

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Provozně ekonomická fakulta

Katedra informačních technologií



Bakalářská práce

Počítač a hudba

Autor práce:
Michal Kepr

Vedoucí práce:
Ing. Richard Černý CSc.

© Červen 2007

Zadání BP

Čestné prohlášení

Čestně prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně a bez porušení autorských práv. Názvy software, hardware, firem apod. mohou být ochrannými známkami, nebo registrovanými ochrannými známkami příslušných vlastníků. Veškeré použité zdroje jsou uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Michal Kepr

Poděkování vedoucímu práce

Na tomto místě chci poděkovat panu Ing. Richardu Černému CSc. za jeho čas a trpělivé vedení, které mi při psaní této práce poskytl.

Počítač a hudba

Souhrn

Tématem práce je hudba z pohledu dnešní výpočetní techniky, v potaz ale bere i jednotlivé kroky technologického vývoje. Proto se zabývá analogovými i digitálními formami hudby, jejich historií a technologií. Pozornost je věnována i prvním počítačům nějakým způsobem schopným hudební produkce; jsou vysvětleny základy technologie zvukových karet a MIDI.

Čtvrtá kapitola je věnována hudebním formátům. Poskytuje přehled a charakteristiku vybraných zástupců ztrátových i bezztrátových formátů včetně kompresních algoritmů některých z nich. Recenze vybraného software souvisejícího s hudbou jsou v poslední, páté kapitole.

Práce je určena pro dnešního běžného uživatele, hledajícího technologické nebo historické souvislosti či jinak se zajímajícího o hudbu a počítače.

Klíčová slova:

záznam hudby, zvukový formát, hudební software

Computer and music

Summary

The thesis' main theme is music from the point of view of today's information technology, but it also concerns the technical development behind. Therefore, it deals with the analogue and also the digital forms of music, both their history and technology. The thesis also focuses on historical computers somehow capable of musical production. The basics of MIDI and sound card's technology is explained, too.

Chapter four is about sound formats. It provides the overview and characteristics of several lossless and lossy formats, including some compression algorithms. In the last chapter, there are reviews of selected music-related software.

The thesis is dedicated to ordinary computer user looking for technical or historical context or in some other way interested in music and computers.

Keywords:

music recording, sound format, music software

Obsah

Zadání BP.....	2
Čestné prohlášení.....	3
Poděkování vedoucímu práce.....	4
Souhrn.....	5
Klíčová slova:.....	5
Summary.....	6
Keywords:.....	6
1. Úvod.....	9
2. Cíl práce a metodika.....	10
3. Historické formy hudby.....	11
3.1. Od fonografu k AudioCD.....	11
3.1.1. Fonograf - počátky záznamu zvuku.....	11
3.1.2. Gramofon - (ne)kompaktní disk.....	12
3.1.3. Magnetofon - nástup moderní technologie.....	13
3.1.4. CD - kompaktní disk - zrození digitální hudby.....	14
3.2. Od generátorů k reálnému zvuku.....	15
3.2.1. 8mi- a 16ti-bitové počítače.....	15
3.2.1.1. APPLE Serie II.....	16
3.2.1.2. COMMODORE C-64.....	16
3.2.1.3. YAMAHA Music Computer CX5M.....	16
3.2.1.4. IBM PC.....	16
3.2.1.5. APPLE Macintosh.....	16
3.2.1.6. ATARI a COMMODORE Amiga.....	17
3.2.2. MIDI.....	17
3.2.2.1. Historie.....	17
3.2.2.2. MIDI protokol v kostce.....	17
3.2.3. Zvukové karty.....	18
3.2.3.1. AD převodník.....	18
3.2.3.2. Konektivita, ASIO kompatibilita.....	19
4. O formátech.....	20
4.1. Bezztrátové formáty.....	20
4.1.1. wav.....	20
4.1.2. Monkey's Audio a bezztrátová komprese	21
4.1.2.1. Bezztrátová komprese zvuku.....	21
4.1.2.2. Monkey's audio.....	23
4.1.3. FLAC.....	23
4.2. Ztrátové formáty.....	24
4.2.1. MP3.....	25
4.2.2. WMA.....	26
4.2.3. Ogg Vorbis.....	27
4.2.4. ATRAC.....	27
4.2.5. Ostatní.....	28
5. Software pro různé OS.....	29
5.1. Editory.....	29

5.1.1. Sony Sound Forge.....	29
5.1.2. Cubase.....	30
5.1.3. JackLab.....	31
5.2. Sekvencery.....	31
5.2.1. FL Studio.....	32
5.3. Enkodéry.....	33
5.3.1. CDex.....	33
5.3.2. Grip.....	34
5.3.3. Max.....	34
5.4. Přehrávače.....	35
5.4.1. WinAmp.....	35
5.4.2. Windows Media Player.....	36
5.4.3. iTunes.....	36
5.4.4. Amarok.....	37
6. Závěr.....	38
7. Seznam literatury.....	39

1. Úvod

Hudba patří k lidské kultuře od nepaměti. Pomáhá člověku k vyjádření sebe sama, proniká do mnoha oblastí našich životů a většina z nás si ho bez ní nedovede ani představit. Hudba má mnoho směrů, žánrů, proudů, které se neustále vyvíjejí a přibývají další. Je tak rozmanitá jako lidé, kteří ji poslouchají.

Odedávna se člověk zabýval myšlenkou, jak hudbu uchovávat. Jak lidstvo procházelo vývojem, hudba ho následovala. Stávala se stále složitější, skladby obsáhlejší a problém se záznamem a reprodukcí, kódováním a sdílením začínal nabývat na rozměrech...

2. Cíl práce a metodika

Cílem mé práce je přiblížit čtenáři svět hudby z pohledu dnešní výpočetní techniky. V této souvislosti je třeba poukázat na to, že k dnešnímu stavu vedla dlouhá cesta i před érou počítačů. Dále představím nejznámější hudební formáty, vysvětlím základy ztrátové i bezztrátové komprese a na závěr porovnáám hudební software. Na zástupcích zvukových editorů, sekvencerů, enkodérů a přehrávačů pro různé operační systémy nastíním možnosti dnešních počítačů ve tvorbě, správě a reprodukci hudby a pokusím se odhadnout i budoucí trendy.

Kvůli soustavnému vývoji v tomto oboru budou informace čerpány jak z tištěných, tak z oficiálních webů příslušných projektů a společností i ostatních elektronických zdrojů online. Budou zpracovány s ohledem na zajímavost, relevantnost a srozumitelnost běžnému uživateli osobních počítačů.

Hudební formáty budou porovnány z hlediska dostupnosti, současné rozšířenosti, podpory mezi software i přenosnými přehrávači a možností nastavení, které poskytují. Hudební software bude posuzován podle dostupnosti/ceny, vzhledu, ovladatelnosti, funkcí, podpory formátů případně náročnosti na hardware počítače.

3. Historické formy hudby

V dnešní době považujeme za samozřejmost, že na každém kroku máme s sebou mnoho hodin naší oblíbené hudby ve stále se zmenšujících a zlevňujících přístrojích. V následující kapitole poukáží na vývoj, který k této všední realitě vedl a seznámím čtenáře s jednotlivými kroky, které nakonec dovedly hudbu až do světa informační techniky.

3.1. Od fonografu k AudioCD

V této práci navážu v historii až na první technologie hudby reprodukované. Různé kódy, vývoj not, notového papíru a různé hrací automaty jsou námětem na práci jinou.

3.1.1. Fonograf - počátky záznamu zvuku

Úplně první pokus zaznamenat zvuk s možností následné reprodukce učinil všestranný vynálezce Thomas Alva Edison. Zařízení zvané fonograf vzniklo v souvislosti s vývojem telefonu a telegrafu, šlo tedy o dávného předchůdce telefonního záznamníku jak jej známe dnes.

Edison původně pracoval na vývoji záznamového zařízení pro uchovávání telegramů, ale napadlo ho, že podobný princip jde aplikovat i na mluvenou řeč. První pokusy sice prováděl s parafinovým papírem, ale ten později nahradil kovovým válcem s povrchem ze staniolové fólie. Vibrace vzduchu vzniklé řečí a přenesené „zapisovacím“ rydlem vytvářely v papíru drážky, které naopak při přehrávání druhým, „čtecím“ rozechvívaly membránu reproduktoru.

Patentu se fonograf dočkal 19. února 1878. V tomto ohledu měl Edison štěstí. Již v roce 1877 ho totiž předstihl francouzský básník a vynálezce Charles Cros, který poslal patentnímu úřadu popis podobného vynálezu. Jenže nevytvořil funkční model a obálka byla navíc otevřena až několik měsíců po doručení, takže patent byl uznán Edisonovi. 24. ledna 1878 byla založena společnost Edison Speaking Phonograph Company, Edison obdržel 10,000 dolarů rovnou a k tomu navíc 20 % ze zisku a nárok na prodej práv.

Edison se poté soustředil na vynalézání žárovky a fonografem se přestal zabývat. Na jeho místo tedy nastoupili mimo jiné pánové Chichester A. Bell a Charles Sumner Tainter. Druhý jmenovaný vytvořil pro fonograf nový válec, tentokrát z vosku.

Fonograf se potýkal se dvěma závažnými problémy. Prvním byla dvouminutová délka záznamu (válce byly relativně k velikosti hrotů malé) a druhým nemožnost kopírování záznamu (každý záznam vznikl jako jedinečný originál). Jejich řešení přinesla až revoluční změna, se kterou v roce 1888 přišel Emile Berliner. [1]

3.1.2. Gramofon - (ne)kompaktní disk

Emile Berliner je původcem nápadu, který vládne světu hudby, ale i digitálních dat dodnes. Umístil záznam na otáčející se disk.

Jeho hrací desku bylo možné hromadně vyrábět (šlo o metodu elektrolytického pokovení s použitím matrice), délka přehrávání poskočila na 4 minuty. Válcový fonograf rázem zastaral a nedostal moc šancí na přežití. Po roce 1905 byl vytlačen z trhu a Edison začal vyvíjet svou verzi hrací desky. Bohužel, již v té době se projevil problém (ne)kompatibility mezi konkurenčními přístroji. Edison, na rozdíl od Berlinera, i nadále používal vertikální zápis do drážky a tak odešel z boje o zákazníky poražen.

Berlinerova deska v principu beze změn přežila dodnes. Postupně se zvyšovala doba záznamu, měnil počet otáček za minutu, pružinový pohon nahradila elektřina (1920), v roce 1946 nahradily šelakové desky plastické. Roku 1948 vynalezl Peter Goldmark mikrodrážku, což dramaticky prodloužilo hrací dobu desky.

Časem se také změnil způsob přehrávání. Původně se zvuk vytvářel mechanickým rozechvíváním membrány reproduktoru nerovnostmi v drážce záznamu, přístroje tedy zaznamenávaly pouze jeden kanál (mono). Současné gramofonové desky uchovávají na každé straně drážky jeden kanál a k jejich reprodukci slouží tzv. čtyřpól. Jde o dvě kolmo na sebe umístěné cívky, mezi nimiž je umístěn magnet přímo spojený se čtecím hrotem. Pohyb hrotu způsobený nerovností např. na pravé straně drážky způsobí vychýlení magnetu příslušným směrem a tím indukci elektrického signálu.

Dnes už gramofon považujeme za překonaný. [1]

3.1.3. Magnetofon - nástup moderní technologie

Magnetofon svým způsobem představuje přechod mezi analogovým a digitálním záznamem zvuku. Není sice ještě kódován jako digitální data, ale nevyužívá už jen prosté mechanické změny nosiče.

První písemná zmínka o magnetickém záznamu zvuku vyšla v odborném časopise roku 1879. Oberlin Smith, inspirován návštěvou v Edisonových laboratořích, publikoval myšlenku záznamu telefonních hovorů na ocelový drát. Principem bylo převést zvukové kmity na elektrické vlnění, tím zmagnetizovat pohybující se médium; přehrávání by pak bylo inverzním procesem. Tato poměrně jednoduchá myšlenka však byla realizována až po roce 1898, kdy ji znovuobjevil dánský vynálezce Valdemar Poulsen.

První představení telegrafonu proběhlo v roce 1900 na Pařížské mezinárodní výstavě, a to s velmi pozitivním ohlasem. Poulsen získal patenty mimo jiné v Dánsku a Spojených Státech a telegrafon začala vyrábět americká firma The American Telegraphone Company.

Díky převodu zvuku na elektrický signál je možné ho elektronicky i zesílit. To si uvědomil a telegrafon tak upravil německý vynálezce a podnikatel Kurt Still. Patenty pak prodal do Německa a Anglie. Ve spolupráci s německým kolegou Karlem Bauerem svůj telefonní záznamník ještě vylepšil a pod jménem dailygraph ho v roce 1925 uvedl na trh. Společně vyvinuli i přenosná média – kazety – a vybavili dailygraph čtecí mechanikou.

Koncem 20. let se ke Stillově licenci dostala britská firma Ludwig Blattner Picture Corporation. Blattnerova snaha distribuovat první ozvučené filmy (tehdy šlo jen o synchronizované přehrávání obou záznamů) skončila neúspěchem. Než roku 1931 zbankrotoval, prodal anglické BBC prototyp přístroje, který již využíval ocelový pásek. Ta ve spolupráci s Marconi Wireless Telegraph Company, která mezitím také koupila licenci, vyrobila několik přístrojů pro potřeby BBC. Podobná pásková zařízení se pak šířila i do dalších zemí.

Tou dobou Fritz Pfleumer vyvinul jako médium speciální papír potažený magnetickou vrstvou z ocelového prášku a roku 1932 prodal patentní práva německé

firmě AEG. Ta spolupracovala se společností I. G. Farben, experimentující s práškovým železem, a společně pak v roce 1935 představily první „oficiální“ magnetofon. Do Ameriky a Anglie se ale díky druhé světové válce dostal až během roku 1947. Tehdy se také začaly objevovat plastové pásky. Se svým magnetofonem na trh vstoupila firma Amex corporation¹, svůj model vyvíjela i firma SONY. V Česku se nejoblíbenějším a nejznámějším stal model Sonet duo od firmy Tesla, chráněný českými patenty mimo jiné na tehdy unikátní posuvná ovládání.

Většina tehdejších přístrojů používala neskladné kotouče s páskou, a tak se od poloviny 50tých let rozhořel boj na poli standardizace kazetových médií. Stereofonní kazety firmy RCA-Victor se neujaly; lépe se však dařilo firmě Phillips jejíž „Compact Cassette“, představená roku 1962, se udržela dodnes. Ještě později, roku 1969, se objevily pásky chromové (DuPont, BASF).

Za zmínku stojí ještě systém redukce šumu, vyvinutý R. M. Dolbym (USA). Jeho princip spočívá v zesílení signálu tichých pasáží před nahráváním a opačně při přehrávání. Tuto technologii podporuje drtivá většina dnešních přehrávačů.

Podobně, jako gramofon, je dnes i magnetofon spolu s podobnými médii (např. klasická „disketa“) na ústupu. Svět hudby a digitálních dat dnes ovládá optika. [2]

3.1.4. CD - kompaktní disk - zrození digitální hudby

Minimalizace dnes zasahuje do všech odvětví lidské činnosti. Průměrem dvanácticentimetrová odolná a levná média schopná uchovat téměř hodinu a půl křišťálově čistého zvuku, které se přehráváním neopotřebí, naplňují téměř bezezbytku lidská přání.

Tajemství tohoto „zázraku“ tkví ve dvou věcech. Zaprvé: vlna byla charakterizována jako posloupnost uspořádaných, po sobě jdoucích čísel. To umožnilo zvuk zaznamenávat v podstatě bez šumu (převod z čísla na elektrické, potažmo zvukové vlnění je záležitost elektroniky, ne mechaniky), značně se zjednodušila a zpřesnila hromadná výroba a, po vynálezu vypalovatelných CD, i kopírování (digitální data se na rozdíl od např. magnetického záznamu kopírováním nezkreslují) a především to otevřelo hudbě dveře do digitálního světa osobních počítačů.

¹ Ta v roce uvedla 1956 první přístroj používající magnetický záznam obrazu.

Zadruhé: čtení, potažmo zápis, probíhá opticky, tedy bezdotykově. Tím je dosažena téměř 100% spolehlivost reprodukce a při přehrávání nemůže médium poškodit žádné rydlo, nebo čtecí hlava¹; data jsou pod několika ochrannými vrstvami plastu a laku.

Vlastní data jsou na CDčku uchována formou „jamek“, způsobujících změnu odrazivosti laserového paprsku. Začátek a konec jamky symbolizuje jedničku, ostatní prostor nulu. Při přehrávání Audio CD mechanika 44100x za vteřinu „odkrojí“ 16 bitů (datový typ integer, rozsah hodnot 0-65535) symbolizujících jednotlivé amplitudy vlny zvuku v daném časovém okamžiku².

První hudební nosiče se lisovaly a laserové mechaniky sloužily pouze jako čtečky, ale později se našel způsob, jak CD opticky i zapisovat. Tato média (CD-R, recordable), mají speciální vrstvu na světlo citlivé pryskyřice, do které laser jamky prakticky vypaluje (odtud „vypalování CDček“). Jsou ideální na zálohování dat, ale při jejich použití jako Audio CD se stává, že zejména starší CD přehrávače mají s jejich čtením problémy, protože CD-R mají obecně menší odrazivost, tj. výsledný signál je příliš slabý. Vůbec nejpatrnější to je na prepisovatelných CD³ (CD-RW, rewritable).

[3, 6]

3.2. Od generátorů k reálnému zvuku

Tato podkapitola pojedná o prvních počítačích, schopných hudebního výkonu, standardech technologie **MIDI** (Musical Instruments Digital Interface) a zvukových karet.

3.2.1. 8mi- a 16ti-bitové počítače

Počítače, které známe dnes jsou rychlé, mají obrovské paměti, harddisky, jsou relativně levné, malé, snadno rozšiřitelné a ovladatelné. V této podkapitole se zaměříme na ranou výpočetní techniku používanou na tvorbu a zpracování hudby.

1 Na rozdíl od např. harddisku počítače, kde při otřesech může dojít ke kontaktu čtecí hlavy s diskem a tím jeho nenávratného poškození včetně ztráty dat.

2 D/A převod. Viz také 3.2.3.1. A/D převodník

3 Ta fungují na principu infračerveného laseru. Místo pryskyřice používají speciální slitinu stříbra, india, antimonu a teluru, která se paprskem při 400 °C rozpouští. Poté se nechá vykrytalizovat, nebo popouští postupně, což ve výsledku způsobuje kýženou změnu odrazivosti.

3.2.1.1. APPLE Serie II

I přes špatné předpoklady (např. absence syntetizéru) k tvorbě hudby využíván byl. Jeho 8mi bitový procesor byl taktován na 1 MHz, velikost operační paměti RAM byla 4 kB, podporoval i disketovou mechaniku 5,25". K hudební produkci se dal využít po rozšíření o zmíněný syntetizér, kdy po připojení klaviatury bylo možné komponovat až šestnáctihlasou hudbu, někdy bylo ovšem třeba si na výsledek syntézy i několik minut počkat. Existovaly i moduly pro digitalizaci zvuku, pracující na vzorkovací frekvenci 32 kHz.

3.2.1.2. COMMODORE C-64

Rovněž 8mi bitový počítač, se 64 kB RAM, 1 MHz procesorem a možností připojení 5,25" disketové mechaniky. Díky své vynikající vybavenosti se rozšířil podstatně více. Interní syntetizér umožňoval dokonce i glissando a jeho frekvenční i amplitudová modulace zvuku byla už částečně řešena i softwarově.

3.2.1.3. YAMAHA Music Computer CX5M

Díky špatnému marketingu firmy se tento počítač příliš neprosadil, přestože s 3,5 MHz procesorem, 32 kB RAM, 32 kB ROM, 16kB videopaměti, velkou podporou periférií (včetně možnosti připojení myši) a dobrým zvukovým čipem k tomu předpoklady určitě měl. Firma uvolnila jen málo jeho technických specifikací, a tak první počítač s konektory MIDI In a Out, krátce po svém uvedení koncem roku 1984 pro nezáměr jak zákazníků, tak programátorů – vývojářů zapadl.

3.2.1.4. IBM PC

S nástupem 16ti bitových počítačů šel vývoj rychle kupředu. PC (Personal Computer) se stal otevřeným, vysoce přizpůsobitelným systémem. Počítače třídy x86 již poskytovaly i desítky MB RAM a MHz u procesorů. Na scénu přišly produkty Microsoft, MIDI interface se stal nutností a začaly se objevovat i první zvukové karty. Postupně se na trh dostávaly i produkty kopírující standardy IBM.

3.2.1.5. APPLE Macintosh

Ne zrovna nejlevnější varianta, ale v USA koncem minulého století nejpoužívanější. „Meky“ měly výbornou MIDI podporu, grafiku i ovládání (jako první

používaly myš, leden '84) – díky Macu dnes známe termín „user friendly“. V Evropě dodnes konkuruje platformě PC a postupně proniká do preferencí uživatelů.

3.2.1.6. ATARI a COMMODORE Amiga

Jako poslední zástupce 16ti bitových počítačů uvedu tyto dva.

ATARI byl svého času velmi oblíbený díky své podpoře MIDI. Dokázal emulovat prostředí jak Mac, tak MS-DOS nebo i C-64, takže na něm běžela řada „cizích“ software. Některé modely ATARI podporovaly i operační systém UNIX.

COMMODORE doplatil na absenci podpory MIDI a na špatné, pro něj napsané, programy. Zpočátku se hůře prodával i kvůli ceně, ale jeho další modely se nakonec prosadily, i když spíše na poli tvorby videa.

3.2.2. MIDI

Přestože se dnes MIDI hudba k poslechu považuje za překonanou už i na mobilních telefonech, MIDI technologie se stále drží. Zaslouží si tedy alespoň stručný úvod do její historie a technologie protokolu.

3.2.2.1. Historie

První návrh na univerzální nástrojový interface měl název USI (Universal Synthesizer Interface). Ten byl, po předchozí schůzce společností Sequential Circuits Inc., Oberheim a Roland, představen pány Smithem a Woodem na konferenci AES (Audio Engineering Society) roku 1981. Setkal se ale s neúspěchem. Společně s mnoha dalšími japonskými i americkými firmami došlo, na základě dalšího návrhu Davea Smithe, k dohodě až roku 1982 na výstavě National Association of Musical Merchants. Na návrh firmy Roland byla nová technologie pojmenována MIDI (Musical Instruments Digital Interface) a už v roce 1983 se prodávaly první přístroje. Časem se, kvůli problémům s kompatibilitou, upravovaly normy (1985-88) a nakonec byl roku 1988 poprvé standardizován i formát MIDI souborů.

3.2.2.2. MIDI protokol v kostce

Jedním z úkolů MIDI je standardizovat protokol přenosu dat mezi MIDI přístroji (klaviatura↔syntetizér apod.). Pomocí tohoto protokolu se z/do nástroje odesílají

informace o zapnutí/vypnutí not¹, jeho rychlost, tlak stisku a ostatních nastavení nebo systémových povelů. Tyto informace se posílají ve většinou tříbytových zprávách čtyř typů, jsou to – kanálová data (vlastní hudba) a systémová data, která se dále dělí na zvláštní, společná a reálného času. První byte zprávy je stavový, ostatní dva (nebo více) jsou datové. Stavový byte rozpoznáme podle jeho první bitu, je 1 (na rozdíl od datových 0). Každý byte pro přehlednost dělíme na dva tzv. nibbly². V případě kanálových dat první nibble označuje úkol, druhý číslo kanálu, u ostatních lze na pojmenování úkolů použít oba nibbly. Je tedy jasné, že stavové byty v systému MIDI začínají čísly 8-F, poskytují 23 různých kódů úkolů a systém podporuje 16 kanálů.

Následující příklad je zpráva o zapnutí noty 50 (odpovídá malému D) při rychlosti zapnutí 25 na 12. kanálu (jeden stavový, dva datové byty):

dvojkově	šestnáctkově
1001 1100 0011 0010 0001 1001	9 C 3 2 1 9

Spuštěná nota je aktivní dokud nepříjde zpráva o vypnutí, přičemž určitá hodnota <noty> nemusí vždy přesně odpovídat notě hudební; přístroje mohou vstupy volně transponovat. Každý software podporující MIDI musí mít vlastní „překladač“, který obsahuje informace o přiřazení všech MIDI zvuků, o příkazech i jejich attributech.

Systém MIDI poskytuje široké možnosti jak v ovládání syntetizérů klávesovými nástroji, tak v kompozici hudby pro již zmíněné telefony nebo jednoduché počítačové hry. [4, 5]

3.2.3. Zvukové karty

„Zvukovka“ představuje prostředníka mezi sluchem uživatele a jeho počítačem. Pro tento úkol je každá karta mimo jiné vybavena AD/DA převodníkem (Analog/Digital...).

3.2.3.1. AD převodník

Zvuková vlna, jak ji slyšíme, je tvořena souvislou řadou přesných údajů. Úkolem AD převodníku je tuto vlnu co nejvěrněji popsat číselnou řadou. Údaje 44,1 kHz a

1 nota symbolizuje jednu událost daného nástroje, stisk klávesy

2 jeden byte = 0 – 255 (2⁸ možností), šestnáctkově 00 – FF. Nibble je tedy jedna 16ková cifra daného bytu.

16 bitů na vzorek už nám jsou známy a pro lidské ucho jsou dostatečně věrnou reprezentací originálu. Tyto vzorky získáme dvěma kroky:

1. Vzorkování

V prvním kroku z originálu odebereme vzorky. Původní vlnu 44100x v úseku jedné vteřiny vertikálně protneme a dále počítáme jen s výslednými průsečíky.

2. Kvantování

Ve druhém kroku každému vzorku přiřadíme číselnou hodnotu, tedy kvantum. Používají se celá čísla poskytnutá 16ti bity, tedy 0-65535.

Tento proces by se dal nazvat ztrátovou kompresí (viz také 4.2. Ztrátové formáty), protože zpětným převodem (D/A, viz také 3.1.4. Audio CD) se originálu jen přibližujeme. Největší zkreslení by nastalo při převodu frekvence vyšší než polovina vzorkovací frekvence (tedy 22050 Hz, Nyquistova frekvence), proto se do převodníku nepouští (zapojení dolní propusti).

3.2.3.2. Konektivita, ASIO kompatibilita

Většina dnešních karet bývá, kromě výše uvedeného, zpravidla vybavena třemi nebo více konektory 3,5mm Jack (Výstup, Line-in, Mic, 5.1 surround, ...) a MIDI konektorem.

ASIO (Audio Stream Input/Output) je protokol pro vysokorychlostní zpracovávání, mixování a synchronizaci digitálního zvuku. Obchází prostředky k tomu určené systémem, takže dovoluje podstatně rychlejší a snazší práci s daty v náročných studiových aplikacích. Některé karty jsou ASIO kompatibilní rovnou, pro ostatní jsou na internetu dostupné rozšiřující drivery. [6]

Až dosud byla řeč de facto o hudebním hardwaru od jeho počátků až po současnost. Nyní provedu čtenáře možnostmi hudebního software.

4. O formátech

První pokus zachytit zvukové vlnění na médiu proběhl rytím (de facto obkreslením) do papíru, později se převáděl na vlnění elektrické nebo do digitálního kódu. Rozvoj výpočetní techniky přinesl další posun.

Uvažujeme-li tedy již o zvuku, jako sekvenci binárních dat, nastává pro nás další problém. Stejně jako v různých jazycích můžeme vyjádřit stejnou věc různě, existuje i ve světě digitálního záznamu zvuku mnoho formátů zvuku. Každý z nich je něčím specifický, má své přednosti i slabiny.

Formáty dělíme do dvou základních skupin, které zároveň vystihují jejich podstatu. Nazýváme je ztrátové a bezztrátové. Rozdíl mezi nimi spočívá v tom, že formáty z první skupiny preferují úspornost a kvalita je až na druhém místě, zatímco druhá skupina dává přednost věrnosti původnímu záznamu.

4.1. ***Bezztrátové formáty***

Jak již bylo řečeno, zvuk v digitální podobě je posloupnost čísel. Bezztrátové (lossless) formáty je uchovávají všechny. Kvůli tomu je hudba v bezztrátových formátech náročná na prostor, což se snaží, aspoň částečně, většina z nich řešit bezztrátovou kompresí. Rozšířily se teprve nedávno, protože „obří“ harddisky, dovolující svým uživatelům bezstarostnější nakládání s jejich kapacitou, se objevily až na přelomu století.

4.1.1. **wav**

Soubor .wav (z anglického „wave“, vlna) se skládá jen z hlavičky, obsahující všechny náležitosti, jako název, velikost souboru, délku záznamu, sample rate (vzorkovací frekvenci) a podobně (meta-data), a pole jednotlivých integerů; střídavě pravý, levý, pravý, levý... Jedná se tedy o nejprimitivnější a tudíž i nejméně efektivní způsob, jak v počítači uchovávat zvuk.

Jedinou jeho předností a důvodem, proč se stále hojně používá, nakonec zůstává právě absence jakékoli komprese. Proto je nenáročný na přehrávání, tudíž velmi snadno

přenositelný mezi počítačovými platformami a tím, že má velmi blízko k formátu Audio CD, se výborně hodí i k studiové produkci hudby.

4.1.2. Monkey's Audio a bezztrátová komprese

Formáty, které si představíme nyní, jsou ještě o krok dál. Podařilo se jim zachovat bezztrátovost záznamu i při jisté kompresi. Na příkladu formátu Monkey's audio si vysvětlíme její základy.

4.1.2.1. Bezztrátová komprese zvuku

Základní změnou oproti „klasickému“ L, R (left, right) modelu je převod těchto hodnot do souřadnicového systému X, Y. Ten je mnohem efektivnější, protože neuchovává celé hodnoty amplitud zvukové vlny, ale, díky jisté míře korelace, podobnosti mezi kanály, velikostně menší hodnoty jejich vlastností. Proměnná X popisuje střed mezi L, R čili aritmetický průměr, (vzorec 1) a proměnná Y jejich rozdíl (2).

$$X = (L + R) / 2 \quad (1)$$

$$Y = L - R \quad (2)$$

Následuje úprava prediktorem, který na základě předchozích hodnot „předpovídá“ ty následující, čili snaží se co nejlépe vystihnout křivku signálu matematickou funkcí. Tu při přehrávání zná i dekodér, což znamená, že stačí uchovávat jenom hodnoty odchylek modelovaných dat od skutečnosti. Právě v ní je nejpodstatnější rozdíl mezi všemi bezztrátovými formáty. Prediktor může tyto funkce během skladby měnit (adaptabilní prediktory). Výsledný stream, čili proud, řetězec dat je pak rozdělen do bloků, framů (frame = úsek skladby se společnými vlastnostmi¹).

Pro ilustraci budu uvádět příklady z oficiálního webu Monkey's Audia. Hodnota PX jsou právě modelované, X_{-1} a X_{-2} hodnoty předchozí, předpis funkce je následující:

$$PX = (2 * X_{-1}) - X_{-2} \quad (3)$$

¹ např. funkce prediktoru, hodnota k (viz dále), hodnota m (používá se v algoritmu adaptace prediktoru), pravidlo dělení na bloky platí pro všechny komprimované bezztrátové i ztrátové formáty obecně.

Mějme sekvenci hodnot $X = (2, 8, 24, ?)$; pak

$$PX = (2 * X_{-1}) - X_{-2} = (2 * 24) - 8 = 40 \quad (4)$$

V případě, že skutečná hodnota X by byla např. 48, mohli bychom uložit menší číslo 8, než celou původní hodnotu, čímž ušetříme dalších pár bitů.

Posledním krokem pak je příprava dat k zápisu na disk kódováním. Zůstaňme u příkladu formátu Monkey's Audio, který používá rice encoding. Metoda rice encoding spočívá v podstatě ve zkracování datových typů. Máme-li relativně malé číslo (např. 67, dvojkově 1000011) uložené jako integer, využíváme ze 16-ti bitů, které nám poskytuje, jenom část (0000000001000011), což je pro naše účely velmi neefektivní. Snažíme se tedy využít diskovou kapacitu lépe.

Toho dosáhneme těmito čtyřmi kroky.

1. odhadneme průměrnou užitečnou informaci čísla, tuto hodnotu nazvěme k^1
2. z čísla, které právě kódujeme odtrhneme posledních k bitů
3. bity, které eventuálně zbudou nahradíme počtem nul odpovídajícím hodnotě těchto bitů v desítkové soustavě a přidáme ukončující jedničku
4. sestavíme všechny hodnoty dohromady

Zakódujme následující pole integerů: $\{10, 14, 15, 46\}$, dvojkově – „užitečné“ bity: $\{1010, 1110, 1111, 101110\}$.

1. $k = 4^2$
2. $10 - \underline{1110}$
3. $(10)_2 \Rightarrow (2)_{10}$, tedy 001
4. zakódované číslo: 0011110

Při zachování dekódovatelnosti uložíme sekvenci 1010|1110|1111|0011110 a použijeme místo 64 jenom 19 bitů.

1 Optimální hodnota k se určuje na základě sledování určitého počtu - bloku - hodnot (nejlépe 16 – 128) podle vzorce $k = \log n / \log 2$
2 Jak je vidět, první tři čísla není potřeba dále upravovat; můžeme zapisovat při hodnotě $k = 4$, pokračujeme pouze s číslem 46.

4.1.2.2. Monkey's audio

Monkey's audio je freeware, open-source bezztrátový formát, jehož vývoj jako své hobby nastartoval Matthew T. Ashland v roce 2000. V současné době aktuální verze kompresoru/dekompresoru 4.01b2¹, vydaná 17. února 2006 je volně ke stažení na oficiálních stránkách Monkey's spolu se zdrojovým kódem a SDK² verze 3.99. MAC (Monkey's Audio Codec) už je podporován mnoha oblíbenými přehrávači³, enkodéry a poskytuje licence vývojářům, umožňující implementaci MAC do jiných produktů bez jakýchkoli omezení, zdarma. Ashland se aktivně snaží zapojit do projektu programátory z celého světa, dá se tedy očekávat, že až se vytvoří dostatečná základna programátorů - nadšenců, vývoj tohoto formátu půjde rychle dopředu.

Ashlandův uvolněný přístup se projevuje např. v příponě souborů MAC - .ape („monkey“, „ape“ - obojí anglicky „opice“); velmi volně je pojat i systém nápovědy nebo vůbec celé rozhraní aplikace. MAC umožňuje řídit kodéry jiných formátů přes příkazovou řádku, má vlastní formát tagů⁴, příbuzný id3 tagům formátu mp3, umožňuje pět úrovní komprese (vyvážení rychlosti komprese a výsledné velikosti souborů), poskytuje CRC kontrolu chyb při kompresi/dekompresi a jiná pokročilá nastavení (práce s tagy a soubory). [7]

4.1.3. FLAC

FLAC, jak vyplývá z názvu (Free Lossless Audio Codec), je ve své aktuální verzi 1.1.4 stejně jako MAC volně šiřitelný pod různými open-source licencemi. Projekt FLAC je celkově „oficiálnější“ a, ačkoli je přibližně stejně starý, v povědomí veřejnosti je daleko rozšířenější, možná i díky široké hardwarové podpoře jak mezi paměťovými přehrávači, autorádií i domácími minisystémy, po aktualizaci firmwaru i některými CD přehrávači. Je zajímavé, že na jedné straně se FLAC chlubí plnou podporou ve Winamp (viz také 5.4.1. Winamp) již od jeho verze 5.31, ale na druhé v něm zatím nedoporučuje komprimovat, jelikož disponuje pouze zkušební verzí kodeku. Velkým plusem ale je, že některé programy umožňují do FLAC i přímo nahrávat a někteří umělci v něm dokonce online poskytují své nahrávky.

1 beta - tj. testovací verze

2 Software Development Kit – nástroj pomáhající vývojářům při implementaci kódu Monkey's do jejich programů

3 existuje například plugin pro Winamp již od verze Monkey's 1.5; Media Center

4 Tag obsahuje informace o skladbě: interpret, název, žánr apod.

FLAC se zaměřuje především na rychlost dekomprese. Ve vlastních srovnávacích tabulkách připouští, že některé konkurenční kodeky disponují rychlejšími kompresními algoritmy, ale v dekompresi se porazit nenechá. Ovšem celkové rozdíly mezi všemi kodeky vůbec nejsou tak markantní, pohybují se kolem tří minut trvání komprese a do 10MB úspory na celé jedno Audio CD, takže nakonec stejně vyhrávají jen ti nejznámější, nejlevnější nebo úplně free. [8]

Existuje celá řada dalších bezztrátových formátů. Mezi jinými např. open-source Shorten, WavPack, closed source optimFROG, La nebo Tak. Platforma Macintosh má k dispozici vlastní formát Apple Lossless, takže i příznivci bílých počítačů si přijdou na své. Vlastnosti těchto formátů jsou velmi podobné výše zmiňovaným formátům; a jsou také zdarma, vyjma komerčního Apple Lossless.

4.2. Ztrátové formáty

Hlavním cílem ztrátových formátů je, na rozdíl od bezztrátových, maximální úspornost. Toho se ovšem nedá dosáhnout bez obětí na výsledné kvalitě poslechu. Na podrobné vysvětlení jejich teorie v této práci není prostor, takže velmi zjednodušeně řečeno: ztrátová (lossy) komprese na základě psychoakustického¹ výzkumu „diskriminuje“ vybrané frekvence, které běžný posluchač během reprodukce aktivně nevnímá a uchovává pouze některé; ve výsledku dostaneme mnohonásobně menší soubor oproti originálu. Ztrátová komprese probíhá ve třech fázích:

1. Analýza a oddělení „kritických“ dat od méně důležitých
2. Redukce/potlačení dat označených za málo relevantní
 - například zvuky s vysokou frekvencí posluchač obecně hůře vnímá, na jejich popis lze tedy použít méně dat
3. Zakódování výsledku běžným bezztrátovým kódovacím algoritmem [6, 10]

V centru pozornosti, hovoříme-li o ztrátové kompresi, je tedy bit rate. Jeho hodnota udává množství dat popisující jednu vteřinu záznamu; obecně čím je větší, tím kvalitnější je poslech. Bit rate se může na základě vlastností dané pasáže s časem měnit;

¹ zkoumá způsob a možnosti lidského vnímání zvuku

anglicky - variable bit rate – **VBR** (Constant Bit Rate - **CBR**). Tím lze dosáhnout ještě větší úspory/kvality zvuku. Nicméně samotný údaj např. 192 kbit/s CBR sám o sobě přesně neříká o jak kvalitní záznam jde. Při ztrátové kompresi totiž můžeme šetřit místem i tak, že každou vteřinu „odbudeme“ např. jenom 22050-ti údaji po 8-mi bitech.

4.2.1. MP3

Vývoj dnes nejrozšířenějšího, a vlastně všech ztrátových formátů vůbec, začal v 70tých letech minulého století, kdy se profesor Dieter Seitzer z Univerzity v Erlange-Nurembergu začal zabývat kompresí hudby pro přenos po telefonu. První prototyp funkčního kompresoru zvuku se svým týmem uvedl roku 1979. Karlheinz Brandenburg, Seitzerův student zahrnul do projektu i psychoakustiku a spolu s celým týmem pod Seitzerovým vedením dál vyvíjeli kódovací algoritmy. Během roku 1987 začal pod záštitou projektu Evropské Unie EUREKA EU147 Seitzerův tým spolupracovat s Fraunhofer's Institute for Integrated Circuits (Institut pro Integrované Obvody), zabývajícím se digitálním vysíláním zvuku a výzkum nabral na rychlosti. Společně vyvíjeli real-time kodek, který by umožnil souběžné kódování a příposlech; to by podstatně ulehčilo ladění algoritmů a urychlilo celý vývoj.

Přímým předchůdcem formátu mp3 se stal algoritmus **OCF** (Optimum Coding in (the) Frequency Domain – optimální frekvenční kódování), který ve své dizertační práci představil již zmiňovaný Karlheinz Brandenburg a který sám Fraunhofer označil v té době za průlomový. O softwarovou část OCF real-time kodeku se postaral Bernhard Grill.

Roku 1991 tým přivedl na svět nový kodek – **ASPEC** (Adaptive Spectral Perceptual Entropy Coding – kódování přizpůsobující se vnímání zvukových spekter), který se ucházel o zařazení do plánovaného **MPEG**¹ (Motion Picture Experts Group) standardu. Na popud této společnosti (teď už Fraunhoferův) tým na vývoji dále spolupracoval i s ostatními uchazeči. ASPEC byl nakonec zařazen do MPEG - Layer III. Po několika dalších úpravách (mj. zavedení joint stera² Juergenem Herrem) byl roku 1992 vytvořen komplex kodeků MPEG - 1, zahrnující Layer I až III, pro uchování

1 společnost spolupracující s ISO, je zaměřena na standardizaci audiovizuálních kodeků

2 nepravé stereo, u vysokých nebo naopak nízkých frekvencí člověk není schopen rozeznat směr původu a tak není potřeba uchovávat obě stopy celé.

zvukových stop na Video CD. MPEG Layer III jako nejefektivnější z nich usnadnil v tehdejší době náročné uchovávání a přenos hudby po síti.

Své konečné jméno „MP3“ a příponu .mp3 dostal tento formát roku 1995 a vydáním prvního přenosného přístroje přehrávajícího „mp3“ roku 1998 začala nová éra digitální hudby.

Dnes formát MP3 poskytuje mnoho kombinací sample- a bit rate, různé formy sterea¹, dvě verze id3 tagů a přestože už existují i efektivnější formáty, MP3 je natolik zažitý, že jakákoli konkurence má při vstupu na hudební trh velmi nesnadnou pozici. MP3 přehraje každý přehrávač, ať už paměťový nebo discman; jeho podpora mezi softwarem je samozřejmostí. MP3 se stal pilířem hudebního průmyslu, ať už legálního, nebo pirátského a, i když není úplně otevřený², vešel do dějin jako první kvalitní ztrátový formát vůbec. [9, 10]

4.2.2. WMA

Společnost Microsoft nemohla zůstat pozadu, a tak vyvinula svůj vlastní, komerční kodek Windows Media Audio. To znamená, že .wma soubory mohou být pomocí digitálních certifikátů chráněny proti nelegální distribuci. Projekt Windows Media je zaměřen na uživatele operačního systému Microsoft Windows, a snaží se o komplexní multimediální služby, zahrnuje tedy i vývoj videokodeků. Většina funkcí je dostupná ze systému, probíhá automatizovaně³ nebo vyžaduje jen minimální počítačovou gramotnost uživatele.

WMA má díky svému původu širokou podporu mezi přehrávači-programy⁴ i přehrávači-hardwarem. WMA 9 pracuje se sample rate 44.1 nebo 48 kHz a poskytuje širokou nabídku bit rate včetně VBR. Existuje i bezztrátová varianta, která se však příliš neujala, a také kodek speciálně vyvinutý pro kompresi lidského hlasu. WMA 10 Pro podporuje i 5.1 surround sound. Pokud by se uživatel pokusil takto komprimovaný

1 existuje i řešení prostorového zvuku MP3surround – kvalita se udává jako počet prostorových kanálů.počet subwooferů (basový reproduktor) př.: 7.1 surround

2 ISO standardizovaný kód je dostupný po zaplacení určité částky, při prodeji souboru .mp3 jde 1% zisku společnosti Fraunhofer, do vývoje se ale může zapojit v podstatě každý.

3 Windows Media Player je již obsažen v instalaci systému, vyhledávání a instalace chybějících kodeků při přehrávání je automatická

4 To se týká i mobilních zařízení, jako PocketPC nebo Smartphone, používajících operační systém Windows

soubor přehrát bez patřičného vybavení, zvuk je automaticky sloučen do „obyčejného“ stereo formátu.

O objektivitě srovnávacích testů WMA vs. MP3 prezentovaných společností Microsoft netřeba moc hovořit. I konkurenční projekty k MP3 pomyslně kroutí hlavou nad jejich neobjektivností. [11]

4.2.3. Ogg Vorbis

Ogg Vorbis je, podobně jako většina bezztrátových formátů, open-source projekt. Je zcela zdarma pro jakékoli nekomerční i komerční využití, vázán jen obecnými open-source licencemi. Vývoj začal krátce po stažení kódu MP3 a následném vymáhání licenčních poplatků. Jde tedy o přímou reakci open-source komunity na absenci plně otevřeného ztrátového formátu.

Ogg Vorbis je tedy zamýšlen jako alternativa k MP3 a vůbec ke všem komerčním formátům, poskytuje obdobné možnosti, srovnatelnou, ne-li lepší kvalitu poslechu a, jak je u open-source projektů obvyklé, i uživatelsky přívětivý a otevřený přístup. Vývojáři sami přiznávají že tento kodek není optimální pro mluvené slovo, ale jedním dechem doporučují další produkt ze své dílny – Speex, který pokrývá nižší bit rate pro přenos hlasu (např. audioknihy).

Vorbis se prosadil i na poli ozvučení počítačových her. Ve svých produktech ho využívají za všechny např. Epic, nebo Electronic Arts. Má širokou podporu mezi software-přehrávači, a šíří se i mezi přenosnými. Ogg Vorbis má velký potenciál jednou vytlačit MP3 a dominovat na trhu. [12]

4.2.4. ATRAC

Tento formát, přesněji jeho zatím nejmodernější verze ATRAC3plus¹, vyvinutý společností SONY patří k nejefektivnějším formátům vůbec. Ale v rozletu mu brání jeho komerční povaha; je to uzavřený formát. SONY střeží jeho kód velmi úzkostlivě, a to až tak, že zůstala jediným producentem hardwaru podporujícím ATRAC vůbec (minidisc, paměťové přehrávače, discmany).

1 ATRAC prošel fázemi: ATRAC, ATRAC3, ATRAC3plus. Existuje i ATRAC Lossless.

ATRAC3plus analyzuje vždy 0.092ms záznamu, úsek rozdělí do 16 frekvenčních pásem, podle povahy zvuku¹ ještě do dvou skupin a každou z nich dále zpracovává zvlášť. Důležité je následné vytvoření tabulek náhrad, ve kterých se často se opakujícím úsekům dat substituuji jiné; výsledky se porovnají a použije se na daný úsek efektivnější tabulka. [13]

Dnes je ATRAC, navzdory své kvalitě málo využíván a je jen otázka času, kdy úplně zapadne.

4.2.5. Ostatní

Jako přímý nástupce MP3 byl vyvinut formát **AAC** (Advanced Audio Coding – pokročilé kódování zvuku), zařazený v MPEG 2. Poskytuje nové možnosti co se týče bit-rate a sample rate, velikosti framů atd., je i méně náročný na výpočetní a datovou kapacitu. Jeho velkou slabinou však je ukončená zpětná kompatibilita. Je používán na platformě Apple, jako formát pro i-Tunes a tudíž umožňuje i kontrolu vlastnických práv.

Oblíbeným řešením živého internetového vysílání (streaming) je formát společnosti RealNetworks – RealMedia. Jde o closed-source projekt, jehož systém se ale podařilo záhy po uvedení pochopit a tak na jeho přehrávání lze kromě RealPlayeru použít i jiný kodek např. RealAlternative.

Další formáty: AIFF (nekomprimovaný), QuickTime (audioformáty platformy Apple), AU (Sun/NEXT). [6]

V závěru této kapitoly je nutno vyzdvihnout obecné přednosti open-source projektů, ať už pro jejich progresivitu, otevřenost, nebo uživatelskou přívětivost, a poukázat i na jejich rostoucí oblíbenost. Největší překážkou jejich většího rozšíření je zatím malá ochota uživatelů učit se novým věcem a samostatně se rozhodovat při volbě nejlepšího řešení svých potřeb. Z praktického hlediska ale má open-source obrovský potenciál.

¹ tzv. čisté zvuky (nástroje jako např. triangel, nebo smyčcové nástroje), mají odlišnou frekvenční charakteristiku (rozdíl v hlasitostech jednotlivých frekvencí), jsou tedy rozpoznány a odděleny

5. Software pro různé OS

Osobní počítače mají sloužit lidem jak pro ulehčení práce, tak pro zábavu. Proto i nabídka programů s hudební tematikou je obecně velmi pestrá. Oblíbenost té které počítačové platformy nemálo závisí i na tom, poskytuje-li kvalitní řešení pro přehrávání, editování hudby, konverzi formátů i tvorbu elektronické hudby. V této kapitole si představíme nejznámější komerční i open-source produkty z každé kategorie hudebního software pro různé operační systémy.

Srovnávací kritéria: dostupnost/cena, ovládání/interface, funkce, (náročnost na hardware), podpora formátů, celkový dojem

5.1. Editory

Zvukové editory, jsou nejdůležitějším odvětvím softwarové nabídky, jsou nedílnou součástí každého nahrávacího studia a je tedy pochopitelné, že nejkvalitnější komerční profesionální programy stojí i desítky tisíc korun.

5.1.1. Sony Sound Forge

Sony Sound Forge, dříve vyvíjený společností Sonic Foundry, je closed-source komerční program, ve zkušební verzi po registraci dostupný na 30 dní (licence stojí skoro 9000 Kč).

Uživatelské rozhraní je strohé, ale zato praktické, veškeré funkce rychle dostupné. Okno otevřeného souboru je horizontálně rozděleno dle jednotlivých kanálů, lze se v něm rychle pohybovat klávesnicí.

Program obsahuje funkce zaměřené spíše na mastering¹, např. nastavitelná normalizace (maximalizace hlasitosti skladby bez zkreslení), fade in/out (plynulé zesílení/zeslabení), různé efekty², disponuje i nástrojem pro synchronizaci zvuku s videem. Při tom všem SoundForge zůstává nenáročný na hardware³, měl by tedy bez

1 závěrečná úprava celé skladby najednou – stopy jsou již namíchané

2 je dokonce možné editovat údaje jednotlivých amplitud vlny a jinak s ní pracovat

3 Systémové nároky: 900MHz CPU, 256 MB RAM

potíží fungovat i na průměrné sestavě. Momentální zátěž pak odpovídá náročnosti aktuální činnosti.

Výsledek práce lze uložit do více než 25ti různých formátů (jelikož jde o produkt SONY, tak mimo jiné i ATRAC) a další jsou dostupné po instalaci příslušných plug-inů.

Sony SoundForge je program zaměřený a bezvadně vybavený pro nahrávání samostatných stop (mono až 8.1 surround), jejich mastering, ukládání do různých formátů a synchronizaci s videem. [14]

5.1.2. Cubase

Velkým mínusem aktuální verze Cubase 4 od společnosti Steinberg jsou neexistence trial (zkušební) verze a jediný distributor v Česku (www.disk.cz). S ohledem na jeho cenu (téměř 25000 Kč) lze chápat, že se společnost snaží předejít pirátství za každou cenu a že nakonec uživatel, který Cubase 4 kupuje, ví, co chce. Protiváhou je ovšem fakt, že jde o produkt multiplatformní, je totiž dostupný (s několika málo omezeními) i ve verzi pro Mac.

Atraktivní, přehledné rozhraní usnadňuje práci, zásuvné moduly mají design skutečných přístrojů; celý projekt se snaží co nejvíce imitovat reálné studio.

Jde o kompletní řešení pro nahrávající studia, takže obsahuje vše potřebné: pokročilý mix-pult pro nahrávání v reálném čase, efekty, VSTi (Virtual Studio Technology instrument) nástroje¹, Control Room – systém odposlechů pro jednotlivé hudebníky včetně talk-back (komunikace s nahrávací místností), synchronizaci s videem, podporu 5.1 surround zvuku.

Cubase 4 funguje na dnes už docela běžné konfiguraci 1,5 GHz procesor, 512 MB RAM, ale pro ničím nerušenou práci je potřeba kvalitní zvuková karta².

Cubase 4 je profesionální hudební studio se vším všudy, ke kterému se běžný uživatel legálně, bohužel, asi hned tak nedostane. [15]

1 plug-iny simulující skutečné přístroje – efekty pro kytaru, simulátory různých zesilovačů snímaných mikrofonom (např. imitace charakteristického zvuku elektronkových zesilovačů), MIDI sekvencery a mnoho dalších

2 kompatibilní s ASIO standardem (viz také 3.2.3. Zvukové karty). Samo grafické prostředí tak náročné na výpočetní kapacitu není, zato mixování zvuku v reálném čase ano.

5.1.3. JackLab

Celým jménem JackLab Audio Distribution (JAD) je rozsáhlý open-source projekt založený na linux distribuci openSUSE 10.2. Pro linuxové uživatele je k dispozici DVD instalátor (1,4 GB), pro ty ostatní tzv. LiveDVD¹ (1,3 GB).

JAD se snaží o co nejefektivnější využití výpočetní kapacity počítače na hudbu, takže defaultně (původní nastavení) je použit jednodušší Enlightenment Desktop 17, ale klasický user-friendly interface KDE se všemi vlastnostmi i funkcemi zůstává dostupný.

Distribuce JAD obsahuje na 70 předinstalovaných a přednastavených aplikací – editorů, sekvencerů, MIDI, syntetizérů a mnoho dalších VST nástrojů a efektů. JAD je multimediální distribuce, a tak kromě nástrojů na tvorbu hudby nabízí i aplikace videa, grafiky (Gimp), přehrávač Xmmms (vyvinutý podle Winamp řady 3) nebo internetový prohlížeč Firefox. Díky společnému úsilí s projektem PackMan mají uživatelé JADu k dispozici nespočet aktualizovaných audio i videokodeků; JAD se tak stává operačním systémem zaměřeným na multimediální produkci.

JAD dokonce ani neuvádí minimální systémové nároky, je totiž všeobecnou pravdou, že operační systém Linux „dostane“ z každého počítače více výkonu než Windows. Záleží tedy na každém, jakou sestavu zvolí, kvalita práce tomu bude přímo úměrná. Jen v případě použití liveDVD bych doporučil dostatek RAM paměti.

JackLab je zářným příkladem toho, kam až lze dojít, zapojí-li se do vývoje více nadšených odborníků - programátorů a že i zde má open-source velkou budoucnost.

[16, 17]

5.2. Sekvencery

Tento „žánr“ programového vybavení počítače má nepominutelný význam při tvorbě především elektronické hudby. Podstata sekvencerů spočívá v použití přednahráných zvuků (úder bubnu, jeden tón určitého hudebního nástroje) a syntetizérů. Obecným principem práce sekvenceru je tvorba patternů, tj. hudebních fragmentů a jejich další skládání či překrývání v souvislou hudbu. Každý pattern funguje jako jeden nebo více taktů s definovaným počtem dob (beatů). To umožňuje například ničím

¹ Počítač po vložení disku místo do původního OS nainstaluje Linux a JAD.

nerušené zrychlování, či zpomalování skladby pouhým nastavením počtu úderů za minutu, nepřehrává se totiž souvislý zvuk (i když souvisle samozřejmě zní), ale v určenou dobu určený zvuk/nástroj.

5.2.1. FL Studio

FL Studio 7 je možné pořídit ve variantách Express Edition, Fruity Edition, Producer Edition a v nejobsáhlejší verzi XXL Bundle od 1500 (download varianty Express Edition) do 14000 korun (zaslání poštou XXL Bundle)¹. Trial je téměř 100% funkční, časově neomezený, ale neumožňuje ukládat projekty, práci tedy můžeme jen rovnou exportovat jako hudbu.

Uživatelské rozhraní je praktické, příjemné pro oči - využívá tmavé, ale jemné barvy, stínování i 3D efekty, je vcelku přehledné.

Kromě klasických funkcí pro smyčkování (step sequencer, playlist, piano roll²) obsahuje funkce pro nahrávání a střih zvuku, podporuje i MIDI. Již ve trial verzi obsahuje mnoho zvuků (samplů), generátorů zvuku, efektů i VSTi nástrojů³ nebo šablon projektů rozdělených podle hudebních žánrů.

Program vyžaduje Pentium III nebo Athlon XP procesor nebo vyšší a 256 MB RAM. Poběží i na Macu s procesorem Intel (s Windows XP). Podobně jako u Cubase je pro náročnější projekty potřeba kvalitní zvukové karty.

Svoji práci může uživatel exportovat do formátu wav, mp3 (32-320 kbps, CBR), nebo MIDI (při kompozici pomocí MIDI nástrojů). Samotné sample jsou většinou ve formátu wav.

FL je veskrze dokonalý nástroj na tvorbu elektronické hudby včetně nahrávání vokálů nebo jiných nástrojů a ne nadarmo je ve „svém oboru“ dominantní. Sáhnout po dnes již legendárních Fruity Loops je pro každého DJ zaručeně dobrá volba. [18]

1 s platnou licencí všechny budoucí aktualizace a nové verze ZDARMA

2 Ve step sequenceru se tvoří patterny obsahující rytmy, případně jednoduché melodie s vybranými nástroji, v playlistu se míchají jednotlivé patterny v čase. Piano roll je rozšíření step seq., umožňuje tvorbu složitých polyfonních melodií nebo bicích rytmů.

3 I samotné FL Studio lze použít například v Cubase jako VSTi

5.3. Enkodéry

Tyto programy slouží ke kompresi, případně konverzi formátů hudebních souborů. Některé, zvláště ty zatím méně rozšířené nebo komerční formáty, k tomuto účelu vydávají samostatný program (např. ATRAC), ale většina formátů poskytuje své kodeky i pro ostatní programy. V této podkapitole budeme hovořit o tak zvaných **stand alone**¹ programech.

5.3.1. CDex

CDex je open-source projekt, na kterém se společně s komunitou podílejí Albert L. Faber, Georgy Berdyshev a Sanjiv Nanwani. Na stránkách projektu je ke stažení aktuální verze 1.70b2, kód je k dostání na projektovém CVS².

Interface je jednoduchý, praktický: seznam písní na CD, pole pro vyplnění souhrnných údajů (album, interpret, žánr, ...), jednoduchý přehrávač a několik ikon pro jednotlivé úkoly.

Už „při dodání“ CDex kóduje do mnoha formátů (mp3, wma, AAC, ogg, ...), další kodeky je možno přidávat. Automaticky vyplňuje id3, nebo i jiné tagy (obsahuje editovatelný seznam hudebních žánrů), vytváří adresáře podle interpretů a podadresáře dle jednotlivých alb. Je možno formáty souborů i konvertovat. Funkce „record from analog input“ dokonce umožňuje zálohovat například staré pásky nebo hrací desky rovnou do kteréhokoli z podporovaných formátů. Při ripování (extrahování hudby z Audio CD) používá CDex pokročilou ochranu proti chybám - CD Paranoia³. Dále podporuje synchronizaci s CDDb⁴ na internetu nebo vytváření vlastních databází. Je provázán s přehrávačem Winamp, jehož audio plug-iny lze nastavovat zevnitř CDexu.

CDex je více než postačující program na zálohování i konverzi hudby a open-source komunitě rozhodně ostudu neudělá. [19]

1 programy umožňující kompresi do více různých formátů, tj. nezávislé.

2 Concurrent Version System – slouží ke správě verzí souborů při vývoji

3 Projekt komunity pracující na OGG Vorbis; přímé bezpečné digitální čtení z CD.

4 databáze audio CD, díky níž je možnost automaticky získat informace o jednotlivých skladbách.

5.3.2. Grip

Grip je také open-source, ale určený pro Linux (přesněji pro jeho variantu Gnome) napsaný Mikem Oliphantem. K dostání je, spolu se zdrojovým kódem, ve verzi 3.3.1.

Kompaktní design, tvořený systémem přehledných záložek, zaručuje rychlé a jednoduché ovládání i nastavení.

Grip je možno využít jako mini CD přehrávač (program zmenší okno, zůstane aktivní jenom ovládání přehrávání), k ripování (i jednotlivých sektorů disku) potažmo kódování hudby, a, je-li nainstalován příslušný program, přidávání zpracovávaných souborů do hudební databáze¹. Také Grip podporuje CD Paranoia, různé formáty, např. MP3 (spolu s ID3 v1/v2 tagy), OGG, FLAC a synchronizaci s CDDb. Ostatní je možno ovládat přes příkazovou řádku v nastavení. Na systémech s více procesory lze příslušným nastavením spouštět více kódovacích procesů současně.

Grip bez potíží uspokojí potřeby každého Linuxového uživatele. [20]

5.3.3. Max

Další z řady open-source programů, tentokrát přímo pro Mac (Mac OS X 10.4 a vyšší), napsal Stephen Booth. Aktuální je verze 0.7.1.

O standardně atraktivním Mac prostředí není nutné se rozepisovat, vlastní ovládání je intuitivní, přímočaré.

Po extrakci audia z CD (několik možností včetně CD Paranoia) lze převést hudbu do více než 20ti formátů (MP3, FLAC, Monkey's, OGG, Apple Lossless, AAC, Speex, ...) včetně tagů, nebo např. obalů CD (Album Art). Je možná i konverze mezi formáty nebo zařazení souborů do iTunes knihovny. Max používá alternativu k serveru CDDb a to databázi MusicBrainz.

Program Max je dobrým řešením pro kompresi hudby na platformě Macintosh.

[21]

1 Digital DJ, aplikace od stejného autora založená na databázovém programovacím jazyku SQL

5.4. Přehrávače

Hudebních přehrávačů, ať už jde o software nebo hardware, je dnes nepřeberné množství, takže si určitě vybere každý uživatel.

5.4.1. WinAmp

Jeden z nejrozšířenějších closed-source přehrávačů pro Windows dneška. Existuje ve variantách: Lite, Full, Bundle (všechny ke stažení zdarma) a Pro (komerční, cena cca 600 Kč). Varianta Bundle jako bonus oproti variantě Full obsahuje mp3 soubor se skladbou Patricka Wolfa - The Magic Position.

Interface Winampu funguje ve dvou „módech“ vzhledu. Jde o Classic a Modern Skin. Modern Skin od verze Winampu 5.0 poskytuje neuvěřitelnou přizpůsobitelnost vzhledu přehrávače – nesčetná barevná nastavení, ale i možnost tvorby vlastních skinů nejrůznějších tvarů a funkcí. Co se týče ovládání, má Winamp jeden velký trumf a tím jsou Global Hotkeys. Ti, kdo nemají multimediální klávesnici (např. notebooky) mohou ovládat Winamp pomocí nastavitelných klávesových zkratk z jakékoli aktivního okna. Winamp také do kontextového menu přidává položky pro přehrání nebo zařazení do playlistu, nebo bookmarků, tím je snadno dosažitelný např. z Total Commanderu.

Winamp je schopen přehrát de facto veškeré hudební i některé video formáty. Při dodání podporuje mj. **CDDA** (Compact Disc Digital Audio – klasické Audio CD), WAV, MP3, WMA, FLAC, OGG a mnoho dalších lze přidat formou .dll knihoven. Právě přehrávané soubory lze pořádat v pokročilém Playlistu nebo oživit některou z širokého výběru Vizualizací¹. Součástí programu je i propracovaná databáze souborů Media Library pro správu playlistů, jednotlivých souborů, dále umožňuje vícekritériální vyhledávání, synchronizaci s paměťovými přehrávači (včetně iPod) atd. Winamp dokáže i ripovat Audio CD a vypalovat výsledné kompilace, nicméně vyšší rychlosti a větší výběr kodeků je dostupný jen ve variantě Pro.

Winamp je dokonalým nástrojem na přehrávání hudby a poskytuje mnoho funkcí navíc. Ne nadarmo je na platformě Windows nejoblíbenější. [22]

1 Animace měnící své barevné i jiné vlastnosti více či méně závisle na přehrávané hudbě.

5.4.2. Windows Media Player

Closed-source program Windows Media Player (aktuální verze 11) je většinou dostupný již v instalaci systému Windows. Pro starší verze operačního systému je volně ke stažení na stránkách společnosti Microsoft.

Přehrávač je zaměřen na méně zkušené uživatele, takže pokročilejší nastavení jsou dostupná až po zobrazení „skrytého okna“. Z přehrávače jsou dostupné jen funkce přehrávání, knihovny médií, synchronizace s přenosnými zařízeními a volby vnějšího vzhledu. Nepřehrává-li zrovna video, Media Player k tomu určené okno použije pro barevné vizualizace.

Media Player, jak už vyplývá z názvu, přehrává veškerá média – hudbu, video, obrázky; snaží se o kompletní pokrytí potřeb běžného uživatele produkty Microsoft. Chybějící kodeky vyhledává samostatně s minimální účastí uživatele.

Program Windows Media Player se snaží o nadvládu společnosti Microsoft i na poli multimédií, ale zvláště pro zkušenější uživatele určitě existují i daleko elegantnější varianty.

5.4.3. iTunes

Vytvoření iTunes bylo, s trochou nadsázky, milníkem na internetovém hudebním trhu. Dalším bylo uvolnění iTunes i pro uživatele na platformě PC. Tento multifunkční closed-source program je pro obě platformy ve verzi 7.0 zdarma ke stažení na stránkách Apple.

Ovládání založené na principech Apple je zároveň efektivní i efektní; vše, co uživatel potřebuje, je na dosah během jednoho, dvou kliknutí myši. Uživatelské rozhraní je jednoduché a přitom velmi atraktivní.

Základní funkce iTunes jsou: přehrávač, databáze hudby, videa, filmů a internetový obchod se vším všudy (recenze uživatelů, diskuze, objednávky). Po zakoupení písně nebo celého alba lze jednoduše dohledat a vybrat obal na CD, obousměrně synchronizovat vše včetně filmů a her s přenosným zařízením iPod, vytvářet playlisty, vypalovat kompilace písní na CD. Základním formátem hudby na iTunes je AAC, ale podporuje mnoho dalších jako MP3, Apple Lossless.

iTunes se může opravdu stát „zábavním centrem“ každého uživatele, který preferuje legální hudbu a inklinuje k produktům Apple. [23]

5.4.4. Amarok

Amarok je velmi oblíbené open-source řešení přehrávání a pořádání hudby pro Linux. Ve verzi 1.4.6 je i s kódem dostupný pro více než 8 různých distribucí a v KDE je přímo zabudovaný.

Příjemné, vysoce přizpůsobitelné prostředí připomíná Apple styl, v zásadě celkové rozvržení a vzhled není nepodobný iTunes.

Půjdeme-li dál ve srovnání s iTunes, zjistíme že i Amarok je něco víc než jen přehrávač. Kromě už několikrát zmiňovaných standardních i méně standardních funkcí obsahuje Amarok např. velmi sympatické funkce vyhledávání textů skladeb, informací o interpretech v otevřené encyklopedii Wikipedia nebo vyspělý on-screen-display¹. Příjemná je i podpora synchronizace s mnoha přenosnými zařízeními včetně iPod.

Používá-li Linuxový uživatel Amarok, je velmi malá pravděpodobnost, že ho vymění za jiný program. [24]

Porovnáme-li, podobně jako v minulé kapitole closed- a open-source varianty, je nutno přiznat, že na poli přehrávačů se těší větší popularitě sice volně šiřitelné, ale uzavřené programy; open-source řešení zůstávají doménou Linuxu. Mezi enkodéry naopak open-source vládne. Ještě jiná situace ale panuje na trhu s editory, nahrávacími studií nebo sekvencery; nejkvalitnější programy jsou velmi drahé, pochopitelně uzavřené a tak opět vynikne Linux, jako platforma uživatelů, kteří si „vystačí sami“.

1 Při určité události se zobrazí nastavitelné okno s předdefinovanou informací.

6. Závěr

Za poslední století hudební technologie prošla překotným vývojem. Jednotlivé fáze technického pokroku v uchovávání, případně počítačové tvorbě hudby jsem čtenáři v chronologickém pořadí ukázal ve třetí kapitole. Tam jsem také vysvětlil základy MIDI technologie a AD/DA převodníku.

Ve čtvrté a páté kapitole jsem se věnoval softwaru. Vybral jsem a podle zvolených kritérií porovnal zástupce open- i closed-source projektů pro různé operační systémy, vysvětlil základy audio komprese. V obou kapitolách jsem se snažil poukázat na přednosti a kvality open-source řešení jakéhokoli softwarového problému. Otevřeným přístupem k vývoji lze dosáhnout daného řešení rychleji a efektivněji. Je škoda, že open-source produkty zatím využívají spíše jen zkušenější uživatelé nebo „fajnšmekři“. Možná díky monopolu společnosti Microsoft zatím většina uživatelů nemá moc přehled o tom, jaké možnosti a potenciál open-source má.

Naštěstí, vše nasvědčuje tomu, že se „blýská na lepší časy“. Přichází nová generace „běžného uživatele“; děti a mladiství vyrůstající za klávesnicí za pár let změni význam tohoto slovního spojení a myslím, že pro open-source je to spíše dobrá zpráva. Hudba je jim velmi blízká a jako ještě se vyvíjející osobnosti mají možnost, chuť a předpoklady zkoumat a učit se nové věci.

Autor doufá, že čtenář nalezl v této práci odpovědi na své otázky a zároveň nové otázky, které v něm vzbudily zájem hledat odpovědi další.

7. Seznam literatury

- [1] *Gramofon* URL: <<http://www.quido.cz/objevy/gramofon.htm>>
- [2] *Magnetofon* URL: <<http://www.quido.cz/objevy/magnetofon.htm>>
- [3] KOLEKTIV AUTORŮ. *Jak se to dělá?* Přel. Daniel Anýž, et al. 2. vyd. [ČR]: Výběr Readers Digest 1998. 447 s. ISBN 80-902069-9-9
- [4] FORRÓ, Daniel. *Počítače a hudba* Praha: Grada 1994. 320 s. ISBN 80-85623-57-9
- [5] FORRÓ, Daniel. *MIDI Komunikace v hudbě* Praha: Grada 1993. 272 s. ISBN 80-85623-56-0
- [6] *Wikipedia, the free encyclopedia* URL: <<http://www.wikipedia.org>>
- [7] *Monkey's Audio* URL: <<http://www.monkeysaudio.com/index.html>> © 2000-2004
- [8] *FLAC – Free Lossless Audio Codec*
URL: <<http://flac.sourceforge.net/index.html>> © 2000-2007
- [9] *The History of mp3*
URL: <<http://www.mp3licensing.com/mp3/history.html>> © 2000-2005
- [10] *MP3' Tech* URL: <<http://www.mp3-tech.org/>> © 1996-2007
- [11] *Microsoft Windows Media*
URL: <<http://www.microsoft.com/windows/windowsmedia/default.aspx>> © 2007
- [12] *Vorbis.com* URL: <<http://www.vorbis.com/>> © 1994-2005
- [13] *SONY Global – ATRAC*
URL: <<http://www.sony.net/Products/ATRAC3/tech/index.html>> © 2007
- [14] *Sound Forge 9*
URL: <<http://www.sonycreativesoftware.com/products/product.asp?PID=431>> © 2007
- [15] *Cubase 4 :: Steinberg Media Technologies GmbH*
URL: <<http://www.steinberg.net/983+M52087573ab0.html>> © 2007
- [16] *JackLab Community Network* URL: <<http://jacklab.net/>>
- [17] *jacklab.org – the home of JAD* URL: <<http://jacklab.org/>>
- [18] *FL Studio Homepage* URL: <<http://www.fruityloops.com/>>
- [19] *CDex* URL: <<http://cdexos.sourceforge.net/>>
- [20] *GRIP – CD Ripping/MP3 Encoding for Linux*
URL: <<http://nostatic.org/grip/>> © 1998-2004
- [21] *Max 0.7.1. - MacUpdate*
URL: <<http://www.macupdate.com/info.php/id/19873/max>>
- [22] *Winamp Media Player* URL: <<http://www.winamp.com/>> © 1999-2007
- [23] *Apple – iTunes – iTunes Overview*
URL: <<http://www.apple.com/itunes/overview/>> © 2007
- [24] *Amarok - Rediscover your music* URL: <<http://amarok.kde.org/>>