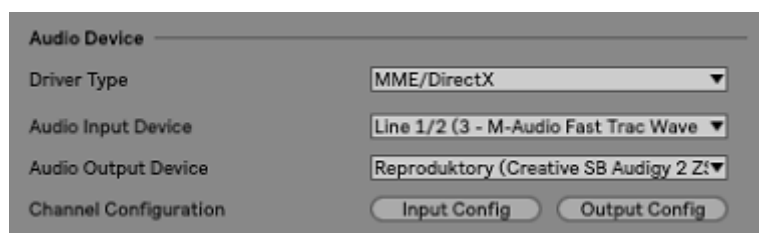
Zasmýčkování přehrávaného úseku lze v horním *Transport panelu* tlačítkem . Ohraničení přehrávaného úseku lze změnou polohy krajních bodů horní lišty umístěnou pod časovou osou.



4.4 Nastavení vstupu pro nahrávání:

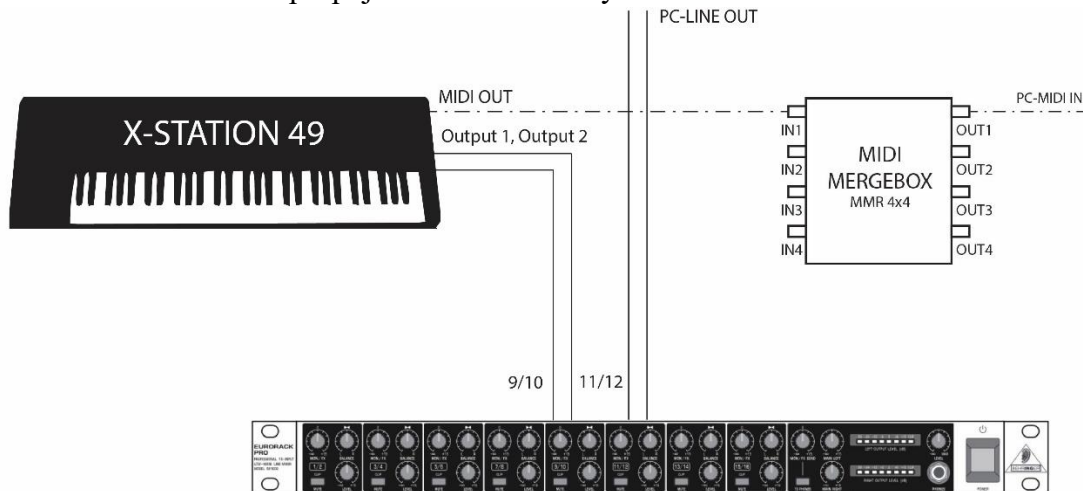
Nahrávání probíhá do zvukové karty M-Audio Pro Track. V úloze se nahrává audio výstup z mikrofonního přijímače Shure. Na rackovém mixážním pultu nastavte potenciometr FX/Send kanálu *MIC* přibližně do 2/3 jeho rozsahu. Ujistěte se, že stejné potenciometry u ostatních kanálů jsou ve své minimální poloze. Tímto se směruje signál ze syntezátoru X-Station 49 do oddělené sběrnice, na jejímž výstupu je připojen vstup zvukové karty M-Audio Pro Track.

Softwarové nastavení v programu Ableton Live: *Options > Preferences > Audio:*




Postup měření:







1. Zapojte pracoviště dle schématu. Plná čára značí propojovací linkové kabely, čerchovaná čára značí propojovací MIDI kabely.:




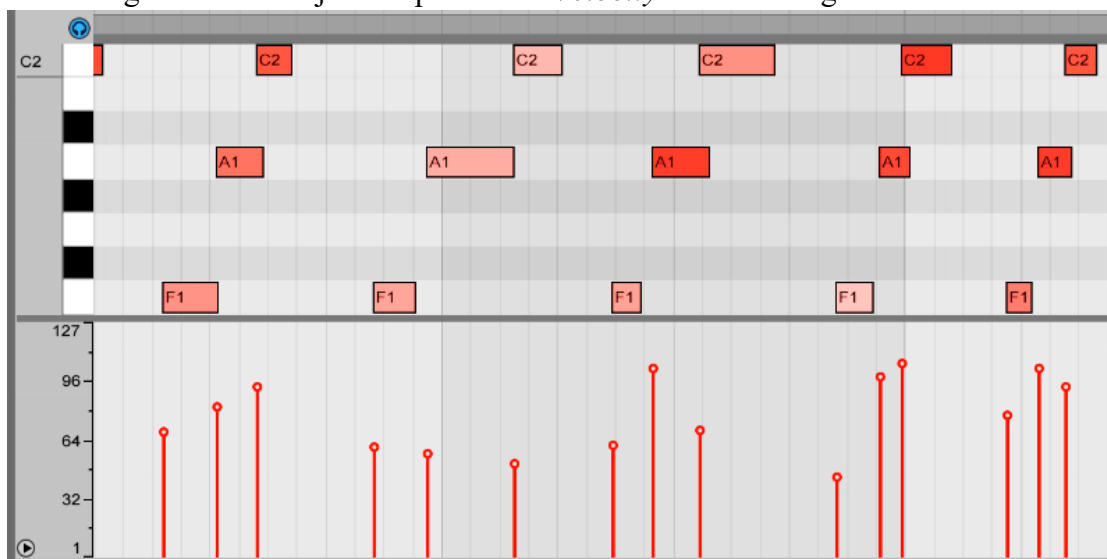
A Založení projektu, přidání audio stop

2. Zapněte program Ableton Live 10 Intro.
3. Přepněte zobrazovací režim na *Arrangement view* tlačítkem  v pravém horním rohu.
4. S pomocí teoretického úvodu vypočtete všechny půltóny tóniny F-dur a stanovte trojici tónů tvořící akord F-dur.

B Nahrávání a editace MIDI stopy

5. Vytvořte novou MIDI stopu a aktivujte u ní nahrávání tlačítkem . Funkci metronomu aktivujte tlačítkem .
6. V Transport panelu zahajte nahrávání stisknutím tlačítka .
7. Zahrajte na syntezátor krátkou melodii tvořenou vypočtenými tóny akordu F-dur z bodu 4 v libovolné oktávě. Pokuste se zahrát melodii tak, aby byla hudebně synchronizovaná s přehrávanou bicí smyčkou. Pro ukončení nahrávání slouží tlačítko . Po skončení nahrávání deaktivujte nahrávání do MIDI stopy. Deaktivace metronomu se provádí tlačítkem .
8. Dvakrát klikněte levým tlačítkem myši na nahranou MIDI stopu a v okně *Note Editor* časově posuňte jednotlivé tóny tak, abyste v nahrané melodii kompenzovali časové nepřesnosti živého hraní.
Určete, kde se v MIDI protokolu přenáší informace o intenzitě stisku kláves (zobrazené ve *Velocity Editoru*).
9. V levém menu vyberte ve sloupci *Categories* kategorii *Sounds* a z adresáře *Piano & Keys* přetáhněte modul „*Grand Piano.adg*“ na MIDI stopu.
10. V *Transport panelu* aktivujte *Draw Mode* tlačítkem  a přikreslete ručně několik not tóniny F-dur v jiné oktávě než v oktávě, v které jste zaznamenali melodii. Zkoumejte subjektivní vliv přidáných not na barvu zvuku.

11. Nechejte přehrávat pouze kanál s nahranou MIDI stopou (pomocí tlačítka *Solo* ). Zobrazte na osciloskopu generovaný zvukový signál a nechte vykreslit amplitudovou obálku signálu. Zkoumejte vliv parametru *Velocity* na obálku signálu.



C Tvorba kompozice

12. V časové ose klikněte pravým tlačítkem do prostoru notového zápisu a ve vyvolané kontextové nabídce zvolte v kategorii *Fixed Grid* možnost *1/16*.
13. V levém menu vyhledávání ve sloupci *PLACES* vyberte adresář „*Packs*“ a podadresář „*uloha_samples*“.
14. Z podadresáře „*uloha_samples*“ přetáhněte do audiostopy projektu *kick*, vložte jej na začátek časové osy. Označte jej v celé délce $\frac{1}{4}$ taktu dle obrázku a rozkopírujte jej na počet čtyř kopií do dalších taktů stisknutím klávesové zkratky *CTRL+D*.
Pozn.: Pro přidání dalších audiostop klikněte pravým tlačítkem na libovolnou stopu a z kontextové nabídky vyberte „Insert Audio Track“.



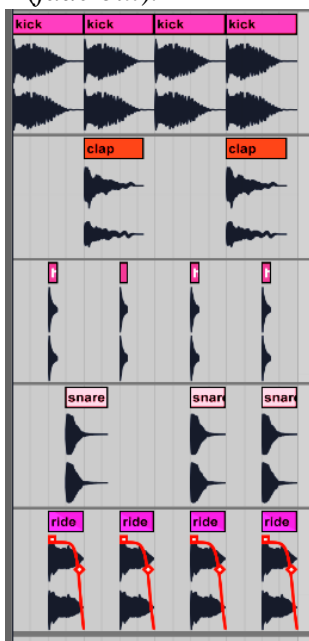
15. Z kategorie *Audio Effects*, z adresáře *Utility* přetáhněte modul „*Mono.adv*“ na stopu s *kickem*.
16. Z podadresáře „*uloha_samples*“ přetáhněte do audiostopy projektu *clap*, vložte jej do časové osy dle obrázku.




17. Z podadresáře „uloha_samples“ přetáhněte do audiostopy projektu *snare*, vložte jej do časové osy dle obrázku.

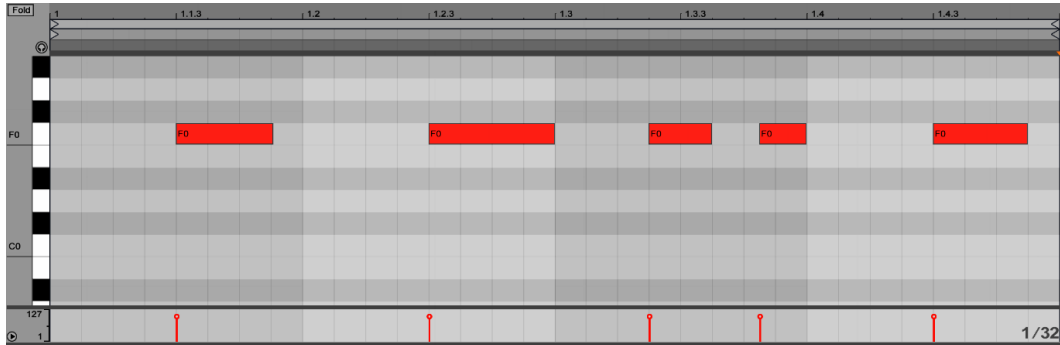


18. Z podadresáře „uloha_samples“ přetáhněte do audiostopy projektu *snare*, vložte jej do časové osy dle obrázku. Stiskněte klávesovou zkratku CTRL+ALT+F pro zobrazení křivky hladiny hlasitosti. Zvuk vhodně zkraťte a pomocí červených čtverečků na krajích křivky vytvořte pozvolné ztišení (*fade out*).

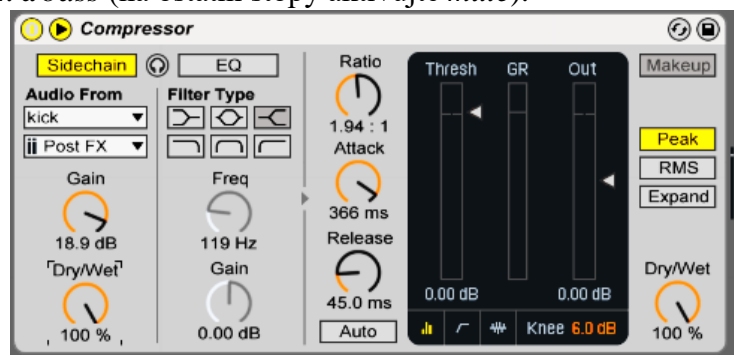


19. Pravým kliknutím na barevný název stopy v pravé části změňte název všech stop dle jejich obsahu na *kick*, *clap*, *hi-hat*, *snare*, *ride*, *bass*.

20. Mějte aktivovaný *Draw Mode*  Vytvořte novou MIDI stopu a přejmenujte jí na „bass“. Označte v ní v časové ose rozsah **jednoho taktu**. Stiskněte klávesovou zkratku CTRL+SHIFT+M pro vytvoření nového MIDI klipu.
21. Klip rozklikněte a v *Note Editor* klikněte pravým tlačítkem do prostoru notového zápisu a ve vyvolané kontextové nabídce zvolte v kategorii *Fixed Grid* možnost *1/32*. Mřížka se tím rozdělí přesně na 32 částí, jeden takt tedy rozdělí na osminy.
22. Zapište noty basové linky v základním tónu F0:




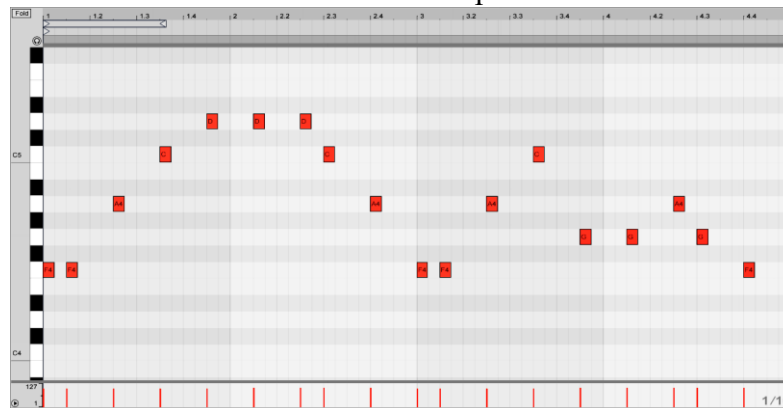
23. V levém menu vyberte ve sloupci *Categories*, kategorii *Sounds* a z adresáře *Bass* přetáhněte modul „*Jarble Disto Bass.adg*“ na MIDI stopu. Dále v kategorii *Audio Effects*, z adresáře *Utility* přetáhněte modul „*Mono.adv*“ na MIDI stopu. Přehrajte pouze kanály obsahující *kick* a *bass* (na ostatní stopy aktivujte *mute*).
24. V levém menu vyberte ve sloupci *Categories*, kategorii *Audio Effects* přetáhněte efekt *Compressor* na MIDI stopu. Rozbalte rozšířené nastavení kompresoru kliknutím na černý trojúhelník v levém horním rohu. Aktivujte možnost *Sidechain*. Z nabídky *Audio From* vyberte audiostopu obsahující *kick* (dle obrázku). Přehrajte pouze kanály obsahující *kick* a *bass* (na ostatní stopy aktivujte *mute*).



25. Basová linka je při takto nastaveném kompresoru komprimována pouze tehdy, pokud se ve stejném čase nalézá signál v kanálu s *kickem*. Tomuto efektu se říká **sidechain**, neboli automatizované ovlivňování hlasitosti audiostopy signálem z jiné stopy. Během přehrávání měňte hodnoty parametrů *Gain*, *Ratio*, *Attack*, *Release* a tahový potenciometr parametru *Threshold* a subjektivně poslechem zkoumejte vliv nastavení těchto parametrů na výsledný signál. Po skončení zkoumání nastavte kompresor tak, aby basová linka působila na poslech „houpavým“ dojmem.
26. Označte všechny stopy v délce jednoho taktu, klikněte pravým tlačítkem do vybrané oblasti a z kontextové nabídky zvolte „*Consolidate*“. Tím se všechny audiostopy sjednotí do jedné.
- Následně pomocí klávesové zkratky CTRL+D vytvořte 4 kopie.



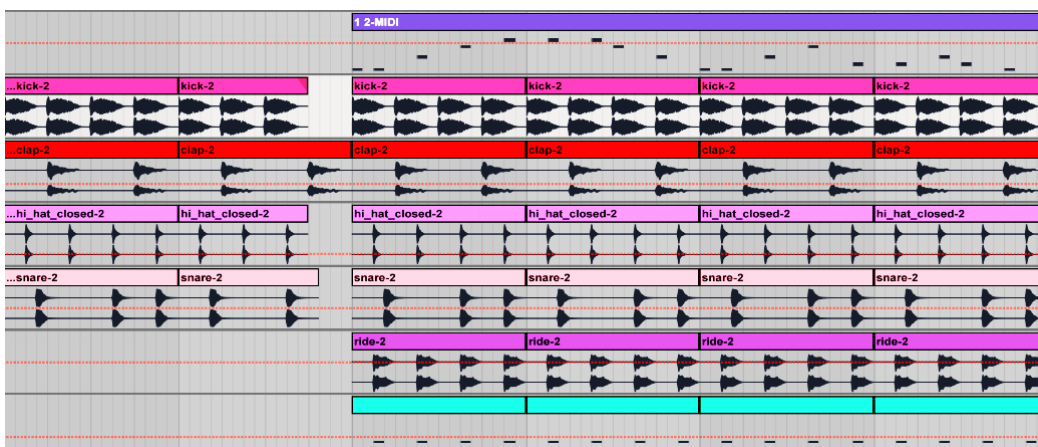
27. Mějte aktivovaný *Draw Mode*  Vložte novou MIDI stopu a označte v ní v časové ose rozsah čtyř taktů. Stiskněte klávesovou zkratku CTRL+SHIFT+M pro vytvoření nového MIDI klipu.
28. Klip rozklikněte a v *Note Editor* klikněte pravým tlačítkem do prostoru notového zápisu a ve vyvolané kontextové nabídce zvolte v kategorii *Fixed Grid* možnost *1/16*. Mřížka se tím rozdělí přesně na 16 částí, jeden takt tedy rozdělí na čtvrtiny. Nahranou MIDI stopu upravte tak, aby jednotlivé noty začínaly v časových okamžicích $\frac{1}{4}$ taktu.
29. Zapište vlastní melodii v tónině F-dur. Příklad zápisu melodie:




30. Vámi vytvořenou melodii vložte na začátek časové osy tak, aby délka trvání byla shodná s délkou trvání ostatních stop a přejmenujte jí:

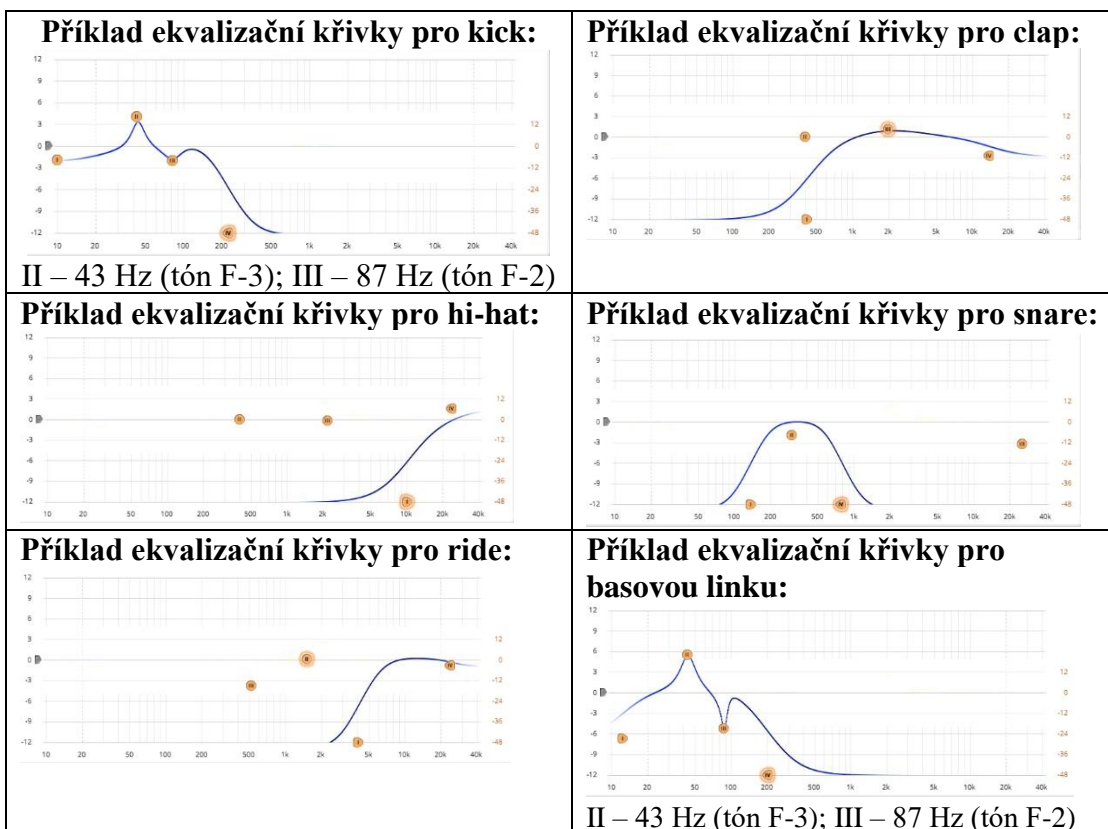


31. Jednotlivé stopy můžete nadále upravovat tak, abyste docílili subjektivního nárůstu atmosféry.
Možné rozšíření kompozice:

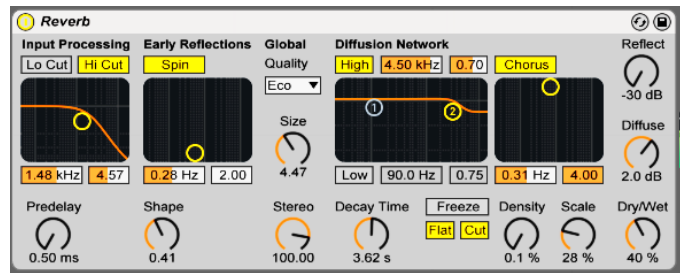


D Zvukový design


32. Dle obrázku vhodného umístění jednotlivých stavebních prvků na pravolevé a předozadní ose z teoretického úvodu kmitočtově omezte jednotlivé MIDI stopy tak, že v levém menu vyberte ve sloupci *Categories* kategorii *Plug-ins* a aplikujete grafický ekvalizér *TDR Nova* jeho přetažením levým tlačítkem myši na vybranou audio stopu. Při omezování nechte daný zvuk přehrávat s aktivovanou funkcí Solo **S** při zasmyčkováném přehrávání (tlačítko ). Kmitočtové omezení můžete provést dle tabulky:

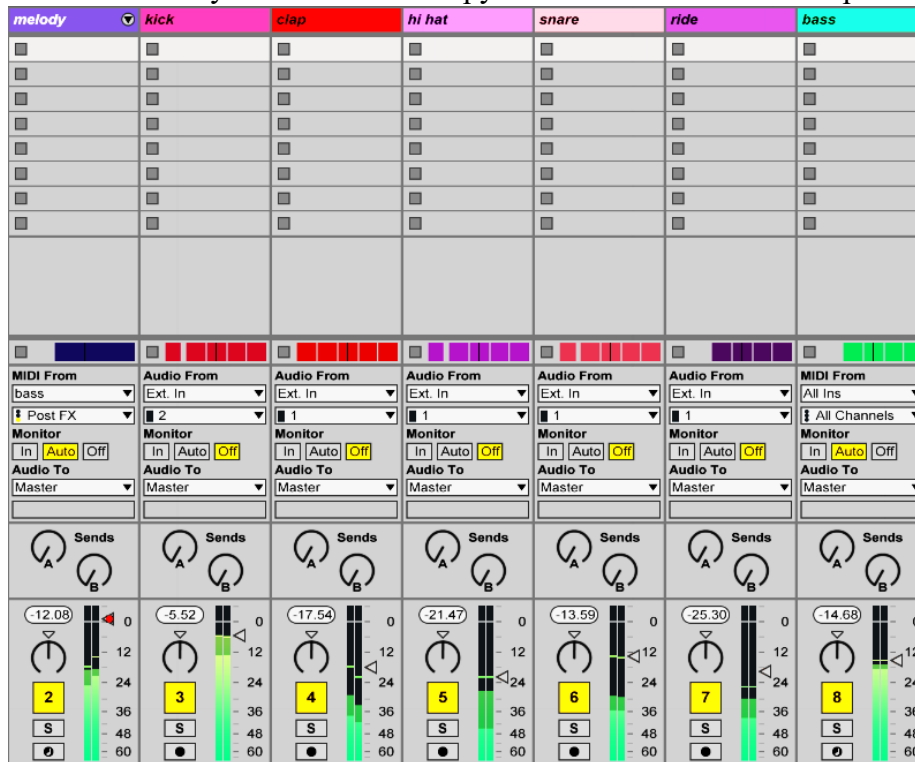


33. V levém menu vyberte ve sloupci *Categories* kategorii *Audio Effects* a přetáhněte efekt *Reverb* levým tlačítkem na MIDI stopu obsahující vámi vytvořenou melodii.
34. Reverb vhodně nastavte. Příklad nastavení pluginu je na obrázku:



E Mixáž

35. V pravém horním rohu přepněte zobrazení tlačítkem  na *Session view*.
36. Demonstrujte zvukové vyvážení hlasitostí jednotlivých kanálů. Naleznete subjektivně dobře znějící kompromis jednotlivých hlasitostí. Úroveň hlasitosti lze zvyšovat/snižovat pomocí změny polohy trojúhelníku umístěného v blízkosti indikátoru vybuzení u každé stopy. Příklad možné mixáže stop:



F Finalizace a export

37. Po dokončení práce zrušte nastavení volby *Solo* u kanálů a hudební soubor vyexportujte. Cesta pro exportování: *File > Export Audio > Export*.

Nahrávání a zpracování zvukového záznamu v Cubase

Cíle měření: Demonstrace nahrávání audiostop a MIDI stop v Cubase, záznam a zpracování mluveného slova, analýza mluveného slova muže a ženy, práce s efekty a porozumění jejich nastavení.

Úkol měření:

1. Prostudujte zapojení pracoviště dle schématu.
2. Seznamte se s programem Cubase.
3. Vyzkoušejte možnosti nahrávání MIDI stop.
4. Vyzkoušejte možnosti nahrávání audio stop.
5. Studujte možnosti softwarové úpravy mluveného slova a audio stop v programu Cubase.
6. Měřte základní parametry softwarových digitálních efektů.

Teoretický úvod:

Efektové procesory

Delay

Nástroj pro tvorbu ozvěny. V analogové technice se ozvěna tvořila zápisem na magnetofonový pásek a tímto principem došlo k tvorbě nekonečné smyčky z přivedeného signálu. Zvuk z nekonečné smyčky byl smíchan s původním signálem, čímž došlo k mnohonásobnému opakování signálu a díky tomu k tvorbě ozvěny.

Nejběžněji nastavitelnými parametry dozvuku je například čas mezi jednotlivými opakováními zvuku (*delay time*), hustota opakování (*feedback*) a také panorama jednotlivých opakování (*panning*).

Pitch tuner

Chromatický doladovač je efekt sloužící pro úpravu výšky tónu. Využití nalézá mimo jiné pro drobnou úpravu vokálů v momentě, kdy zpěvák zazpívá falešný tón.

Filtry

Dolní propust, horní propust

Typ propusti, který odfiltruje s definovanou strmostí ze vstupního signálu kmitočty vyšší (pro dolní propust) nebo nižší (pro horní propust) než je mezní kmitočet f_m . Strmost bývá u běžných hardwarových syntezátorů nastavitelná z definovaných rozsahů (obvykle 6, 12 a 24 dB/okt, pozn.: v oblasti elektronické hudby se strmost filtrů udává zpravidla ve vztahu k oktávě, a ne k dekádě, jako je tomu v jiných oblastech), u DAW systémů je strmost digitálních filtrů nastavitelná v širokém spojitém rozsahu.

Pásmová propust, pásmová zadrž

Kombinace horní a dolní propusti. Propouští se (v případě pásmové propusti) nebo potlačuje (v případě pásmové zadrž) pouze určité kmitočtové pásmo, nastavené s definovanou strmostí mezními kmitočty f_{m1} a f_{m2} , přičemž platí: $f_{m1} < f_{m2}$.

Ekvalizéry

Zařízení umožňující úpravy kmitočtové oblasti vstupního signálu. Ekvalizér se vyskytuje v drtivé většině zvukových zařízení. Podle počtu pásem se dělí na:

- dvoupásmové (jednoduché ekvalizéry ve spotřební zvukové technice, malé mixážní pulty),
- třípásmové (aktivní studiové reproduktory, střední mixážní pulty, dj mixážní pulty, frekvenční výhybky),
- vícepásmové, jejich počet běžně v mocninách 2^n (profesionální hardwarové ekvalizéry, studiové aplikace).

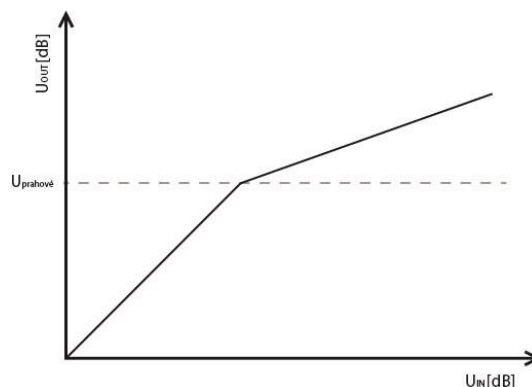
Grafický ekvalizér

Zařízení plnící funkci vícepásmového ekvalizéru osazené tahovými potenciometry umístěnými v posloupnosti korespondující s umístěním příslušného ovládaného kmitočtu ve frekvenčním spektru. Všechna ovládaná pásma pokrývají celé akustické spektrum.

Dynamické procesory

Kompresor

Zařízení zeslabující vstupní signál nad nastavenou prahovou úrovní. Zeslabením dojde ke kompresi dynamického rozsahu (rozdíl mezi nejslabší a nejhlasitější částí signálu) dle zvoleného kompresního poměru. Časté využití kompresorů ve zvukové praxi je při prevenci přebuzení zvukového řetězce neočekávaným maximem vstupního signálu. Tento neočekávaný extrém se vlivem kompresoru ztiší.



Převodní charakteristika kompresoru s nastaveným kompresním poměrem 2:1

De-esser

Speciální případ kompresoru pracujícího jen v určitém kmitočtovém rozsahu. Používá se zejména při úpravě zpěvu pro potlačení sykavek. Vyskytne-li se v nastaveném kmitočtovém pásmu výraznější sykavka, kompresor ji potlačí v poměru nastaveném prahovým napětím.

Počítačové zpracování zvukového záznamu

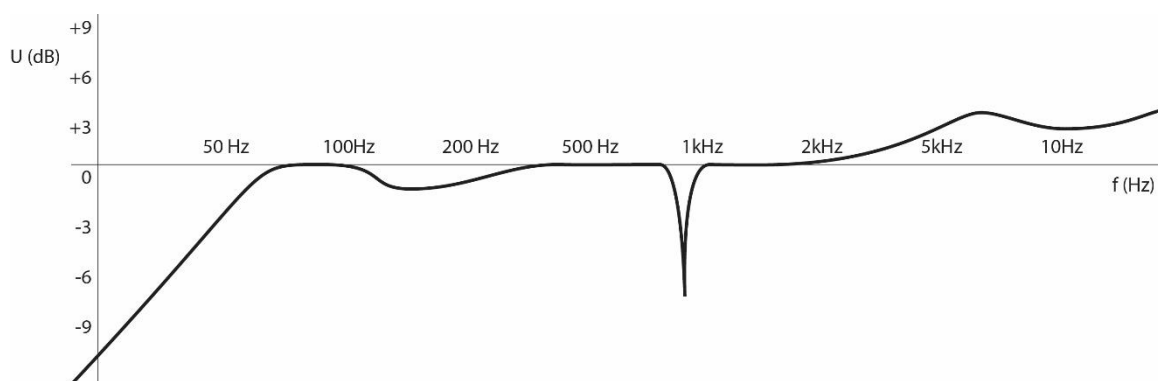
Amplitudová obálka

Neodmyslitelnou součástí práce se zvukovým záznamem je forma vizualizace časového nahrávky. Ta je postavena nejčastěji na zobrazování plovoucího odhadu špičkové hodnoty signálu, podobně jako je tomu u měřičů úrovně signálu.



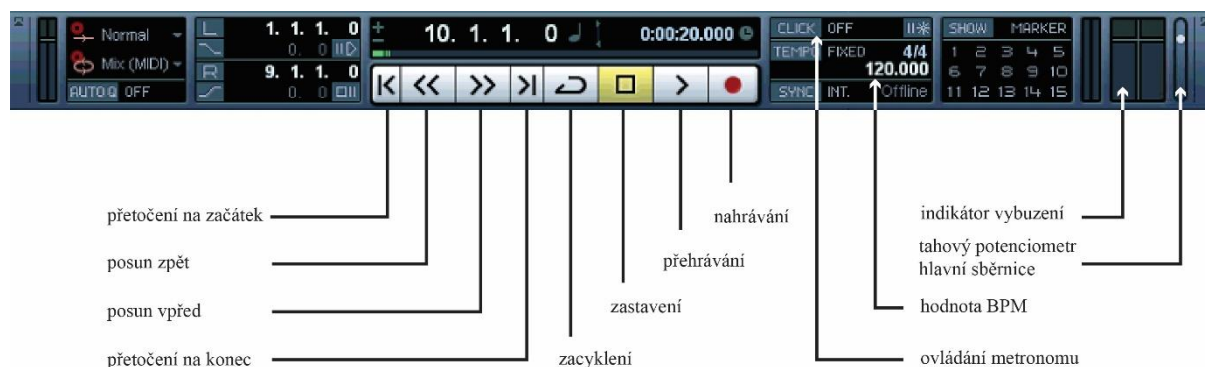
Možnosti editace zvukového záznamu

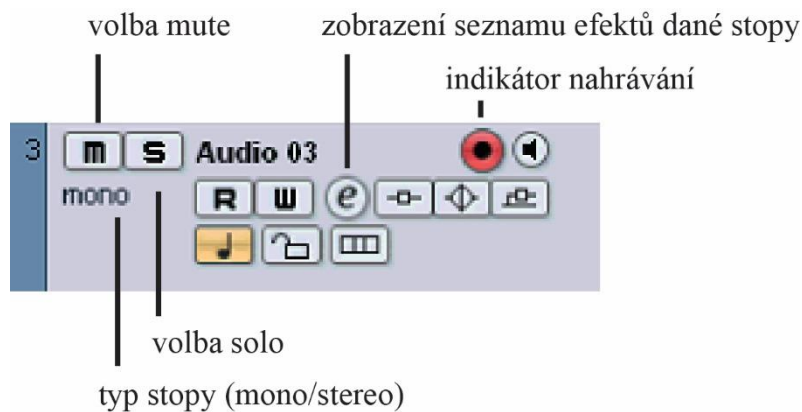
Při zpracování nahrávky lidského hlasu je kladen důraz na vhodnou ekvalizaci nahrávky. Nízké kmitočty do několika desítek Hz, obsahující zpravidla nežádoucí ruchy, je vhodné odfiltrovat horní propustí. Rezonanční frekvence, vytvořené průchodem zvuku hlasovým traktem, je vhodné odfiltrovat pásmovou zadrží. Vyšší kmitočty ležící v rozsahu řečového spektra zhruba mezi 6 a 8 kHz, je vhodné zesílit pro zlepšení subjektivního vjemu z vokálu. Pro redukci nežádoucí zvukové složky sykavek je vhodné využití de-esseru, kompresoru pracujícího v určitém kmitočtovém pásmu, jež problémové zvuky účinně potlačuje.



Příklad možné ekvalizační křivky upravovaného mluveného slova

Uživatelské prostředí programu Cubase





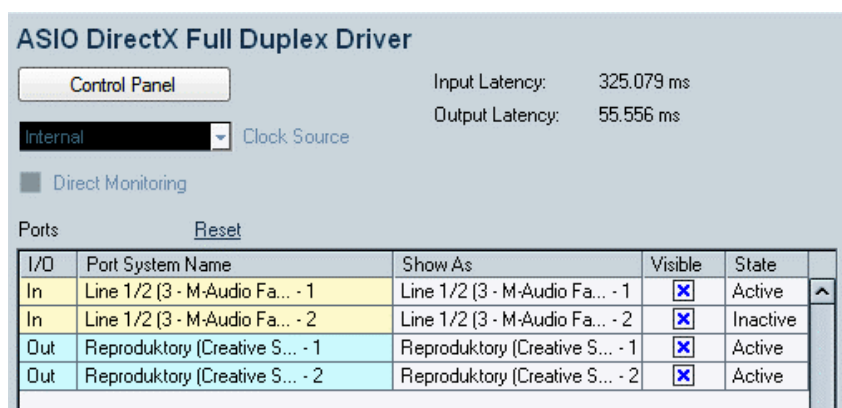
Ovládací konzole Steinberg CC121 nabízí možnost pohodlného hardwarového ovládání funkcí programu Cubase. Připojení k počítači je zajištěno skrze USB rozhraní.



Nastavení vstupu pro nahrávání

Nahrávání probíhá do zvukové karty M-Audio Pro Track. V úloze se nahrává audiovýstup z mikrofonního přijímače Shure a také audiovýstup a MIDI zprávy ze zařízení *X-Station 49*. Na rackovém mixážním pultu nastavte potenciometr FX/Send příslušného kanálu (MIC/X-ST) přibližně do 2/3 jeho rozsahu. Ujistěte se, že stejné potenciometry u ostatních kanálů jsou ve své minimální poloze. Tímto se směruje signál z bezdrátového mikrofonního přijímače/syntezátoru *X-Station 49* do oddělené sběrnice, na jejímž výstupu je připojen vstup zvukové karty M-Audio Pro Track.

Softwarové nastavení v programu Cubase: *Devices > Device Setup > VST Audio System*, zvolit *ASIO DirectX Full DuplexDriver*:



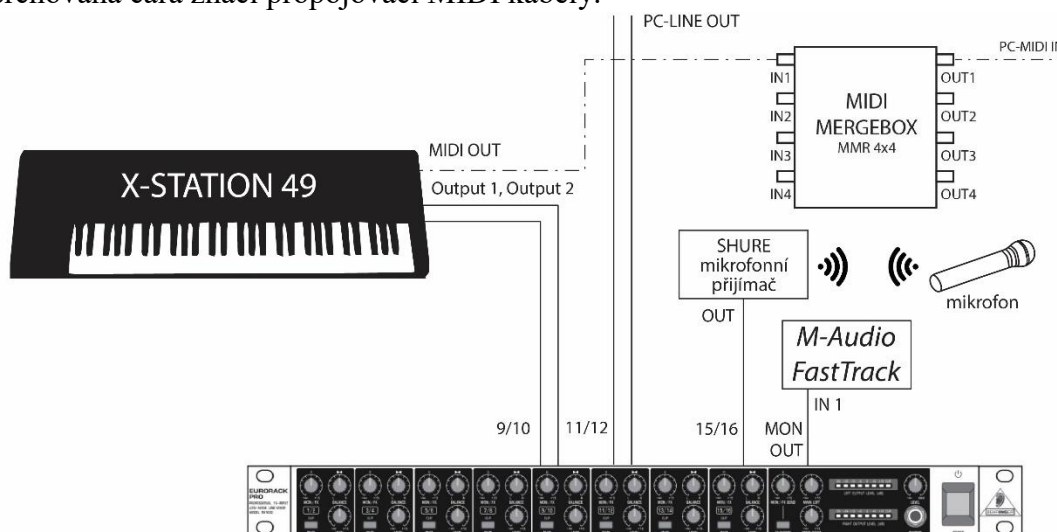
Nastavení vstupů a výstupů: *Devices > VST Connections*:

karta *Inputs*: mono vstup *Line 1/2 (3 – M-Audio Fast Track Pro) – 1*

karta *Outputs*: stereo výstup – levý kanál: *Reproduktory (Creative SB Audigy 2 ZS (WDM))-1*,
pravý kanál *Reproduktory (Creative SB Audigy 2 ZS (WDM))-2*

Postup měření:







1. Zapojte měřicí pracoviště dle schématu. Plná čára značí propojovací linkové kabely, čerchovaná čára značí propojovací MIDI kabely.



2. Spusťte program Cubase 5 a v úvodní nabídce zvolte vytvoření pracovního prostředí s názvem: „C5 – 8 mono 4 Stereo Audio Tracks Recorder“.

A Nahrávání audio stopy

3. Zapněte syntezátor X-Station 49 a vyberte v něm příslušným ovládacím prvkem jeden z přednastavených zvuků. Na rackovém mixážním pultu nastavte potenciometr FX/Send kanálu X-ST přibližně do 2/3 jeho rozsahu. Ujistěte se, že stejné potenciometry u ostatních kanálů jsou ve své minimální poloze. Tímto se směruje signál ze syntezátoru X-Station 49 do oddělené sběrnice, na jejímž výstupu je připojen vstup zvukové karty M-Audio Pro Track.






- Tlačítkem  u jedné z mono audiostop aktivujte nahrávání do této stopy. Aktivujte funkci metronomu tlačítkem . Tlačítkem  v horním panelu spusťte nahrávání.
- Nahrajte dostatečně dlouhý zvuk (zhruba 15 sekund). Pro ukončení nahrávání slouží tlačítko . U nahrávané audio stopy poté deaktivujte nahrávání tlačítkem .
- Klikněte na tlačítko zobrazení efektů . Aplikujte efekt Vibráto za účelem demonstrace jeho funkce. Měňte parametr hloubky *Depth* a subjektivně zkoumejte vliv efektu na mluvené slovo. Diskutujte poslechem jeho vliv na zvukový charakter nahrávky.

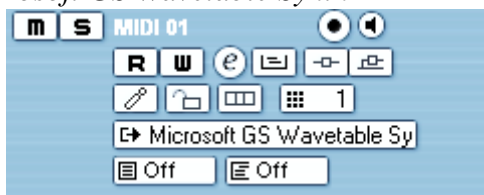


- Aplikujte efekt Tremolo za účelem demonstrace jeho funkce. Měňte parametr hloubky *Depth* a subjektivně zkoumejte vliv efektu na mluvené slovo. Diskutujte poslechem jeho vliv na zvukový charakter nahrávky.






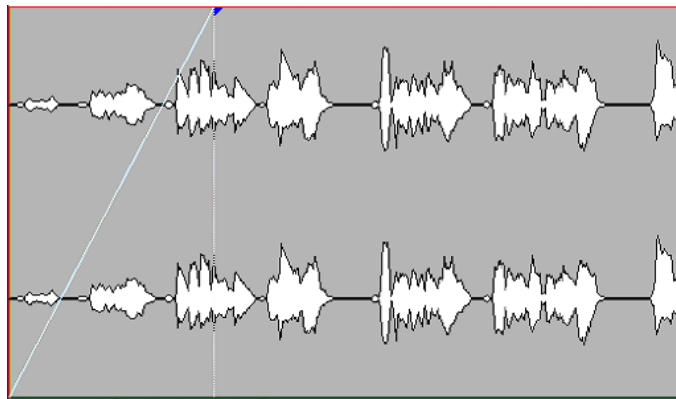
B Nahrávání MIDI stopy


- Klikněte pravým tlačítkem myši do oblasti seznamu stop a z kontextové nabídky vyberte *Add Track > Add MIDI Track*. Tlačítkem  u jedné z MIDI stop aktivujte nahrávání do této stopy. Aktivujte funkci metronomu tlačítkem . Tlačítkem  v horním panelu spusťte nahrávání.
- Nahrajte dostatečně dlouhou sekvenci (zhruba 15 sekund). Pro ukončení nahrávání slouží tlačítko . U nahrávané MIDI stopy poté deaktivujte nahrávání tlačítkem .
- Roztáhněte vertikálně okno MIDI stopy, do které jste zaznamenávali a nastavte v jeho kanálu jako výstup „Microsoft GS Wavetable Synth“. Nahranou MIDI stopu přehrajte.

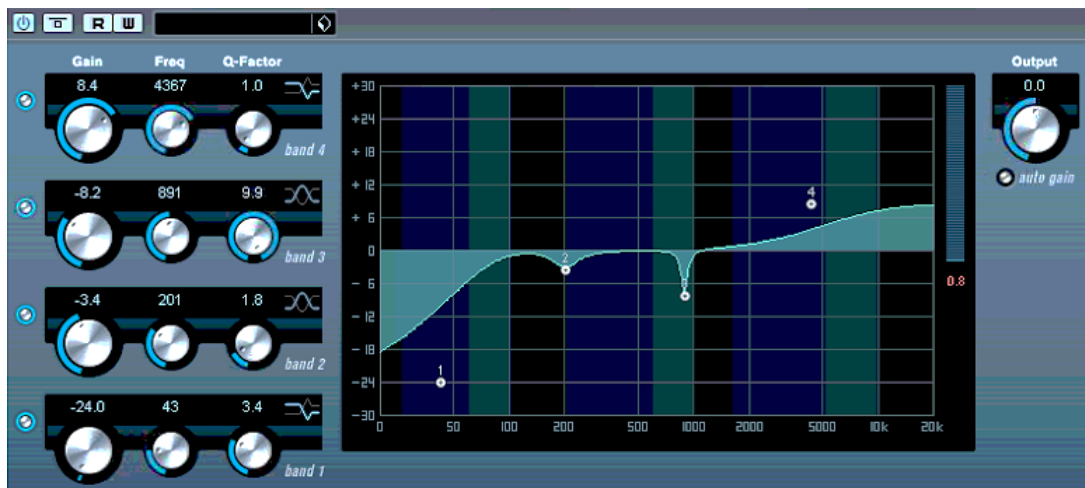


C Nahrávání mluveného slova

11. Na rackovém mixážním pultu nastavte potenciometr FX/Send kanálu *MIC* přibližně do 2/3 jeho rozsahu. Ujistěte se, že stejné potenciometry u ostatních kanálů jsou ve své minimální poloze. Tímto se směruje signál z bezdrátového mikrofonního přijímače Shure do oddělené sběrnice, na jejímž výstupu je připojen vstup zvukové karty M-Audio Pro Track. Tlačítkem  u jedné z mono stop aktivujte nahrávání do této stopy. V horním panelu tlačítkem  spusťte nahrávání.
12. Nahrajte mluvené slovo. Nahrávání ukončíte tlačítkem .
13. Změnou polohy zarážky umístěné v obou horních rozích stopy můžete vytvořit efekt postupného náběhu (*fade in*) nebo doběhu (*fade out*).



14. Klikněte na tlačítko zobrazení efektů . Přidejte ekvalizér pod názvem „StudioEQ“.
15. Vyzkoušejte aplikovat ekvalizační křivku z teoretického úvodu a subjektivně poslechem zhodnoťte, jaký průběh ekvalizační křivky je pro danou nahrávku nejvhodnější. Pomocí pásmové zádrže se pokuste nalézt (odfiltrout) kmitočety, na kterém se nachází rezonanční kmitočety. Pokuste se určit kmitočtový rozsah sykavek v této nahrávce.



16. Ověřte funkci De-esseru. Demonstrujte funkci potlačení sykavek pomocí tohoto efektu.



17. Poslechem subjektivně **porovnejte** a diskutujte vliv použití **ekvalizéru** a **de-esseru** při potlačení sykavek na charakter mluveného slova.
18. Z adresáře „*uloha_vokaly*“ načtete do Cubase profesionálně zaznamenané nahrávky mužského a ženského mluveného slova.
19. Na spektrálním analyzátoru v počítači zobrazte amplitudová spektra signálů a určete přibližné kmitočtové rozsahy mužského a ženského mluveného slova. Pro oby typy mluveného slova opakujte body 15 a 16 a vaše naměřené výsledky zaznamenejte do tabulky:

Mužský hlas	Ženský hlas
Kmitočtový rozsah:	Kmitočtový rozsah:
Rezonanční kmitočet:	Rezonanční kmitočet:
Náčrt (subjektivně) nejlépe znějící ekvalizační křivky v logaritmické ose:	Náčrt (subjektivně) nejlépe znějící ekvalizační křivky v logaritmické ose:
Úroveň nastavení De-esseru:	Úroveň nastavení De-esseru:

20. Ověřte funkci kompresoru. Nastavte zkusmo vysoký kompresní poměr a přepínejte volbu *soft knee*. Poté nastavte kompresor tak, abyste dosáhli poslechem subjektivně nejlepšího zvukového výsledku. Diskutujte nastavení parametrů.



21. Zkoumejte funkci efektu *Tuner*. Jakým principem efekt analyzuje přehrávaný tón ?



22. Aplikujte modifikovanou verzi efektu *delay* – efekt *PingPongDelay*. Otestujte, jaký vliv na signál má nastavení parametru doby trvání ozvěny *Delay* (udáváno v počtu taktů) a subjektivně porovnejte poslechem zvukové vlastnosti signálů.



23. Přehrajte úsek audiostopy a pomocí osciloskopu změřte dobu dozvuku při třech různých kombinacích parametrů *Delay* a množství ozvěny udávané parametrem *Feedback*.

Delay:	Feedback:	Naměřená doba dozvuku:
_____	_____	_____ % _____
_____	_____	_____ % _____
_____	_____	_____ % _____

