

Využití Cubase pro zpracování audio - signálů

Using the Cubase for audio signal
processing

Petr Hoffmann

Diplomová práce
2005



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Institut řízení procesů a aplikované informatiky

Rád bych poděkoval prof. Ing. Vladimíru Vaškovi, CSc. za vstřícnost a udělené rady v průběhu realizace této práce.

Prohlašuji, že jsem na celé diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval.

Ve Zlíně, 14. 06. 2005

.....

jméno diplomanta

ABSTRAKT

Tato práce popisuje programový systém Cubase se zaměřením na zpracování audio signálů. První část je věnována literární studii, mapující současný trh s programovými systémy pro zpracování audio signálů. V druhé části je obecně popsán princip snímání, digitalizace a úpravy signálu. Třetí část je praktická a popisuje ovládání systému Cubase s demonstrací konkrétních kroků zpracování signálu od záznamu přes úpravy, až po export do výsledného audio souboru. Praktická část by mohla v budoucnu sloužit studentům jako příručka pro práci s tímto programovým systémem při studiu zpracování signálů.

This diploma thesis describes Cubase software systém, putting an emphasis on audio signal processing. The first part takes a focus on survey of actual multitrack audio software market. There is generally described the principle of picking up the signal, its digitizing and editing in the second part. The third part is practical and describes controlling of the Cubase system with demonstration of particular steps of the signal processing from picking up the signal, through editing to final export into an audio file. This practical part could be helpful as an operation manual for students using this software system during a study of audio signal processing.

OBSAH

ABSTRAKT.....	4
ÚVOD.....	7
1 ANALÝZA NABÍDKY PROGRAMOVÝCH SYSTÉMŮ.....	9
1.1 PŘEHLED PROGRAMOVÝCH SYSTÉMŮ.....	10
1.1.1 Sonar 4.....	10
1.1.2 Cubase SX 3.....	11
1.1.3 Nuendo 3.....	12
1.1.4 Vegas 5.....	13
1.1.5 Pro Tools TDM.....	14
2 TEORETICKÁ ČÁST.....	16
2.1 ZDROJE SIGNÁLU.....	16
2.1.1 Akustické zdroje signálu (mikrofony).....	17
2.1.2 Elektrické zdroje signálu.....	21
2.1.3 Kabely a konektory.....	21
2.2 PŘEVOD A/D.....	22
2.2.1 Rozlišení A/D převodníků.....	22
2.2.2 Přesnost.....	23
2.2.3 Vzorkování.....	24
2.2.4 Rozdělení A/D převodníků.....	27
2.2.5 Typy A/D převodníků.....	28
2.3 CESTA VNITŘNÍHO SIGNÁLU.....	35
2.4 PRIMÁRNÍ ZPRACOVÁNÍ SIGNÁLU.....	35
2.4.1 Odstranění SS složky.....	35
2.4.2 Normalizace.....	36
2.4.3 Úprava dynamiky signálu.....	36
2.5 EDITACE.....	38
2.5.1 Obrácení fáze.....	39
2.5.2 Stříhání.....	39
2.5.3 Kopírování a přesouvání.....	39
2.5.4 Fade in, Fade out.....	40
2.6 SEKUNDÁRNÍ ZPRACOVÁNÍ SIGNÁLU.....	40
2.7 SOUČET SIGNÁLŮ, MIXÁŽ.....	42
2.8 MASTERING + EXPORT.....	43
3 PRAKTICKÁ ČÁST.....	44
3.1 ZÁKLADNÍ POPIS PROSTŘEDÍ.....	44
3.1.1 Založení projektu.....	45
3.2 ZÁZNAM DO STOP.....	46
3.2.1 Vytvoření audio stopy.....	47
3.2.2 Záznam do audio stopy.....	48
3.3 PRIMÁRNÍ ZPRACOVÁNÍ SIGNÁLU.....	54
3.3.1 Odstranění SS složky.....	57
3.3.2 Normalizace.....	57
3.3.3 Úprava dynamiky.....	58
3.4 EDITACE.....	62
3.4.1 Obrácení fáze.....	62
3.4.2 Stříhání.....	63
3.4.3 Kopírování a přesouvání.....	64
3.4.4 Fade in, Fade out.....	64
3.5 SEKUNDÁRNÍ ZPRACOVÁNÍ SIGNÁLU.....	65
3.5.1 Virtuální aplikace plug-in procesorů.....	66

3.6	MIXÁŽ	72
3.6.1	Mixážní pult.....	72
3.6.2	Automatizace.....	73
3.6.3	Export do audio souboru	74
ZÁVĚR.....		76
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY		77
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....		78
SEZNAM OBRÁZKŮ.....		80
SEZNAM TABULEK		82

ÚVOD

V dnešní době zaujímá digitální technika přední místa téměř ve všech oborech lidské činnosti. Tomuto trendu se nevyhnuly ani oblasti zvukové a vizuální techniky, u kterých se v posledních letech vžilo souhrnné označení multimédia. S rozvojem čím dál výkonnějšího hardware a software došlo k obrovskému rozmachu využití digitálních technologií v tomto oboru.

Člověk se odpradáвна snažil zachytit a zvěčnit různé výjevy ze svého života. Ať už to byly běžné situace denního života, nebo různé myšlenky, zážitky, pocity či přání. K tomu využívá různé techniky. Nejprve to byly fresky, rytiny, nebo sochy, později pak malby, písemnosti a notové záznamy. Lidské pokolení je nepochybně puzeo k neustálé kreativité. Zásadní zlom však nastal s příchodem fotografie, později filmu a záznamu zvuku. To umožnilo začít zachycovat dění kolem nás v reálné podobě. Nutno podotknout, že žádné záznamové zařízení zatím nebylo schopno zachytit realitu stoprocentně věrně, rozvoj techniky však umožňuje neustálé zdokonalování. S rozmachem záznamové techniky se však i zásadně posunuly hranice kreativity a vyvstaly nové technické, vědecké a umělecké disciplíny.

V oblasti audio techniky se ujal způsob záznamu pomocí mikrofónů a analogových magnetofónů na magnetický pásek. Tato technologie se používá dodnes, neboť zvukový charakter nahrávky je stále kvalitnější než u digitálního záznamu a mnoho lidí nedá na magnetofonový záznam dopustit mimo jiné proto, že dodává nahrávce jistý specifický charakter. Konstrukce digitálních záznamových zařízení ale hlavně programového vybavení musí vycházet ze zažitého analogového způsobu záznamu a snaží se tento způsob práce spíše simulovat. To je dáno dlouholetou tradicí analogových systémů a zvyklostmi zvukařů, dalo by se říci, že jakousi konvencí. Ač to staví digitální technologie do méně výhodné pozice, přesto se v masové míře uplatňují a nahrazují analogová záznamová zařízení.

Cílem této diplomové práce je prozkoumat a popsat současnou situaci v oblasti digitálního zpracování zvuku s konkrétním zaměřením na programový systém Cubase, kterým je vybavena laboratoř multimediální techniky v Institutu řízení procesů a aplikované informatiky (ÚŘPI) Fakulty technologické ve Zlíně. Práce je detailně zaměřena na oblast zpracování audio signálů a je koncipována tak, aby mohla sloužit jako pomůcka pro studenty při práci v multimediální laboratoři s programovým systémem Cubase.

Práce je rozdělena do tří částí. První část je literární studie, mapující současný trh s vícestopými programovými systémy, zpracovávajícími zvukový signál. V druhé, teoretické části je obecně popsána problematika digitálního zpracování audio signálu, a část třetí je věnována zpracování signálu v programovém systému Cubase.

1 ANALÝZA NABÍDKY PROGRAMOVÝCH SYSTÉMŮ

Při prováděném průzkumu jsem se zaměřil na programové systémy, uzpůsobené pro vícestopý záznam a zpracování audio signálu. Co se hardwarového vybavení týče, zjistil jsem, že v kvalitních profesionálních nahrávacích studiích se těší oblibě systémy Macintosh pro jejich vysokou spolehlivost, výkonnost, ale také díky lepší vzájemné kompatibilitě různých verzí software i hardware, případně specializované harddiskové vícestopé digitální pracovní stanice, kterých je na trhu nepřehledná řada a jejich podrobný popis přesahuje rámec této práce. Patří mezi ně například systémy Pro Tools HD od firmy Digidesign, Pyramix společnosti Merging technologies, vývojem těchto systémů se zabývají také společnosti Akai, Alesis, Mackie, Sound scape a mnoho dalších [11], [12]. PC nacházejí uplatnění spíše v menších poloprofesionálních a amatérských studiích. Níže uvádím stručný přehled systémů pouze pro PC, jelikož školní laboratoř je vybavena počítači tohoto typu.

Na počítačích Macintosh patří mezi nejpoužívanější systémy Pro Tools, Digi 001, Digi 002 firmy Digidesign, Logic Pro firmy Emagic nebo Digital Performer od MOTU. Na PC zaujímají přední pozice Sonar od firmy Cakewalk, Nuendo, Cubase firmy Steinberg, Vegas od Sony, Samplitude od SEK'D nebo Logic od Emagic [11], [12]. Některé z uvedených jsou dostupné jak pro PC, tak i pro Mac. Vzhledem k tomu, že Logic se již vyrábí pouze pro Macintosh (je sice možné sehnat výprodejovou verzi 5.0 Pro PC, avšak jeho vývoj na PC byl definitivně zastaven, nemá tedy pro tuto platformu budoucnost) a k Samplitude jsem nashromáždil velmi málo informací, ani se mi nepodařilo nalézt jej v žádném z ceníků, jsem tyto dva programy vynechal. Samplitude není příliš rozšířený a navíc měl poměrně závažnou chybu ve zpracování audio signálu, která za určitých okolností mohla daný signál zkreslovat. Není mi známo, zdali se podařilo v některé z novějších verzí tuto závadu odstranit.

S rozvojem software i hardware se stále zrychluje i vývoj nových zvukových a obrazových formátů a proto jsem se snažil vyzdvihnout především novinky, kterými jednotlivé programy disponují. Programové systémy mají v celém nahrávacím řetězci především záznamovou a obslužnou funkci, rozhodující vliv na kvalitu záznamu mají hlavně zvukové karty, převodníky, mikrofony, mixážní pulty a kabely. Mnoho zkušených zvukařů doslova tvrdí, že „zvuk se dělá mimo počítač“. Myslí tím to, že do digitálního záznamového zařízení by měl směřovat takový signál, se kterým jsme co do kvality

spokojení, neboť nelze předpokládat, že nám ho počítač nějak zázračně vylepší. Většina ze současných programových systémů podporuje i připojení externích fyzických efektových procesorů, MIDI sekvencerů, digitálních mixpultů, nebo záznamových zařízení apod. Tato zařízení zajišťují lepší kvalitu zvuku a programy tak mohou plnit pouze funkci rozhraní mezi uživatelem a nahrávací technikou. Protože trend je takový, že jednotliví vývojáři komponují do svých programů prvky svých konkurentů, nejsou mezi nimi příliš výrazné rozdíly. Liší se většinou v počtu povolených stop, v podporovaných vzorkovacích kmitočtech, počtem vstupů a výstupů pro efekty, v příslušenství (plug-in efekty, virtuální nástroje apod.). [5], [11]

1.1 Přehled programových systémů

Mezi vícestopé programové systémy pro zpracování audio signálu na PC, dostupné v současné době na našem trhu patří níže uvedené.

1.1.1 Sonar 4

Výrobce: Twelve Tone Systems

Platforma: Win 2000/XP

Vícestopý programový systém pro nahrávání, editaci a mixáž neomezeného počtu audio a MIDI stop v jakékoliv volitelné vzorkovací frekvenci včetně následného masteringu (kapitola 2.7) a exportu do rozličných zvukových formátů včetně 5.1 surroundu. Obsahuje i nástroje pro import, editaci a export videa.

Výhody, specifiky:

- možnost práce s prostorovým zvukem
- podpora hardware a externích zařízení rozličných značek (zvukové karty, mixpulty, efekty, převodníky apod.)
- přesná synchronizace audia, MIDI, videa i externího hardware
- nastavitelná hustota posuvu kurzoru-až po jednotlivých vzorcích
- možnost práce se smyčkami s podporou formátu Acid
- DirectX i VST plug-in efekty, MFX MIDI efekty, Lexicon Pantheon Reverb

- možnost plné automatizace při mixáži včetně automatizace parametrů efektů
- podpora virtuálních nástrojů DXi a VSTi (balík obsahuje 3 DXi syntezátory) a ReWire
- velké množství import a export souborových formátů pro audio, MIDI i video, včetně formátů pro komunikaci s jinými softwarovými systémy (Digital Performer, Logic, Nuendo, Pro Tools apod.)
- možnost využití více procesorů najednou (pro víceprocesorové počítače)
- editace MIDI: psaní not v notové osnově, korekce, psaní značek, textů a možnost tisku partitury

Poznámka:

Nástupce programových systémů Cakewalk. Software profesionální úrovně. Je vhodný do nahrávacích studií pro produkci ale i postprodukci hudby a zvuku. Má mnoho užitečných funkcí, přehledné ovládání, dobře vyřešenou práci s MIDI a rozumné požadavky na výkon počítače. Na trhu jsou dostupné dvě verze. Dražší pod názvem Producer edition, levnější a hůře vybavená je Studio edition. Firma Twelve Tone Systems nabízí ještě programy Home studio a Music creator pro, což jsou ještě levnější „domácí“ verze, které se podobají spíše dřívějším produktům řady Cakewalk.

1.1.2 Cubase SX 3

Výrobce: Steinberg

Platforma: Win XP, Mac OS X

Vícestopý programový systém pro nahrávání, editaci a mixáž 64 audio a neomezeného počtu MIDI stop ve vzorkovací frekvenci do 192 kHz/24 bitů včetně masteringu.

Výhody, specifiky:

- kvalitně vyřešená práce s audio signály
- možnost editace MIDI
- časová komprese/expanze audio stop a změny ladění v reálném čase
- VST, DirectX, ReWire plug-in efekty a nástroje
- podpora práce se smyčkami, formát Acid, automatické přizpůsobení smyček tempu projektu

- možnost zmrazení stop včetně efektů
- možnost nastavení automatického nahrávání (v určitých časových intervalech)
- při otevření projektu na jiném počítači nebo v jiné verzi programu se zachovají cesty k plug-in efektům a virtuálním nástrojům i když na jiném systému chybí; je-li projekt otevřen v originálním systému, plug-in efekty a nástroje jsou na svém místě
- možnost definovat různá pracovní prostředí a přepínat mezi nimi, využití více monitorů

Poznámka:

Software profesionální úrovně s dobře vyřešeným zpracováním audio signálů. Dobrý poměr kvality a ceny. V současnosti nejlepší verze Cubase. Cubase SL je levnější verzí tohoto systému. Oproti verzi SX je ochuzena o podporu surround mixáže a má méně sběrnic pro plug-in efekty. Existuje také velmi levná školní verze Cubase SE a program Cubasis VST, který vychází ze starší verze Cubase VST a podporují operační systémy Windows 95 a Windows 98.

1.1.3 Nuendo 3

Výrobce: Steinberg

Platforma: Win XP, Mac OS X

Vícestopý programový systém pro nahrávání, editaci a mixáž 64 audio a neomezeného počtu MIDI stop ve vzorkovací frekvenci do 192 kHz/24 bitů včetně masteringu. Zpracovává také video. Je určen hlavně pro produkci a postprodukci hudby a zvuku pro film, video, TV apod.

Výhody, specifika:

- kvalitní práce s audio a video signály
- možnost mixáže v několika formátech prostorového zvuku, možnost převodu mezi nimi
- podpora připojení externího hardware (např. efektového procesoru) včetně kompenzace zpoždění
- editační možnosti audia a MIDI totožné s Cubase SX3
- podpora komunikace s jinými programovými systémy

- možnost „roztazení“ zvukové stopy přesně na obraz a naopak
- dobře vyřešené zpracování video signálů
- nastavitelná rychlost přehrávání video signálu

Poznámka:

Programový systém profesionální úrovně, navržený především pro produkci (postprodukci) hudby a zvuku k vizuálním médiím. Oproti Cubase má přehlednější pracovní prostředí.

1.1.4 Vegas 5

Výrobce: Sony

Platforma: Win 2000/XP

Vícestopý programový systém pro zpracování audio a video signálů. Neomezené množství audio stop, vzorkování do 192 kHz 24/32 bitů.

Výhody, specifika:

- kvalitní zpracování audio a video signálů
- podpora prostorového zvuku
- rychlé ovládání pomocí inteligentního uchopovacího algoritmu
- možnost nastavení kroku kurzoru, např. na okna videa
- audio scrubbing – simulace přetáčení pásu
- 30 audio efektů pracujících v reálném čase - jsou přímo součástí instalace
- DirectX plug-in efekty, připojitelné paralelně i sériově
- expanze / komprese rychlosti audio i video signálu v reálném čase
- podpora smyček a formátů Acid
- možnost směrování více sběrnic do jiné sběrnice
- plná automatizace mixáže včetně parametrů efektů
- neomezený počet zpětných kroků (undo / redo)

- nastavitelné uživatelské prostředí
- možnost využití více procesorů pro zrychlení výpočtů
- možnost vypalování CD nebo DVD včetně surround formátu
- import / export mnoha souborových formátů (např. AIFF, MP3, WMA, WMV)

Poznámka:

Vynikající programový systém pro zpracování video a audio signálů. Ve srovnání s jinými programy pro zpracování video signálů zabírá na pevném disku mnohem méně místa (cca 60 MB) a k tomu má ještě výborné vícestopé zpracování audio signálů. Jedinou jeho nevýhodou je, že nepracuje s MIDI.

1.1.5 Pro Tools TDM

Výrobce: Digidesign

Platforma: Win XP, Mac OS X

Vícestopý programový systém pro nahrávání, editaci, mixáž a mastering audio signálů a MIDI. Maximálně 192 audio stop (výrobce garantuje při použití Pro Tools hardware) a 256 MIDI stop, vzorkování do 192 kHz / 24 bitů. Podporuje import / export různých formátů. Pracuje i s prostorovým zvukem.

Výhody, specifika:

- vysoká stabilita a spolehlivost
- výrobce garantuje naprostou spolehlivost v zachování kvality audia během produkčního procesu a možnost přehrávání a mixáže až všech 192 audio stop najednou
- velké množství prvotřídních efektů (některé z nich simulují nejznámější studiové efektové procesory)
- dokonalá automatizace
- možnost skrýt vybrané stopy na pozadí
- podpora ReWire
- pohyb kurzoru až po jednotlivých vzorcích

-absolutní kompatibilita s jakoukoliv jinou verzí Pro Tools, lhostejno zda-li jde o Macintosh nebo PC verzi včetně zachování veškeré automatizace, nastavení stop, MIDI dat a dokonce nastavení efektů

-velké množství mono, stereo i prostorových formátů

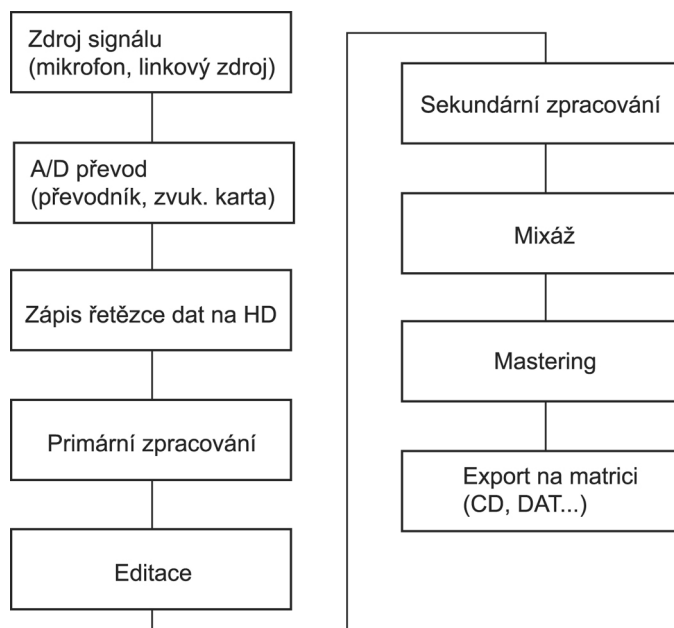
-podobné ovládání audio i MIDI stop

Poznámka:

Řadí se mezi nejkvalitnější profesionální programové systémy. Používá se výhradně v profesionálních studiích a splňuje nejnáročnější kritéria pro kvalitu zpracování zvuku a hudby. Patří mezi nejdražší systémy. Výrobce nabízí kompletní balík včetně hardwarového vybavení, kde je garance spolehlivé funkce celého zařízení. Na trhu existují také levnější verze Digi 001 (již se přestala vyrábět) a Digi 002. Balík Digi 002 obsahuje ovladač pro hardware, mixážní pult s A/D, D/A převodníky a MIDI rozhraní v jednom, a programový systém Pro Tools LE, což je levnější verze s menším vybavením.

2 TEORETICKÁ ČÁST

Úkolem záznamových technologií je pokusit se co nejvěrněji zachytit reálný svět. V této kapitole vysvětlím jak se tomu děje při digitálním zpracování zvuku. Pokusím se popsat celý nahrávací řetězec a proces záznamu od sejmutí senzorem až po výsledný export na reprodukovatelné médium.



Obr. 1. Schéma nahrávacího řetězce

2.1 Zdroje signálu

Protože se na tomto stupni celý řetězec zpracování audio signálů začíná, popíšu v této kapitole princip získávání zvukového signálu z různých zdrojů.

Zdroje audio signálu je možno rozdělit do dvou skupin. První skupinou jsou **akustické zdroje signálu**, druhou **elektrické zdroje signálu**.

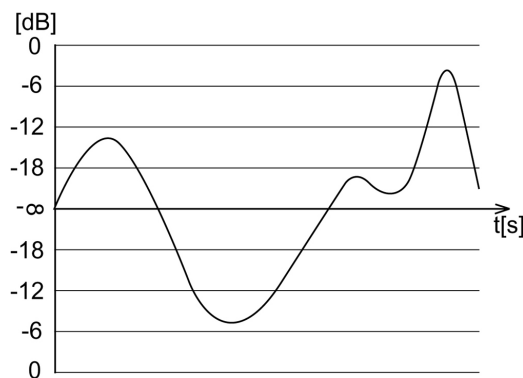
Nejčastěji se používá snímání zvuku pomocí mikrofónů či snímačů. V dnešní době jsou však používány jako zdroje signálu také předem nahrané (navzorkované) zvuky, avšak původní záměr nahrávání zvuku byl zachytit co nejvěrněji reálný akustický zvuk nástrojů nebo lidského hlasu.

Zdroje audio signálu můžeme ve zvukové praxi rozdělit do dvou základních skupin. První skupinou jsou mikrofony, druhou skupinou pak linkové zdroje. V této kapitole uvedu

některé zdroje linkového signálu a základní typy mikrofonů, zmíním se též o kabeláži a konektorech.

2.1.1 Akustické zdroje signálu (mikrofony)

Nejčastěji používaným zařízením pro snímání akustického zvuku jsou mikrofony. Dělí se podle konstrukce a způsobu převodu. Existují čtyři základní konstrukce mikrofonů: kapacitní, dynamické, uhlíkové a piezoelektrické. Díky nejlepším vlastnostem se používají kapacitní a dynamické. Mikrofony slouží jako měniče, které převádí akustickou energii na elektrickou. Člověk vnímá změny tlaku vzduchu v prostředí svým sluchovým ústrojím (částečně i tělem) jako zvuk. Tyto změny tlaku je třeba zaznamenat jako fyzikální veličinu, nejlépe jako napětí v čase.



Obr. 2. Průběh napětí v čase

Kapacitní mikrofony (kondenzátorové)

Kapacitní mikrofony pracují na stejném principu jako kondenzátor. Pár kovových paralelních destiček, jež jsou odděleny izolátorem uchovává elektrický náboj. Změní-li se vzdálenost mezi oběma deskami, změní se kapacita kondenzátoru tím se mění i napětí mezi deskami. Po připojení odporu mezi napájecí napětí a kapacitu je možné odvodit v závislosti na protékajícím proudu napěťové změny, které se přivádí na vstup vysokoimpedančního zesilovače. Jedna vodivá destička je u tohoto mikrofону pevně uchycena a druhá má podobu pružné plastické membrány s velmi tenkou napařenou kovovou vrstvou. Pohyb membrány pak způsobuje změnu kapacity a napětí na odporu. Z uvedené konstrukce vyplývá, že takový typ mikrofónu vyžaduje samostatné napájení. V praxi se toto napětí nazývá fantomové. Na principu kapacitního mikrofónu pracují také elektretové mikrofony. Tento typ není napájen z vnějšího zdroje, ale elektrický náboj je

pevnou součástí membrány, která má velmi dobré izolační vlastnosti, a proto mohou záporné částice zůstat po dlouhou dobu neporušeny. Jejich použití je však velmi vzácné.

Největší oblibě uživatelů se těší mikrofony značek Neumann a AKG. [2], [11], [12]

Dynamické mikrofony

Základem dynamického mikrofону je kruhová membrána z tenké plastické hmoty, která je mechanicky spojena s cívkou z velmi jemného drátu. Cívka se pohybuje v mezeře permanentního magnetu. Membrána, kmitající podle změn akustického tlaku, převádí tyto kmity na cívku a pohybem vodiče v magnetickém poli vzniká v závitech cívky elektrický proud. V oblasti dynamických mikrofónů jsou nejvíce vyhledávány značky Shure nebo Sennheiser.

Všechny mikrofony dávají velmi nízký výstupní signál a proto je třeba jej zesílit. Požívají se buď samostatné mikrofonní předzesilovače nebo předzesilovače, které jsou součástí vstupní části mixážního pultu. [2]

Parametry mikrofónů

Výběr vhodného mikrofónu pro danou situaci a jeho správné umístění patří bezesporu mezi hlavní faktory, které ovlivňují výsledek konečné nahrávky. V tomto případě se v praxi postupuje spíše cestou kombinace citu a zkušeností zvukaře a je vždy na místě výsledek posuzovat vlastním sluchem. Existují však určité parametry, které mohou dopomoci při správném výběru mikrofónu. Tyto parametry bývají uváděny v dokumentaci mikrofónu.

Prvním důležitým parametrem je **citlivost mikrofónu**. Je to vlastně výstupní úroveň signálu pro určitý akustický tlak. Čím vyšší je citlivost mikrofónu, tím je lepší odstup užitečného signálu od šumu. Uvádí se v jednotkách [mV/Pa]. Běžné mikrofony mají citlivost 1 – 10 mV/Pa.

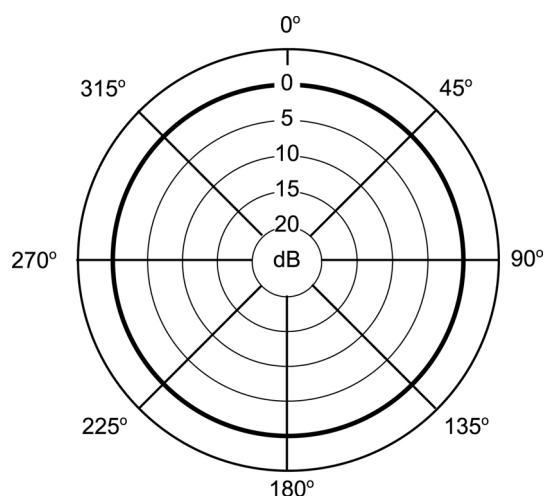
V dokumentaci bývá uváděn také **maximální akustický tlak**. Jedná se o maximální tlak, který může mikrofón zpracovat. Bývá vyjádřen v jednotkách [Pa] nebo [dB]. Kvalitní kapacitní mikrofony jsou schopny zpracovat zhruba 130 – 140 dB akustického tlaku.

Výrobci udávají také šumový ekvivalent, dynamický rozsah a jiné. [2], [13]

Dalším velmi důležitým parametrem je **směrová charakteristika**. Vzniká měřením citlivosti mikrofonu při různých frekvencích v okruhu 360 ° kolem mikrofonu. Udává tedy jaké frekvence a z jakých směrů mikrofón snímá nejlépe a naopak, které snímá hůře, popřípadě vůbec. Při snímání zvuku se pak volí vhodná směrová charakteristika na základě toho, zda ze kterého směru má být zvuk snímán nejsilněji, a ze kterého je například potřeba zvuk potlačit (přeslechy z jiných nástrojů, sluchátek, různé ruchy apod.). Některé mikrofony (především kapacitní) mají v sobě zabudováno více směrových charakteristik, které lze přepínat na rukojeti mikrofónu, u jiných modelů je to vyřešeno vyměnitelnou kapslí s různou charakteristikou. Dynamické mikrofony disponují většinou pouze jedinou charakteristikou a nemají možnost volby.

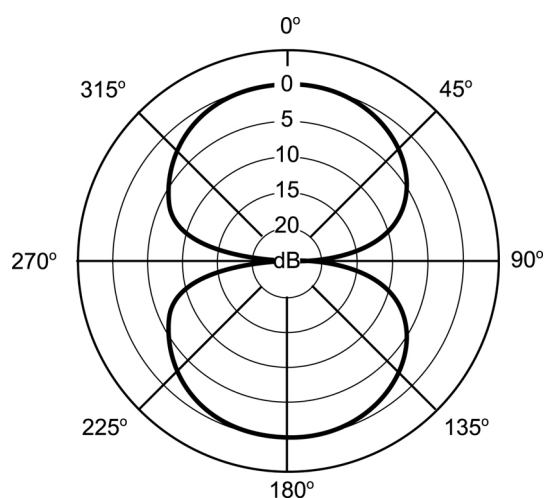
Nejčastěji používané směrové charakteristiky

Kulová charakteristika (Obr. 3), někdy též nazývána všesměrová, reaguje na změny tlaku vzduchu (šíření akustických vln) ze všech směrů. Ideální koule v charakteristice nelze reálně dosáhnout, protože tomu brání rozměry samotného mikrofónu, většina nabízených modelů se však kulové charakteristice velmi blíží. Většinou bývá citlivost na výškách ze zadní strany a z boků o něco horší. Mikrofony s kulovou charakteristikou mají oproti ostatním typům několik výhod. Mimo jiné u nich nedochází k narůstání basových frekvencí se snižující se vzdáleností, jako je tomu u ostatních dvou typů. Lze je s výhodou použít pro snímání větší skupiny lidí, v situacích, kdy je žádoucí snímat i přirozené prostředí okolí apod.

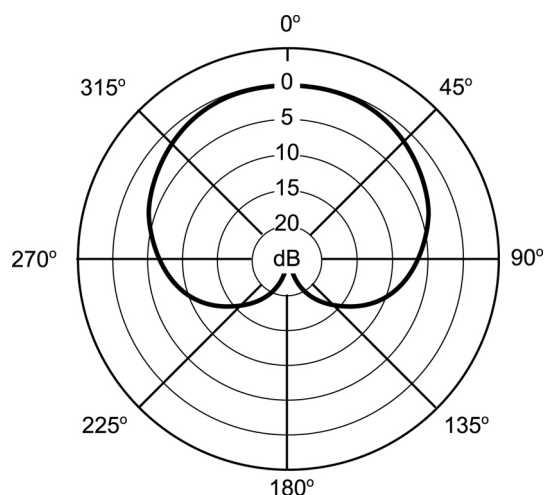


Obr. 3. Kulová charakteristika kapacitního mikrofónu pro frekvenci 1 kHz

Osmičková charakteristika (Obr. 4). Systém je konstruován tak, že umožňuje přístup zvukovým vlnám z obou stran (zepředu i zezadu, případně zleva i zprava - záleží na natočení mikrofonu). Zajímavé je narůstání basových frekvencí při přiblížení mikrofonu ke zdroji zvuku. Je to způsobeno tím, že tento systém (stejně jako kardioidní) funguje na principu rozdílu tlaků. Dráhy zvuků, přicházející k mikrofonu z jedné i z druhé strany nejsou stejné a proto dochází k fázovému rozdílu mezi oběma signály. Využití této charakteristiky není tak časté, lze s ní nahrávat například dva zpěváky, stojící naproti sobě.



Obr. 4. Osmičková charakteristika kapacitního mikrofonu pro frekvenci 1 kHz



Obr. 5. Ledvinová charakteristika kapacitního mikrofonu pro frekvenci 1 kHz

Kardioidní (ledvinová) charakteristika (Obr. 5) svým tvarem připomíná srdce nebo ledvinu. Z jejího tvaru je patrné, že úspěšně snímá zvuky přicházející především zepředu, částečně ze stran a nepatrně i zezadu. Mikrofon s takovou charakteristikou je vhodný pro snímání zvuku z jednoho směru. Tento systém relativně nejvíce potlačuje nežádoucí ruchy

a přeslechy, přicházející z jiných směrů, než ze zdroje snímaného zvuku, například při živých vystoupeních.

2.1.2 Elektrické zdroje signálu

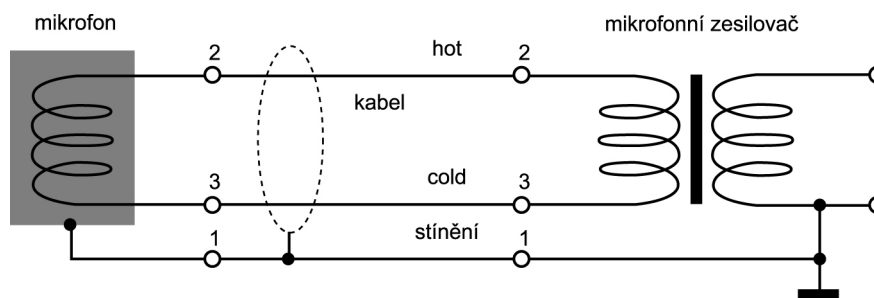
Jedná se o zařízení, která ze svého výstupu vysílají již zpracovaný napěťový signál. Jsou to například syntezátory s navzorkovanými zvuky, signály z nástrojových zesilovačů (s příslušným linkovým výstupem). Tímto výstupem bývají vybaveny některé kytarové a baskytarové zesilovače. Mohou to ale také být CD přehrávače, DVD přehrávače a jiná komerční zařízení.

2.1.3 Kabely a konektory

Signál z mikrofonů je nejčastěji veden do předzesilovače či mixpultu pomocí symetrických stíněných kabelů s XLR (CANON) konektory. U elektrických (linkových) signálů se zpravidla jedná o konektory typu JACK 6,3 mm.

Symetrické vedení signálu

Symetrické vedení signálu je velmi důležité, neboť má velký vliv na kvalitu jeho přenosu. Princip je takový, že se výstupní signál ze symetrického mikrofonu rozdělí do dvou obrácených fází (pozitivní a negativní – HOT a COLD) a je veden dvěma centrálními vodiči v mikrofonním kabelu. Kabel obsahuje také stínění, které je spojeno v mixážním pultu se zemí a v mikrofonu s kostrou. Po obrácení jedné fáze signálu v transformátoru nebo symetrickém vstupu mixážního pultu a následném sečtení signálů dojde k vyrušení téměř všech interferencí, jako jsou naindukovaná napětí za zásuvek 220V apod., neboť se tyto nachází v protifázi. Dostáváme pak téměř čistý užitečný signál. Je nutné, aby byl symetrický i příslušný vstup na mixážním pultu. Kvalita součástek má vliv na úspěšnost odrušení interferencí a stoprocentního odrušení není možno reálně dosáhnout. [2]



Obr. 6. Symetrické vedení signálu

2.2 Převod A/D

Abychom mohli získaný analogový (napěťový) signál zpracovávat v jakémkoliv digitálním zařízení, je nutné provést analogově-digitální převod (dále jen A/D převod). Při této operaci se ze spojitého analogového signálu stává diskrétní signál, neboli posloupnost číselových hodnot (data). Převod zajišťují příslušné A/D převodníky, kterých je poměrně velká řada a stále se podrobují dalšímu vývoji.

2.2.1 Rozlišení A/D převodníků

Rozlišení převodníku udává množství diskrétních hodnot (kvantovacích úrovní), které má k dispozici pro výstup. Většinou je vyjádřeno v bitech. Výstupem je binární kód, který může být vyslán z převodníku buď paralelně po sběrnici (všechny bity současně) nebo sériově po signálovém vodiči (jednotlivé bity jdou za sebou v časovém sledu). Jedna hodnota, zaznamenaná v daném časovém okamžiku se nazývá vzorek. Převod navzorkované reálné hodnoty do intervalu celočíselných hodnot se nazývá kvantizace. Počet úrovní kvantování je počet prvků tohoto intervalu. Kvantizační krok je definován:

$$q = \frac{2V_{\max}}{2^n} \quad (1)$$

, kde $V_{\max}$ je maximální pozitivní a negativní amplituda a n je počet použitých bitů.

U n -bitového převodníku budeme mít k dispozici 2^n diskrétních hodnot. Každým bitem se zlepšuje dynamika převodníku na dvojnásobek a každý bit představuje zvýšení úrovně o 6 dB nahoru. Z toho vyplývá, že máme-li 8 bitový převodník, máme $2^8 = 256$ úrovní, což znamená rozsah od 127 do -128 (protože se jedná o střídavý signál) a odstup signálu od šumu je $6 \times 8 \text{ bitů} = 48 \text{ dB}$. Odstup signálu od šumu je poměr užitečného signálu k velikosti

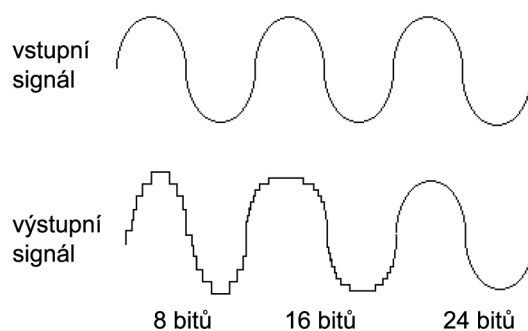
kvantizačního šumu (kapitola 2.2.2). Má anglické označení SNR-Signal To Noise Ratio a lze ho vyjádřit následujícím vzorcem.

$$SNR = 20 \log \frac{U_{\text{signálu}}}{U_{\text{kvant.šumu}}} \quad [dB] \quad (2)$$

$$U_{\text{signálu}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{E}{2} \quad [dB] \quad (3)$$

$$U_{\text{kvant.šumu}} = \frac{E}{2^n} \cdot \frac{1}{\sqrt{12}} \quad [dB] \quad (4)$$

, kde E je vstupní napětí signálu a n je počet použitých bitů.



Obr. 7. Kvalita digitalizace při různých rozlišeních

Pokud je v analogovém vstupním signálu přítomno příliš mnoho šumu je nemožné jej přesně rozložit mezi konkrétní množství bitů. Poměr signálu k šumu by měl být okolo 6 dB na 1 bit požadovaného rozlišení, abychom dosáhli kvalitního převodu. [1], [7], [3]

2.2.2 Přesnost

První bit v sekvenci bitů binárního čísla, generovaného převodníkem se označuje MSB (Most Significant Bit - nejvýznamnější bit). Tento bit představuje nejvyšší binární řád převodníku. Naproti tomu poslední bit představuje nejnižší binární řád a má označení LSB (Least Significant Bit – nejméně významný bit). Pokud se změní pouze hodnota LSB, změní se analogová hodnota právě o kvantizační krok.

Přesnost převodníku záleží na chybách v konverzi. Rozlišují se dva typy chyb: **kvantizační šum** a **nelinearita** (má-li být převodník lineární). Tyto chyby se měří

v jednotkách LSB. Například chyba 1 LSB je u 8 bitového převodníku $1/256 = 0,4\%$ původního rozsahu signálu.

Kvantizační šum je způsoben omezeným rozlišením A/D převodníku. Je možno ho pozorovat např. tehdy, když čísla získaná z A/D převodníku jsou vedena do převodníku D/A, kterým je analogový signál zpětně rekonstruován. Rekonstruovaný signál se nám pak jeví jako původní ale se superponovaným rušivým signálem. Kvantizační šum je způsoben kvantizační chybou v dynamickém režimu, tzn. při časových změnách vstupní veličiny. Je-li například vstupní veličinou okamžité napětí u_o , jeho hodnotě na výstupu odpovídá diskrétní hodnota D , pak lze kvantizační chybu e vyjádřit tímto vztahem:

$$e = u_o - 2V_{\max} \frac{D}{2^n} \quad (5)$$

, kde $V_{\max}$ je maximální pozitivní a negativní amplituda a n je počet použitých bitů.

$2V_{\max}$ je vlastně rozsah analogového napětí na vstupu převodníku A/D nebo na výstupu převodníku D/A. Tento rozsah bývá označován také anglickým FS-Full Scale. Velikost kvantizačního šumu reálného převodníku v jednom vzorkovacím okamžiku se pohybuje v rozmezí $0 - 1/2$ LSB (4) a závisí na velikosti amplitudy (při zmenšování amplitudy je relativní podíl šumu v signálu vyšší) ale také na tom, zda-li má signál harmonický nebo neharmonický charakter.

Všechny A/D převodníky trpí chybami nelinearity, které jsou zapříčiněny jejich fyzickou nedokonalostí, jež způsobuje odchylku linearitu výstupu oproti vstupu. Tyto problémy lze zmírnit kalibrací, nebo je možné vyhnout se jim pečlivým testováním při výrobě.

2.2.3 Vzorkování

Transformace spojitého (analogového) časově závislého vstupního signálu $s(t)$ na časově diskrétní posloupnost hodnot $[s(iT)]$, kde $i = 0, 1, 2, \dots$ se nazývá vzorkování. Je nutné definovat **periodu vzorkování** T , což je interval mezi jednotlivými vzorky. Počet vzorkovaných period za sekundu udává **vzorkovací frekvence** (f_s).

Klíčová idea vzorkování je, že z číselných hodnot navzorkovaných v časových intervalech T je možno pomocí interpolační formule původní signál věrně reprodukovat. Toto tvrzení

vyplývá z Shannon – Nyquistova vzorkovacího teorému, který říká, že analogový signál lze rekonstruovat z hodnot vzorků $s(iT)$ dle vztahu:

$$s(t) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} s(iT) \cdot \frac{\sin \pi(t/T - i)}{\pi(t/T - i)} \quad (6)$$

právě tehdy, když vzorkovací frekvence je alespoň dvojnásobkem nejvyšší frekvence vstupního signálu. Frekvence, která je polovinou vzorkovací frekvence se nazývá Nyquistova frekvence $f_s/2$. Například u kmitočtu 44,1 kHz dochází ke vzorkování 44100 krát za sekundu. Z Nyquistova teorému pak vyplývá, že teoretická maximální přenášená frekvence je poloviční, v tomto případě 22050 Hz. Lze také konstatovat, že číslicové signály s frekvencí vyšší než $f_s/2$ neexistují. [7], [4]

Tab. 1. Přehled rozlišení A/D převodníků ve vztahu k dynamice

rozlišení	počet bytů na vzorek	počet úrovní kvantování	počet úrovní na polaritu	odstup signál/šum
8 bitů	1 byte	256	(+127 , -128)	48 dB
16 bitů	2 byty	65536	(+32767 , -32768)	96 dB
20 bitů	3 byty	1048576	(+524287 , -524288)	120 dB
24 bitů	3 byty	16777216	(+8388607 , -8388608)	144 dB

Tab. 2. Přehled vzorkovacích frekvencí

vzorkovací frekvence [kHz]	přenosová frekvence [Hz]	poznámka
32,0	16000	16 bit, DAT
44,1	22050	16 bit, DAT (CD)
48,0	24000	16 bit, DAT
88,2	44100	používá se u 24 bitů
96,0	48000	24 bit, DVD
192,0	96000	24 bit, DVD

Poznámka: V útlém věku je lidské ucho schopno vnímat frekvenční rozsah od 20 Hz do 20 kHz. S přibývajícím věkem se rozsah vysokých frekvencí snižuje v průměru o 1 kHz na každých 10 let.

Tab. 3. Datové velikosti používaných vzorkovacích frekvencí

vzorkovací frekvence [kHz]	rozlišení [bit]	velikost dat-mono (nekomprimovaná)	velikost dat-stereo (nekomprimovaná)
22,050	16	44,1 kBytů/sek	88,2 kBytů/sek
44,1	16	88,2 kBytů/sek	176,4 kBytů/sek
48,0	16	96,0 kBytů/sek	192,0 kBytů/sek
48,0	24	144,0 kBytů/sek	288,0 kBytů/sek
88,2	24	264,6 kBytů/sek	529,2 kBytů/sek
96,0	24	288,0 kBytů/sek	576,0 kBytů/sek
192,0	24	576,0 kBytů/sek	1152,0 kBytů/sek

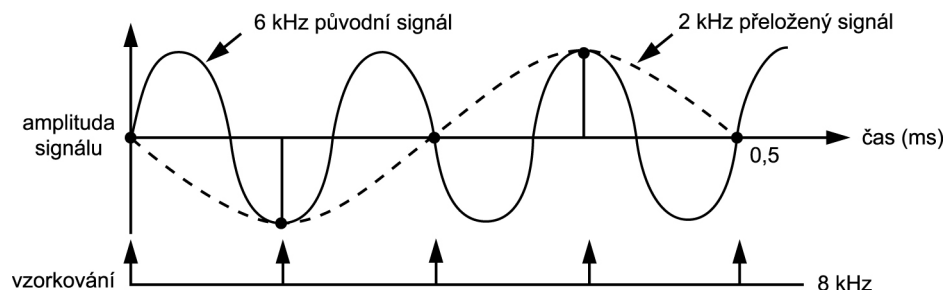
Protože v praxi nemohou A/D převodníky provádět okamžitou konverzi, vstupní hodnota musí být uložena jako konstanta po celou dobu, kdy převodník konverzi provádí. Tuto funkci plní vstupní obvod (někdy nazýván sample and hold) většinou pomocí kondenzátoru, ve kterém se „uloží“ vstupní napětí a spínače, který odpojí kondenzátor od vstupu.

Výstup z A/D převodníků je neúplný obraz chování vstupu. Při zobrazení výstupních hodnot neexistuje žádný způsob, jak zjistit, co se událo na vstupu mezi dvěma vzorkovacími okamžiky. Pokud je známo, že se vstupní signál měnil v čase pomalu v porovnání se vzorkovací frekvencí, můžeme předpokládat, že hodnota signálu se pohybovala mezi těmito dvěma vzorky. V případě, že však docházelo k rychlým změnám vstupního signálu v porovnání se vzorkovací frekvencí, není tento předpoklad platný. [1], [7]

Překládání (aliasing)

Pokud vzorkujeme vstupní hodnotu s frekvencí vyšší než $f_s/2$, dojde k přeložení frekvence na novou hodnotu, ležící v intervalu $\{-f_s/2, +f_s/2\}$. Tím také dojde ke zkreslení signálu (intermodulační zkreslení) a přenášené informace. Vyplývá to také z Shannon – Nyquistova teorému, ve kterém se udává, že nemá-li dojít při vzorkování analogových signálů ke ztrátě nebo zkreslení informace, musí být vzorkovací frekvence alespoň dvojnásobkem nejvyšší frekvence obsažené v signálu.

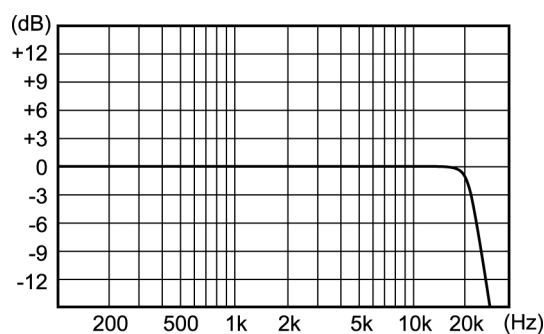
Na následujícím obrázku je vidět harmonický signál o frekvenci 6 kHz při vzorkování vzorkovací frekvencí 8 kHz. Signál bude v takovém případě přeložen na frekvenci 2 kHz s opačnou fází.



Obr. 8. Příklad přeložení signálu na nižší frekvenci

Tomuto problému se čelí strmými analogovými filtry (tzv. dolní propust - Obr.9) na vstupu, které nepropouští frekvence vyšší než je frekvence Nyquistova. Stejný filtr musí být i na výstupu z D/A převodníku, neboť při rekonstrukci vznikají harmonické frekvence také překračující hodnotu $f_s/2$.

Mezi hlavní parametry A/D převodníků tedy patří rozlišovací schopnost, přesnost převodu, linearita, úplný rozsah vstupní veličiny (FS), doba převodu nebo vzorkovací rychlost.



Obr. 9. Průběh filtru dolní propust

2.2.4 Rozdělení A/D převodníků

A/D převodníky je možno rozdělit dle různých hledisek. Například se používá třídění na převodníky s **přímým a nepřímým vyhodnocením** analogové veličiny.

A/D převodníky s přímým vyhodnocením porovnávají hodnoty vstupní analogové veličiny s vybranými kvantizačními úrovněmi současně nebo postupně, a to tak, že každá úroveň má vlastní komparátor. K těmto převodníkům se řadí převodníky paralelní a kaskádní.

A/D převodníky s nepřímým převodem využívají postupného porovnávání vstupní měřené veličiny s vhodnými vzorky referenčního napětí, dodávanými na vstup jediného komparátoru v posloupnosti, kterou řídí určité logické obvody. U těchto převodníků je vstupní analogová veličina porovnávána s výstupní veličinou D/A převodníku, přičemž číslicový vstup tohoto převodníku je měněn tak, aby se obě veličiny k sobě přibližovaly. Pokud se veličiny dostatečně přiblíží, převod je ukončen.

Jinou možností nepřímého převodu A/D je převedení hodnoty vstupní měřené veličiny na parametr pomocného signálu, který lze snadno převést na číslicový údaj. Tímto parametrem bývá často kmitočet nebo počet impulsů v určitém časovém intervalu, případně kódovaná sekvence impulsů.

Převodníky mohou být interní nebo externí. Interní jsou součástí zvukové karty, nebo jiného přístroje, například externí vstupně-výstupní jednotky, efektového procesoru apod., mohou být také zabudovány v digitálním mixážním pultu. Externí jsou samostatné převodníkové jednotky.

Převodníky lze rozdělit také podle **rozlišení** (Tab.1), **typu odezvy** nebo podle **konstrukce**.

Dle typu odezvy se převodníky dělí na **lineární** a **logaritmické**. Většina převodníků je lineárních, což znamená, že jsou zkonstruovány tak, aby jejich výstupní hodnota byla lineární funkce, respektive proporcionální ke vstupu. Jiným typem je logaritmický A/D převodník, který se používá v systémech pro hlasovou komunikaci.

2.2.5 Typy A/D převodníků

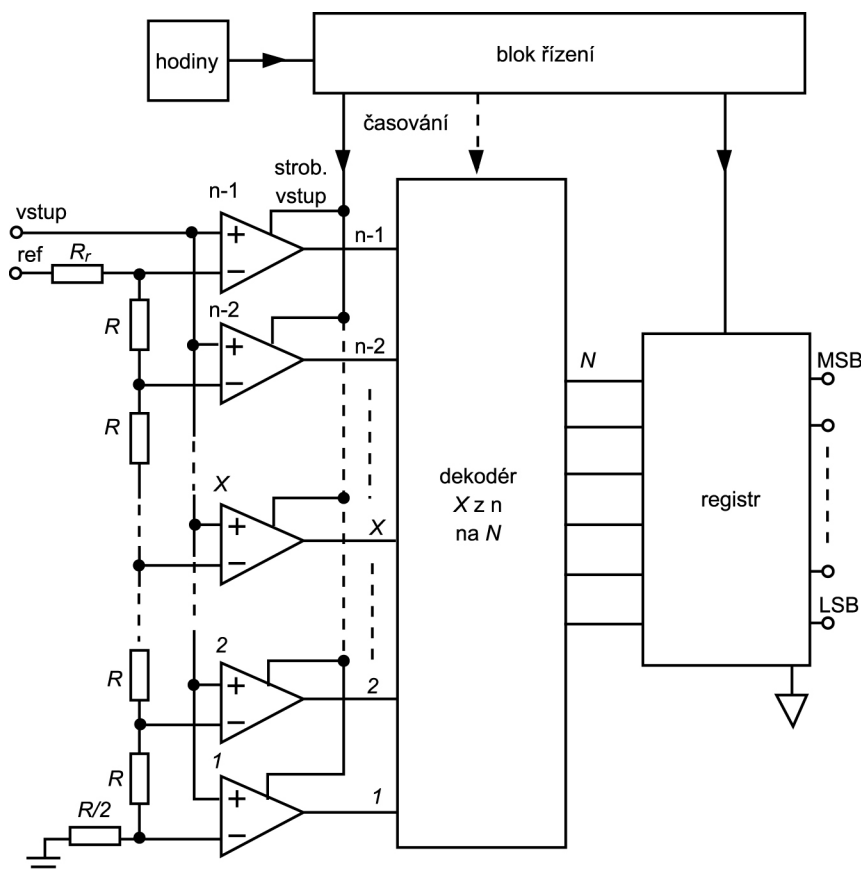
Paralelní A/D převodníky

Paralelní převodníky obsahují jeden komparátor pro každou rozeznanou vstupní úroveň (počet komparátorů se rovná počtu kvantovacích úrovní N). Sada těchto komparátorů napájí logický obvod, který generuje kód pro každou kvantovací úroveň. Tento kód je tvořen souvislou řadou jedniček od 0. pozice (jejich počet odpovídá počtu kvant vstupního napětí), která je doplněna do N nulami. Srovnávají hodnotu vstupního napětí s odstupňovanými úrovněmi referenčního napětí. Zpracovávají vstupní napětí všemi komparátory současně. Referenční napětí je ekvidistantně rozděleno odporovým děličem na kvantovací hladiny s rozestupem odpovídajícím LSB.

Pokud je vstupní napětí U_{vst} , přivedené na neinvertující vstupy komparátorů, vyšší než referenční napětí na invertujících vstupech, výstupy komparátorů mají úroveň H. Zbývající komparátory, jejichž referenční napětí má vyšší hodnotu než U_{vst} , jsou naopak překllopeny na úroveň L.

Pro získání číslicového N -bitového výstupu v dvojkovém kódu je třeba vhodným propojením určitých kombinačních logických obvodů vytvořit dekodér, který převede kód logických úrovní na výstupech komparátorů na kód binární.

Tento převodník se tedy skládá z odporového děliče pro vytvoření určitého počtu komparačních úrovní, stejného počtu komparátorů a binárního dekodéru.

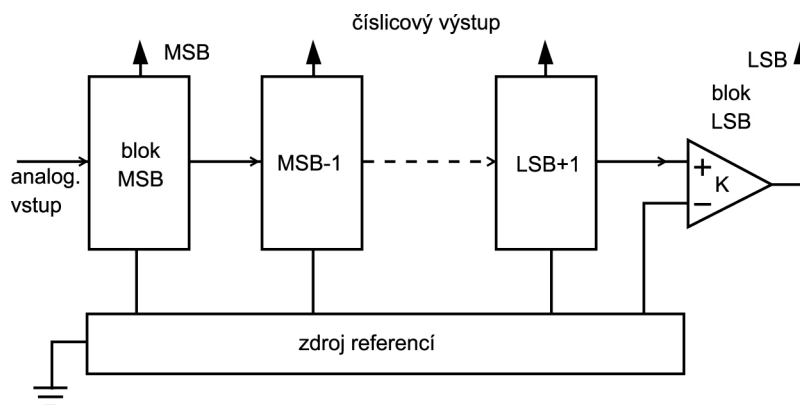


Obr. 10. Konstrukce paralelního A/D převodníku

Paralelní A/D převodníky jsou nejrychlejšími převodníky. Jejich rychlost je omezena jen rychlostí odezvy použitých komparátorů a logických obvodů. Většinou mívají rozlišení 8 až 10 bitů. Díky své rychlosti jsou využívány pro převod obrazových signálů, analýzu radarových signálů, osciloskopy nebo lékařské zobrazovací přístroje. [1]

Kaskádní A/D převodníky

Tyto převodníky vznikly na základě požadavku snížit vysoký počet komparátorů v paralelním převodníku.



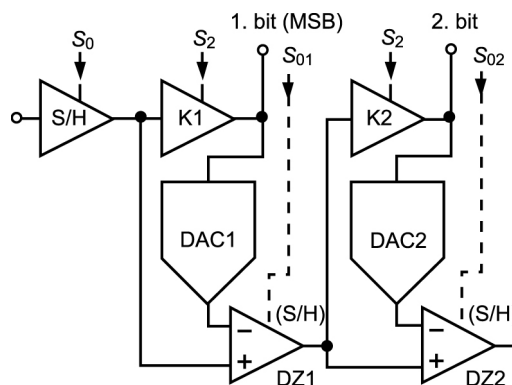
Obr. 11. Blokové schéma kaskádního převodníku

Při hledání způsobu přímého převodu, který by počet komparátorů redukoval, se ukázaly jako efektivní dva způsoby. Oba začínají jednotným postupem a to převodem nejvýznamnějšího bitu (MSB), úpravou analogového signálu, převodem následujícího méně významného bitu atd., až po převod nejméně významného bitu (LSB), ke kterému stačí samotný komparátor. Liší se v úpravě analogového signálu.

První způsob je přímým převodníkem. Signál upravuje pomocí zesilovače absolutní hodnoty, tedy čistě analogově. První komparátor a zesilovač absolutní hodnoty jsou upnuty vstupní svorkou ke zdroji referenčního napětí U_{R1} , které odpovídá úrovni MSB. Tím získáme výstup MSB a současně máme upraven analogový průběh u_1 . Vše se pak opakuje v následujících blocích vyjma posledního. Referenční napětí jsou binárně zmenšována, aby odpovídala zmenšování váhy jednotlivých bitů. Výhodou tohoto systému je, že vyžaduje jen N komparátorů, má však také řadu nevýhod. Komparátor i zesilovač způsobují zpoždění odezvy a data se na číslicových výstupech objevují postupně. Doba převodu pak odpovídá N násobku zpoždění jedné sekce. Používají se pro rozlišení maximálně 8 bitů a kmitočty nad 10 MHz.

Druhý způsob (Obr. 12) kombinuje přímý převod s převodem zpětným s cílem zachovat vysokou rychlost převodu. Kromě komparátorů obsahuje navíc jednobitové převodníky D/A. U tohoto typu převodníku jsou velmi vysoké nároky na věrný přenos všech diferenčních zesilovačů DZ. Současná modifikace tohoto systému používá namísto komparátorů dvoubitové paralelní převodníky A/D, u níž jsou informace v nadbytečných

bitech použity k digitální korekci chyb, vzniklých nepřesnou úpravou signálu. Tyto A/D převodníky jsou někdy označovány jako „pipeline“. Jsou vyráběny do rozlišení 12 až 14 bitů a pro kmitočty do 40 MHz. [1], [15]



Obr. 12. Uspořádání funkčních bloků kaskádního převodníku

Jelikož mají kaskádní převodníky nezanedbatelné zpoždění při průchodu signálu jednotlivými bloky, je nutné buď toto zpoždění kompenzovat (například použitím zpožďovacích vedení) nebo analogový vstup vzorkovat samostatným vzorkovacím obvodem.

Převodníky s postupnou aproximací

Jedná se o zatím nejúspěšnější konstrukci A/D převodníků. Referenční veličina je krokovaná tak, aby došlo k postupné aproximaci, tedy od největšího kroku (MSB) po nejmenší (LSB). Používá komparátor k porovnávání referenční a vstupní veličiny a výsledek porovnání rozhoduje o tom, zda bude váha příslušného bitu trvale přičtena nebo anulována současně s příslušným zápisem do výstupního paměťového registru. Srovnávání probíhá po každém kroku.

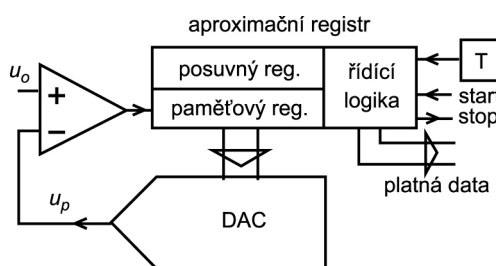
Každý aproximační převodník obsahuje komparátor, D/A převodník, generátor taktovacího signálu, posuvný a paměťový registr a příslušnou řídicí logiku.

Převod lze spouštět vnějším signálem. V první aktivní periodě taktovacího signálu je na D/A převodníku nastaven MSB (ostatní bity D/A převodníku jsou vynulovány - mají tedy logickou úroveň L) a jemu odpovídající analogová hodnota – polovina FS je přivedena na komparátor. Ten otestuje, zda bude v dalších krocích tento bit zachován v jednotkovém stavu. Pokud je měřená analogová vstupní veličina větší než analogová hodnota poloviny

FS, bude bit MSB zachován a zaznamenán do paměťového registru, kde je obvykle záznam iniciován klesající hranou taktovacího impulsu.

Na počátku druhé periody taktování je aktivována analogová veličina odpovídající váze druhého bitu, tedy $1/4$ FS a je přičtena k analogové veličině odpovídající záznamu ve výstupním registru, tedy k analogové hodnotě odpovídající logické úrovni H na pozici MSB. Komparátor zjistí, že $3/4$ FS jsou více než vstupní veličina a proto je tento bit nepoužitelný. Při sestupné hraně taktovacího impulsu je tedy druhý bit anulován až do konce převodu vyloučen z řady započítávaných bitů. Vše se postupně opakuje se snižováním váhy bitů až po prověření posledního bitu LSB. Převodník nakonec na výstupu indikuje ukončení převodu (v tomto okamžiku jsou na paralelním výstupu jsou všechna data platná).

Tento převodník má konstantní dobu převodu, která je N-násobkem periody taktovacího signálu. Velikost vstupní veličiny zde nehraje roli. Omezením tohoto převodníku je to, že během převodu nesmí dojít ke změně vstupní veličiny více než o polovinu kvantovacího kroku, jinak by nastala fatální chyba převodu. Jedná se tedy o jeden z nejrychlejších převodníků, má také dobrou rozlišovací schopnost, přesnost a linearitu. [1]



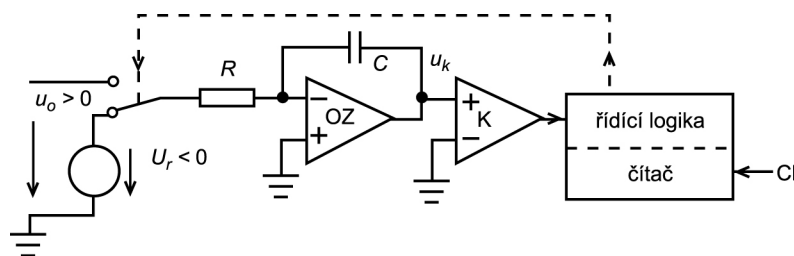
Obr. 13. Blokové schéma převodníku s postupnou aproximací

Je využíván v osciloskopech, kardiomoneitorech a jiných zařízeních používaných pro zobrazování analogových signálů, kde jsou kladeny nároky na vysokou přesnost a velmi velkou rychlost převodu.

Převodníky s dvojitou integrací

Všechny integrující převodníky využívají spojení integrátoru a komparátoru. Vstupní veličina je přesně definovaným způsobem integrována a doba integrace vyhodnocena. A/D převodník s dvojitou integrací je nejstarší konstrukcí tohoto typu. Vstup integrátoru je přepínán mezi vstupní svorkou převodníku a referenčním zdrojem. Výstupní hodnota integrátoru je pomocí komparátoru porovnávána s nulovým napětím. Kromě integrátoru a

komparátoru převodník obsahuje také zdroj taktovacích impulsů, čítač a řídicí logické obvody.



Obr. 14. Převodník s dvojí integrací

Před samotnou integrací je vynulován čítač a náboj na integračním kondenzátoru. Jakmile je na vstup integrátoru připojeno měřené napětí, začne současně zdroj taktování vysílat do čítače taktovací impulsy a tím se zahájí převod. Výstupní napětí integrátoru narůstá až do konečné hodnoty U_k , která je úměrná vstupnímu napětí. Hodnoty čítače narůstají až do plné kapacity čítače N_c . Jakmile čítač dosáhne této hodnoty, je přepnut přepínač na referenční napětí U_R (to má opačnou polaritu než u_0). Poté probíhá integrace napětí referenčního zdroje, výstupní napětí komparátoru klesá a čítač znovu čítá až do té doby, než U_k klesne na nulu. [1]

Tyto převodníky patří mezi nejlevnější, nejpomalejší, ale nejpresnější. Dosahují rozlišení 10 až 16 bitů a jsou používány především v měřící technice. Mají také vysokou linearitu.

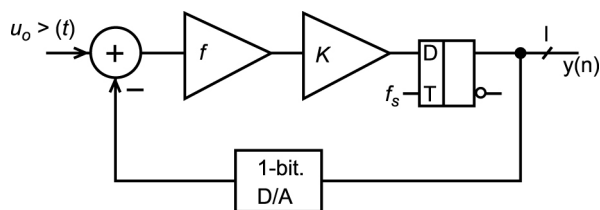
Převodníky Sigma-Delta

V současné době je používán pro digitalizaci audio signálů výhradně právě tento typ převodníků.

Základním prvkem Sigma-Delta A/D převodníků (často označovány řeckými písmeny $\Sigma\Delta$) jsou Sigma-Delta modulátory. Neméně významný je také číslicový filtr, který umožňuje převést sekvenci bitů z výstupu modulátoru na vícebitový binární výstup převodníku A/D.

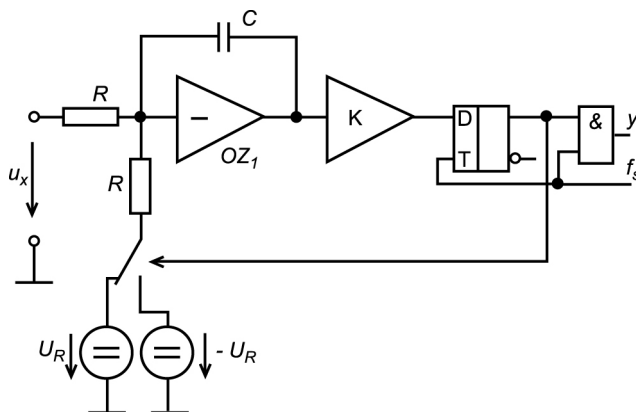
Sigma-Delta modulátor vychází ze zapojení obvodu s vnějším taktováním, jež je znázorněn na (Obr. 15). Obvod obsahuje přepínač, který přivádí na vstup integrátoru střídavě kladné a záporné napětí U_R . Přepínač je ovládán z výstupu distabilního klopného obvodu typu D, jež je řízen z výstupu komparátoru a taktován vnějšími periodickými impulsy s frekvencí f_s . Polarita se volí tak, aby se napětí na výstupu integrátoru stále

vracelo k nule. To zajišťuje komparátor, který vyhodnocuje polaritu výstupu integrátoru a nastavuje přepínač. Náboj v integračním kondenzátoru se pak neustále blíží k nule.



Obr. 15. Obvod s vnějším taktováním

Modifikací zapojení z (Obr. 15) dostaneme Sigma-Delta modulátor (Obr. 16). Tento lze vybavit blokem digitálního zpracování výstupního signálu, se kterým pak tvoří Sigma-Delta A/D převodník. Obvod převodníku obsahuje čítač, jehož výstup směřuje do D/A převodníku. Vstupní signál je veden společně s výstupem z D/A převodníku do komparátoru, který pak ovládá čítač. Obvod používá zápornou zpětnou vazbu z komparátoru k nastavování čítače dokud se výstup z D/A převodníku dostatečně neblíží vstupnímu signálu. Jakmile jsou obě hodnoty totožné (s určitou tolerancí), je zapsána hodnota z čítače. [1], [14], [15]



Obr. 16. Sigma-Delta modulátor

Tyto převodníky se v současné době standartně vyrábějí s rozlišením 24 bitů a maximální vzorkovací frekvencí 96 nebo 192 kHz pro převod audio signálů. Mimo audio aplikace jsou používány v oblasti metrologie, lékařské diagnostiky ale také pro průmyslové i laboratorní účely.

Poznámka: Zvuková karta ECHO Layla 24, jež je součástí multimediální laboratoře na ÚŘPI ve Zlíně, je vybavena 24 bitovým $\Sigma\Delta$ A/D převodníkem s maximální vzorkovací frekvencí 96 kHz a D/A převodníkem stejných parametrů.

2.3 Cesta vnitřního signálu

Ze sběrnice zvukové karty putuje signál (již v binární podobě) skrze operační systém do paměti RAM, kde zůstává v podobě dočasných balíků (buffer) do okamžiku, než je řadič pevného disku schopen data zapsat na pevný disk. Velikost balíků je volitelná a závisí na možnostech počítače a zvukové karty. Proces ukládání binárních informací na pevný disk je v jednotlivých programových systémech odlišný. Většina programových systémů si nastavuje optimální velikost vstupních a výstupních balíků sama po instalaci.

2.4 Primární zpracování signálu

Pod pojmem primární zpracování signálu rozumíme prvotní úpravy digitalizovaného vstupního signálu tak, abychom maximalizovali užitečný signál a pokud možno potlačili nežádoucí složky signálu.

Mezi takové úpravy patří odstranění stejnosměrné složky, normalizace a úprava dynamiky signálu. Při analogovém způsobu záznamu je odstranění SS složky záležitostí zapojení obvodů v mixážním pultu, normalizace má svůj ekvivalent v ručním nastavení optimální vstupní úrovně signálu a úprava dynamiky signálu je většinou řešena externími moduly (kompresory, expandery), zapojenými do obvodu mixpultu.

2.4.1 Odstranění SS složky

Protože audio signál je signál střídavý. Během reprodukce zvuku protéká cívkami reproduktorů v krátkých intervalech proud. Při přítomnosti stejnosměrné složky v signálu protéká cívkami reproduktorů proud dlouhodobě a konstantně. Tato dlouhodobá přítomnost proudu zahřívá cívky reproduktorů a tím může dojít k porušení nebo zničení reproduktorů.

Stejnosemřná složka v audio signálu vzniká nedokonalostí součástek vstupních obvodů zvukové karty a A/D převodníku. Zvuková karta má na vstupu kondenzátory, které SS složku odstraňují, často však nedojde k odstranění úplnému.

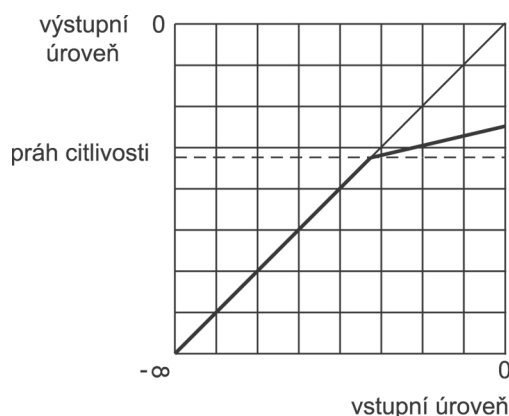
Některé programové systémy (např. Cubase nebo Soundforge) jsou vybaveny funkcí pro detekci SS složky a její dokonalé odstranění.

2.4.2 Normalizace

Funkcí normalizace se zvýší užitečný signál na maximum. Děje se to tak, že si daný algoritmus najde v celé délce audio souboru maximální kladnou či zápornou napěťovou úroveň a tu zesílí na hodnotu 0 dB, což je v audio technice maximální hlasitost. Celý soubor je pak zesílen ve stejném poměru.

2.4.3 Úprava dynamiky signálu

Protože přirozená dynamika snímaného zvuku je mnohem větší než ta, kterou jsme schopni běžným reproduktorem (elektro-akustickým měničem) vyzářit do prostoru, je nutná její úprava. K tomu se využívají kompresory nebo expandery. Mohou to být buď samostatné analogové nebo digitální fyzické moduly, plug-in programové aplikace, případně mohou být vestavěny v digitálním mixážním pultu. Kompresor pracuje tak, že na základě námi zvolených parametrů ubírá úroveň hlasitosti signálu, který překročí určitou mez (práh citlivosti). Funkci kompresoru znázorňuje následující obrázek:



Obr. 17. Princip kompresoru

Expander zase naopak příliš tiché pasáže zesiluje. V obou případech dochází k tomu, že se sníží rozdíl mezi horní mezní a spodní mezní úrovní signálu. Nutno podotknout, že pro tento účel se v praxi využívá většinou kompresorů (některé z nich lze přepnout i do expanzního režimu). Úprava dynamiky signálu není nezbytně nutná ve všech případech, je však používána velmi často. Dala by se také vyjádřit jako zvýšení průměrné hlasitosti nahrávky. Při nastavení konkrétní hlasitosti reproduktorové soustavy je pak poslech vyrovnaný a nedochází k tomu, že by tiché pasáže byly špatně slyšitelné a hlasité naopak nepříjemně přexponované. Tento postup také chrání reproduktorovou soustavu před

poškozením. Výsledek je možno ovlivňovat skupinou parametrů, jejichž množství se může u jednotlivých typů lišit. Následující řádky vysvětlují ty nejdůležitější.

Práh citlivosti (TRESHOLD)

Je to prahová úroveň, která udává bod po který není signál procházející kompresorem nijak ovlivňován. Ke kompresi dochází až od této úrovně nahoru. U expanderu se práh citlivosti nastavuje na nižší úroveň a všechny úrovně pod touto úrovní jsou zesilovány.

Kompresní poměr (RATIO)

Udává závislost úrovně výstupního signálu na úrovni signálu vstupního, jinými slovy o kolik kompresor potlačí úroveň signálu, který překročil práh citlivosti. Například u poměru 2:1 dojde při překročení vstupní úrovně o 4 dB k nárůstu signálu na výstupu o 2 dB. U poměru 10:1 to bude při nárůstu 4 dB na vstupu znamenat nárůst 0,4 dB na výstupu. Vyšší kompresní poměry než 10:1 se v praxi již považují za limitaci, což je další funkce, kterou může kompresor zastávat. Limiter je kompresor s kompresním poměrem $\infty:1$ a neplní funkci zvyšování průměrné hlasitosti signálu. Používá se v případech, kdy nesmí signál za žádnou cenu překročit určitou úroveň. Jedná se zde spíše o ochranu audio techniky. V praxi se používá tak, že práh citlivosti je nastaven velmi vysoko a k limitaci dochází jen při dosažení akutních úrovní (při špičkách).

U expanderu se jedná o expanzní poměr a bývá opačný, tedy 5:1, 3:1 apod.

Doba náběhu (ATTACK)

Doba náběhu je čas, za který kompresor (expander) zareaguje na vzrůst vstupní úrovně. Lze jej nastavit od zlomků až po desítky milisekund.

Čas doběhu (RELEASE)

Je to doba, za kterou se kompresor navrátí do normálního stavu poté, co úroveň signálu klesne pod práh citlivosti. U expanderu analogicky totéž. Většinou je nastavitelný v rozmezí jednotek a desítek milisekund až do několika sekund.

Čas držení (HOLDTIME)

Tato funkce zabraňuje kompresoru (expanderu), aby vstoupil do fáze doběhu dříve, než po předem nastavené době. Bývá součástí pouze některých modelů kompresorů.

Při výběru kompresoru hraje opět největší roli jeho zvuková charakteristika (charakter zvuku), protože výrazným způsobem ovlivňuje původní signál a hraje spolu s mikrofonom jednu z nejdůležitějších rolí v kvalitě výsledné nahrávky. [2], [11]

2.5 Editace

Máme-li k dispozici zaznamenaný normalizovaný signál bez stejnosměrné složky, případně i zkomprimovaný, můžeme se začít věnovat základním editačním úkonům. V této oblasti má digitální zpracování zvuku bezpochyby velkou řadu výhod (hlavně na osobních počítačích) oproti „klasickým“ analogovým systémům. Nespornou a práci velmi usnadňující výhodou je přehledné grafické znázornění veškerého zaznamenaného materiálu, s nímž je možno velmi obratně a rychle manipulovat (odpadá zde například převíjení analogového pásu při přesunu na různá místa v nahrávce). Libovolné přesouvání a kopírování zaznamenaných událostí (událost = EVENT), nebo jejich částí je předností, která je u analogových zařízení nemyslitelná. Možnosti zobrazení a manipulace s materiálem záleží na konkrétním softwaru, ale většinou lze pracovní prostředí na obrazovce nastavit dle libosti.

Na obrazovce je možno vidět jednotlivé stopy, které mohou být AUDIO nebo MIDI. U audio stop většinou bývá zobrazení vstupního zdroje a výstupu (s možností volby vstupů a výstupů dle našeho hardwarového vybavení), faderu (potenciometr pro řízení hlasitosti), tlačítka obrácení fáze, řízení panorámy a tlačítek MUTE a SOLO. U MIDI stop bývá na rozdíl od audia možnost volby MIDI kanálu, zvukové banky a nástroje, není zde samozřejmě tlačítko pro obrácení fáze. Zaznamenaný digitalizovaný signál se v audio stopě vykresluje jako napětí v čase, v MIDI stopě pak jako jednotlivé MIDI události (EVENTS).

Je možné také zobrazit stopy pro AUX (pomocné výstupy), GROUP (kanály pro seskupení několika stop) nebo grafický průběh automatického řízení dynamiky (hlasitosti) a jiných parametrů automatické mixáže. Součástí každého vícestopého softwaru je také mixážní konzole, což je často věrná simulace analogového mixážního pultu se všemi funkcemi.

Nedocenitelná věc u počítačového zpracování zvuku je možnost ukládání rozličných nastavení (presets) včetně pracovní plochy nebo parametrů plug-in procesorů a efektů.

Výhodou je také možnost volby mezi destruktivním a nedestruktivním (virtuálním) způsobem editace, přičemž u destruktivního způsobu máme možnost vrátit se o několik kroků zpět (UNDO). U virtuálního způsobu zůstávají původní data nezměněna.

Následující operace jsou popsány obecně a jejich konkrétní provedení v programu Cubase bude vysvětleno v praktické části (kapitola 3.4).

2.5.1 Obrácení fáze

Při nahrávání pomocí dvou a více mikrofonů často vznikají potíže s různou fází signálů, jelikož zvuk přicházející ze stejného zdroje do různě vzdálených mikrofonů dorazí ke každému z nich v jiný okamžik.

2.5.2 Stříhání

Stříháním se mohou odstranit přebytečná hluchá místa v nahrané stopě, většinou začátek a konec, ale i delší pauzy, ve kterých by jinak byl pouze zbytečný šum. Pro tento případ je dobré použít příkaz CUT nebo klávesu DELETE (ve většině programových systémů). Odstraňovaný úsek je nutné předem označit. Pomocí stříhání lze také rozdělit nahraný úsek na libovolný počet menších úseků, to se většinou řeší příkazem SPLIT (často bývá schován pod ikonou s nůžkami).

Stříháním se však v praxi také označuje proces, kdy se například opravuje určitá pasáž již nahrané stopy (chyba, špatná intonace a jiné nedokonalosti, které v nahrávce nechceme) tím způsobem, že se nahradí pouze daný nevhodný úsek úsekem novým a zbývající pasáže zůstanou zachovány. Tento proces se nazývá letný stříh.

Zhotovení takového stříhu je konkrétně popsáno v praktické části práce (kapitola 3.2.3).

2.5.3 Kopírování a přesouvání

Zaznamenané události nebo jejich úseky lze libovolně přesouvat nebo kopírovat a to nejen v rámci jedné stopy. Celý pohyb po pracovní ploše je podřízen rastru, který si můžeme nastavit. Ve většině programů je možnost volby rastru mezi takty s dobami, jednotlivými vzorky, nebo různými časovými kódy. Kurzorem se pak lze pohybovat v rámci těchto zvolených jednotek. Většina programových systémů je v dnešní době vybavena inteligentním uchopováním, nicméně způsob práce je v každém z nich trochu jiný.

Po uchopení konkrétního úseku ho můžeme přesouvat v rámci jedné stopy, ale i do stop jiných. Vždy dojde k přesunu celé události (EVENT). Chceme-li přesunout pouze určitou část, je nutné nejprve celou událost rozdělit, případně použít příkazu CUT.

U kopírování je nutné označit buď celou událost (EVENT) nebo její část a použít pravé tlačítko myši, příslušnou roletu v menu nebo výše uvedené klávesové zkratky Ctrl+X, Ctrl+C a Ctrl+V k operacím COPY a PASTE.

Násobným kopírováním můžeme vytvořit i jakousi falešnou smyčku (LOOP). Opravdovou smyčku je možno vytvořit ve většině programů také a výsledek pak vypadá tak, že se na obrazovce úsek zobrazí pouze jedenkrát, ale při přehrávání se neustále opakuje. [7], [8]

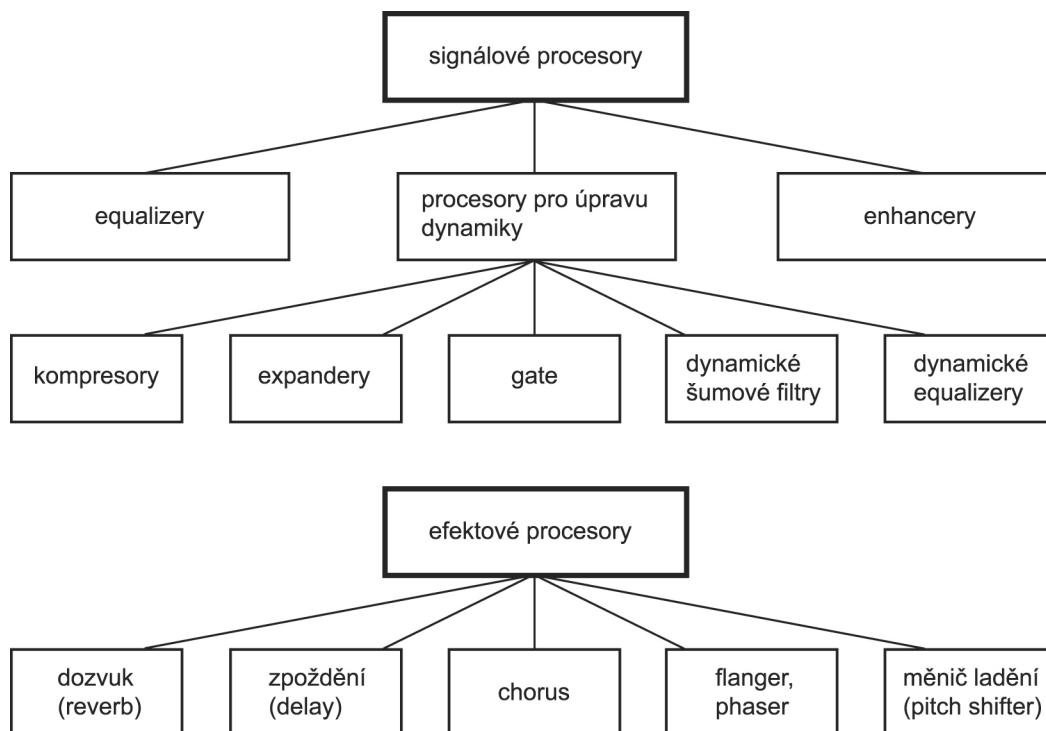
2.5.4 Fade in, Fade out

V některých případech je třeba vytvořit pozvolný náběh hlasitosti určitého úseku (celé události) a někdy naopak pozvolné odeznění (zeslabení) až do úplného ticha. K tomu slouží funkce FADE IN a FADE OUT. Křivka zesílení nebo zeslabení může mít buď lineární, logaritmický, exponenciální nebo jiný libovolně nastavený průběh. Dá se tím například zmírnit příliš ostrý nástup určitého zvuku apod.

Je namístě zmínit se ještě o tzv. digitálním tichu (SILENCE), což je operace, při níž dojde k nahrazení vybrané části záznamu minimální signálovou úrovní.

2.6 Sekundární zpracování signálu

V této fázi zpracování nahrávky se zpravidla přistupuje k používání různých zvukových (signálových a efektových) procesorů, tedy zařízení modulujících původní signál. Nikde není zakázáno sáhnout po těchto úpravách zvuku v některé z předchozích fází, ale s výjimkou dynamických a frekvenčních úprav se to většinou nedělá, neboť efekty vždy změni charakter původního signálu a spíše by v práci překážely. Pro účely této diplomové práce budu používat následující jednotné označení. Veškeré zvukové procesory (ať už fyzické či virtuální), které dodatečně mění charakter původního signálu rozdělím do dvou skupin. První skupinou budou **signálové procesory**. Jsou to zařízení, která upravují kompletní signál. Druhou skupinou budou **efektové procesory**, které přidávají k původnímu signálu signál nový, jež prošel obvody časového zpoždění. U této skupiny se volí poměr původního a efektového signálu. Rozdělení zvukových procesorů ukazuje (Obr. 18).



Obr. 18. Rozdělení zvukových procesorů

Signálové procesory

Equalizery jsou přístroje, které zesilují nebo zeslabují úroveň signálu ve zvolených frekvenčních pásmech. Jednotlivé typy se liší především počtem frekvenčních pásem.

Gate funguje na opačném principu jako kompresor, tedy tak, že zcela potlačuje nebo omezuje signál pod úrovní prahu citlivosti. Patří sice do skupiny procesorů pro úpravu dynamiky, avšak oproti kompresoru nezvyšuje, ale naopak snižuje průměrnou efektivní hlasitost signálu.

Dynamické šumové filtry pracují na podobném principu jako gate s tím rozdílem, že při poklesu signálové úrovně pod práh citlivosti potlačují pouze některá vyšší frekvenční pásma, čímž se odstraňuje šum za přítomnosti užitečného signálu.

Dynamické equalizery zesilují některé frekvence od určitého nastavitelného prahu.

Enhancery jsou psychoakustické procesory, které generují nové harmonické frekvence signálu a v malém množství je přidávají k signálu původnímu. Signál tím získává na průraznosti a jasnosti. Někdy jsou označovány také jako excitery.

Efektové procesory

Reverb simuluje přirozený dozvuk sálu, místnosti, haly a jiných reálných prostředí. Dříve se používaly např. pružinové konstrukce, zatímco dnes jsou dostupné výhradně digitální přístroje. Je nezbytnou součástí každého nahrávacího studia.

Delay vytváří umělé zpoždění signálu v několika opakováních (možno i do nekonečna) s tím, že úroveň opakovaného signálu se postupně snižuje. Někdy se také nazývá echo.

Chorus pracuje na principu zpoždění, kdy je k původnímu signálu přidán signál zpožděný o několik desítek ms a lehce frekvenčně modulovaný.

Flanger a phaser jsou procesory podobného typu. Phaser moduluje se zpožděním fázi původního signálu a tento modulovaný signál přimíchává k původnímu. Flanger má navíc zavedenu intenzivní zpětnou vazbu.

Měníč ladění posunuje výšku ladění původního signálu při zachování časového průběhu. Takto modulovaný signál může být použit buď samostatně, nebo může být přimíchán k původnímu. Tento procesor je znám také pod názvem harmonizér. [11], [12]

U osobních počítačů se využívá virtuálních verzí zvukových procesorů, tzv. plug-in efektů. Pracují na technologii systému Direct X (Microsoft), VST (Steinberg), případně ReWire (Propellerhead Software) [8]. V současné době je již většina programů schopna využívat plug-in efekty všech těchto technologií. Pro jejich podrobný popis však není v této práci prostor.

2.7 Součet signálů, mixáž

Máme-li všechny jednotlivé stopy upraveny podle našich představ, je třeba z nich vytvořit celkový stereofonní, případně prostorový (5.1 surround apod.) signál. To se děje při závěrečné mixáži. Pro účely této práce postačí omezení pouze na stereo zpracování.

Nejprve se nastaví vzájemné poměry hlasitostí jednotlivých stop (nástrojů) s doladěním poměrů nebo parametrů efektů. Mixáž probíhá tak, že se nastaví výstupy všech stop do stereofonního vstupu speciálního záznamového magnetofonu (MASTER), případně digitálního R-DAT, minidisku, nebo CDRW (nahrávatelný kompaktní disk) přístroje, spustí se záznam a poměry jednotlivých nástrojů a také efektů se v průběhu záznamu dynamicky doladují (některé nástroje nebo lidský hlas se v určitých pasážích zesilují nebo zeslabují tak, aby např. zpěvák v hlasitých pasážích nezanikl, nebo se zvýraznily důležité

party, podpořila se dynamika celé skladby apod.). Aby mixáž proběhla co nejlépe, používá se tzv. automatizace. Ta umožňuje u analogových mixpultů uložit do paměti počítače průběh celé mixáže (pomocí MIDI informací) tak, že ji je možno libovolně opakovat, přičemž fadery hlasitosti se pohybují samy, tak jak jsme s nimi pohybovali v předchozí mixáži. U počítačového zpracování probíhá vše virtuálně.

Každý vícestopý program je vybaven virtuálním mixážním pultem, se kterým je možno zacházet stejně jako s fyzickým mixážním pultem. Je také možné k počítači připojit externí digitální mixpult přes rozhraní S/PDIF, Fire Wire nebo USB, případně opticky. Možnost nastavení automatizace je samozřejmostí, lze ji nadefinovat i předem pomocí automatizačních křivek a oproti analogovým systémům nabízí virtuální způsob mixáže obrovské možnosti. Je například možné do automatizace zahrnout změny veškerých parametrů efektů a celý postup mixáže ukládat do paměti, takže si například můžeme uložit několik verzí mixáže a poté se rozhodnout pro tu nejpovedenější. Výsledek se pak renderuje (generuje) do výstupního souboru, většinou formátu WAV. Také je možné provést mixáž v reálném čase a výsledek zaznamenat do volné stereo stopy, která se pak vyexportuje do souboru zvoleného formátu.

2.8 Mastering + export

Mastering je finální úprava již smíchané nahrávky. Zahrnuje frekvenční úpravy kompletní nahrávky, tzn. ořezání špiček a subbasových frekvencí pod 25 Hz, které jsou mimo pásmo lidského sluchu a mohly by poškodit reproduktory, pak také jemné doladění určitých frekvenčních pásem, přidávání harmonických frekvencí apod. Následuje komprese celé nahrávky, která má za úkol zvýšit její průměrnou hlasitost s tím, že nejsilnější místa se budou blížit úrovni 0 dB. Zde je nutno volit citlivý kompromis mezi hlasitostí a původní dynamikou nahrávky. Při frekvenčních úpravách a kompresi se také bere v úvahu celistvost díla (obsahuje-li více skladeb) a většinou je snaha zvuk všech skladeb do jisté míry sjednotit. Poté se všechny skladby naskládají za sebe a přidávají se pauzy mezi nimi a indexy. Zbývá nahrávku přenést na médium, ze kterého se pak vyrobí matrice pro lisování CD disků nebo výrobu magnetofonových kazet, případně jiných nosičů.

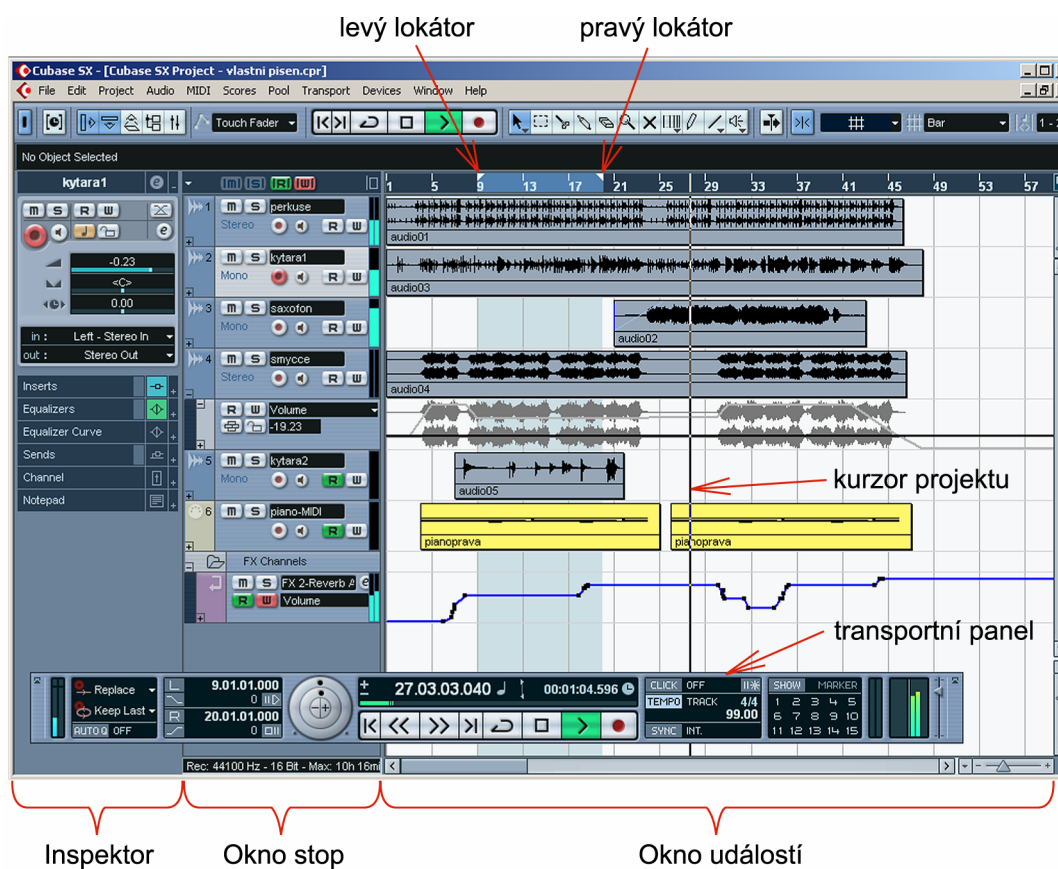
Pro tyto účely lze použít některé vícestopé programové systémy, ale je vhodnější sáhnout po jednostopém (stereo) editačním softwaru, jakými jsou například Sound forge nebo Cool edit a jiné, které jsou koncipovány jako čistě editační programy. [11], [12]

3 PRAKTICKÁ ČÁST

V této části práce popíšu základní funkce a nástroje pro zpracování audio signálů v programovém systému Cubase SX, který je součástí vybavení laboratoře multimédií na ÚŘPI ve Zlíně. Vysvětlím také základní principy způsobu práce v tomto systému a uvedu některé konkrétní příklady zpracování signálu tak, aby byl čtenář po přečtení této práce schopen provést základní úkony spojené se zpracováním audio signálů pomocí tohoto programového systému. V následujících kapitolách popíšu celý proces zpracování audio signálu v systému Cubase od záznamu, přes primární zpracování, editaci, sekundární zpracování až po konečnou mixáž. Mastering neboli finální úprava hotové nahrávky je samostatnou a poměrně složitou disciplínou, a proto jej v praktické části neuvádím.

3.1 Základní popis prostředí

Než začnu popisovat konkrétní úkony, je nutné seznámit se s pracovním prostředím programového systému Cubase SX (dále jen Cubase) a definovat některé pojmy.



Obr. 19. Pracovní prostředí systému Cubase

Na (Obr. 19) je vidět základní pracovní obrazovka Cubase s označením jednotlivých oblastí.

Okno událostí je oblast, ve které se zobrazuje veškerý zaznamenaný materiál ve formě audio nebo MIDI událostí a automatizační křivky. Tyto objekty je možné v tomto okně editovat.

V oblasti nazvané **Okno stop** se nachází vyobrazení všech stop různého typu, jež v projektu používáme včetně názvu a některých parametrů.

Oblast **Inspektor** znázorňuje detailní nastavení parametrů vždy jedné vybrané stopy.

Levý a pravý lokátor jsou poziční značky pro přesnou specifikaci začátku nebo konce záznamu, případně vymezují úsek pro záznam nebo pro cyklický režim. Jejich použití je vysvětleno v kapitole 3.2.2.

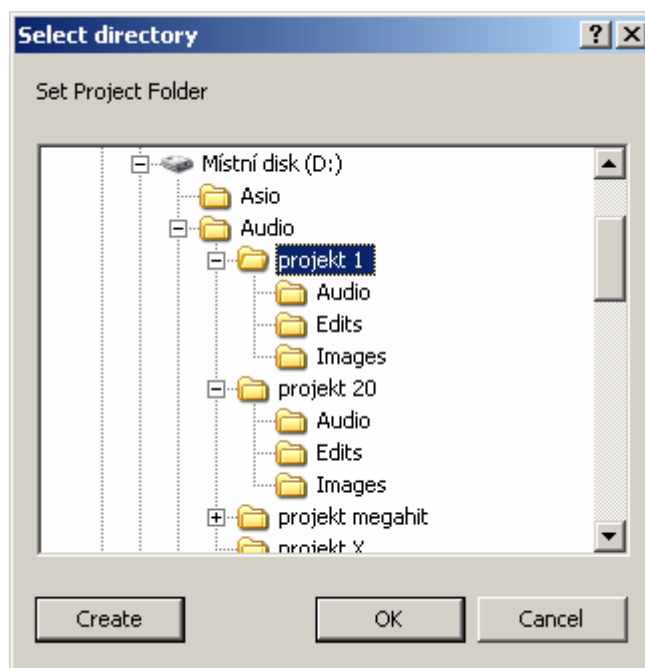
Kurzor projektu určuje aktuální pozici na časové ose nahrávky. Reprodukce nebo záznam začínají po spuštění v místě polohy tohoto kurzoru (vyjma použití Letmého střihu - kapitola 3.2.2).

Transportní panel obsahuje stejné ovládací prvky, jaké bychom našli na analogovém magnetofonu (rew, play, record apod.), nastavení tempa, lokátorů, záznamového režimu, ale také např. indikátor vytížení procesoru, nebo úroveň signálu vstupní a výstupní sběrnice. Skrýt nebo zobrazit ho lze klávesou F2.

3.1.1 Založení projektu

Nový projekt založíme příkazem *File → New Project*. Nejprve se zobrazí nabídka přednastavených formátů projektu (24 audio stop, 16-ti stopý MIDI sekvencer aj.). Zvolíme-li *Empty*, začneme s úplně prázdným projektem.

Abychom se vyvarovali případným ztrátám audio souborů, ve kterých bude uložen náš záznam, je vhodné vědět, kde se tyto soubory na pevném disku nacházejí. Cubase má adresářový systém vyřešen tak, že se veškerá audio data ukládají do podadresáře *Audio* případně *Edits* (pro pomocné soubory při destruktivních úpravách) v adresáři projektu. V nabídce *Select directory* zvolíme, nebo vytvoříme adresář, do kterého chceme projekt umístit.



Obr. 20. Adresářová struktura projektů v Cubase

V adresáři projektu můžeme mít současně uloženo několik dílčích projektů (skladeb, verzí mixáže apod.). Tyto soubory mají příponu *.cpr*.

3.2 Záznam do stop

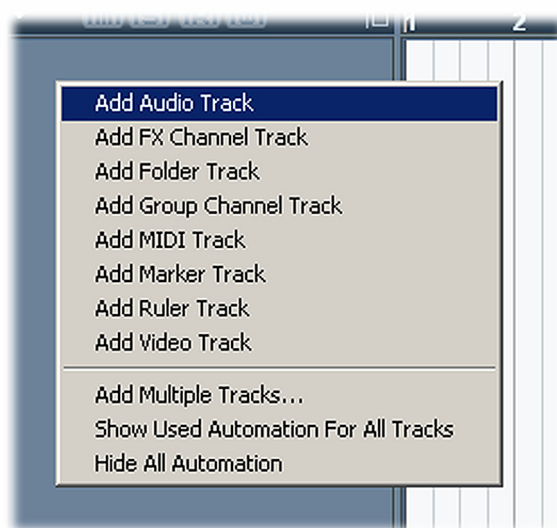
Stejně jako u analogových magnetofonů, probíhá i u programových systémů nahrávání do jednotlivých stop. Ty mohou být buď typu Audio, nebo MIDI. Zatímco do audio stop je zaznamenáván navzorkovaný analogový signál, u MIDI jde o jednotlivé události (MIDI events), které mohou být zadávány z MIDI klaviatury, syntezátoru s příslušným MIDI výstupem, ale také například ze speciálního MIDI snímače pro kytaru, nebo přímo zadáváním jednotlivých událostí (v podobě not) myší.

V programovém systému Cubase je k dispozici ještě několik dalších typů stop. Jedná se o *FX Channel Track*, *Folder Track*, *Group Channel Track*, *Marker Track*, *Ruler Track* a *Video Track*. *Folder Track* slouží jako složka, do které je možno vložit několik stop (včetně jiných stop typu Folder) a ty pak skrýt, takže se ušetří prostor na obrazovce. Navíc lze měnit parametry všech stop (*Mute*, *Solo*, *Rec*, *Lock*, *Monitor*), které tato složka obsahuje, současně. *Group Channel Track* slouží ke sčítání (smíchání) signálu z několika audio stop do jedné stopy, která může být mono, stereo, nebo prostorové kanálové konfigurace. *FX Channel Track* plní funkci externího efektového procesoru, do něhož je možno poslat rozbočený signál (send) z libovolného počtu stop. Tato stopa může

obsahovat také až šest různých efektů. *Marker Track* je stopa, do které lze vkládat poziční značky (markery), jež slouží pro lepší orientaci ale také pro rychlé a přesné přesouvání kurzoru. *Ruler Track* je stopa, obsahující pravítko s libovolnou stupnicí. V projektu tak lze mít několik různých stupnic. *Video Track* je stopa pro video signál.

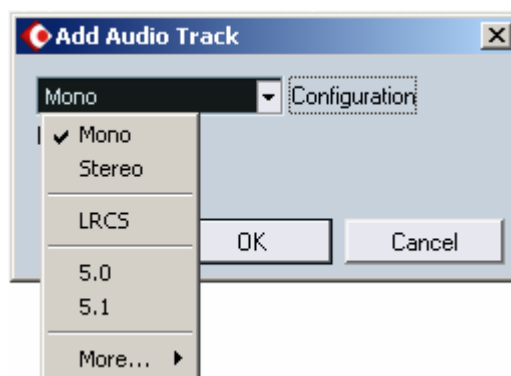
3.2.1 Vytvoření audio stopy

Stopu vložíme do projektu kliknutím pravého tlačítka myši v oblasti Okna stop. Zobrazí se nám nabídka různých druhů stop. Vybereme položku *Add Audio Track*. Stejného výsledku dosáhneme výběrem *Project* → *Add Track* → *Audio* v hlavním rolovacím menu.



Obr. 21. Výběr typu stopy při jejím vkládání

Zobrazí se nabídka pro výběr zvukového formátu stopy (mono, stereo, 5.1 a jiné). Vybereme zvolený formát.



Obr. 22. Výběr zvukového formátu stopy

3.2.2 Záznam do audio stopy

Vytvořená audio stopa v programu Cubase se na obrazovce prezentuje následujícím způsobem (na obrázku s již zaznamenaným signálem):



Obr. 23. Vyobrazení audio stopy

Každá stopa je vlastně virtuální simulací sběrnice mixážního pultu a obsahuje prvky, které bychom našli na fyzickém mixážním pultu. Mezi tyto prvky patří například equalizer (v Cubase je čtyřpásmový), volba vstupu, výstupu, panoráma nebo potenciometr ovládání hlasitosti (fader).

V audio technice je standardem označovat maximální signálovou úroveň jako 0 dB a minimální úroveň (úplné ticho) jako $-\infty$. V systému Cubase tomu není jinak.

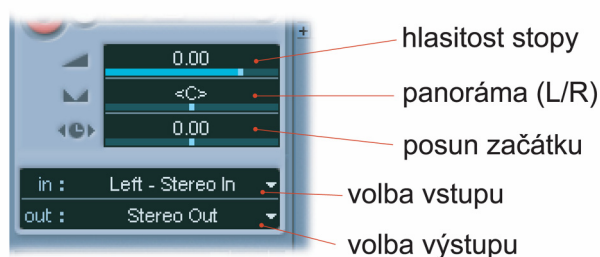
Popišme si nyní možnosti ovládání parametrů jednotlivých stop, které máme k dispozici. Některá tlačítka se stejnou funkcí se vyskytují na více místech zároveň, což usnadňuje přístup k parametrům.

Nastavení základních parametrů stopy lze měnit těmito tlačítky :

-  **Mute** – zakázat / povolit přehrávání (audienci) stopy
-  **Solo** – přehrávat pouze tuto stopu nebo všechny stopy takto označené
-  **Read** – aktivovat / deaktivovat čtení zapsané automatizace
-  **Write** – aktivovat / deaktivovat zápis automatizace

-  *Record* – povolit / zakázat záznam do stopy
-  *Monitor* – deaktivovat / aktivovat zobrazování úrovně signálu ve stopě
-  *Timebase* – přepínání časové základny mezi linear a musical [9]
-  *Lock* – uzamknout stopu, její obsah pak nelze upravovat
-  *Auto fades* – nastavení parametrů pro automatický Fade in / Fade out
-  *Edit Audio Channel settings* – podrobné nastavení parametrů stopy (kapitola 3.5)

Nastavení hlasitosti, panorámy (umístění signálu ve stereo bázi), posunu začátku stopy (začátek reprodukce stopy lze posouvat do kladných i záporných hodnot v rozmezí -2000 až +2000 ms) nebo výběr vstupních a výstupních sběrnic nám nabízí následující pole v oblasti Inspektor.

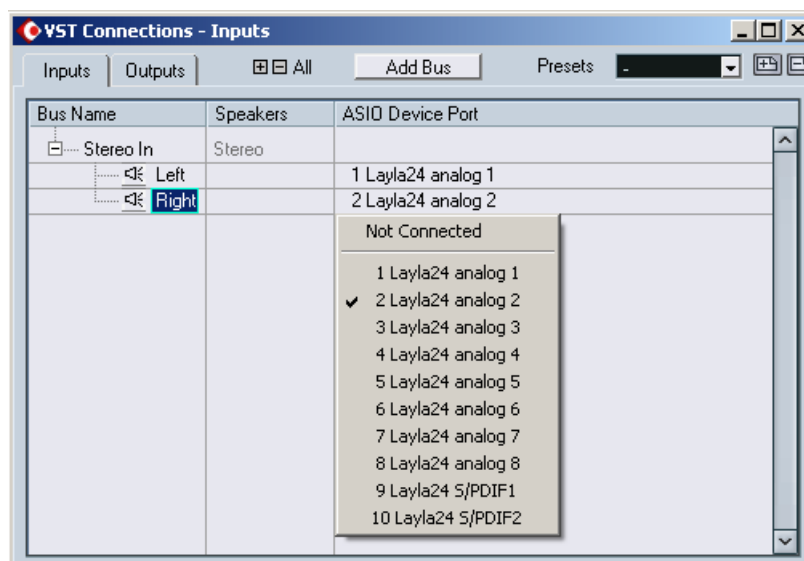


Obr. 24. Nastavení základních parametrů stopy

Volba vstupu a výstupu

Počet vstupních a výstupních sběrnic, které máme při volbě vstupu a výstupu k dispozici závisí na možnostech zvukové karty, kterou používáme. Například laboratoř na ÚŘPI ve Zlíně disponuje zvukovou kartou ECHO Layla 24 s 8 analogovými symetrickými vstupy a 8 analogovými symetrickými výstupy. Karta je také vybavena také digitálními vstupy / výstupy S/PDIF (koaxiální nebo optický – 2 kanály) nebo Adat (optický – 8 kanálů, pro vzorkovací frekvence vyšší než 48 kHz pouze 4 kanály), mezi nimiž je možno volit. Použijeme-li rozhraní Adat, můžeme mít k dispozici až 16 vstupů (8 analogových, 8 digitálních) a 16 výstupů. Záleží na situaci, kolik z těchto vstupů a výstupů potřebujeme využít. Aktivovat do příslušných sběrnic je můžeme následujícím způsobem.

Výběrem položek *Devices* → *VST Connections* v hlavním menu (nebo klávesou *F4*) zobrazíme tabulku nastavení vstupů a výstupů.



Obr. 25. Tabulka vstupů a výstupů

V záložkách v horní části lze přepínat mezi nastavením vstupů (*Inputs*) a výstupů (*Outputs*). V tabulce máme možnost přidávat či odebírat sběrnice a přiřazovat jim příslušné vstupy nebo výstupy zvukové karty (můžeme mít k dispozici i několik zvukových karet). Přidání sběrnice provedeme tlačítkem *Add Bus*, odebrání pak tlačítkem *Delete* na klávesnici, nebo poklikem pravým tlačítkem myši na příslušnou sběrnici a volbou *Remove bus*. Přidáváme-li novou sběrnici, máme možnost volby jejího formátu (mono, stereo, 5.1 a jiné), názvu, reproduktorové sestavy a vstupního nebo výstupního portu karty. Je zde také možnost uložení nastavení různých sběrniceových sestav v pravém horním rohu tabulky.

Poznámka: Pokud zaznamenáváme monofonní signál přes stereofonní vstupní sběrnici, máme na výběr pouze levý nebo pravý kanál sběrnice.

Výstup ze stopy lze směřovat buď do hlavní výstupní sběrnice (*Stereo Out*), případně do pomocné sběrnice *Group Channel Track*. V hlavní výstupní sběrnici se nachází všechny signály, které putují přes výstup zvuk. karty do reproduktorové soustavy, tedy vše co při práci posloucháme z reproduktorů, nebo vše, co je při mixáži přítomno v hotové nahrávce. (kapitola 3.6)

Vlastní záznam

Audio signál lze přivést do stopy buď přímým záznamem ze zdroje signálu nebo také vložením již existujícího zvukového souboru (Cubase podporuje vložení většiny současných používaných souborových formátů včetně mp3, wmv, nebo mpeg), případně přesunem nebo kopií signálu z jiné stopy. Jeden celistvý úsek audio signálu ve stopě se nazývá událost (event). Každá jednotlivá událost představuje jeden samostatný soubor na disku.

Po výběru vstupní sběrnice můžeme nastavit optimální úroveň vstupního signálu. Tento je zobrazen na pravém okraji Transportního panelu (*Audio Activity*). Výhodnější však je provést nastavení pomocí mixážní konzole, kterou zobrazíme klávesou F3. V levé části najdeme příslušnou vstupní sběrnici, v níž je úroveň vstupního signálu vyobrazena přesněji. Úroveň tohoto signálu by neměla přesahovat 0 dB, neboť pak by mohlo dojít ke zkreslení signálu, ale zároveň by neměla být příliš nízká. Podle úrovně signálu se mění barva sloupce, přičemž červená značí zkreslení. Žlutá barva je optimální úroveň, tedy maximální, nezkreslená. Tuto úroveň můžeme ovlivňovat potenciometrem hlasitosti sběrnice.



Obr. 26. Vstupní sběrnice

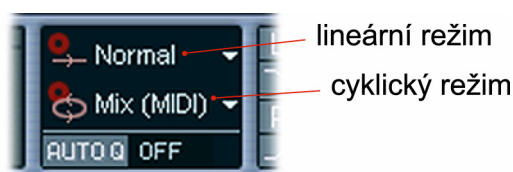
Záznam se spustí tlačítkem  (*Record*) v transportním panelu nebo v horní části

obrazovky. Signál je zaznamenáván do všech stop, které mají povolen záznam tlačítkem  (*Enable Record*).

Záznam může probíhat **lineárně** nebo **cyklicky**. Při cyklickém režimu probíhá záznam opakovaně v oblasti mezi levým a pravým lokátorem (popsáno níže v podkapitole Letmý střih). Cyklický režim je možno aktivovat tlačítkem  (*Cycle*) a platí jak pro záznam tak pro reprodukci. Jednotlivé události jsou zaznamenávány ve vrstvách nad sebe a vždy zůstane zobrazena poslední dokončená událost. Mezi jednotlivými vrstvami pak lze přepínat kliknutím pravého tlačítka myši přímo na událost a výběrem *Set To Region*.

Lineární záznam probíhá po zmáčknutí tlačítka *Record* vždy pouze jednou. Záznam začne v místě polohy kurzoru projektu a skončí se stisknutím tlačítka  (*Stop*), případně mezerníkem. V případě, že potřebujeme provést záznam do přesně vymezeného úseku, vymezíme tento úsek pomocí levého a pravého lokátoru a aktivací funkcí *Punch In* a *Punch Out* (tohoto postupu se využívá například při tzv. letném střihu). Reprodukci lze spustit, ale také zastavit mezerníkem.

Pokud již máme ve stopě zaznamenán jakýkoliv signál, je důležité věnovat pozornost nastavení **nahrávacího režimu**. Lze nastavit průběh jak lineárního, tak cyklického nahrávacího režimu. Toto nastavení najdeme v levé části Transportního panelu.



Obr. 27. Nastavení nahrávacího režimu

V lineárním režimu můžeme kliknutím levého tlačítka volit mezi režimy *Normal*, *Merge*, *Replace*. Režimy *Normal* a *Merge* jsou pro audio stopy totožné, liší se při použití MIDI. Je-li zvolen jeden z těchto dvou režimů, bude se do dané stopy zaznamenávat nový signál (každá nová událost) na novou vrstvu a původní události zůstanou zachovány. Přepínání mezi vrstvami lze uskutečnit kliknutím pravého tlačítka myši na nejnovější událost a výběrem položky *To Front*. Režim *Replace* zajistí, že každou novou událostí se nahradí úsek původní události v délce události nové.

Pro cyklický režim můžeme volit mezi *Keep Last* a *Stacked*. Zbylé dvě položky se týkají zpracování MIDI. V režimu *Keep Last* jsou zaznamenávány jednotlivé události do jednoho

audio souboru, avšak zobrazena zůstane poslední dokončená událost. K dispozici máme i ostatní události mezi kterými lze volit výše uvedeným postupem.

V režimu *Stacked* probíhá vše obdobně s tím rozdílem, že jednotlivé události každého cyklu se zobrazují ve stopě pod sebou. To je výhodné zejména tehdy, když potřebujeme jednotlivé události navzájem porovnávat.

Při reprodukci lze v jedné stopě vždy reprodukovat pouze jednu událost v daném čase. Je-li tedy přítomno více událostí ve více vrstvách, reprodukuje se vždy pouze jediná aktuální.

Letmý střih

Za normálních okolností začíná záznam po zmáčknutí tlačítka *Record* v místě polohy kurzoru. Letmý střih se používá tehdy, kdy potřebujeme provést záznam od přesně definovaného místa na časové ose různého od počátku, nebo do přesně definovaného místa na časové ose, případně v přesně definovaném úseku na časové ose a potřebujeme při tom slyšet již zaznamenaný signál před místem střihu.

Zaznamenávaný úsek vymezují lokátory. Máme k dispozici lokátor levý, který označuje začátek úseku a lokátor pravý, kterým definujeme konec úseku. Úsek mezi lokátory je vyznačen modře. Je-li vyznačen červeně, pak je pravý lokátor na časové ose před levým. S lokátory je možno pohybovat pomocí myši, nebo lze jejich polohu zadat číselně v Transportním panelu.

Označením tlačítka  (*Punch In*) zaručíme, že záznam začne až v místě levého lokátoru a poběží dokud ho sami nezastavíme. Je-li označeno pouze tlačítko  (*Punch Out*), začne záznam v místě kurzoru a skončí v místě pravého lokátoru. Jsou-li označena obě tato tlačítka současně, začne záznam v místě levého lokátoru a skončí v místě pravého lokátoru.



Obr. 28. Nastavení lokátorů

Tlačítko  (*Pre-roll*) umožňuje to, že zmáčkneme-li tlačítko  *Record*, systém

reprodukuje před zahájením záznamu určitý počet taktů před kurzorem. Počet taktů je definován číslicí vedle tlačítka. Analogicky funguje tlačítko (*Post-roll*), kdy je naopak reprodukován určitý počet taktů po skončení záznamu.

Tlačítko  přesune kurzor na polohu levého lokátoru a  na polohu pravého lokátoru.

3.3 Primární zpracování signálu

Tato a všechny následující kapitoly se zabývají zpracováním již zaznamenaného signálu. Uvedu zde některé pojmy a příkazy, jež jsou obecně platné pro celý proces zpracování signálu v programovém systému Cubase.

V Cubase lze signál zpracovávat dvěma základními způsoby. Jedná se o destruktivní a nedestruktivní způsob zpracování.

Destruktivní zpracování přímo zasahuje do obsahu souboru v němž je signál uložen a soubor se tím trvale změní. Většina programových systémů si při tomto typu editačních úkonů vytváří záložní soubory tak, aby bylo možno provedené příkazy vrátit zpět (v Cubase příkazem *Edit* → *Undo*). Systém Cubase má výhodu v tom, že při uložení projektu se zpětné kroky stále zachovávají. Až při uzavření projektu je uložena aktuální podoba signálu a zpětné kroky jsou ztraceny.

Nedestruktivní zpracování je takové, při němž nedochází k zásahům do souboru, obsahujícího signál, ale veškeré úpravy probíhají virtuálně a jsou vytvářeny v reálném čase. Z toho je patrné, že tento způsob úpravy zatěžuje mnohem více procesor počítače. U tohoto způsobu zpracování je nutné zvukový procesor vložit do cesty signálu v nastavení parametrů stopy. Procesor lze vložit do zvoleného efektového vstupu (*insert*), případně signál odeslat zvoleným pomocným výstupem (*send*) do předem vytvořené efektové sběrnice (*FX Channel Track*). Tento způsob je popsán v kapitole 3.5.

Před samotnou úpravou je nutno zvolit (označit) událost nebo její úsek, více událostí, nebo jejich úsek. K výběru slouží především následující dva nástroje, které nalezneme v horní nástrojové liště, nebo pod pravým tlačítkem myši.



Object Selection

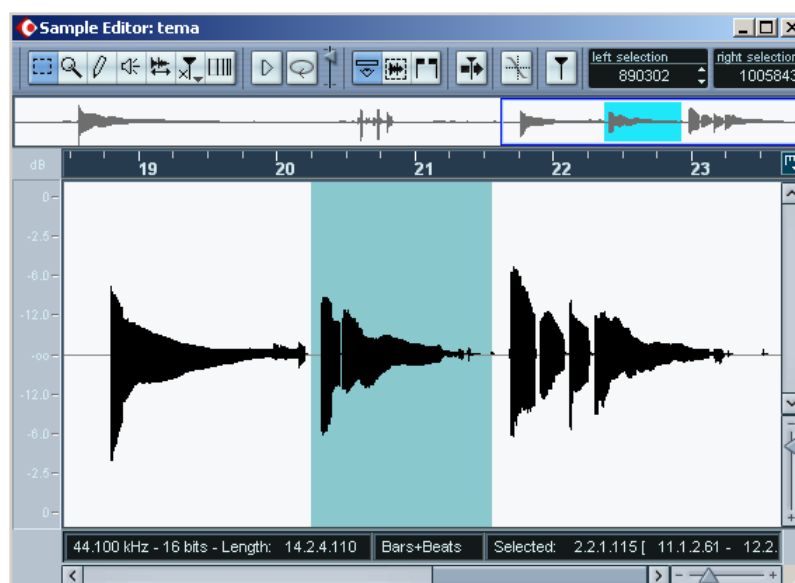
Vybírá celou událost, při použití klávesy Shift přidává do výběru události další. Umožňuje i výběr pomocí okna. Dvojnásobným kliknutím myši je otevřen podrobnější editor (*Sample Editor*).



Range Selection

Vybírá úsek jedné nebo více událostí. Dvojnásobným kliknutím myši je vybrána celá událost, dalším dvojnásobným kliknutím otevřen podrobnější editor.

Sample Editor slouží pro přesnější a přehlednější úpravu jednotlivé události. Jeho výhodou je mimo jiné to, že lze signál zobrazit ve velmi velkém zvětšení a tím dosáhnout velmi přesných editačních výsledků. Na obrázku (Obr. 29) je patrné, jak vypadá výběr pomocí nástroje *Range Selection* v tomto editoru. Podrobný popis práce a všech funkcí tohoto editoru je možno nalézt v elektronické dokumentaci [9] k systému Cubase.

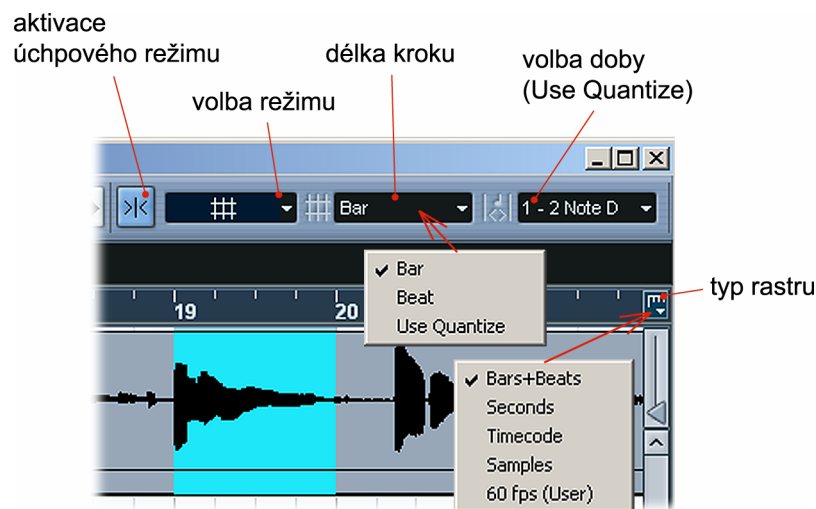


Obr. 29. Výběr úseku v aplikaci *Sample Editor*

Úchopový režim

Cubase disponuje systémem inteligentního uchopování. Můžeme volit režim, podle kterého se výběrové nástroje automaticky „lepí“ k uchopovaným událostem, jejich začátkům, koncům apod. K dispozici jsou režimy *Grid*, *Events*, *Shuffle*, *Magnetic Cursor*, nebo některé jejich kombinace. *Grid* představuje pohyb po rastru, jehož typ a délka kroku jsou měnitelné. V rastru se lze pohybovat po jednotlivých taktech (*Bar*) či dobách (*Beat*), v režimu *Use Quantize* máme možnost pohybu až po šedesátitčtvrtových dobách, ale také například v triolách nebo duolách. Je zde také možnost pohybu po sekundách, v časovém kódu, po vzorcích, nebo snímcích videa. V režimu *Events* se výběrový nástroj automaticky „chytá“ začátků a konců událostí. *Shuffle* je užitečný tehdy, pokud chceme zaměnit polohu dvou těsně sousedících událostí. Režim *Magnetic Cursor* umožňuje přesné

zalícování přesouvaného nebo protahovaného objektu s hlavním kurzorem. Následující obrázek ukazuje možnosti nastavení úchopového režimu, délky kroku, volby jednotlivých dob a typu rastru.



Obr. 30. Nastavení rastru

Nástroje pro úpravu

K úpravám signálu lze používat buď editačních nástrojů v horní části obrazovky (výběrové nástroje, nůžky apod.), příkazů z nabídky *Process* (zejména u destruktivního zpracování), nebo plug-in procesorů (nabídka *Plug-ins*). Záleží na typu úpravy. Vždy existuje více možností dosažení požadované operace. Nejčastěji jsou k dispozici dvě cesty. První z nich je využití hlavního rolovacího menu. Pro zpracování audio signálů slouží položka *Audio*, kde najdeme mimo jiné položky *Process* a *Plug-ins*. Druhou možností je použití pravého tlačítka myši přímo na zvolenou událost, nebo její úsek, kde máme všechny nástroje pro úpravu k dispozici také.

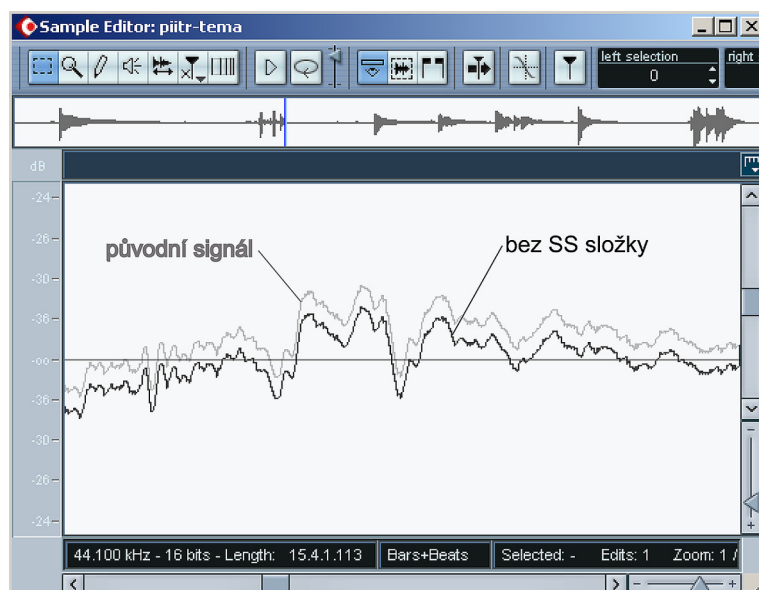
Pokud zvolený příkaz (případně Plug-in aplikace) nenabízí žádné parametry, automaticky je proveden. Většina příkazů však parametry nabízí, a v takovém případě máme vždy k dispozici tlačítka *Process*, *Preview*, *Cancel*, *Help* a někdy také *More...* nebo jiná. *Process* provede příkaz s aktuálním nastavením parametrů. *Preview* reprodukuje krátkou ukázkou upraveného signálu. *Cancel* příkaz ukončí bez jakékoliv úpravy signálu a *Help* zobrazí nápovědu k příslušnému příkazu (Plug-in aplikaci). Pod tlačítkem *More...* se skrývají další parametry, které jsou většinou méně často používány.

U všech plug-in aplikací lze ukládat vlastní nastavení parametrů pro jednoduché budoucí vyvolání.

3.3.1 Odstranění SS složky

Cubase je vybaven funkcí pro detekci a současné odstranění stejnosměrné složky signálu. Procentuální množství SS složky obsažené v signálu lze zobrazit příkazem *Audio* → *Statistics*. Je nutné předem vybrat levým tlačítkem myši události, nebo jejich části, jejichž statistiku chceme zobrazit. Najdeme zde i jiné parametry signálu, jako např. maximální, minimální amplituda apod.

Samotné odstranění provedeme příkazem *Audio* → *Process* → *Remove DC Offset*, případně pravým tlačítkem myši na vybranou událost nebo její úsek a výběrem *Process* → *Remove DC Offset*. Příkaz automaticky vyhledá a odstraní SS složku ve vybraných objektech. Průběh signálu před a po odstranění SS složky ukazuje následující obrázek. Nutno poznamenat, že signál je zde zobrazen ve značném zvětšení.

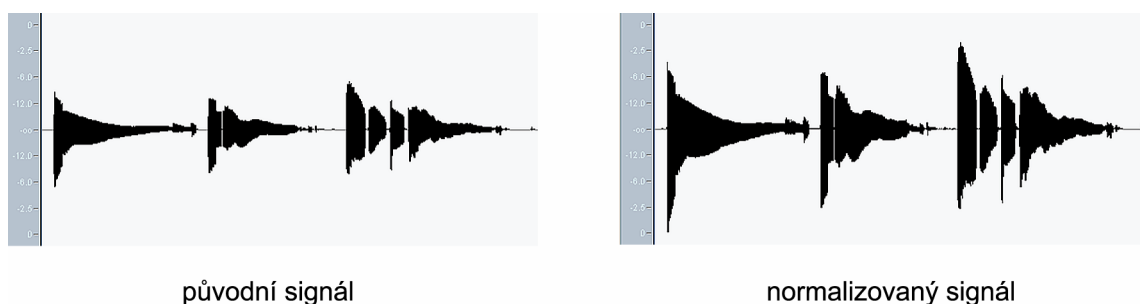


Obr. 31. Ukázka odstranění SS složky

3.3.2 Normalizace

Normalizaci je v Cubase možno provést posloupností příkazů *Audio* → *Process* → *Normalize*. Zobrazí se okno, kde máme možnost volby úrovně maximální amplitudy (implicitně nastavena na 0,00 dB). Tlačítkem *More...* lze zobrazit další parametry a sice *Pre-CrossFade* a *Post-CrossFade*, které slouží k vytvoření plynulého náběhu a plynulého

zakončení normalizovaného úseku. Nastavuje se jejich délka v [ms] a využít je můžeme zejména tam, kde normalizujeme pouze určitý úsek celé události a potřebujeme vytvořit plynulý přechod mezi normalizovaným úsekem a úseky okolními. Tlačítkem *Process* normalizaci spustíme. Příkaz provede normalizaci označeného úseku nebo celé události. Stejněho výsledku lze dosáhnout i kliknutím pravým tlačítkem myši na vybranou událost nebo její úsek a výběrem *Process* → *Normalize*. Zobrazení průběhu signálu před a po normalizaci ukazuje následující obrázek.



Obr. 32. Ukázka normalizace signálu

3.3.3 Úprava dynamiky

K úpravě dynamiky signálu se používají virtuální plug-in zvukové procesory, eventuálně externí fyzické zvukové procesory. V této kapitole uvedu zpracování pomocí virtuálních plug-in procesorů. K úpravě dynamiky lze použít jakýkoliv plug-in procesor, který máme nainstalován (Cubase podporuje použití jak Direct X tak VST plug-in aplikací). Systém Cubase je vybaven vícepásmovým kompresorem (*Multiband Compressor*) a dvěma aplikacemi, jež kombinují více režimů současně (*Dynamics*, *VST Dynamics*).

Zatímco u předchozích dvou podkapitol se jednalo o čistě destruktivní editaci, při úpravách dynamiky signálu máme možnost volby mezi destruktivním a nedestruktivním zpracováním.

Zvukový procesor aplikujeme na označenou událost, nebo její úsek výběrem *Audio* → *Plug-ins* → zvolený procesor: například *Dynamics* → *Multiband Compressor*. Procesor lze aplikovat také kliknutím pravého tlačítkem myši na zvolenou událost (úsek) a výběrem *Plug-ins* → zvolený procesor. V tomto případě jde o destruktivní zpracování.

Nedestruktivní použití zvukových procesorů je popsáno v kapitole 3.5.

Plug-in aplikace Dynamics

Aplikace *Dynamics* nabízí tři různé virtuální zvukové procesory v jednom okně, a to kompresor, gate a limiter. Je možno použít pouze jeden z nich, případně dva, nebo všechny tři zároveň. Jejich vzájemné propojení (tedy pořadí průchodu signálu každým z nich) lze měnit v části nazvané *Routing*.

Plug-in aplikace VST Dynamics

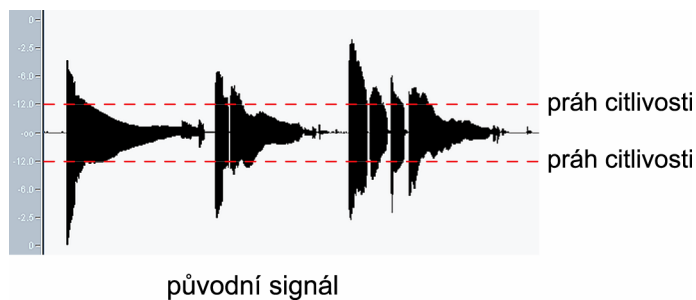
Jedná se o obdobný kombinovaný procesor jako v předchozím případě, avšak obsahuje navíc ještě funkce *Auto Level* a *Soft Clip* a má pevně dané pořadí průtoku signálu jednotlivými procesory. *Auto Level* vyrovnává hlasitost celého signálového spektra podle toho, zdali je signál příliš slabý, nebo příliš silný, a to pouze nad úrovní prahu citlivosti, takže nezesiluje případné šумы. Funkce *Soft Clip* pracuje podobně jako limiter. Zajišťuje, aby úroveň signálu nepřesáhla hodnotu 0 dB, avšak oproti limiteru začíná jemně potlačovat signál již od úrovně -6 dB [10]. Zapojení jednotlivých komponent je zde pevně dáno a není možné je měnit.



Obr. 33. Aplikace *VST Dynamics*

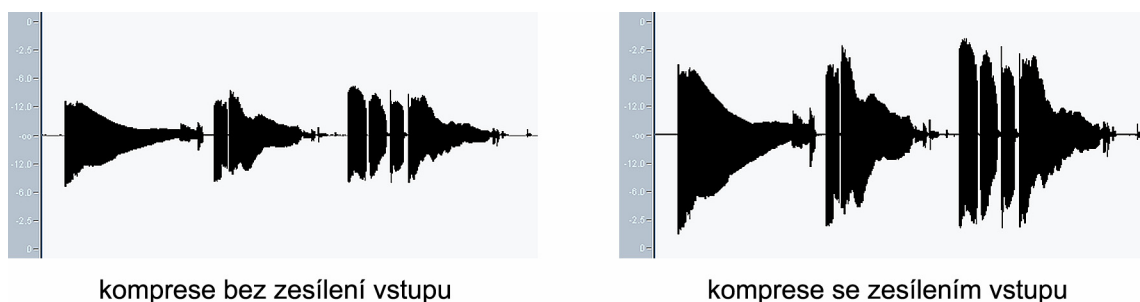
Použití kompresoru z této aplikace demonstruje následující příklad. Na obrázku (Obr. 34) je původní nekomprimovaný signál.

Další obrázek (Obr. 35) ukazuje podobu signálu po provedené kompresi s nastavením prahu citlivosti na -12,0 dB, kompresním poměrem 6:1, dobou náběhu 0,1 ms a automaticky předikovaným časem doběhu. Extrémně krátká doba náběhu byla zvolena pro zmírnění ostrých signálových špiček, které ukazuje předchozí obrázek.



Obr. 34. Původní nekomprimovaný signál

V levé části obrázku (Obr. 35) je vidět čistě zkomprimovaný signál, zatímco na pravém je vyobrazen signál zkomprimovaný stejnou kompresí, avšak se zvýšenou vstupní hlasitostí o 7,5 dB.

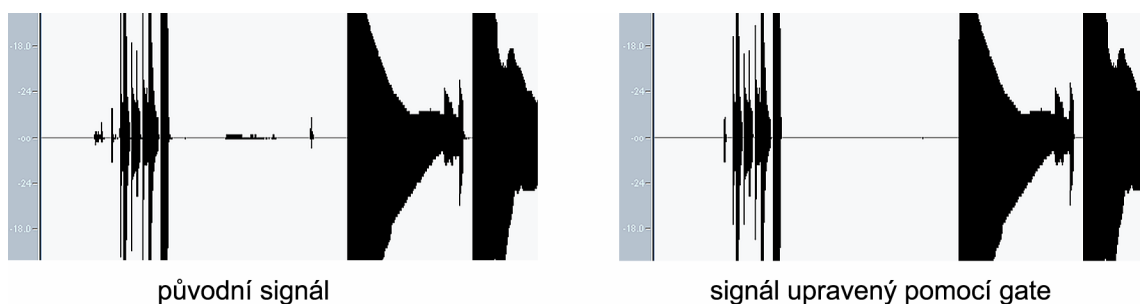


Obr. 35. Komprimovaný signál bez a se zesílením vstupu

Zvýšení vstupní hlasitosti je běžně používaná funkce, neboť zkomprimovaný signál má sníženou užitečnou velikost a je vhodné ji tímto způsobem vykompenzovat. Jedná se prakticky o formu normalizace, kterou však ovlivňujeme nastavením vstupní úrovně sami. Při tomto procesu je nutno postupovat citlivě, aby nedošlo k překročení maximální úrovně 0 dB a tím ke zkreslení signálu. Pro ochranu proti tomuto překročení je také vhodné použít limiter nebo funkci *Soft Clip*.

Použití procesoru *Auto gate*, což je standardní gate s několika vylepšeními, jakými jsou např. automatická kalibrace prahu citlivosti, predikce doby náběhu, nebo možnost volby zpracovávaného frekvenčního spektra. Následující příklad ukazuje využití *Auto gate* pro odstranění šumu v pomlčkách mezi jednotlivými frázemi řeči, zpěvu, nebo hudebního nástroje.

Při odstraňování šumu ze signálu je nutno postupovat velmi citlivě, aby nedošlo k odstranění žádoucích částí signálu. V tomto případě byl zvolen poměrně nízký práh citlivosti -35 dB, minimální možná doba náběhu 0,1 ms, čas držení 1 ms a čas doběhu 30 ms tak, aby došlo k odstranění většiny šumů a tichých ruchů s co nejmenším ovlivněním ostatních částí signálu. Obrázek ukazuje odstranění nežádoucích ruchů „zavřením“ signálu pod úroveň -35 dB a ve frekvenčním spektru 500 Hz – 5000 Hz, kde se tyto ruchy často vyskytují (pro analýzu lze použít příkaz *Audio* → *Spectrum Analyzer*).



Obr. 36. Ukázka použití procesoru gate

Nastavení parametrů jakéhokoliv zvukového procesoru je vhodné vždy provádět na základě poslechu výsledku, neboť jen tak můžeme mít jistotu, že výsledek bude takový, jaký si přejeme. U destruktivního způsobu zpracování slouží k tomuto funkce *Preview*, u nedestruktivního způsobu se nastavení parametrů provádí za reprodukce.

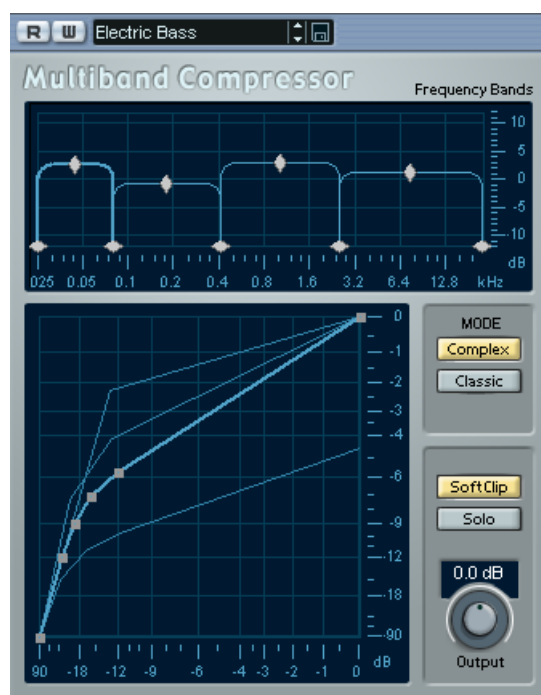
Plug-in aplikace Multiband Compressor

Tato aplikace je kompresorem s možností volby různých kompresních charakteristik a výstupních hlasitostí až pro pět různých frekvenčních pásem. Umožňuje nastavení různého průběhu komprese a vstupní hlasitosti každého pásma zvlášť. Oproti předchozím dvěma aplikacím má *Multiband Compressor* možnost libovolně měnit tvar kompresní charakteristiky. Veškerá nastavení zde probíhají tvarováním kompresní charakteristiky a nikoliv parametricky.

Kompresor má dva režimy, mezi kterými je možno volit. Režim *Classic* má pevně nastavenou dobu náběhu a čas doběhu. Oproti tomu režim *Complex* pružně přizpůsobuje tyto parametry probíhajícímu signálu podle prediktivního algoritmu.

Funkce *Soft Clip* je zařazena až na úplný konec signálové cesty v kompresoru, tedy až za nastavení celkové výstupní hlasitosti (*Output*). Má za úkol snižovat úroveň signálu, který překročí určitou mez tak, aby výstup z kompresoru byl vždy maximálně 0 dB. [10]

Obrázek (Obr. 37) zobrazuje aplikaci *Multiband Compressor*. V horní části je vidět nastavení jednotlivých frekvenčních pásem, zatímco dole je vyobrazení jednotlivých kompresních charakteristik pro všechna pásma.



Obr. 37. Aplikace *Multiband Compressor*

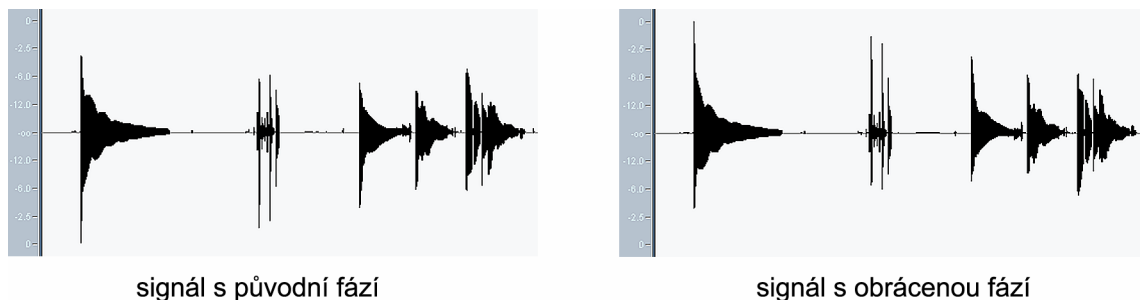
3.4 Editace

Tato kapitola vysvětluje použití základních editačních nástrojů v systému Cubase pro nejčastější editační úkony, uvedené v kapitole 2.5.

3.4.1 Obrácení fáze

Zde máme opět možnost výběru mezi destruktivním a nedestruktivním zpracováním úkonu.

Destruktivně, tedy s trvalou změnou zvukového souboru (události nebo jejího úseku) obrátíme fázi signálu příkazem *Audio* → *Process* → *Phase Reverse* v rolovacím menu.



Obr. 38. Ukázka obrácení fáze signálu

Fázi lze však také obrátit virtuálně v nastavení parametrů stopy  (*Channel Settings*) pomocí tlačítka  (*Input Phase*). V tomto případě zůstane soubor nezměněn. Podrobnější popis tabulky nastavení parametrů stopy je v kapitole 3.5.

3.4.2 Stříhání

Událost lze rozdělit na libovolný počet úseků tlačítkem  (*Split*). Najdeme ho v horní nástrojové liště nebo pod pravým tlačítkem myši. Příkaz rozdělí událost na dvě části v místě kliknutí myši. Z jedné události se stanou události dvě. Existuje ještě možnost rozdělení v místě polohy kurzoru příkazem *Edit* → *Split at Cursor*, který rozdělí všechny označené události. Nemá-li označena žádná událost, jsou rozděleny všechny události (ve všech stopách), jež kurzor aktuálně protíná.

Signál je rozdělen pouze virtuálně (jednotlivé části jsou stále součástí jednoho audio souboru), dokud nedojde k jakékoliv destruktivní úpravě jedné z částí. Pak systém uloží upravenou část do nového souboru.

Dvě události je možno spojit do jedné pomocí tlačítka  (*Glue*).

Odstranění celé události nebo její části je možné provést tlačítkem  (*Erase*) nebo tlačítkem *Delete* na klávesnici. Při odstranění části události tímto způsobem nedochází k zásahu do audio souboru a odstranění proběhne pouze virtuálně. Při protažení objektu uchopením bílého čtverce v levém nebo pravém dolním rohu události máme opět k dispozici celou původní délku objektu. Destruktivního odstranění dosáhneme pouze v aplikaci *Sample Editor*.

3.4.3 Kopírování a přesouvání

Kopírovat události nebo jejich částí lze po jejich označení klávesovými zkratkami Ctrl+C a Ctrl+V nebo příkazy *Copy* a *Paste* v nabídce Edit hlavního menu. Při vkládání je kopie vždy vložena do aktuální (aktivní) stopy na pozici kurzoru. Je zde také funkce *Paste at Origin*, která umístí kopírovanou část na začátek časové osy. Umístíme-li kopii do volného prostoru, stopa je automaticky vytvořena.

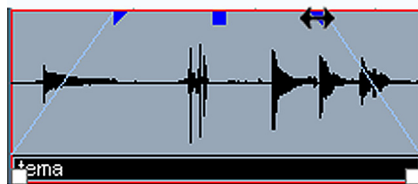
Výběr kopírovaných úseků je vždy podřízen nastavení uchopovacího režimu a rastru. Stejně je tomu při umísťování kopií.

Je-li vytvořena kopie určité události (úseku), jsou data čerpána stále z jednoho souboru, kopie je tedy virtuální. V okamžiku, kdy dojde k destruktivní úpravě původního signálu nebo kopie, je vytvořen nový soubor prezentující upravený signál.

3.4.4 Fade in, Fade out

Vytvoření pozvolného náběhu nebo odeznění je možné provést jak virtuálně tak destruktivně.

Virtuální Fade in nebo Fade out lze aplikovat pouze na celou událost. Zhotovíme je uchopením označené události v levém (Fade in) nebo pravém (Fade out) horním rohu a popotažením vlevo nebo vpravo.



Obr. 39. Virtuální Fade in, Fade out

Křivku je možno editovat dvojnásobným kliknutím levého tlačítka myši nad křivku nebo na křivku, případně příkazem *Audio* → *Open Fade Editor(s)* v menu. Zobrazí se dialog, kde je možno libovolně upravit tvar křivky. K dispozici jsou také již přednastavené tvary. Výhodou je, že vlastní tvar křivky si lze uložit pro příští použití. Prostředním modrým čtvercem lze ovlivňovat celkovou úroveň signálu.

V Cubase je možno také vytvořit plynulé prolnutí dvou částečně se překrývajících událostí v tom smyslu, že jedna se pozvolna zeslabuje zatímco druhá zesiluje. Prolnutí provedeme příkazem *Audio* → *Crossfades*, přičemž stačí označení pouze jedné události. Tvar křivek

lze měnit stejně jako v předchozím případě (každá může mít jiný průběh). Tuto operaci lze provádět pouze virtuálně.



Obr. 40. Virtuální prolnutí (*Crossfades*)

Všechny provedené virtuální Fade in a Fade out operace je možno odstranit ve vybrané události příkazem *Audio* → *Remove Fades*.

Destruktivní způsob zpracování umožňuje vytvářet Fade in a Fade out jak v celých událostech tak v jejich částech. Na vybraný objekt aplikujeme tyto funkce příkazem *Fade In* nebo *Fade Out* v nabídce *Process*.

Cubase má ještě jednu funkci podobného typu, a sice *Auto Fades*. Jedná se o virtuální velmi krátké (1-500 ms) automatické Fade in a Fade out při reprodukci událostí ve stopě. Každá audio stopa má tlačítko  (*Auto Fades Settings*), pod kterým se skrývá nastavení této funkce. Parametry lze měnit z kterékoliv stopy, avšak platí globálně pro všechny stopy. Tato funkce obsahuje i možnost prolnutí (*Crossfades*).

3.5 Sekundární zpracování signálu

Tato kapitola vysvětluje systém aplikace virtuálních zvukových procesorů v Cubase. Existuje i možnost použití fyzických zvukových procesorů, kdy musí být signál poslán do některého z výstupů zvukové karty, odkud putuje kabelem do zvukového procesoru, kde je modulován a z výstupu přístroje přiveden zpět do některého ze vstupů zvukové karty. Podle typu modulace je na výstupu z procesoru buď původní signál smíchaný s modulovaným v určitém poměru nebo pouze signál modulovaný, který je s původním smíchan až v počítači. Podrobný popis této metody přesahuje rámec této práce.

Jakékoliv virtuální plug-in zvukové procesory lze používat jak destruktivně, tak nedestruktivně. Pro kvalitu dosaženého výsledku je lépe používat nedestruktivní, tedy virtuální způsob aplikace, který je popsán níže. Hlavní výhoda spočívá v tom, že můžeme ovlivňovat parametry jednotlivých zvukových procesorů až do posledního okamžiku, protože na začátku lze jen těžko odhadovat, jak bude výsledná nahrávka znít po aplikaci

všech efektových a signálových procesorů. Nevýhodou tohoto způsobu je to, že jsme omezeni rychlostí procesoru počítače a velikostí paměti RAM. V praxi se některé zvukové procesory aplikují destruktivně (především signálové procesory) a některé virtuálně (efektové procesory). Destruktivní aplikace je pak do značné míry otázkou zkušenosti zvukaře.

Destruktivně lze aplikovat plug-in procesor označením události, nebo její části a výběrem příslušného procesoru z nabídky *Plug-ins*, jak je popsáno v kapitole 3.3.3.

3.5.1 Virtuální aplikace plug-in procesorů

U virtuální aplikace plug-in procesorů máme opět možnost volby. První možností je vložení zvukového procesoru do signálové cesty, přičemž vždy dojde k modulaci původního signálu. Druhá možnost je rozbočení původního signálu tak, že původní signálová cesta zůstane nezměněna a „kopie“ signálu je vyslána do zvukového procesoru, na jehož výstupu je pouze modulovaný signál. Ten je přítomen v samostatné sběrnici a jeho poměr k původnímu signálu je možno volit regulací hlasitosti sběrnice. Oba způsoby produkují rozdílný zvukový výsledek a proto volba toho vhodného opět závisí na konkrétní situaci. Kompresory, equalizery, a některé další signálové procesory se vkládají do signálové cesty, neboť je u nich nežádoucí ponechání původního signálu, zatímco dozvuk a zpoždění se používají většinou metodou rozbočení signálu.

K aplikaci zvukových procesorů budeme používat tabulku nastavení parametrů stopy, kterou aktivujeme tlačítkem  , jež je k dispozici v každé stopě.

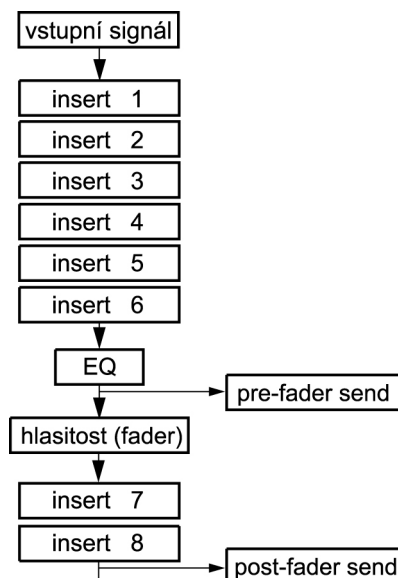


Obr. 41. Tabulka nastavení parametrů stopy

V prostřední části obrázku je vidět čtyřpásmový equalizer, který je součástí každé stopy. Čtyři frekvenční pásma jsou prezentována čtyřmi body v grafu equalizační křivky. Nastavení jeho parametrů lze provádět parametricky zadáváním číselných hodnot frekvence, kterou chceme zesílit nebo zeslabit v [Hz], hodnoty zesílení nebo zeslabení v [dB] a tvar equalizační křivky v okolí bodu. Jednodušší způsob je však přemísťování čtyř bodů v grafu a tím tvarování equalizační křivky. Podrobný popis obsluhy je uveden v [9].

Metoda vkládání do signálové cesty

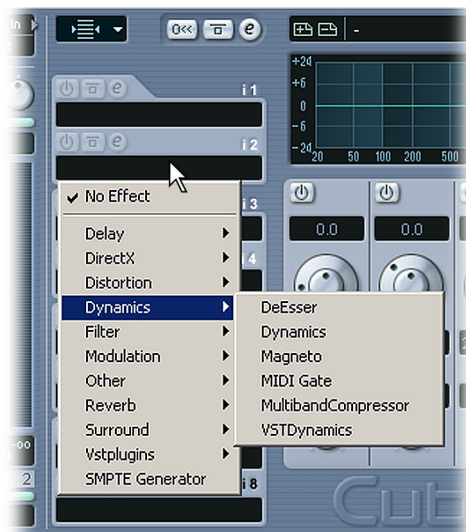
Bod v signálové cestě, do něhož je možno vložit zvukový procesor se nazývá ***Insert***. Každá audio sběrnice (stopa) obsahuje 8 takových bodů, přičemž insertní body 1-6 se nacházejí v signálové cestě před equalizerem stopy a před potenciometrem hlasitosti stopy (faderem). Body 7-8 jsou až za equalizerem a potenciometrem, takže změní-li se nastavení equalizeru nebo úroveň hlasitosti, mění se tím i vstupní signál, směřující do zvukového procesoru.



Obr. 42. Průběh signálu insertními a rozbočovacími body

Plug-in procesor (efekt) vložíme do signálové cesty kliknutím levého tlačítka myši na černé políčko insertu 1-8 (Obr. 43). Zobrazí se nabídka plug-in aplikací, které máme v systému nainstalovány. Pak už jen zbývá vybrat zvolený procesor a nastavit jeho parametry. Pokud chceme procesor naopak odejmout, zvolíme položku *No Effect*.

U každého insertu jsou k dispozici tři tlačítka. Po aplikaci procesoru je tento automaticky aktivován (zapnut). Vypnout ho lze tlačítkem  (modré znamená „zapnuto“). V podstatě stejnou funkci plní tlačítko  (*Bypass*). Vyřadit plug-in aplikaci z provozu je vhodné tehdy, když ji dočasně nepoužíváme. Tlačítko  otevře nabídku nastavení parametrů konkrétního procesoru. U většiny procesorů je možno nastavit úroveň výstupního signálu a u některých poměr původního a modulovaného signálu. Parametry jednotlivých procesorů se však liší natolik, že jejich popis nelze obsáhnout v této práci. Podrobný popis obsluhy zvukových procesorů je uveden v [10].



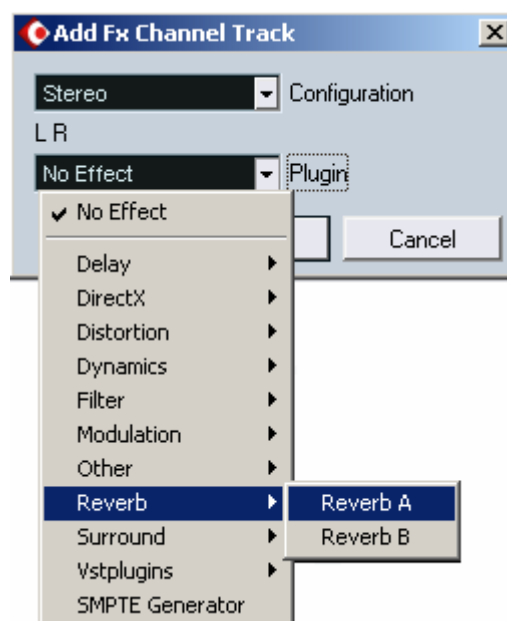
Obr. 43. Volba zvukového procesoru

Všechny zvukové procesory v insertních bodech lze jednorázově odejmout tlačítkem (*Reset Inserts*) nad sloupcem insertů.

Metoda rozbočení signálu

Bod v signálové cestě, ve kterém je signál rozbočen se nazývá **Send**. Pro každou stopu máme k dispozici 8 takovýchto bodů. *Send* může být v signálové cestě umístěn před faderem (potenciometrem hlasitosti) stopy, pak se nazývá *Pre-fader send*. Může být umístěn také za faderem, pak se nazývá *Post-fader send* (Obr.37). Každý *Send* je automaticky nastaven v poloze za faderem. Pokud jej chceme umístit před fader, musíme použít tlačítko  (Pre fader), které je přítomno u každého sendu.

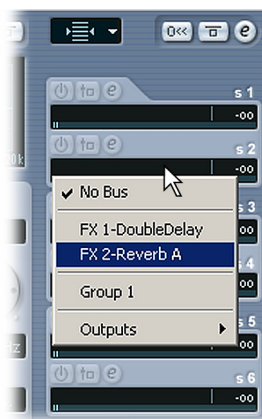
Aby bylo rozbočený signál kam poslat, je nutné nejprve vytvořit příslušnou sběrnici (signál lze poslat do efektové sběrnice *FX Channel Track*, skupinové sběrnice *Group Channel Track*, nebo do jakékoliv výstupní sběrnice, například hlavní *Stereo Out*, nebo linkového výstupu zvukové karty). Pro vkládání zvukových procesorů slouží sběrnice (stopa) *FX Channel Track*. Tu vytvoříme obdobně jako audio stopu, tedy kliknutím pravého tlačítka myši v oblasti Okna stop a výběrem *Add FX Channel Track*. Zobrazí se tabulka, kde můžeme volit zvukový formát sběrnice (*Configuration*) a požadovaný zvukový procesor (*Plugin*).



Obr. 44. Výběr zvukového procesoru pro efektovou sběrnici

Bude vytvořena efektová sběrnice v jejímž insertu bude umístěn zvolený procesor (efekt). Tato sběrnice taktéž disponuje 8 insertními body a equalizerem. Z toho vyplývá, že v této sběrnici může být přítomno až 8 různých efektů. V praxi se však nejčastěji používá samostatná směrnice pro každý zvukový procesor.

Signál pošleme do sběrnice kliknutím levého tlačítka myši na černé políčko příslušného sendu a výběrem zvolené efektové sběrnice.



Obr. 45. Volba cílové sběrnice rozbočeného signálu

Úroveň odesílaného signálu nastavíme pomocí myši ve spodní části černého políčka.



Obr. 46. Nastavení úrovně odesílaného rozbočeného signálu

Send je nutno aktivovat tlačítkem , stejným tlačítkem je možné tok signálu do sběrnice zastavit. Všechny sendy je možné deaktivovat najednou tlačítkem  (*Reset Sends*).

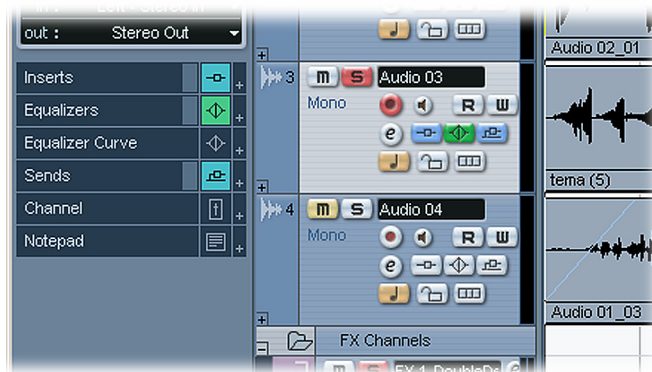
U této metody je nutné nastavit v parametrech zvukového procesoru poměr původního (*Dry*) a modulovaného (*Wet*) signálu na 100% ve prospěch modulovaného signálu. Dosáhli jsme tedy podobného výsledku jako u předchozí metody avšak zde máme možnost volit poměr původního signálu, který máme v původní sběrnici a signálu modulovaného, který je přítomen ve sběrnici efektové. Úroveň signálu v efektové sběrnici ovlivňujeme potenciometrem hlasitosti, stejně jako u audio stopy. Výhodou tohoto postupu je to, že můžeme v průběhu mixáže jednoduše ovlivňovat úroveň modulovaného signálu (efektu), ale také možnost použití efektové sběrnice na modulaci signálu z více stop najednou. Pro tento druh aplikace se hodí zejména dozvukové procesory (reverb) nebo zpožďovací procesory (delay).

Příklad nastavení poměru původního a modulovaného signálu v efektu Reverb ukazuje následující obrázek.



Obr. 47. Příklad nastavení poměru původního a modulovaného signálu

Stav aktivních insertů, sendů a equalizeru každé stopy zobrazují ukazatele, které najdeme v oblasti Inspektor, v Okně stop, ale také v mixážní konzoli).



Obr. 48. Indikátory stavu insertů a sendů

Stav insertů ukazuje tlačítko  (*Inserts State*). Je-li ve stopě aktivní alespoň jeden insert, je toto tlačítko vybarveno modře. Kliknutím levého tlačítka myši se všechny inserty „odpojí“ (bypass) a tlačítko se vybarví žlutě.

Je-li ve stopě aktivní alespoň jedno pásmo equalizeru, je to indikováno zeleným vybarvením tlačítka  (*EQs State*). Equalizer lze opět vyřadit ze signálové cesty kliknutím na toto tlačítko, které zareaguje zbarvením do žluta.

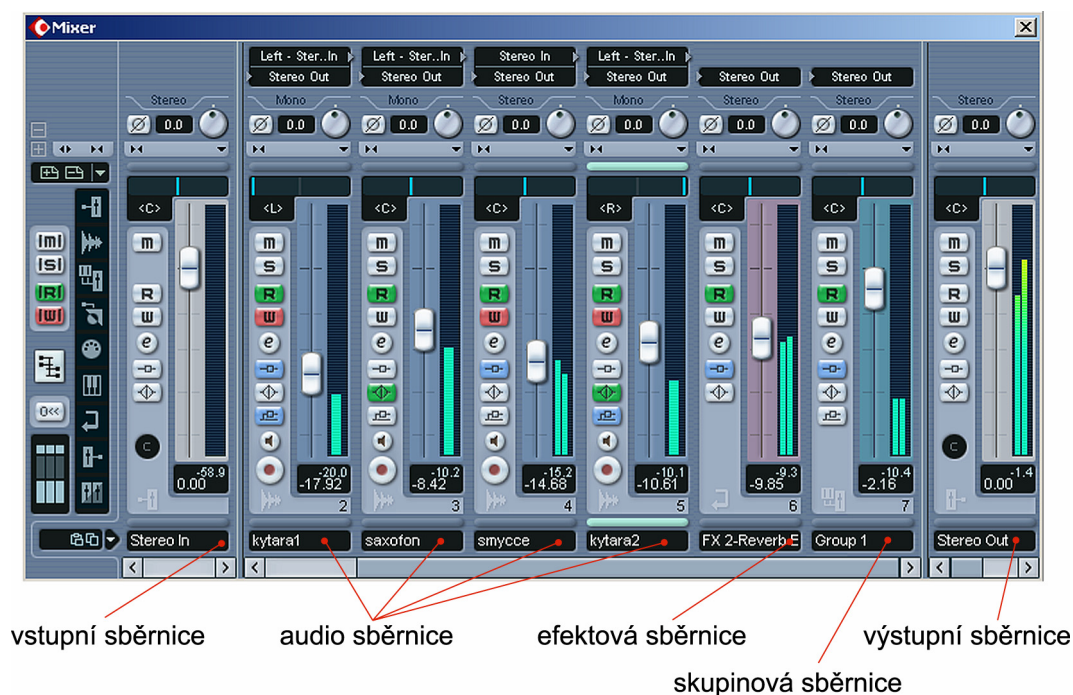
Pokud je ve stopě aktivní alespoň jeden send, je tlačítko  (*Sends State*) vybarveno modře. Kliknutím se vybarví žlutě a všechny sendy jsou dočasně odpojeny.

3.6 Mixáž

K nastavení poměrů úrovní jednotlivých stop při závěrečném součtu signálů se využívá mixážních pultů. V Cubase je možné využít připojení externího digitálního pultu, nebo lze použít virtuální mixážní pult, který je součástí tohoto systému.

3.6.1 Mixážní pult

Virtuální mixážní pult aktivujeme stiskem klávesy F3. Najdeme v něm vstupní sběrnici (sběrnice), výstupní sběrnici (sběrnice) a sběrnice všech stop, které jsou v projektu přítomny včetně equalizeru a nastavení parametrů tak, jak je můžeme najít na fyzickém mixážním pultu.



Obr. 49. Virtuální mixážní pult systému Cubase

Poznámka: Equalizer je viditelný pouze v rozšířeném režimu, jeho zobrazení je popsáno v [9].

3.6.2 Automatizace

Hlasitost jednotlivých stop lze ovlivňovat potenciometry (fadery) na mixážním pultu. Pohyb faderů lze zaznamenat do tzv. automatizace a zpětně „reprodukovat“. Ty pak po opětovné reprodukci kopírují pohyb, který jsme s nimi prováděli. Automatizovat však lze také obsluhu tlačítek *Mute* a *Solo*, úroveň signálu, směřujícího ze sendu, nastavení equalizeru nebo parametry zvukových procesorů. Všechny tyto atributy lze během mixáže dynamicky měnit a tyto změny zaznamenat do automatizace.

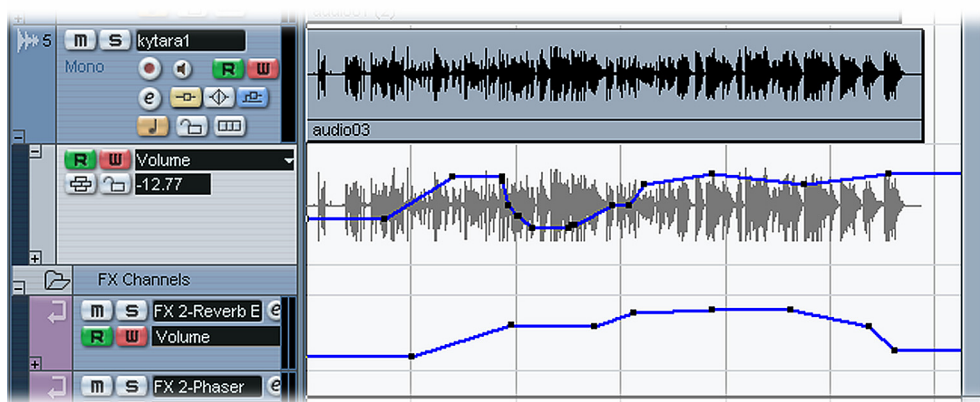
Záznam automatizace aktivujeme tlačítkem **W** (*Write Automation*) pro každou stopu zvlášť. Je-li aktivováno, zbarví se červeně. Aktivaci lze provést pro všechny stopy současně tlačítkem **IW** (*Write All Automation*).

Chceme-li zaznamenanou automatizaci použít, musíme aktivovat její čtení tlačítkem **R** (*Read Automation*) ve vybrané stopě, nebo tlačítkem **IRI** (*Read All Automation*) pro všechny stopy zároveň. Tlačítka se po aktivaci zbarví zeleně.

Máme-li aktivován zápis i čtení automatizace, budou se při reprodukci zapisovat do paměti jakékoliv změny polohy faderů a jiné parametry, které podléhají automatizaci. Zároveň budou prováděny všechny změny již do paměti zapsané.

Průběh úrovně signálu v čase je zaznamenán do tzv. automatizační křivky, kterou je možno zobrazit a editovat v Okně událostí. Tuto křivku zobrazíme kliknutím pravého tlačítka myši na stopu v Okně stop a výběrem *Show Automation*, nebo také kliknutím na tlačítko „+“ v levém dolním rohu stopy. Příkaz *Show Used Automation* zobrazí křivky u všech stop, které automatizaci obsahují a příkaz *Hide All Automation* naopak skryje všechny automatizační křivky. Průběh automatizační křivky je vidět v (Obr. 50). Spodní křivka znázorňuje automatizaci efektové sběrnice, zatímco horní automatizaci audio sběrnice.

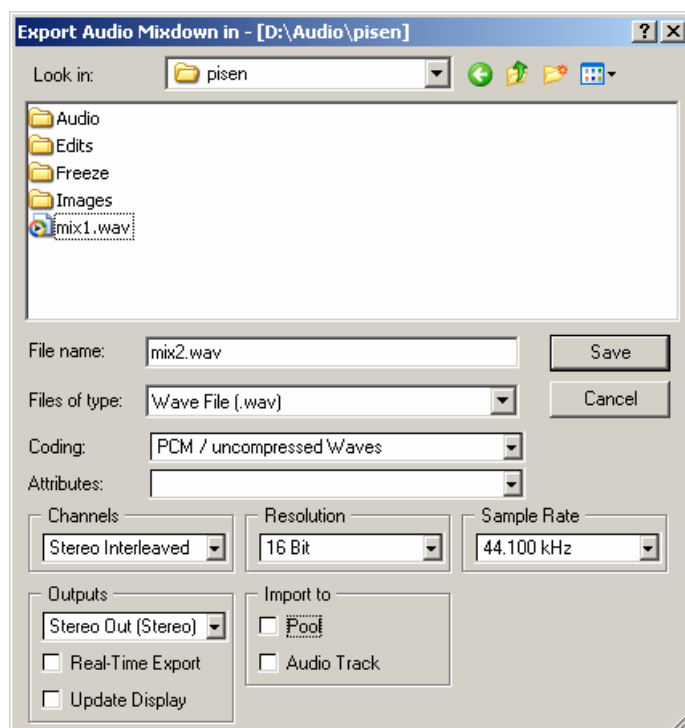
Lze také kreslit vlastní tvar křivky pomocí nástroje  (*Draw*) nebo pomocí předem nastavených tvarů nástrojem  (*Line*), přičemž dvojitým kliknutím se zobrazí nabídka jiných tvarů jako parabola, sinusoida a jiné. Jednotlivé body křivky je možné posouvat pomocí nástroje  nebo mazat nástrojem  (*Erase*).



Obr. 50. Ukázka automatizačních křivek

3.6.3 Export do audio souboru

Celou mixáž je možno exportovat do audio souboru, případně i do samostatné audio stopy v projektu. Před samotným exportem je nutné mít vymezen prostor, který chceme smíchat do souboru, lokátory. K mixáži do souboru slouží příkaz *File* → *Export* → *Audio Mixdown...* v hlavním menu.



Obr. 51. Okno pro nastavení typu audio souboru při mixáži

V okně, které se zobrazí (Obr.45) je třeba zvolit typ souboru, název souboru, vzorkovací frekvenci, a jeho rozlišení a případnou kompresi (*coding*). Máme také na výběr z různých zvukových formátů jako mono, stereo, 5.1 a jiné a dokonce je možno exportovat např. každý kanál stereo nebo prostorového formátu do samostatného souboru (Interleaved = všechny kanály do jednoho souboru, Split = každý kanál zvlášť) v sekci *Channels*. V sekci *Outputs* Můžeme zvolit, ze které sběrnice bude signál exportován, přičemž můžeme vybrat kteroukoliv sběrnici v projektu (nejčastěji je to však hlavní výstupní sběrnice Stereo Out). Pokud označíme parametr *Real-Time Export*, proběhne mixáž v reálném čase (jinak probíhá zrychleně), což se doporučuje při použití některých plug-in aplikací pro větší bezpečnost. Při označení parametru *Update Display* se v průběhu exportu mění na obrazovce všechny parametry automatizace. Chceme-li exportovat mixáž do nové audio stopy v projektu, označíme parametr *Audio Track*. Po záčknutí tlačítka *Save* bude exportováno vše, co je slyšet ve vybrané sběrnici včetně veškeré automatizace v prostoru vymezeném oběma lokátory do zvoleného souboru na pevném disku.

ZÁVĚR

Cílem této práce bylo prostudovat možnosti programového systému Cubase se zaměřením na zpracování audio signálů a následně sestavit zjednodušený uživatelský manuál pro obsluhu tohoto programového systému. Dalším úkolem bylo také prozkoumat současný trh s programovými systémy pro zpracování audio signálů a případně navrhnout další vybavení laboratoře multimediální techniky na ÚŘPI ve Zlíně.

Při průzkumu trhu jsem zjistil, že se programový systém Cubase řadí mezi nejkvalitnější produkty stejné kategorie, tedy kategorie vícestopých programových systémů, určených pro záznam a zpracování audio signálů na PC. V průběhu testování možností tohoto systému jsem si mohl tuto skutečnost osobně ověřit a musím ji potvrdit. Byla testována konkrétně verze Cubase SX 2, což je nejlépe vybavené vydání řady Cubase 2. Tato verze je součástí vybavení multimediální laboratoře. V současné době je sice již na trhu novější řada Cubase 3, avšak tato se od řady 2 neliší natolik, že bych musel doporučit její případné zakoupení do školní laboratoře. Systém Cubase se ukázal jako přehledný, spolehlivý a plně vyhovující profesionálním požadavkům na digitální zpracování audio signálů. Disponuje dostatečným počtem velmi kvalitně zpracovaných nástrojů a funkcí, se kterými je možno provést kompletní úpravu zaznamenaného signálu na nejvyšší úrovni. Jednou z jeho největších předností je obrovská variabilita a možnost nastavení velkého množství parametrů jak pracovního prostředí, tak samotného zpracování signálů.

Byl sestaven zjednodušený uživatelský manuál pro obsluhu systému Cubase při zpracování audio signálů, kde je popsán postup zpracování signálu od samotného záznamu až po závěrečnou mixáž. Vzhledem k rozsáhlosti a možnostem tohoto systému nebylo možné kapitoly 3.5 a 3.6 zpracovat podrobněji. Ke kapitole 3.5 by bylo vhodné v budoucnosti dopracovat podrobný popis funkce a obsluhy jednotlivých zvukových procesorů, které jsou součástí Cubase, ale i externích aplikací, které je možno do systému Cubase nainstalovat, případně popsat využití připojení externích fyzických zvukových procesorů. Kapitola 3.6 se zabývá mixáží, což je poměrně rozsáhlá problematika sama o sobě, kterou by bylo vhodné v budoucnu popsat z obecnějšího hlediska a doplnit ji o popis postupu mixáže s použitím externího digitálního mixážního pultu. Obdobná situace je u problematiky masteringu. Pro kompletní popis systému by bylo dobré doplnit také oblast zpracování MIDI a video signálů.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Neumann P., Uhlíř J. *Elektronické obvody a funkční bloky 2*. Praha : Vydavatelství ČVUT, 2001.
- [2] Vlachý V. *Praxe zvukové techniky*. 2. aktualizované vydání. Praha : Nakladatelství Muzikus, 2000. ISBN-80-86253-05-8.
- [3] Holsinger E. *Jak pracují multimédia*. Brno : UNISIS publishing, 1995.
- [4] Eliot J., Wotsley T., Whitehorn A. *Multimédia, podrobný průvodce*. Albatros, 1997.
- [5] Rett M., *Na malém místě hodně muziky*. CHIP 9/02, 2002, str. 25-35.
- [6] Broža P., *Vypalujeme CD pomocí programu Nero*. Praha : Computer Press, 2002.
- [7] Grace R., *Hudba a zvuk na počítači*. Praha : Grada, 1998.
- [8] Zouhar T., Jurica M., Jirásek O., *Nahráváme a upravujeme hudbu na počítači*. Praha : Computer Press, 2002.
- [9] *Operation_manual.pdf*, Elektronická dokumentace programového systému Cubase SX 2. Steinberg 2003. Dostupný z WWW: <<http://www.steinberg.net>>.
- [10] *Audio_Effects_and_VSTi.pdf*, Elektronická dokumentace programového systému Cubase SX 2. Steinberg 2003. Dostupný z WWW: <<http://www.steinberg.net>>.
- [11] *Studio Sound*. Časopis – ročníky 1999 – 2002. London : Miller Freeman Entertainment Group, A division of Miller Freeman UK Ltd., 1 x měsíčně.
- [12] *Resolution*. Časopis – ročníky 2003 – 2004. Edgware, Middlesex : S2 Publications Ltd., 1 x měsíčně.
- [13] *Katalog produktů AKG* [online]. Dostupný z WWW: <<http://www.akg.com/>>.
- [14] *Katalog A/D a D/A převodníků Apogee* [online]. Dostupný z WWW: <<http://www.apogeedigital.com/products>>.
- [15] *Katalog A/D převodníků Analog Devices* [online]. Dostupný z WWW: <<http://www.analog.com/en/cat/0,2878,760,00.html>>.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

q	kvantizační krok
$V_{\max}$	maximální pozitivní a negativní amplituda [dB]
n	počet použitých bitů
E	vstupní napětí signálu
$U_{\text{signálu}}$	množství efektivního signálu [dB]
$U_{\text{kvant.šumu}}$	množství kvantizačního šumu [dB]
u_o	okamžité napětí [V]
e	kvantizační chyba
$s(t)$	časově závislý vstupní signál
$s(iT)$	časově diskrétní posloupnost
f_s	vzorkovací frekvence [Hz]
T	perioda vzorkování [s]
FS	rozsah vstupní veličiny [V]
N	počet kvantovacích úrovní
U_{R1}	referenční napětí [V]
U_{vst}	vstupní napětí [V]
U_k	konečná hodnota výstupního napětí integrátoru [V]

Zkratky a cizojazyčné výrazy:

SNR	poměr signálu k šumu
MSB	nejvýznamnější bit
LSB	nejméně významný bit
MIDI	sériové rozhraní pro komunikaci elektronických nástrojů s počítačem
MFX	systém aplikace efektů na MIDI signály
VST	technologie přístupu k hardware firmy Steinberg

DirectX	technologie přístupu k hardware společnosti Microsoft
ReWire	system pro komunikaci několika programových aplikací v reálném čase
DXi	system virtuálních hudebních nástrojů podporující technologii DirectX
VSTi	system virtuálních hudebních nástrojů podporující technologii VST
S/PDIF	digitální rozhraní Sony/Philips
plug-in	souhrnné označení pro virtuální zvukové procesory a hudební nástroje
surround	prostorový vícekanálový zvuk
sekvencer	zařízení pro záznam a reprodukci MIDI událostí

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Schéma nahrávacího řetězce	16
Obr. 2. Průběh napětí v čase	17
Obr. 3. Kulová charakteristika kapacitního mikrofonu pro frekvenci 1 kHz	19
Obr. 4. Osmičková charakteristika kapacitního mikrofonu pro frekvenci 1 kHz	20
Obr. 5. Ledvinová charakteristika kapacitního mikrofonu pro frekvenci 1 kHz	20
Obr. 6. Symetrické vedení signálu	22
Obr. 7. Kvalita digitalizace při různých rozlišeních	23
Obr. 8. Příklad přeložení signálu na nižší frekvenci	27
Obr. 9. Průběh filtru dolní propust	27
Obr. 10. Konstrukce paralelního A/D převodníku	29
Obr. 11. Blokové schéma kaskádního převodníku	30
Obr. 12. Uspořádání funkčních bloků kaskádního převodníku	31
Obr. 13. Blokové schéma převodníku s postupnou aproximací	32
Obr. 14. Převodník s dvojí integrací	33
Obr. 15. Obvod s vnějším taktováním	34
Obr. 16. Sigma-Delta modulátor	34
Obr. 17. Princip kompresoru	36
Obr. 18. Rozdělení zvukových procesorů	41
Obr. 19. Pracovní prostředí systému Cubase	44
Obr. 20. Adresářová struktura projektů v Cubase	46
Obr. 21. Výběr typu stopy při jejím vkládání	47
Obr. 22. Výběr zvukového formátu stopy	47
Obr. 23. Vyobrazení audio stopy	48
Obr. 24. Nastavení základních parametrů stopy	49
Obr. 25. Tabulka vstupů a výstupů	50
Obr. 26. Vstupní sběrnice	51
Obr. 27. Nastavení nahrávacího režimu	52
Obr. 28. Nastavení lokátorů	53
Obr. 29. Výběr úseku v aplikaci <i>Sample Editor</i>	55
Obr. 30. Nastavení rastru	56
Obr. 31. Ukázka odstranění SS složky	57
Obr. 32. Ukázka normalizace signálu	58
Obr. 33. Aplikace <i>VST Dynamics</i>	59
Obr. 34. Původní nekomprimovaný signál	60
Obr. 35. Komprimovaný signál bez a se zesílením vstupu	60
Obr. 36. Ukázka použití procesoru gate	61
Obr. 37. Aplikace <i>Multiband Compressor</i>	62
Obr. 38. Ukázka obrácení fáze signálu	63
Obr. 39. Virtuální Fade in, Fade out	64
Obr. 40. Virtuální prolnutí (<i>Crossfades</i>)	65
Obr. 41. Tabulka nastavení parametrů stopy	67
Obr. 42. Průběh signálu insertními a rozbočovacími body	68
Obr. 43. Volba zvukového procesoru	69
Obr. 44. Výběr zvukového procesoru pro efektovou sběrnici	70
Obr. 45. Volba cílové sběrnice rozbočeného signálu	70
Obr. 46. Nastavení úrovně odesílaného rozbočeného signálu	71
Obr. 47. Příklad nastavení poměru původního a modulovaného signálu	71

Obr. 48. Indikátory stavu insertů a sendů	72
Obr. 49. Virtuální mixážní pult systému Cubase.....	73
Obr. 50. Ukázka automatizačních křivek.....	74
Obr. 51. Okno pro nastavení typu audio souboru při mixáži.....	75

SEZNAM TABULEK

Tab. 1. Přehled rozlišení A/D převodníků ve vztahu k dynamice	25
Tab. 2. Přehled vzorkovacích frekvencí	25
Tab. 3. Datové velikosti používaných vzorkovacích frekvencí.....	26