

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra informačního inženýrství



Diplomová práce

Návrh Digital Audio Workstation (DAW)

Autor: Pavel Hráský

© 2014 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra informačního inženýrství

Provozně ekonomická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Hráský Pavel

Informatika

Název práce

Návrh Digital Audio Workstation (DAW)

Anglický název

Design of Digital Audio Workstation (DAW)

Cíle práce

Cílem diplomové práce je analýza současných komponent a technologií osobních počítačů pro práci s digitálním audiosignálem (DAW). V praktické části bude proveden návrh a stavba DAW.

Metodika

Vytvoření teoretické (rešeršní) části diplomové práce bude založeno na studiu odborných informačních zdrojů. Získané teoretické poznatky budou použity v praktické části při návrhu DAW. Na základě syntézy teoretických poznatků a výsledků praktické části budou formulovány závěry diplomové práce.

Harmonogram zpracování

06/2013-08/2013 Upřesnění zadání práce a shromáždování literárních zdrojů

09/2013 Kontrola průběhu práce - 1.zápočet

09/2013-12/2013 Analýza informačních zdrojů a tvorba rešeršní části práce

01/2014 Kontrola průběhu práce - 2.zápočet

01/2014-02/2014 Vypracování praktické části práce

03/2014 Finalizace práce a odevzdání, 3.zápočet

Rozsah textové části

60 - 80 stran

Klíčová slova

DAW, osobní počítač, zvuková karta, procesor, kodek, MIDI, poslechové monitory, zvuková technika, software

Doporučené zdroje informací

DEMBOWSKI, K. Mistrovství v hardware, Brno: Computer Press, 2009. ISBN 978-80-251-2310-2

VLACHÝ, Václav. Praxe zvukové techniky. Praha: Nakladatelství Muzikus 2008. ISBN 978-80-86253-46-5

MESSMER, Hans-Peter. DEMBOWSKI, Klaus. Velká kniha hardware. Brno: CP Books. 2005. ISBN 80-251-0416-8

TEOCHARISOVÁ, Vanda. Sound Design, Zvuková Syntéza a Tvůrčí Programování Zvuků v Praxi. Praha: Nakladatelství Muzikus, 2009. ISBN 80-86253-53-4

GEIST, Bohumil. Akustika, Jevy a souvislosti v hudební teorii a praxi. Praha: Nakladatelství Muzikus 2005. ISBN 80-86253-31-7

Vedoucí práce

Buchtela David, Ing., Ph.D.

Termín odevzdání

březen 2014

Elektronicky schváleno dne 21.3.2014

Ing. Martin Pelikán, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 21.3.2014

Ing. Martin Pelikán, Ph.D.

Děkan fakulty

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Návrh Digital Audio Workstation (DAW)" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne _____

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Davidu Buchtelovi, Ph.D. za odborné vedení při zpracování této práce a vstřícný přístup.

Návrh Digital Audio Workstation (DAW)

Design of Digital Audio Workstation (DAW)

Souhrn

Tato práce se zabývá především návrhem, stavbou a výkonnostní optimalizací osobního počítače určeného pro práci s digitálním audiosignálem. Návrh řešení a výběr vhodných komponent vychází z analýzy současného stavu technologií osobních počítačů a zvukové techniky, které jsou popsány v rámci rešeršní části diplomové práce. Součástí práce jsou i základy digitálního zpracování zvuku a nejnütnější teoretické poznatky z oblasti akustiky. Praktická část diplomové práce se zabývá návrhem, výběrem vhodných komponent, kompletací, nastavením, měřením kvality zvukové karty a výkonnostní optimalizací navrhovaného řešení za pomoci vhodných monitorovacích nástrojů. Smyslem výkonnostní optimalizace je nalézt takovou konfiguraci systému, která z dlouhodobého hlediska nabízí nejvyšší výpočetní výkon při zachování rozumných provozních vlastností.

Summary

This diploma thesis covers design, construction and performance optimization of personal computer designated for work with digital audio signal. The suggested solution and component selection comes from the analysis of current state of personal computer and sound equipment technologies, which are described in the research part of the thesis. The thesis also contains digital sound processing basics and essential theoretical findings from the acoustics field. The practical part of the diploma thesis covers design, component selection, complementation, setting, sound card quality measuring and performance optimization of the suggested solution with appropriate monitoring tools. The meaning of performance optimization is to find a system configuration that offers the highest computer performance along with reasonable operating properties in the long run.

Klíčová slova:

DAW, osobní počítač, zvuková karta, procesor, kodek, MIDI, poslechové monitory, zvuková technika, software

Keywords:

DAW, personal computer, sound card, processor, codec, MIDI, studio monitors, sound equipment, software

Obsah

1	Úvod	13
2	Cíl práce a metodika.....	14
3	Teoretická východiska.....	15
3.1	Zvuk	15
3.1.1	Hlasitost a intenzita zvuku	15
3.2	Digitální zpracování zvuku.....	18
3.2.1	Rozdělení zvukových signálů.....	18
3.2.2	Vzorkování.....	18
3.2.3	Kvantizace	19
3.2.4	Oversampling	21
3.2.5	Dithering.....	21
3.2.6	PCM	22
3.2.7	Signálové úrovně.....	22
3.3	DAW	23
3.3.1	Procesor	26
3.3.2	Operační paměť.....	28
3.3.3	Základní deska.....	29
3.3.4	Úložný prostor.....	30
3.3.5	Audio rozhraní – zvuková karta.....	31
3.3.5.1	Vstupy a výstupy	33
3.3.5.2	Ovladač.....	34
3.3.6	Akcelerační karty	35
3.4	Poslechové monitory	36
3.4.1	Zkreslení	37
3.4.2	Výkon - citlivost	38
3.4.3	Pasivní systémy	38
3.4.4	Aktivní systémy	39
3.4.5	Připojení monitorů.....	39
3.5	MIDI.....	40

3.5.1	Přenosový protokol	42
3.5.2	MIDI Zpráva	42
3.5.3	MIDI Hardware	44
3.5.3.1	Masterkeyboard	45
3.5.4	MIDI síť	46
3.6	Mikrofon	47
3.6.1	Charakteristiky	47
3.6.2	Kapacitní mikrofon	48
4	Praktická část	50
4.1	Analýza požadavků	50
4.2	Schéma zapojení	52
4.3	Výběr DAW softwaru	53
4.4	Osobní počítač	54
4.4.1	Výběr operačního systému	54
4.4.2	Výběr procesoru	54
4.4.3	Výběr základní desky	56
4.4.4	Výběr operační paměti	56
4.4.5	Výběr SSD a HDD	57
4.4.6	Výběr audio rozhraní	58
4.4.7	Výběr ostatních komponent	60
4.5	Studiová technika	62
4.5.1	Výběr Master keyboardu	62
4.5.2	Výběr poslechových monitorů	62
4.5.3	Výběr mikrofону	63
4.5.4	Výběr audio kabelů	63
4.6	Požizovací cena sestavy	64
4.7	Instalace	65
4.8	Měření	66
4.8.1	Teplota procesoru	68
4.8.2	Syntetické testy	69
4.8.2.1	Paměťový test	70
4.8.2.2	Testy Procesoru	71
4.8.3	Praktické testy	76

4.9	Test kvality audio rozhraní	83
4.9.1	Program RMAA.....	84
4.9.2	Příprava testu	85
4.9.3	Test.....	85
4.10	Spotřeba elektrické energie	87
5	Zhodnocení výsledků a doporučení	89
6	Závěr.....	91
7	Seznam použitých zdrojů	93
8	Přílohy	97
8.1	Slovník	97
8.2	RMAA – grafy	99

Seznam obrázků

Obrázek č.: 1 Vyjádření hladiny akustického tlaku pro některé běžné zvuky.	16
Obrázek č.: 2 Křivky stejné hlasitosti	17
Obrázek č.: 3 Vzorkování	18
Obrázek č.: 4 Kvantování	21
Obrázek č.: 5 Příklad DAW	24
Obrázek č.: 6 DAW s využitím moderních komunikačních rozhraní.....	25
Obrázek č.: 7 Univerzální ovladač ASIO4ALL určený pro zvukové karty na platformě Windows	35
Obrázek č.: 8 Příklad DAW s využitím MIDI přístrojů	40
Obrázek č.: 9 MIDI zpráva Note On	42
Obrázek č.: 10 Propojení MIDI zařízení.....	43
Obrázek č.: 11 Vzor MIDI zprávy vedené přes USB	45
Obrázek č.: 12 MIDI zařízení zapojená do řetězu	46
Obrázek č.: 13 MIDI zařízení s využitím MIDI USB převodníků.....	47
Obrázek č.: 14 Konstrukce kapacitního mikrofonu.....	49
Obrázek č.: 15 Navrhovaný systém.....	52
Obrázek č.: 16 Čip procesoru Intel Core i5 2500K	55
Obrázek č.: 17 Zvuková karta E-MU 1616m PCI	59
Obrázek č.: 18 Komponenta pro nastavení latence u zvukové karty E-MU1616m.....	77
Obrázek č.: 19 Záložka „Audio“ v aplikaci FL Studio	78
Obrázek č.: 20 Počet simultánně generovaných tónů	80
Obrázek č.: 21 Funkce Triple Buffer a její podíl na výkonu systému při použití syntezátoru Sytrus	82
Obrázek č.: 22 Graf změn.....	89

Seznam tabulek

Tabulka č.: 1 Základní parametry procesoru	27
Tabulka č.: 2 Celková pořizovací cena sestavy.....	64
Tabulka č.: 3 Teplota CPU	68
Tabulka č.: 4 Teploty CPU při 4,4GHz	69
Tabulka č.: 5 Test operační paměti.....	70
Tabulka č.: 6 Test cache L1	70
Tabulka č.: 7 Test cache L2	71
Tabulka č.: 8 Test cache L3	71
Tabulka č.: 9 CPU Queen benchmark	72
Tabulka č.: 10 CPU PhotoWorxx Benchmark	72
Tabulka č.: 11 CPU Zlib Benchmark	73
Tabulka č.: 12 CPU AES Benchmark	73
Tabulka č.: 13 CPU Hash benchmark	74
Tabulka č.: 14 FPU VP8 Benchmark	74
Tabulka č.: 15 FPU Julia Benchmark	75
Tabulka č.: 16 FPU Mandel Benchmark	75
Tabulka č.: 17 FPU SinJulia Benchmark.....	76
Tabulka č.: 18 Počet simultánně generovaných tónů.....	79
Tabulka č.: 19 Vytížení procesoru – FL Studio	81
Tabulka č.: 20 Vytížení procesoru – Správce úloh Windows	81
Tabulka č.: 21 Výsledky testu kvality zvukové karty	86
Tabulka č.: 22 Spotřeba elektrické energie	87

1 Úvod

Pojem Digital Audio Workstation (DAW) obecně vyjadřuje zařízení, které je určeno pro práci s digitálním audio signálem. V dnešní době je pod pojmem DAW chápán osobní počítač, který je vybaven příslušným hardwarem a specializovanými programy pro vícestopé nahrávání, mixování a editaci audio signálů. Podoba DAW se ale v průběhu několika desetiletí výrazně měnila. Pojem DAW se poprvé objevil na konci 70 let, kdy společnost Soundstream přišla na trh se zařízením, které sama firma nazývala pojmem Digital Editing System. Jednalo se o zařízení postavené na bázi minicomputeru PDP-11 společnosti DEC. Na konci 80 let se objevovaly na trhu osobní počítače Apple Macintosh, Atari ST a Commodore Amiga, které nabízely výkon pouze na editační operace, pomocí kterých bylo možné pouze zaznamenávat a editovat MIDI data z připojených MIDI přístrojů. V polovině 90 let se navzdory stále populárnějším osobním počítačům, začaly objevovat takzvané integrované DAW systémy, které jsou založeny na stejném základu jako osobní počítače, ale jejich jednoduchý operační systém má omezené funkce a je zaměřen pouze na záznam, editaci zvuku, MIDI a přehrávání. Z důvodu velké popularity, univerzálnosti, stále vyššího výkonu a nízkým cenám, v současnosti vykrytalizoval DAW do podoby univerzálního osobního počítače (typu IBM kompatibilní) na platformě Windows nebo MAC OS X (případně Linux) na kterém běží specializovaný hudebně produkční software umožňující realizovat veškeré zvukové operace, případně MIDI editaci. S tímto rozmachem jsou ale spojena mnohá úskalí, neboť práce s digitálním zvukem, jeho editací, nahráváním vyžaduje určité znalosti a zkušenosti. Pojmy jako je vzorkovací frekvence, bitová hloubka, datová komprimace a jejich vztah a vliv na zvuk ne každý zná a ví jak s nimi pracovat. Pokud tedy nepočítáme fenomén Loudness war, je to především neznalost a nezkušenost, která následně determinuje nízkou technickou kvalitu některé současné zvukové tvorby.

Stejný problém zapříčiněný neznalostí nastává i na úrovni hardwaru a softwaru osobních počítačů či zvukové techniky. Návrh DAW a s tím spojený výběr vhodných komponent, jejich kompletace, nastavení a optimalizace vyžadují určité znalosti, na základě kterých je poté možno využívat DAW mnohem efektivněji a přinášet kvalitnější výsledky.

2 Cíl práce a metodika

Cílem práce je návrh, stavba a výkonová optimalizace Digital Audio Workstation (DAW). Zkompletovaný systém bude podroben analýze výpočetního výkonu, provozních vlastností, kvalitě zvukové karty a taktovacího potenciálu procesoru a operační paměti. Na základě výsledků analýzy bude zvolena optimální konfigurace systému

Teoretická část práce je zaměřena především na analýzu současného stavu technologií a komponent související s DAW. Součástí práce jsou i základy digitálního zpracování zvuku a nejnütnější teoretické poznatky z oblasti akustiky

V praktické části bude proveden návrh DAW. Výběr vhodných komponent vychází z analýzy současného stavu technologií osobních počítačů a zvukové techniky. Na základě analýzy závislosti teploty procesoru na jeho frekvenci budou vytvořeny různé výkonnostní konfigurace systému, které budou mezi sebou porovnávány z hlediska výpočetního výkonu a provozních vlastností. Výpočetní výkon systému bude měřen pomocí syntetických testů diagnostického programu AIDA 64 Extreme. V praktickém testu bude použit softwarový syntezátor Sytrus v prostředí hudební aplikace FL Studio

Kvalita zvukové karty bude testována pomocí programu RMAA. Metodika bude založena na měření výstupních obvodů pomocí vstupních obvodů. Jedná se o takzvanou externí Loopback metodu

3 Teoretická východiska

3.1 Zvuk

Zvuk je mechanické vlnění v látkovém prostředí, které je schopno vyvolat sluchový vjem. Zvuk vzniká rozechvěním molekul vzduchu nějakým zdrojem. Zdroj zvuku může být jakýkoli ať už hlasové ústrojí nebo například úder bubnu. Princip šíření je založen na přenosu zvukových vln, to tedy znamená, že látkové prostředí se nikam neposouvá, pouze zprostředkovává přenos vln. [1]. Základní veličinou popisující parametry zvuku je frekvence (jednotka Hertz - Hz), která vyjadřuje počet opakování (kmitů) za určitou časovou jednotku, v našem případě za 1 vteřinu. Lidský sluch je schopen vnímat zvuk, jehož frekvenční rozsah je přibližně od 20 Hz do 20 000 Hz. Nicméně, tento rozsah je silně individuální, s přibývajícím věkem se tento rozsah zkracuje. Platí pravidlo, že každých 10 let věku se horní hranice frekvenčního rozsahu snižuje o zhruba 1kHz.[1]

3.1.1 Hlasitost a intenzita zvuku

Kmitání vytváří při pohybu k vrcholu amplitudy střídavě tlak a při opačném (zpětném) pohybu uvolňováním molekul prostředí podtlak. Toto zvýšení a snížení tlaku oproti klidovému stavu představuje základní akustickou veličinu nazývanou akustický tlak.[4] Akustický tlak měřený v newtonech / 1m^2 (Pascal), v dynech / cm^2 případně v mikrobarech (b) vyjadřuje zvýšení nebo snížení tlaku oproti klidovému stavu, kde nejnižší akustický tlak vnímaný lidským sluchem se nazývá práh slyšitelnosti ($2 \cdot 10^{-5}$ Pa) a nejvyšší tlak, které lidské ucho snese je práh bolesti (63 Pa).[4]. Lidský sluch nevnímá změny tlaku lineárně, kolem prahu slyšitelnosti je na drobné změny v tlaku velmi citlivý a vnímá (rozlišuje) i drobné změny v tlaku, naopak kolem prahu bolesti je na změnu tlaku mnohem méně citlivý (aby rozeznal změnu intenzity zvuku, je potřeba mnohem větší změna tlaku).

Z tohoto důvodu se pro měření hladiny akustického tlaku (SPL) používá zhuštěná logaritmická stupnice s jednotkami v decibelech.[4].

$$L_p = 20 \log \frac{P_{prům}}{P_{min,prům}}$$

Kde $P_{prům}$ je efektivní průměrný akustický tlak zvuku a $P_{min,prům}$ je prahový průměrný efektivní tlak referenčního zvuku/tónu při němž je referenční tón ještě slyšitelný tj. $P_{min,prům} = 2 * 10^{-5}$. [4].

Obrázek č.: 1 Vyjádření hladiny akustického tlaku pro některé běžné zvuky.

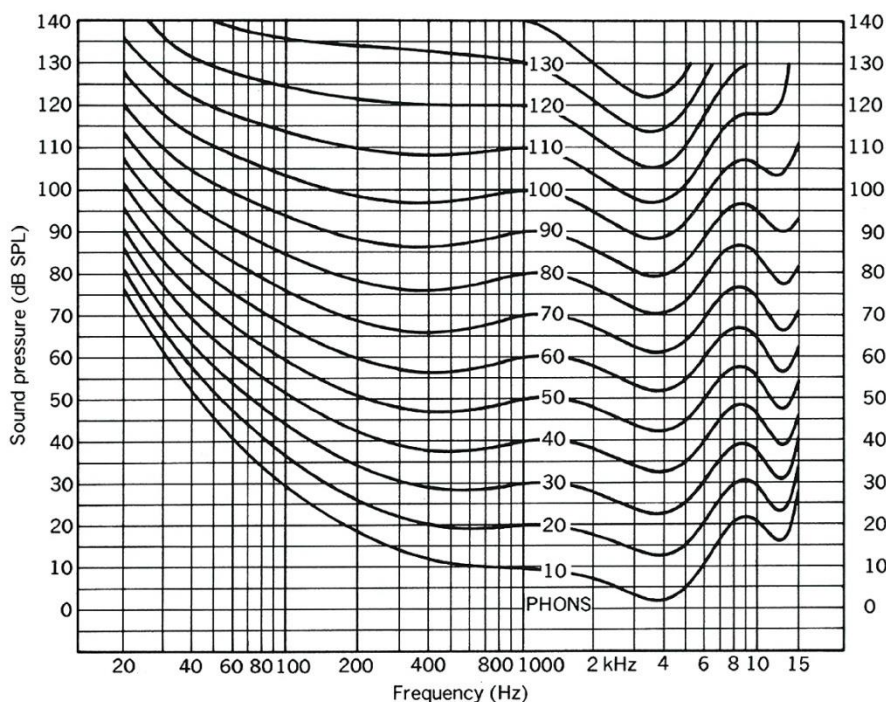
	akustický tlak [dB]	akustický tlak [Pa]
práh slyšitelnosti	0	$2 * 10^{-5}$
hladina šumu v dobře izolovaném studiu	20	$2 * 10^{-4}$
tíkot hodin	30	$6,3 * 10^{-4}$
tichá ulice	40	$2 * 10^{-3}$
šeptání ve vzdálenosti 10 cm	50	$6,3 * 10^{-3}$
akustická kytara ve vzdálenosti 40 cm	60	$2 * 10^{-2}$
piano (hra v pp - 1m)	70	$6,3 * 10^{-2}$
akustická kytara (akordy hrané trsátkem - 40cm)	80	$2 * 10^{-1}$
saxofon (40 cm)	90	$6,3 * 10^{-1}$
hlasitý zpěv (15 cm)	100	2
konga (3 cm)	110	6,3
kotle (3 cm)	120	20
hlasitý výkřik přímo před ústy (práh bolestivosti)	130	63
velký buben (3 cm od blány)	140	200
vzlet tryskáče	190	20 000

Zdroj: [1].

V tabulce číslo 1 je uveden přehled některých zvuků a jejich akustický tlak v pascálech a decibelech.

Je nutné podotknout, že intenzita a hlasitost není to samé. Vnímání intenzity zvuku je rozdílné v závislosti na frekvenci zvuků. Lidský sluch je nejvíce citlivý na zvuky o frekvenci pohybující se mezi 1000 Hz až 6000 Hz.[4]

Obrázek č.: 2 Křivky stejné hlasitosti



Pozn.:¹⁾ vertikální osa značí intenzitu zvuku v dB, horizontální osa značí frekvenci
Zdroj: <http://www.soundonsound.com/sos/mar11/articles/how-the-ear-works.htm>

Na obrázku X vidíme Fletcher - Munsonovy „křivky stejné hlasitosti“ vyjadřující vztah mezi intenzitou zvuku a jejich frekvencí. Každý bod na určité křivce vnímá lidský sluch s konstantní hlasitostí. Například zvuk na frekvenci 20 Hz o intenzitě 90 dB se jeví posluchači stejně hlasitě jako zvuk na frekvenci 3000 Hz o intenzitě 15 dB. Na základě těchto poznatků bylo vytvořeno několik korekčních křivek pro intenzitu zvuku, které převedou naměřené hodnoty na hodnoty hlasitosti. V audiotechnice se nejčastěji používá takzvaná A- křivka, jejíž hodnoty jsou udávány v dBA nebo dBrn.[14]

3.2 Digitální zpracování zvuku

3.2.1 Rozdělení zvukových signálů

Zvukové signály se dají rozdělovat podle spojitosti, na signály spojité (analogové) a diskrétní (digitální). Spojité signály jsou takové signály, které se vyskytují v analogových obvodech (mikrofon, analogový mixážní pult, atd...) a jsou popsány spojitými funkcemi nezávisle proměnné, což je v drtivé většině případů čas. Naopak signály diskrétní se vyznačují určitou nespojitostí, tato nespojitost může být v hodnotě nebo v čase.[3] Důvod převodu spojitého signálu na diskrétní je možnost následného zpracování číslicovým počítačem. Převod analogového signálu na signál digitální zajišťuje A/D převodník, pomocí operací *vzorkování* a *kvantování*.

3.2.2 Vzorkování

Vzorkování je proces, při kterém se v určitých intervalech odebírá ze spojitého signálu jeho aktuální hodnota (vzorek) napětí, poté je této aktuální hodnotě (vzorku) přiřazena příslušná kvantizační (binární) úroveň. Jedná se o úpravu signálu v časové oblasti. Tento proces zajišťuje takzvaný „Sample and hold“ okruh, který je součástí převodníku. [2].



Pozn.:¹⁾ horizontální osa značí čas, vertikální osa intenzitu signálu

Pozn.:²⁾ červené body vyjadřují diskrétní vzorky získané ze spojitého signálu

Zdroj: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Vzorkov%C3%A1n%C3%AD.png>

Frekvence vzorkování je závislá na schopnosti převodníku. Dnešní převodníky zvládají vzorkování až 192 000 Hz, znamená to tedy, že za jednu vteřinu převodník odebere

192 000 vzorků. Vzorkovací frekvence má přímý vliv na maximální frekvenci signálu, kterou je možné zaznamenat.[32] Dle Nyquistova teorému platí: Pokud chceme vzorkovat signál o určité frekvenci, musíme takový signál vzorkovat alespoň dvojnásobnou frekvencí.[2] Platí tedy:

$$f_{VZ} \geq 2 * f_{SIG}$$

Kde f_{VZ} je vzorkovací frekvence a f_{SIG} je frekvence signálu, který chceme vzorkovat (nebo maximální frekvence v signálu, který chceme vzorkovat). To je tedy minimální podmínka pro to aby signál alespoň zhruba odpovídal své analogové podobě. Samozřejmě čím je vzorkovací frekvence vyšší, tím je výsledný signál podobnější původnímu spojitému signálu a tudíž kvalitnější.[1]. Standardizovaná vzorkovací frekvence pro záznam zvuku na Audio CD je 44,1 kHz, znamená to tedy, že může být navzorkován signál o maximální frekvenci 22,05 kHz. Nicméně je dobré poznamenat, že z hlediska subjektivního vnímání kvality zvukového signálu, nehraje vyšší vzorkovací frekvence (nad 44,1kHz) tak významnou roli. Vysoká vzorkovací frekvence (192 kHz) se naopak využívá při pokročilé editaci audio signálu.

Před samotným procesem vzorkování je potřeba odstranit ze vstupního analogového signálu všechny frekvence, které jsou větší než polovina vzorkovací frekvence (tato frekvence je nazývána jako mezní, či Nyquistova), jinak dojde k silnému zkreslení.[32] Nicméně je technicky velmi obtížné sestavit naprosto strmý filtr. Díky pozvolné strmosti filtru (6, 12 nebo 24 dB na oktávu) se musí signál začít filtrovat výrazně dříve než je mezní frekvence. Problémem je, že filtr odstraní i část frekvenční oblasti užitečného signálu. Proto v těchto případech využívají převodníky metodu oversampling.[5].

3.2.3 Kvantizace

Proces kvantizace bezprostředně navazuje na vzorkování. Převodník při odebrání vzorků přiřadí na základě aktuálního napětí spojitého signálu vzorek do určité binární (kvantizační) úrovně, která je ekvivalentní aktuálnímu napětí spojitého signálu. [2]. Počet těchto binárních (kvantizačních) úrovní je přímo závislý na nastavené bitové hloubce převodníku jako N -tá mocnina čísla 2. Například při 16bitovém rozlišení převodníku je počet kvantizačních úrovní roven $2^{16} = 65536$. Pokud nemá aktuální napětí odebraného

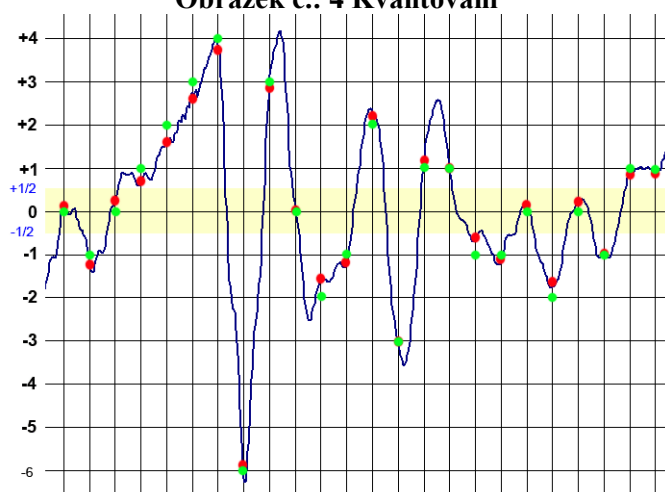
vzorku přesně svoji binární úroveň, převodník jej přiřadí na nejbližší možnou úroveň, tedy zaokrouhlí. Každá kvantizační úroveň má svůj kvantizační interval, a pokud se aktuální hodnota napětí vzorku nachází v tomto intervalu, je vzorek přiřazen (zaokrouhlen) na příslušnou kvantizační úroveň. Signál sestavený z těchto zaokrouhlených vzorků je nazýván kvantizačním šumem.[3]. Jelikož je napětí signálu spojitá veličina, jeho hodnota může nabývat nekonečně mnoho hodnot. Naopak počet kvantizačních úrovní může nabývat pouze omezených hodnot (závisí na bitové hloubce převodníku), bude de facto každý vzorek více či méně zaokrouhlen. Čím vyšší rozlišení převodníku, tím menší zaokrouhlení a tím menší kvantizační šum.[32] Rozlišení převodníku má také přímý vliv na dynamický rozsah (neboli intenzitu) signálu, kterou lze zaznamenat. Shora je signál omezen maximálním možným rozkmitem, který lze převodníkem zaznamenat a zdola kvantizačním šumem. Maximální možný rozkmit je fixní hodnota, kterou nelze měnit. Nejvyšší hodnotě napětí, kterou lze přivést na převodník přísluší nejvyšší kvantizační úroveň, vyšší napětí (a příslušná kvantizační úroveň) není definována. Lze pouze měnit úroveň kvantizačního šumu (pomocí rozlišení převodníku).

Z toho plyne, že dynamický rozsah je vyšší, čím je vyšší rozlišení převodníku.[2]. Maximální dynamický rozsah digitálního signálu lze vypočítat podle vzorce Signal – to – error ratio.

$$SE_{db} = 6,02n + 1,76$$

kde n je rovno bitové hloubce převodníku. Při použití 16- ti bitového rozlišení převodníku může digitální signál nabývat intenzity až 97,8 dB. [31].

Obrázek č.: 4 Kvantování



Pozn.:¹⁾ žlutou barvou je znázorněn kvantizační interval příslušné kvantizační úrovně.
Pozn.:²⁾ zelené body značí odebrané vzorky přiřazené na příslušnou kvantizační úroveň
Zdroj: http://cs.wikipedia.org/wiki/A/D_p%C5%99evodn%C3%ADk

Na obrázku číslo 4 je modrou barvou znázorněn vzorkovaný analogový signál, červenou barvou jsou znázorněné odebrané vzorky ze spojitého signálu, které následně převodník při kvantizaci přiřadil na nejbližší kvantizační úroveň. Žlutou barvou je znázorněn kvantizační interval pro úroveň 0.

3.2.4 Oversampling

Metoda Oversamplingu spočívá v mnohonásobném navýšení vzorkovací frekvence, než je zdánlivě nutné pro zaznamenání nejvyšší frekvence v analogovém signálu. Oversampling navyšuje efektivní vzorkovací frekvenci až na 128 násobek. Tato metoda má dvě výhody. První výhoda spočívá ve snížení požadavku na strmost low-pass filtru.

Druhá výhoda spočívá ve snížení kvantizačního šumu. Metoda kdy se použije oversampling za účelem snížení kvantizačního šumu se nazývá Noise shaping.[32] Noise shaping zajistí rovnoměrné rozptření kvantizačního šumu po celém zvukovém spektru a značnou část šumu přemístí do vyšších oblastí mimo slyšitelné zvukové spektrum[5].

3.2.5 Dithering

Dithering je další metoda, která má za cíl snížení kvantizačního šumu. Přimícháme-li do analogového signálu před vstupem do převodníku tichý analogový šum, jehož amplituda je

na úrovni zhruba třetiny kvantizační úrovně, dosáhneme ve výsledku statisticky rovnoměrnějšího rozdělení kvantizačních chyb a subjektivně lepšího zvuku.[5].

Dithering se také využívá při prosté změně bitové hloubky digitálního signálu z vyšší hodnoty na menší. Pokud se při převodu z vyšší bitové hloubky na nižší neprovede dithering, dojde k pouhému ořezání nadbytečného počtu bitů (truncate) a ke kumulaci kvantizačních chyb, zvuk je pak nekvalitní, zhorší se prostorový vjem a čistota zvuku. [1]. Dithering se tedy často využívá při editaci audiosignálu, protože příslušné aplikace pracují minimálně v 32-bitovém režimu. Pokud je exportován zvuk do nižšího rozlišení (např.: 16-bit), je nutné použít dithering.[1],

3.2.6 PCM

Princip jakým se digitalizuje spojitý signál (vzorkování, kvantizace) se nazývá Pulsně kódová modulace, jehož výsledkem je tedy kompletní digitální popis původně spojitého signálu, který je následně uložen do příslušné paměti počítače. [2].

3.2.7 Signálové úrovně

Z hlediska velikosti úrovně analogových signálů používaných v audiotechnice rozdělujeme signály do třech základních úrovní.

Nejnižší úroveň signálů (mikrofonní úroveň) je typická pro výstupy všech mikrofonů a kytarových snímačů.[12] Rozsah signálu se rozprostírá od stavu bez signálu do -20dBu (0,0775V).[13].

Střední úroveň signálů (linková) je typická pro výstupy mikrofonních předzesilovačů, vstupy a výstupy zvukových karet, efektových a signálových procesorů. Rozsah se rozprostírá od -20dBu do +30dBu (24,5V). Pokrývá výstupní úrovně prakticky veškerých audiozařízení kromě výkonových zesilovačů.[13]. Zároveň je nutno říci, že se zde setkáváme s dvěma typy úrovní signálů.[12] V profesionální audiotechnice se využívá převážně symetrické vedení signálů a velikost příslušných signálů je udávána v dBu (příslušná velikost napětí se poměruje k referenční hodnotě napětí 0,775V). Naopak v běžné spotřební audiotechnice („běžné“ zvukové karty, HI-FI technika) je signál veden

nesymetricky a velikost příslušné úrovně napětí se měří v dBV (poměřuje se k referenční hodnotě napětí 1V).[13]. Standartní velikost linkové úrovně signálů je +4dBu (1,2V) v případě symetrické vedení a -10dBV (0,3V) pro nesymetrické vedení. Rozdíl mezi nimi je přibližně 12 dB

Nejvyšší úroveň (reproduktorová) je charakteristická pro výstupy výkonových zesilovačů.[12] Jedná se o úrovně signálů rovno nebo větší než +30dBu (24,5V).

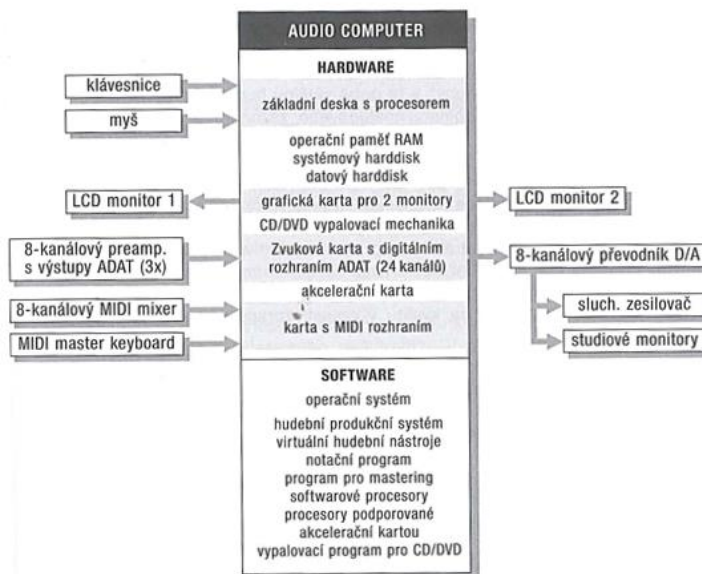
3.3 DAW

DAW (Digital audio Workstation – digitální audiosystém) můžeme definovat jako elektrický systém tvořený kombinací hardwaru a softwaru určený ke generování, zpracování a editaci audiosignálu.[1] V současnosti se digitální audiosystémy objevují ve dvou základních verzích:

Integrované systémy, kombinující mixážní pult, kompletní ovládací prvky i digitální rozhraní ve společném systému. Tento přístup byl rozšířený především v době, než se osobní počítače stali natolik výkonnými, aby bez větších problémů zvládly náročné úlohy požadované audio softwarem. S výrazným navýšením výkon osobních počítačů a zároveň poklesem jejich cen začala popularita integrovaných systémů klesat. V dnešní době se s integrovanými systémy setkáme de facto pouze v profesionálních rozhlasových a televizních studiích než v běžných hudebních studiích.[1]

Druhá verze digitálních audiosystémů jsou systémy řízené počítačem, které zažívají v poslední době obrovský rozmach zapříčiněný vysokým výkonem počítačů a zároveň jejich nízkou pořizovací cenou. Tyto systémy jsou tvořené počítačem (IBM PC kompatibilní), zvukovou kartou s AD/DA převodníky a programem pro editaci a záznam audiosignálu. Zvuková karta v tomto případě plní úlohu audio rozhraní pro převod analogového signálu na signál digitální a obráceně. Software, který řídí veškeré hardwarové komponenty, má za úkol vytvořit uživatelské prostředí pro zpracování zvuku.[1].

Obrázek č.: 5 Příklad DAW

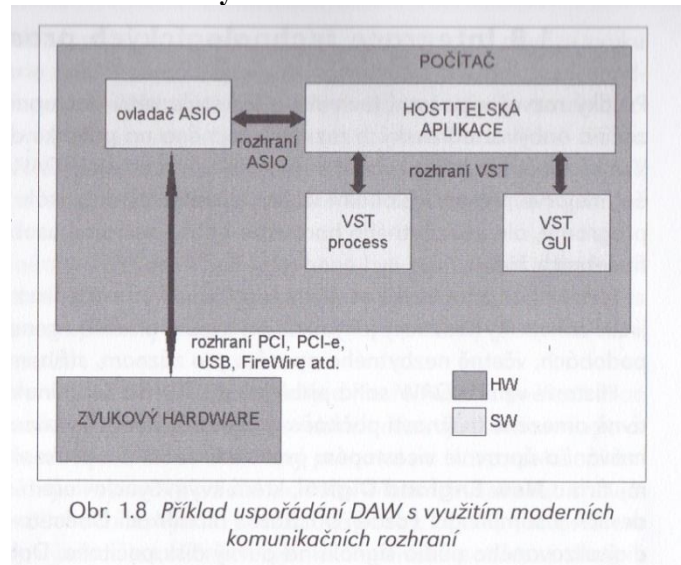


Zdroj:[1].

Audio software můžeme rozdělit do několika kategorií. První kategorií tvoří produkční systémy (Cubase, FL studio, ProTools, atd), jejich primárním cílem je vícestopé nahrávání, stříhové operace, audio editace, komponování hudby, práce se smyčkami (sequencer), práce s virtuálními nástroji a s tím spojená editace MIDI dat. Díky jejich komplexnosti tvoří tyto programy základ zvukového studia. Na druhé straně ale existují specializované aplikace vždy zaměřené pouze na určitý druh činnosti, například různé audio editory, sekvencery a programy pro korekci zvuku (převzorkování, odstranění šumu, atd).

Audio aplikace lze běžně rozšiřovat pomocí zásuvným modulů (plug-inů). V souvislosti se zajištěním kompatibility přenášených zvukových a řídicích dat mezi jednotlivými prvky systému DAW bylo nutné definovat nové standardy pro komunikaci.[6].

Obrázek č.: 6 DAW s využitím moderních komunikačních rozhraní



Zdroj: [6].

Základním prvkem DAW je tedy univerzální počítač s nezbytným programovým vybavením, ve schématu zobrazeným jako hostitelská aplikace. Název napovídá, že tato aplikace vytváří hostitelské zázemí pro případné rozšiřující programy (plug-iny), jejichž úkolem je rozšířit hostitelskou aplikaci o novou funkčnost, například nějaký nový způsob syntézy. Pro zachování univerzálnosti a kompatibility mezi hostitelskými aplikacemi a plug-iny se zavádí univerzální komunikační protokol, v tomto případě protokol VST jak na úrovni vlastního přenosu zvukových a řídicích dat (VST process) tak i na úrovni grafického ovládání (VST GUI).[6]. Existují ale i jiné protokoly, např.: RTAS, AU, DXi a TDM.

Dále je nutné zajistit komunikaci mezi hlavní aplikací a zvukovým hardwarem (zvuková karta, D/A a A/D převodníky). Pro tento účel byl vytvořen standart ASIO, který dovoluje programům především na platformě Windows nízko-latentní přístup ke zvukové kartě.

O vlastní komunikaci ovladače ASIO se zvukovým hardwarem se stará fyzické rozhraní (např.: sběrnice PCI, USB, FireWire). Jako základní uživatelské rozhraní pro ovládání DAW je kromě klávesnice, myši možno využít i například řídicí klaviatury (masterkeyboard) a různé hudební ovladače. [6].

V oblasti zpracování zvukových signálů v reálném čase se v současné době u DAW setkáváme se třemi přístupy:

Systemy se zpracováním pomocí CPU – Hostitelská aplikace a veškeré rozšiřující moduly používají výpočetní potenciál hlavního procesoru. Tato metoda se nazývá Native Signal Processing. [6].

Systemy se zpracováním pomocí DSP – hostitelská aplikace komunikuje kromě zvukového hardware také se speciálními procesorovými systémy uvnitř nebo vně počítače s využitím standartních fyzických rozhraní. Příslušné procesy pro zpracování zvukových signálů nebo části z nich tak probíhají přímo v procesorech typu DSP bez zatížení CPU. Tato metoda se nazývá DSP-based processing.[6]. Příkladem této metody může být zpracování pomocí přídavných akceleračních DSP karet.[18].

Hybridní DSP a CPU systémy – principem této metody je přerozdělení výpočetních kapacit různého počtu CPU a DSP různým algoritmům zpracování signálu.[6]. Příkladem může být zpracování plug-inů ve standardech RTAS a TDM v systému Pro Tools firmy Digidesign. Procesy TDM jsou zpracovány pomocí DSP, které jsou přítomny přímo na příslušném audio rozhraní (zvukové kartě). Naopak protokol RTAS využívá výpočetní kapacitu CPU počítače.[6].

Jelikož je DAW řízené počítačem založené převážně na konceptu Native Signal Processing, je z tohoto důvodu procesor naprosto klíčovou komponentou v osobním počítači. Neméně důležitou roli hraje také velikost operační paměti, do které se ukládají právě spuštěné procesy (ale například i zvukové vzorky) spolu s mezivýsledky a výsledky jejich činností. Obecně lze konstatovat, že čím větší výpočetní síla procesoru a větší kapacita operační paměti, tím lépe.[31]

3.3.1 Procesor

Procesor řídí činnost počítače a provádí strojové instrukce, ze kterých je složen počítačový program umístěný v operační paměti počítače. Základní součástí procesoru jsou:

Řadič procesoru je jednotka, která řídí veškerou činnost procesoru dle prováděných strojových instrukcí.[35]

Aritmeticko logická jednotka (ALU) – řeší operace v pevné řadové čáře a logické operace. Moderní procesory obsahují běžně 2 až 4 (nebo 2 na dvojnásobné frekvenci)

aritmeticko logické jednotky, hovoříme poté o superskalární respektive hyperskalární architektuře.

Registry – malá paměťová místa pro uchování mezivýsledků výpočtu. Registrů je více typů, například datový registr a registr instrukcí. Jejich velikost je určena šířkou slova.[35]

Cache paměť – velmi rychlá statická paměť určená k dočasnému ukládání dat, které procesor potřebuje nebo bude potřebovat v rámci výpočtů. Cache paměť je zpravidla rozdělena na 3 úrovně (L1, L2 L3). Veškerá instrukční sada procesoru je uložena v části L1 cache, jejíž rychlost je zpravidla rovna rychlosti samotného procesoru.

Mnoho procesorů je často osazeno i pomocnou jednotkou pro výpočty v plovoucí řadové čárce (FPU).[25]

Díky vysokému stupni integrace obsahují dnešní moderní procesory více funkčních jednotek, mezi které můžeme počítat například severní můstek nebo grafický čip. Tyto přídavné funkční bloky ale nemají na základní princip činnosti procesoru vliv. Proto se zavedl pojem „Jádro procesoru“, aby bylo možné rozlišit mezi vlastním procesorem (ALU, FPU, řadič, registry, L1 a L2 cache) a přídavnými integrovanými obvody (severní můstek, grafický čip a L3 cache).

Tabulka č.: 1 Základní parametry procesoru

Parametr	Popis	Jednotka	běžný rozsah
Frekvence	počet cyklů provedených za jednu sekundu	Hz	až 5 GHz
výrobní proces	velikost tranzistorů	nm	až 22 nm
šířka slova	maximální počet bitů, které je možné zpracovat během jedné operace	bit	128 - 256 bit
Velikost adresovatelné paměti	velikost paměti, kterou je schopen procesor adresovat	GB	2GB -32GB
velikost cache		Byte	4 - 12 MB
Počet jader			1 - 16
Rychlost jádra	počet operací provedených za jednu vteřinu	MIPS	Přibližně 30000
šířka přenosu dat	maximální počet bitů, které je možné během jedné operace přenést z/do procesoru	bit	64
Frekvence externí datové sběrnice		Hz	100 MHz

Zdroj: vlastní práce dle [23],[25]

Celkový výkon procesoru je závislý na frekvenci jádra. Nicméně kvůli různým více či méně sofistikovaným technikám pro zefektivnění činnosti procesoru (například slučování instrukcí) není jeho frekvence jediným parametrem určující jeho výkon.

Z hlediska zpracování audio signálů (nebo obecně práce s multimediálními aplikacemi) jsou poměrně důležité instrukce kategorie SIMD (Single instruction multiple data), neboli instrukce které za určitých podmínek dokáží zpracovat více reálných čísel najednou. Mezi takovéto instrukce patří například: MMX, 3DNow!, SSE1-5, AVX, Altivec, atd.

Další parametry ovlivňující výkon procesoru jsou počet jader, počet a velikost Cache paměti, atd.[25]

Dnešní vývojový trend procesorů je založen především na integraci více jader. S tím je ale spojena nutnost programové podpory ze strany vývojářů aplikací.

3.3.2 Operační paměť

Operační paměť je vnitřní elektronická paměť počítače typu RAM-RWM, určená pro dočasné uložení zpracovávaných dat a spuštěného programu. Operační paměť je typu DRAM, znamená to tedy, že každá paměťová buňka je tvořena jedním kondenzátorem uchovávajícím elektrický náboj a jedním tranzistorem, který na základě přítomnosti/nepřítomnosti náboje v kondenzátoru může nabývat dvou stavů. Na rozdíl od statické paměti (Cache) je nutné v pravidelných intervalech obnovovat náboj v kondenzátorech a z tohoto důvodu bývá její nevýhodou poměrně delší přístupová doba (10 – 70ns).[25]

Hlavní parametry operační paměti jsou kapacita a frekvence paměťové sběrnice. Současné operační paměti počítačů jsou založeny na technologii DDR 3 (data se přemísťují při každé změně taktovacího pulsu – dvojnásobný přenos dat) s frekvencí paměťové sběrnice až 1,067 GHz a kapacitou až 32GB pro jeden paměťový modul.[17]

V souvislosti s přístupovou dobou do operační paměti se lze setkat i s parametry, které udávají latenci jednotlivých sub operací přístupu k operační paměti. Uživatel většinou může toto časování, ale i ostatní parametry (frekvence paměťové sběrnice) modifikovat.

Nicméně nárůst výkonu není v zásadě až tak dramatický. Dle různých testů se nárůst výkonu z 1333MHz na 2166MHz u paměti typu DDR3 pohybuje kolem 5%.[17]

Základní parametry časování operačních pamětí jsou následující:

CL (CAS Latence): jedná se o čas, po který se musí čekat, aby byla data na výstupu z modulu stabilně k dispozici.[25]

RAS to CAS Delay: jedná se o časový interval, který uplyne, než se úplně načte příslušný řádek v paměťovém čipu za použití adresování RAS a CAS.[25]

RAS Precharge Time: jedná se o čas který je nutný k přesunu na další řádek.[25]

tRAS: jedná se o časovou prodlevu ve které je možno operovat s jedním adresním řádkem v paměti. Teoreticky se jedná o součet předchozích třech parametrů (CL, RAS to CAS delay a RAS precharge Time).[26]

CPC (Command per clock): hodnota vyjadřuje počet instrukcí v jednom taktu.[26]

Hodnoty výše uvedených parametrů jsou udávány v taktech (cyklech) a obecně lze říci, že menší hodnoty jsou z hlediska výkonu lepší. Nicméně pokud se nastaví hodnoty příliš nízké tak existuje riziko chyby v provedení operace, neboť nemá dostatek času pro úspěšné dokončení. Je tedy potřeba pro zjištění stability celého systému paměť důkladně otestovat.[26]

Dnešní moderní procesory, respektive jejich paměťový řadič často podporují pro rychlejší a efektivnější přístup do operační paměti takzvaný duální režim přístupu. Je tedy vhodné do systému instalovat vždy sudý počet paměťových modulů.[25]

3.3.3 Základní deska

Základní deska spojuje všechny dílčí komponenty jako je procesor, operační paměť dohromady. Většina moderních základních desek zpravidla obsahuje patičky na procesor, 2 až 6 slotů na operační paměť, čipset, bios, baterii, komunikační sběrnice, napájecí konektory, regulátory napětí pro procesor, PCI nebo PCIe sloty pro rozšiřující karty,

konektory pro přídatná zařízení (USB, FireWire, HDMI, DisplayPort, Thunderbolt, SATA, atd)

Čipová sada neboli čipset se skládá ze severního a jižního můstku (čipu). Severní můstek obsahuje paměťový a PCIe řadič pro komunikaci s operační pamětí respektive s grafickou kartou. U moderních desktopových procesorů (Intel Sandy bridge a novější) bývá prakticky celý severní můstek, integrován do procesoru. Oba výrobci desktopových procesorů (INTEL a AMD) ke každé generaci svých procesorů vydávají i několik čipsetů lišících se od sebe zpravidla možnostmi lepšího přetaktování (odemčené násobiče, atd), větším počtem PCIe linek a podporou Multi-GPU, atd.[15][16].

3.3.4 Úložný prostor

Velikost a typ pevného disku, respektive SSD nemá na rychlost zpracování audio signálu žádný vliv. Jeho účelem je především dlouhodobé uchování informací a zálohování dat. Důležitým parametrem je tedy především kapacita. Nicméně z hlediska uživatelského komfortu není rychlost úplně nezanedbatelná. V současnosti jsou na trhu vedle klasických magnetických pevných disků i takzvané Solid state disky (SSD).[27]

SSD Je typ paměťového média, který na rozdíl od magnetických pevných disků neobsahuje žádné pohyblivé mechanické části. Pro ukládání se používají paměti typu FLASH. Výhoda tohoto řešení spočívá především v mnohem vyšší přenosové rychlosti, přístupové době, nulové hlučnosti, vyšší mechanické odolnosti a menší spotřebě elektrické energie. Nevýhodou je poměrně vyšší cena za 1 GB paměťového prostoru (v porovnání s magnetickými disky) a omezená životnost paměťových buněk. Se zmíněnou životností byly zavedeny různé sofistikované techniky, které mají za úkol zamezit rychlému opotřebení paměťových buněk a prodloužit tak jejich životnost. Jedná se především o techniky: Garbage collection a Wear levelling.[27]. Řadič SSD před samotným zápisem do paměťové buňky odstraňuje předchozí uložená data, proto se rychlost zápisu u plně obsazených disků zmenšuje. Z tohoto důvodu byl zaveden příkaz TRIM, pomocí kterého operační systém informuje řadič SSD o paměťových buňkách, které jsou označeny jako volné (data v nich ale fyzicky zůstávají). Řadič SSD na podkladě těchto informací průběžně maže data z takto označených paměťových buněk.[36]

U moderních pevných disků, SSD a optických mechanik se pro komunikaci se základní deskou používá rozhraní SATA, které nahradilo starší (P)ATA a odstranilo tak poměrně nepohodlné a někdy i komplikované zapojování zařízení standardu IDE. Jedná se především o zapojení dvou IDE zařízení (master a slave) na jeden IDE kabel a s tím spojené správné nastavení přepínačů (jumperů) na příslušných IDE zařízeních. Naproti tomu rozhraní SATA komunikuje mezi hostem (adaptérem) a zařízením pomocí připojení 1:1. Jelikož na jeden port SATA lze umístit pouze jedno SATA zařízení, není tedy nutno jednotlivá SATA zařízení konfigurovat pomocí přepínačů (master a slave). Standard SATA využívá sériový přenos dat a v současnosti se objevuje již ve své třetí revizi s označením SATA III. Maximální teoretická rychlost komunikace dosahuje až 6Gbit/s.[25]

3.3.5 Audio rozhraní – zvuková karta

Zvuková karta je jedním z klíčových prvků systému DAW. Kvalitu zvukové karty, respektive jejích dílčích částí (zvukový řadič a především A/D a D/A převodníky) nelze podceňovat, protože na výsledné kvalitě zvuku má největší vliv.[1]. Výraz zvuková karta je ale trochu zavádějící, protože pod tímto výrazem se často chápe klasická interní rozšiřující karta do základní desky počítače. V profesionální sféře není ale tento přístup běžný, naopak se zde prosazují „zvukové karty“ externí a proto se užívá vhodnější výraz: Audio rozhraní. Ačkoli lze DAW provozovat prakticky na jakékoli zvukové kartě, například i integrované na základní desce, je přesto žádoucí aby zvuková karta (audio rozhraní), respektive její analogové obvody (D/A a A/D převodníky, operační zesilovače) byly umístěny mimo počítač. Je to spolehlivý způsob jak se vyvarovat různým interferencím (šumy, brumy, sršení), které se na systém přenášejí z dalších obvodů uvnitř počítače.[1]

Z tohoto hlediska se lze v profesionální sféře setkat s následujícími přístupy:

Zvuková karta je interní, ale analogové obvody se nacházejí v externím boxu. Přenos audiosignálu mezi kartou a boxem je digitální.

Zvuková karta je plně externí, veškeré prvky se nacházejí v externím boxu. Přenos mezi boxem a počítačem je veden digitálně většinou pomocí USB nebo FireWire rozhraní

Zvuková karta je plně interní, všechny prvky se nacházejí přímo na kartě. Tento způsob není úplně běžný, ale i přesto se najdou výjimky v podobě zvukové karty RME 9632.

Všechny výše uvedené varianty lze modifikovat, lépe řečeno rozšířit o samostatný externí A/D a D/A převodník. Takové řešení bývá zpravidla nejdražší, ale na druhou stranu přináší hned několik výhod. Jedná se o modulární koncepci a s tím spojená možnost dosažení lepších technických parametrů. Externí převodníky, ale nejen ty (signálové a efektové procesory, zesilovače) mají standardizované rozměry (možnost umístění do rackových boxů) a s tím je spojená větší plocha předního a zadního panelu. Je tedy možné takový převodník osadit klasickými konektorovými zásuvkami (TRS, XLR namísto multikonektoru s trsem kabelů), ale také kombinací převodníků a předzesilovače, nebo spojení převodníku s monitorovací jednotkou (sluchátkové výstupy, atd). Je zde také možnost každý audio vstup a výstup osadit indikátory úrovně signálu.[1].

Každé audio rozhraní je vybaveno zvukovým procesorem, který řídí veškeré interní procesy a vstupně výstupní operace v rámci zvukové karty, stejně tak zajišťuje a řídí komunikaci mezi zvukovou kartou a počítačem. Součástí zvukového procesoru bývá i DSP jednotka (Digital signal processor) jejíž hlavní funkcí je úprava (frekvenční filtr, dozvuk, efekty, atd) digitálního zvukového signálu v reálném čase.

Další důležitou součástí zvukových karet je D/A a A/D převodník. Převod analogového signálu na digitální a obráceně je realizován pomocí AD respektive DA převodníků, které mají na kvalitu zvuku zásadní vliv. Dnešní moderní převodníky mají rozlišení až 24 bitů, které umožňuje zpracovávat audiosignál s teoretickým dynamickým rozsahem až 144 dB. V praxi se ale tento rozsah zpravidla pohybuje mezi 100 – 125 dB, protože tyto hodnoty snižují další prvky (operační zesilovače) které jsou součástí analogových obvodů.

Neméně důležitým prvkem zvukových karet jsou operační zesilovače, jejichž úkolem je frekvenčně upravit a zesílit analogový zvukový signál

Zvukové karty mohou dále obsahovat vestavěné mikrofonní předzesilovače (Pre-amp) i s přídavným fantomovým napájením (+48V) pro kondenzátorové mikrofony.

3.3.5.1 Vstupy a výstupy

Elementárním požadavkem kladeným na konektorovou výbavu spočívá v osazení analogových linkových vstupů a výstupů pomocí 6,3mm TRS konektorů (Jack), které díky své robustnosti nabízejí dlouhou životnost. [1]. Linkové vstupy a výstupy patří do základního vybavení audio rozhraní, pomocí něhož je možné připojit mixážní pult, syntezátor, aktivní monitory, výkonové zesilovače, sluchátka, zvukové moduly a další. Linkové vstupy a výstupy jsou zpravidla dimenzovány pro symetrické a nesymetrické vedení signálu (+4dBu a -10dBV) mezi kterými je možno přepínat pomocí příslušného softwaru dodávaného ke zvukové kartě. Převážně externě řešené zvukové karty jsou vybaveny mikrofonními předzesilovači (případně i s přidavným fantomovým napájením +48V). Příslušný vstup je poté většinou realizován pomocí XLR konektoru. Poměrně elegantním a velice univerzálním řešením je osazení alespoň jednoho mono vstupu pomocí kombinovaného konektoru XLR/TRS který je schopen pracovat s různými signálovými úrovněmi. Takový vstup je poté možné využívat jako linkový, mikrofonní nebo nástrojový

Pro digitální přenos dat se často setkáme s technologiemi S/PDIF a ADAT. Technologie S/PDIF (vychází ze standardu AES/EBU) se převážně používá pro přenos digitálního audio signálu především v oblasti spotřební elektroniky, HI-FI, atd. Přenos je realizován pomocí konektorů metalických konektorů CINCH nebo optického TOSLINK konektoru. Technologie ADAT se využívá pro přenos multikanálového nekomprimovaného digitálního zvuku mezi profesionální audiotechnikou (např. externí převodníky). Systém umožňuje přenos až osmi kanálů při 24 bitovém rozlišení se vzorkovací frekvencí 48kHz, nebo přenos 4 kanálů se vzorkovací frekvencí 96kHz. Technologie ADAT používá jednosměrný optický přenos dat s konektorem typu TOSLINK.

Existují ale i další řada dalších technologií pro přenos digitálního audiosignálu, například MADI, TDIF, AES/EBU.

Pokud to prostor dovoluje, jsou některá audio rozhraní (převážně dražší s cenou 13 000kč a výše) osazena i BNC konektory sloužící pro přenos synchronizačního signálu mezi digitálními přístroji.

Všechna audio rozhraní jsou vybaveny alespoň jedním MIDI vstupem a výstupem.

Ve své podstatě dokáže slušně vybavené audio rozhraní plně nahradit analogový mixážní pult. Veškerý routing kanálů je poté možné řídit v rámci dodávaného softwaru příslušného audio rozhraní.

3.3.5.2 Ovladač

Komunikaci mezi zvukovou kartou a softwarem zajišťuje takzvaný audio ovladač, který definuje souhrn specifických pravidel, pomocí kterých zvuková karta komunikuje s programem. Hlavním požadavkem kladeným na audio ovladač je zajištění co možná nejnižší latence, které vzniká při A/D a D/A převodu signálu a jeho zpracování audio softwarem. Protože ke zpracování signálu dochází obvykle v několika vrstvách softwaru, může se zpoždění výrazně kumulovat.[1]. Pokud je nahráván přes mikrofon hlas zpěváka, je vhodné, aby zpěvák ve sluchátkách slyšel svůj hlas pokud možno okamžitě bez znatelné prodlevy. Zpěvákův hlas je nahráván přes mikrofon, zpracován A/D převodníkem, zpracován (efekty, atd) audio aplikací a následně poslán zpět na výstup přes D/A převodník do sluchátek. Z hlediska latence je klíčovou fází především proces, kdy je zvuk z AD převodníku poslán do audio aplikace a zpět na DA převodník. Latence vzniká jak na vstupu a výstupu, tak i při zpracování digitálního audio signálu pomocí efektových pluginů přímo v audio aplikaci.[12].

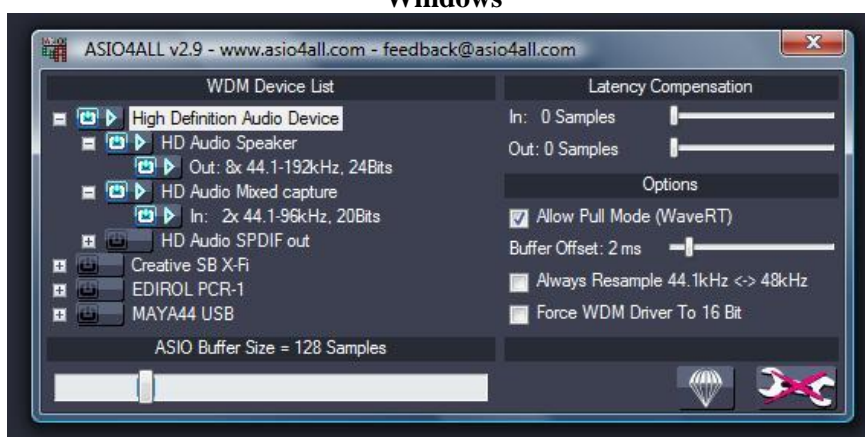
Digitální zvuk se v rámci počítače přesouvá nikoli v souvislém datovém toku, ale po určitém množství vzorků, takzvaných bufferech. Velikost těchto bufferů (počet vzorků na buffer) je možno v audio ovladači měnit a tím přímo ovlivňovat velikost latence. Obecně lze konstatovat, že čím je menší velikost bufferu, tím je menší vstupní a výstupní latence. Avšak s nižší latencí systému stoupají i nároky na výpočetní výkon počítače. Výše uvedený příklad se zpěvákem a odposlechem jeho hlasu se dá řešit i tím způsobem, že se vstup přeměruje na výstup rovnou v rámci integrovaného mixu příslušného audio rozhraní. Zvuk neprochází audio aplikací a nastavená velikost bufferu v audio ovladači a tím i zpoždění nemá na signál žádný vliv. Taková funkce příslušného audio rozhraní se nazývá Zero Latency Monitoring.[12]

Na platformě Windows existují audio ovladače Directsound nebo MME.[32] Při zpracování audiosignálů nejsou příliš vhodné, neboť jejich latence dosahuje příliš vysokých hodnot. Z tohoto pohledu je vhodným ovladačem na platformě Windows systém

ASIO (Audio Stream Input Output), který umožňuje přímou komunikaci mezi zvukovým rozhraním a audio softwaru a díky tomu zaručuje velmi nízké latence při zpracování audio signálů.

Mnoho dnešních zvukových karet má nativní podporu ASIO ovladače. Pokud ASIO ovladač není podporován, je možné použít univerzální ASIO ovladač ASIO4ALL.

Obrázek č.: 7 Univerzální ovladač ASIO4ALL určený pro zvukové karty na platformě Windows



Zdroj: <http://tippach.business.t-online.de/asio4all/intro.html>

3.3.6 Akcelerační karty

Při využívání většího množství virtuálních syntezátorů a různých efektových a signálových procesorů může snadno dojít k vyčerpání výpočetní kapacity počítače.[1]. Pokud jsou tyto situace dlouhodobějšího charakteru, je možné využít několika technik pro zvýšení výpočetní kapacity. První metoda spočívá v rozdělení činností mezi alespoň dva počítače. První počítač bude například generovat syntézu a druhý počítač ji bude nahrávat a pomocí DAW softwaru dále zpracovávat.[12]. Druhou možností je zařazení hardwarové dozvukové jednotky obsahující software pro spolupráci s DAW (například Lexicon PCM96). Třetí možností je osazení počítače speciální akcelerační kartou, která je osazena DSP jednotkou. Interní verze těchto karet se zapojují přímo do slotu PCIe na základní desce. Výpočetní výkon těchto akceleračních karet často převyšuje výkon CPU příslušného počítače. Výrobci ke kartám přibalují i několik standartních pluginů (efektové, signálové a virtuální nástroje - syntezátory), které je možné dále rozšiřovat. Jako příklad akcelerační karty jmenujme modely T.C.Powercore nebo UAD-2 DSP.[1].

3.4 Poslechové monitory

Poslechovými monitory ve studiu se rozumí soustava (pár) reproduktorových boxů, které umožňují kvalitní kontrolní poslech všech audiosignálů, které se nastaví na mixážním pultu nebo v DAW. Hlavními požadavky kladenými na poslechové monitory jsou především věrný přenos, jinými slovy to znamená, aby monitor nijak nezabarvoval signál na rozdíl od běžných reproduktorů určených pro domácí poslech. Kvalitní poslechové monitory jsou takové, které přenášejí celé akustické spektrum s minimálními frekvenčními zdvihy nebo poklesy, s minimálními fázovými posuvy a s minimálním zkreslením.[1]. Účel poslechových monitorů spočívá v kontrole zvuku smíchané nahrávky, na základě této kontroly je možno vyladit zvuk takovým způsobem aby zněl dobře na běžných reproduktorech určených pro domácí poslech.

Poslechové monitory můžeme rozdělit z hlediska rozměrů poslechového prostoru a vzdálenosti od posluchače na takzvané Nearfield monitory (pro blízký poslech) a Soffit monitory (monitory montované do zdi).[1] Lze se setkat i s rozdělením na Nearfield, Midfield a Farfield monitory.[31]

Z důvodu vysoké pořizovací ceny soffit monitorů i vysokých nároků na jejich zabudování se Soffit monitory nacházejí většinou pouze ve velkých profesionálních studiích. Nearfield monitory se umísťují na stůl vedle LCD monitoru nebo za mixážní pult a díky své kompaktnosti a ceně je najdeme prakticky v každém amatérském i profesionálním studiu a především v malých studiích plní účel hlavního poslechu. Nicméně požadavky kladené na poslechové monitory jsou pro oba typy monitorů stejné. Vždy tedy požadujeme minimální zkreslení, minimální fázové posuvy, minimální frekvenční zdvihy nebo poklesy.[1].

Prakticky všechny běžně dostupné poslechové monitory jsou osazeny minimálně dvěma reproduktory (měniči), středo-basovým (woofer) a výškovým (Tweeter). Jak už název reproduktorů napovídá, u těchto monitorů je frekvenční pásmo rozdělené na dvě části (dělicí frekvence je zpravidla kolem 2500Hz až 3000 Hz.), nižší frekvence jsou reprodukovány wooferem a vyšší (nad dělicí frekvenci) tweeterem. O takto uspořádaném systému hovoříme jako o dvoupásmovém. Počet měničů umístěných v monitoru se nemusí vždy rovnat počtu pásem. Často se lze setkat s reproduktory, které mají 3 až 4 měniče, ale

jsou pouze dvoupásmové, protože například 2 měniče přehrávají pouze jedno stejné pásmo.

Ideální poslechový monitor by měl přenášet bez větších výchylek frekvence od 30Hz až do 20 kHz. Žádný reproduktor ale není úplně dokonalý a frekvenční pásmo, které dokáže přehrát má vždy na určité frekvenci alespoň mírný zdvih či pokles. Kvalitní studiové monitory by se měli vejít do tolerance $\pm 3\text{dB}$ v pásmu 60 Hz až 20 kHz. Obecně platí pravidlo, že čím větší plocha reproduktoru, tím nižší frekvenci dokáže přehrát. Nicméně jsou zde limity a většina poslechových monitorů už nedokáže (s poklesem do 3dB) přehrávat frekvence od 40Hz do 30Hz. Počítá se s tím, že posluchač bude nahrávku přehrávat na běžných reprosoustavách, které mohou být vybavené subwooferem schopným přehrávat nízké frekvence, je proto potřeba toto pásmo při monitoringu nějakým způsobem kontrolovat. Poslechové monitory je možné tedy rozšířit o subwoofer, nebo kontrolovat nižší frekvence pomocí studiových sluchátek.[1].

Fázová charakteristika je dalším parametrem ovlivňující celkový zvuk monitoru. Požadavek na zachování fáze všech harmonických kmitočtů není vždy jednoduché splnit, protože studiové monitory jsou de facto alespoň dvoufázové, je frekvenční spektrum rozděleno pomocí výhybky. Výhybka je složená pomocí filtrů dolní a horní propust' (filtry propouštějící nízké, respektive vysoké kmitočty), nicméně útlum filtru není vždy naprosto strmý. Často se setkáme s tím, že filtr má útlum 12dB na oktávu, to znamená, že amplituda signálu klesne za dvojnásobek stávající frekvence o 12 dB. Z toho plyne, že například woofer bude reprodukovat (byť s výrazným útlumem) i frekvence které jsou větší než dělicí frekvence. Zasahuje tím ale do frekvenčního pásma určeným pro tweeter. Vlivem sčítání zvuku z reproduktorů v okolí dělicího kmitočtu v různých úhlech vyzařování dochází k posunu fází a tím k poklesu nebo zdvihu určitých frekvencí. Tento efekt je spojený s časovým rozdílem, který vzniká, jakmile se posluchač dostává do jiného místa, než je ideální místo poslechu.[1].

3.4.1 Zkreslení

U studiových monitorů je minimální harmonické zkreslení naprostou samozřejmostí, a protože je lidský sluch nejvíce citlivý na zkreslení v oblasti středů a výšek, závisí čistota

zvuku především na kvalitě tweeteru. Bývá zvykem, že studiové monitory mají poměrně malou citlivost (musí se použít výkonnější zesilovače) z důvodu zachování nízkého zkreslení.[1].

Při vyšším vybuzení reprosoustavy narůstá nejen zkreslení způsobené samotnými reproduktory, ale i zkreslení způsobené nežádoucími rezonancemi, které má na svědomí konstrukce samotného reproboxu. Kvalitní studiové monitory by měly mít zkreslení ve frekvenčním pásmu nad 200Hz pod 1% při výkonu, který odpovídá normální úrovni poslechu. Velice často se uvádí zkreslení při výkonu 1W.[1].

3.4.2 Výkon - citlivost

Jak již bylo zmíněno, studiové monitory mají z důvodu zachování nízkého zkreslení poměrně malou citlivost, je tedy nutné pro jejich vybuzení použít poměrně výkonný zesilovač. Citlivost reproduktoru udávaná v dB/W/m vyjadřuje úroveň akustického tlaku vyvolaného reproduktorem při vybuzení výkonem 1W naměřeným ve vzdálenosti 1 metru od reproduktoru. Na základě znalosti citlivosti a příkonu reproduktorů můžeme snadno vypočítat maximální akustický tlak, který je reprosoustava schopna vytvořit. Obecně platí pravidlo, že zvedne-li se příkon (RMS – dlouhodobý, efektivní) reproduktoru o jeden řád (1->10; 10->100; atd) vzroste hladina akustického tlaku o 10 dB. Zvýší-li se příkon reproduktoru o dvojnásobnou hodnotu, vzroste hladina akustického tlaku o 3dB.[1].

3.4.3 Pasivní systémy

Podle toho kde dochází k rozdělení do jednotlivých frekvenčních pásem, lze rozdělit výhybky na aktivní a pasivní. U pasivního dělení se celý proces uskutečňuje až za výkonovým zesilovačem.[1]. Součástí výhybek jsou pouze pasivní prvky (kondenzátory, rezistory a cívky), proto tedy název pasivní. Výhoda tohoto řešení spočívá především v ceně, je totiž možno napájet obě reprosoustavy pomocí jednoho výkonového zesilovače. Nevýhodou je, že nelze jednotlivá rozdělená pásma korigovat (měnit intenzitu, frekvenční a fázovou charakteristiku).[1]. Na těchto výhybkách dochází také k nepatrné ztrátě výkonu (zhruba 2dB). Pasivní systémy se využívají především v jednoduchých dvoupásmových soustavách.[1].

3.4.4 Aktivní systémy

Dražší ale mnohem dokonalejší jsou aktivní systémy. Rozdělení signálu do jednotlivých pásem probíhá před výkonovým zesilovačem. Každé rozdělené pásmo je tedy poté nutno výkonově zesílit. Výhodou je možnost korigovat každé frekvenční pásmo nezávisle na sobě, tím je možno lépe kontrolovat průběh frekvenčních a fázových charakteristik.

Studiové aktivní monitory mají obvykle pevně nastavené dělicí frekvence s možností omezeného řízení úrovně pro spodní a vrchní akustické pásmo (např. v rozsahu $\pm 3\text{dB}$). [1]. Někdy bývá součástí i filtr pro odřezání subbasů. Těmito metodami je možné částečně eliminovat nevhodné parametry poslechového prostoru. [1].

3.4.5 Připojení monitorů

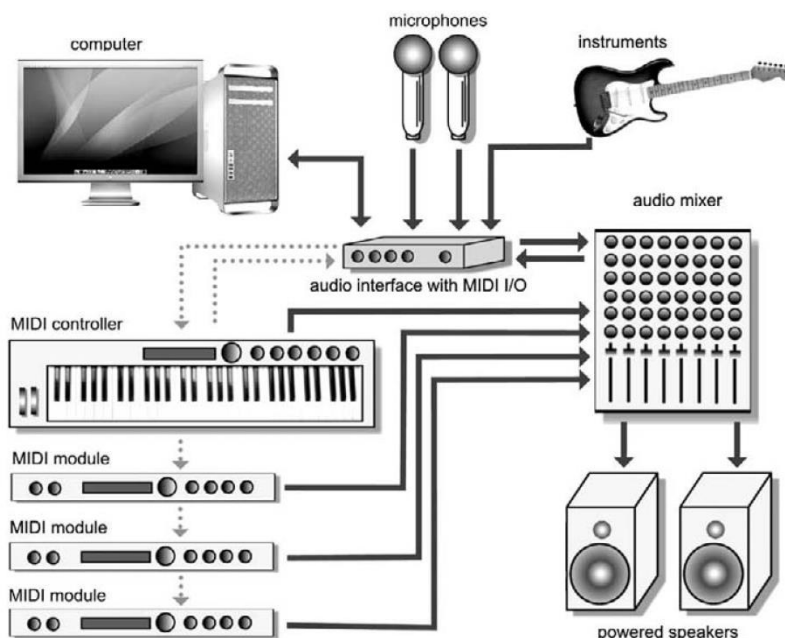
Na pasivních monitorech se můžeme setkat s dvěma vstupními RCA Cinch konektory, které slouží k propojení s výkonným zesilovačem. Aktivní monitory jsou zpravidla osazeny XLR a TRS (Jack 6,3mm) konektory, které umožňují symetrické zapojení. Ve výjimečných případech se můžeme setkat u aktivních monitorů (převážně levnějších) pouze s RCA Cinch konektory, které ale umožňují pouze nesymetrické zapojení.

Pokud se připojují pasivní monitory k výkonnému zesilovači, je důležité věnovat pozornost vlastnostem použitého kabelu. Je nutné volit přírodní kabely (silové – reproduktorové kabely), aby měly co nejnižší odpor (větší průřez středového vodiče snižuje odpor kabelu. Doporučený průřez: $1,5\text{mm}^2$). Impedance monitoru (4 nebo 8 ohmů) je s odporem kabelu srovnatelná, a pokud je kabel příliš tenký, ztrácí se velké množství energie již ve vedení. [1]. Vždy je vhodné vybírat stíněné kabely, například koaxiální či stíněnou dvoulinku. Pokud se připojují aktivní monitory k audio rozhraní, není nutné se velikosti průřezu vodiče příliš zabývat. [7]. V tomto případě postačí jakákoli kvalitně stíněná dvoulinka či koaxiální kabel. Pokud poslechové monitory umožňují symetrické zapojení (v naprosté většině ano), je vhodné ho využít. Samozřejmě pokud se zapojují poslechové monitory symetricky, je nutné použít tří-žilový kabel (často označovaný jako mikrofonní).

3.5 MIDI

Musical Instrument Digital Interface (MIDI) je digitální komunikační protokol (jazyk) určený pro komunikaci mezi hardwarovými a softwarovými hudebními nástroji, počítači (DAW). Účelem komunikace je především předávání informací o hraných tónech mezi zařízeními, které jsou s MIDI kompatibilní. Nicméně protokol MIDI se dá využít i pro stavbu jednoduché počítačové sítě.[8]. Komunikace pracuje na principu vysílání respektive přijímání takzvaných MIDI zpráv (event), nepřenáší se tedy žádný audiosignál, ale pouze příkazy, které přijímací zařízení následně interpretuje dle standardu.[2].

Obrázek č.: 8 Příklad DAW s využitím MIDI přístrojů



Pozn.:¹⁾ MIDI komunikace je znázorněna přerušovanou čarou

Pozn.:²⁾ digitální nebo analogový zvukový signál je znázorněn černou nepřerušovanou čarou

Zdroj: [2].

Na obrázku číslo X je znázorněné schéma možného zapojení MIDI přístrojů, audiozařízení a DAW.

Často je dnes většina MIDI zařízení vybavena USB konektorem pro připojení k počítači (DAW), nicméně architektura technologie USB neumožňuje propojení jednotlivých MIDI zařízení mezi sebou. Vždy je tedy nutné připojit příslušné zařízení přes USB přímo do počítače. Obdobná situace platí i pro sběrnici FireWire.[10].

MIDI zařízení jsou navzájem propojena kabely, na jejichž koncích by měly být umístěny konektory typu DIN 5/180°. Tento konektor má pět pinů, nicméně pouze tři z nich jsou skutečně použity. Zbývající dva piny sloužily především jako rezerva do budoucna pro případné rozšíření standardu o nové funkce. V roce 1989 se objevila myšlenka vést právě těmito dvěma piny standardizované 12 voltové stejnosměrné napájení pro příslušná MIDI zařízení, nicméně se tato myšlenka nikdy nestala standardem.[2]. Dnešní situace je tedy taková že konektor DIN 5/180° má pět pinů, ale kabel je většinou pouze třížilový. Některá audiozařízení, převážně zvukové karty, jsou osazeny konektorem typu DB-15 (takzvaný gameport), na který mohou být zapojeny vstupní a výstupní DIN konektory.[8].

Propojovací kabel o maximální délce cca 16 metrů by měl být stíněný, stínicí vodič (opletení) se zapojuje na pin číslo 2 (jedná se o prostřední pin, protože číslování pinů je odvozené ze základního konektoru DIN 3/180°). Dvojice datových vodičů je zapojena na piny 4 a 5, které jsou umístěné vedle prostředního pinu.[8]

Některá MIDI zařízení jsou na svých vstupech vybavena optočleny, pomocí kterých je možné od sebe jednotlivá zařízení odizolovat. Optočlen je složen ze dvou polovodičových prvků uzavřených do společného pouzdra nepropouštějícího světlo. Na vstupu optočlenu je umístěna LED, ve vstupní části je fototranzistor (tranzistor s otevřenou bází). Pokud světlo dopadá na bázi tranzistoru, dochází k jeho otevření, pokud naopak LED nesvítí, je tranzistor uzavřen.[8].

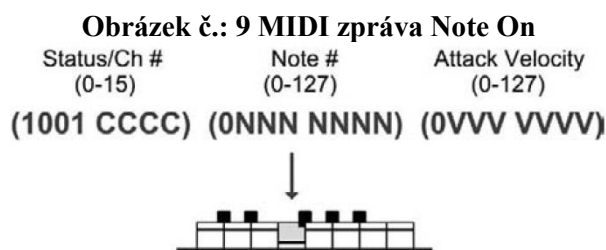
Přenos dat je vždy pouze jednosměrný, je totiž zajištěn pomocí proudové smyčky. V případě že se přenáší logická nula, protéká smyčkou proud o velikosti 5mA v vysílacího zařízení přes přijímací a zpět. Pokud smyčkou proud neprochází, znamená to, že je přenášena logická jednička, proto se využívá inverzní logika.[8]

Na MIDI kompatibilních zařízení najdeme MIDI OUT, MIDI IN a někdy také MIDI THRU označené konektory. Data jsou vysílána z MIDI OUT konektoru do MIDI IN konektoru. MIDI THRU konektor je de facto výstupním konektorem pouze s tím rozdílem, že se na jeho výstup kopírují data ze vstupního konektoru. Pomocí tohoto konektoru je možné za sebe zapojit větší množství zařízení, ovšem s tou nevýhodou, že na každém zařízení může dojít (i vinou výše zmíněných optočlenů) ke zpoždění cca 2–4 μ s, které může být v některých případech slyšitelné.[8]. Některá zařízení, která nemají MIDI THRU

konektor mohou být místo něho osazeny MIDI OUT/ECHO konektorem, který funguje na stejném principu jako MIDI THRU pouze s tím rozdílem, že umožňuje navíc smísení dat přicházející na vstup s daty interně generovanými příslušným MIDI zařízením.[2]

3.5.1 Přenosový protokol

Pro MIDI komunikaci je použit asynchronní přenos dat s využitím proudové smyčky. Přenášená data se nazývají zprávy (event). Každá zpráva je rozdělena do bajtů a obsahuje vždy jeden stavový bajt (status byte) a žádný až dva datové bajty (data byte). Existují však výjimky, například v režimu trvajícího stavového bytu stačí dále vysílat pouze řetězec datových bytu, dokud není potřeba změnit stavový byte. Každý bajt je doplněn o start bit a stop bit. Start bit má vždy logickou hodnotu 0, stop bit má naopak hodnotu 1. Stavový bajt na pozici nejvyššího bitu má vždy nastavenou hodnotu 1, na rozdíl od datových bajtů. Dekadická hodnota stavového bajt je tedy vždy větší než 127, naproti tomu datové bajty budou mít vždy dekadickou hodnotu menší než 128. Pokud tedy připojená MIDI zařízení ztratí synchronizaci, je poměrně jednoduché detekovat začátek další zprávy.[8]. Na obsah jednotlivých zpráv zbývá $2^7=128$ kombinací.



Zdroj: [2].

Na obrázku číslo 9 je znázorněn vzor tří bajtové zprávy typu NOTE ON – stisknutí klávesy.

Frekvence vysílače je nastavena na 31250 Hz a 3 bytová zpráva (i se start a stop bity) se přenese za 960 μ s.[8].

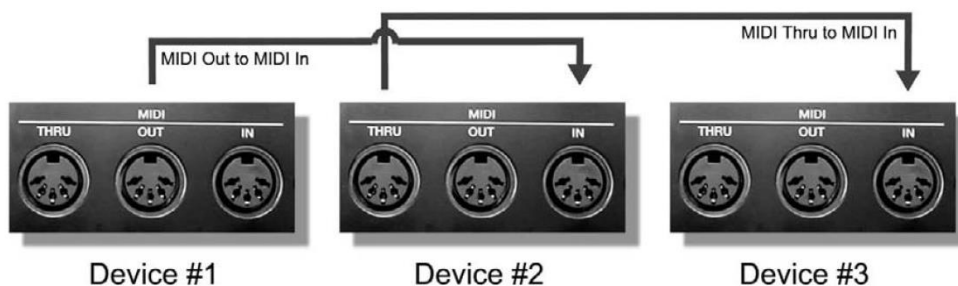
3.5.2 MIDI Zpráva

Pro obsah, který s sebou nese stavový bajt, je tedy vyhrazeno 7 bitů. V prvních třech bitech je uložen kód příkazu (message type). Příkazů je celkem 8: Note off, Note On, Aftertouch,

Continuous controller, Patch change, Channel Pressure, Pitch bend a poslední osmý příkaz připadá na systémové zprávy, který jako jediný není dále specifikován číslem kanálu.[31]

Ve zbývajících čtyřech bitech je uloženo číslo kanálu (channel), které vyjadřuje konkrétní zařízení připojené do MIDI sítě. Maximální počet zařízení, které je možno řídit přes jeden kabel je 16 (0 – 15). Nicméně jedno „fyzické“ zařízení nemusí být vždy určené pouze jedním kanálem. Například takový 16- ti hlasý syntezátor může být nastaven na všech 16 kanálů. Ovšem v takovém případě nelze do MIDI sítě už žádné jiné zařízení, určené pro příjem MIDI zpráv připojit, více kanálů již není k dispozici.[2]. V tomto případě je nutné využít takzvaný multiportový MIDI převodník

Obrázek č.: 10 Propojení MIDI zařízení



Zdroj: [2].

Na výše uvedeném obrázku je znázorněno propojení mezi třemi MIDI zařízeními. Toto zapojení je typické pro jeden MIDI kontroler (zařízení 1) a dva MIDI zvukové moduly (zařízení 2 a 3). Zařízení číslo 1 vyšle zprávu s číslem kanálu 3, která dorazí na vstup druhého zařízení, ale jelikož má zprava nastaveno číslo kanálu 3, bude druhé zařízení tuto zprávu ignorovat. Zpráva se překopíruje na výstup MIDI THRU druhého zařízení a následně dorazí na vstup třetího zařízení. Jelikož se číslo zařízení rovná číslu kanálu, třetí zařízení jej bude interpretovat.

Datový bajt má na pozici nejvyššího bitu logickou hodnotu 0, tudíž stejně jako stavový bajt má vyhrazen pro vlastní obsah 7 bitů. Obecně by se dalo říci, že datový bajt upřesňuje Stavový bajt.

Zvláštní kategorii tvoří systémové zprávy, neboť nejsou specifikovány žádným číslem kanálu. Interpretovat jej budou všechna MIDI zařízení zapojená v síti. Mezi systémové zprávy patří především transportní funkce, jako je play, stop a continue. Do této kategorie patří i takzvané System exclusive message, které umožňují výrobcům a programátorům

vytvářet svoje vlastní zprávy libovolné délky. Využívají se především pro přenos většího množství dat (například zvukového vzorku). Více o problematice MIDI v: [9], [31]

3.5.3 MIDI Hardware

Mezi MIDI hardware můžeme zařadit syntezátory, samplery, master keyboardy, expandery, midi pady, workstationy a různé MIDI příslušenství jako jsou například slučovače, Patch bay a MIDI převodníky. V rámci diplomové práce nás budou převážně zajímat master keyboardy, takže k ostatním pouze ve zkratce. Syntezátory se vyznačují vlastním generátorem zvuku - zvukovým modulem (syntéza: FM, vzorková, atd) a klaviaturou. Samplery pracují se s už předpřipravenými zvukovými vzorky (sample) a většinou nemají klaviaturu. Rozdíl mezi současnými syntezátory a samplery je dnes velmi tenký, protože i syntezátory pracují se vzorky. Master keyboard je zařízení skládající se z klaviatury a většinou (záleží na ceně výrobku) i několik MIDI kontrolerů, jako jsou posuvné fadery, potenciometry, atd. Nicméně tato zařízení nemají vlastní zvukový modul, je nutno je připojit k počítači (DAW) či k zvukovému modulu.[5].

Expander neboli Zvukový modul je zařízení, které pouze generuje zvuk pomocí syntézy nebo vzorků. I když některé tyto přístroje mívají LCD display a spousty ovládacích prvků, je velmi nepohodlné je přímo řídit, vhodnější je použít master keyboard nebo DAW. [5].

MIDI pady umožňují integraci klasického hraní na perkuse do MIDI systému. MIDI pady jsou ve své podstatě dotykové plochy reagující na intenzitu stisku, respektive úderu. Příslušná elektronika detekuje sílu stisku a zakóduje ji do MIDI zprávy. Na tomto principu jsou stavěny MIDI bicí, často ale pady najdeme i na masterkeyboardech nebo dokonce existují samostatná zařízení, která jsou osazena například 16- ti pady, v takovém případě mají jednotlivé pady samozřejmě kompaktnější rozměry, zpravidla 3cm². [5].

Workstationy jsou poměrně komplexní zařízení, integrující v sobě de facto celý syntezátor, sample, sequencer, efektovou jednotku, kontrolery, pomocí kterých lze složit v podstatě celou skladbu.[5].

MIDI patch bay plní funkci přepojovače, obsahují totiž až desítky MIDI vstupů a výstupů a nabízejí jejich vzájemné propojování, ovládatelné i dálkové softwarem. Umožňují tedy

snadnou konfiguraci MIDI sítě.[5] MIDI slučovače umožňují snadné sloučení jednotlivých kanálů do jednoho. Často se integruje funkce patch bay a slučovače do jednoho přístroje, nazýváme jej MIDI USB převodníkem.

3.5.3.1 Masterkeyboard

S rozmachem domácích DAW řízených pomocí počítače se stávají takzvané masterkeyboardsy velice užitečnou pomůckou, pomocí které lze pohodlně ovládat praktický celý Hudebně produkční software (FL Studio, Cubase, Pro Tools, atd). Z tohoto důvodu se nachází prakticky na všech masterkeyboardech MIDI USB převodník, který umožňuje propojení přímo s počítačem. Některé převážně levnější modely jsou osazeny právě pouze USB konektorem, není možné je tedy propojit s dalšími MIDI přístroji, naopak dražší masterkeyboardsy disponují všemi klasickými MIDI DIN konektory (in, out, thru). Na obrázku níže je znázorněna MIDI zpráva ve tvaru, v jakém je přenášena pomocí sběrnice USB.

Obrázek č.: 11 Vzor MIDI zprávy vedené přes USB

Byte 0		Byte 1	Byte 2	Byte 3
Cable Number	Code Index Number	MIDI_0	MIDI_1	MIDI_2

Zdroj: [11].

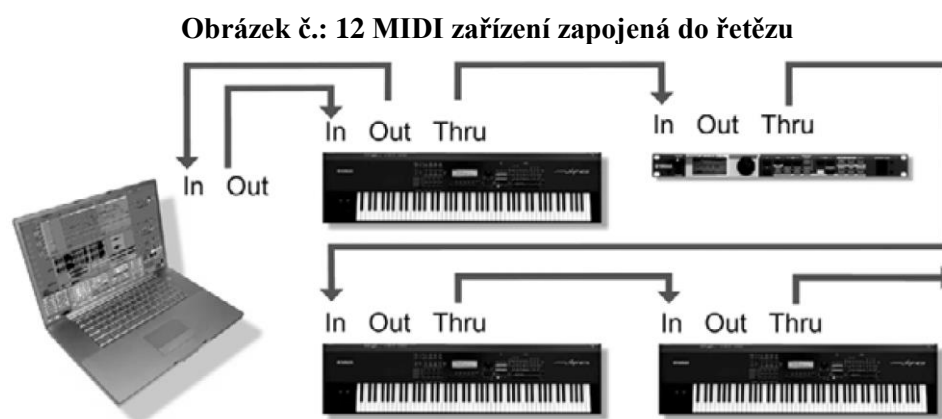
MIDI zpráva je doplněna o jeden bajt, ve které je definováno pomocí 4 bitů číslo kabelu a index. Číslo kabelu vyjadřuje konkrétní MIDI port (vstupní nebo výstupní) pro který je určena tato zpráva, a jelikož je možné zakódovat do 4 bitů pouze 16 kombinací, můžou USB MIDI převodníky adresovat maximálně 16 MIDI vstupů nebo výstupů (označení 8x8). Code Index Number vyjadřuje typ midi zprávy, kterých může být až 16 (4 bity).[11]. Zbývající 3 bajty v sobě nesou celou MIDI zprávu. Celková délka MIDI zprávy přenášené přes sběrnici USB je 32 bitů.[11].

Pro pohodlnou obsluhu hudebně produkčního software se masterkeyboardsy osazují zpravidla i několika posuvnými, otočnými kontrolery, pady a transportními tlačítky (play, stop, continue, rec), které jsou plně programovatelné. Masterkeyboardsy se od sebe liší i počtem hracích kláves. Na trhu se nabízejí klaviatury s 25 až 88 klávesami.

3.5.4 MIDI síť

Možných kombinací propojení jednotlivých MIDI zařízení je nepřeberné množství. Mezi taková dvě nejčastější řešení patří zapojení do série a zapojení do hvězdice pomocí MIDI USB multiportového převodníku.[2].

Zapojení do série je v praxi nejpoužívanější model vzájemného propojení jednotlivých MIDI přístrojů. Jednotlivé komponenty jsou zapojeny za sebe do řetězu. První zařízení – Master je nástroj řídící, který svými příkazy řídí všechny ostatní přístroje v řetězu. Po připojení počítače (DAW) do sítě by výsledné zapojení vypadalo jako následovně

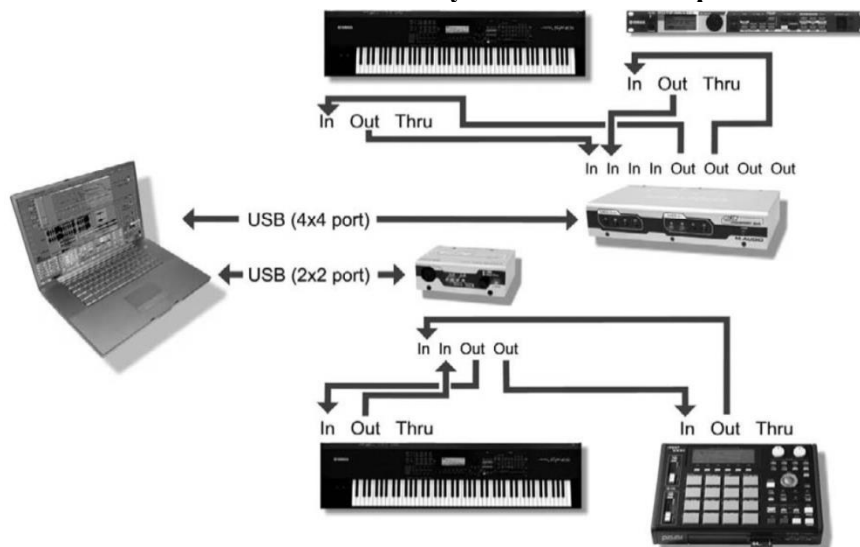


Zdroj: [2].

V tomto případě je počítač (DAW) řízen první klaviaturou v řadě. Nicméně DAW software dokáže plně spravovat, řídit MIDI data a mísit je se svými, tudíž nemusí být vždy úplně zřejmé, který přístroj je řídící. Zapojení by se dalo chápat i tak, že DAW je master a všechny ostatní jsou jím řízené a první klaviatura v řadě plní vlastně funkci takového externího ovladače příslušného DAW softwaru.[2].

Dalším typem zapojení je propojení za pomoci MIDI multiportového převodníku, jehož schéma je znázorněno na obrázku níže.

Obrázek č.: 13 MIDI zařízení s využitím MIDI USB převodníků



Zdroj: [2].

Pokud je potřeba adresovat více než 16 kanálů je potřeba MIDI síť rozšířit o multiportový MIDI USB převodník, jehož hlavní funkcí je rozšíření vstupních a výstupních portů, které následně umožňují adresovat více než 16 kanálů. Například převodník 2x2 má dva nezávislé MIDI DIN vstupy/výstupy. Je tedy možné adresovat až 32 MIDI zařízení (výstupní port A 1-16, výstupní port B 1-16). Přebodník 8x8 dokáže adresovat až 128 zařízení. Veškerý správa MIDI kanálů se dá pohodlně řídit pomocí DAW.[2].

3.6 Mikrofon

Mikrofon, nebo lépe řečeno technika snímání zvuku pomocí mikrofону je první etapou zpracování zvuku pomocí DAW. Neexistuje ale ideální mikrofon, vždy je nutné přistoupit na řadu kompromisů a vybrat pro konkrétní účel adekvátní typ. [1].

3.6.1 Charakteristiky

Základní charakteristiky popisující vlastnosti a s tím spojenou kvalitu mikrofónu jsou především: citlivost, šum a dynamický rozsah, směrová charakteristika, frekvenční charakteristika a impedance.[1].

Citlivost mikrofonu se určuje na základě měření výstupní úrovně signálu pro určitý tlak. Mikrofon je umístěn v akustickém poli o konstantní úrovni $1 \text{ Pa} = 94 \text{ dB SPL}$ a měří se jeho výstupní úroveň napětí SPL. Měření se provádí v otevřeném obvodu, není tedy výstup zatěžován (vysoko impedanční měřicí systém). Čím je vyšší citlivost mikrofonu, tím je lepší odstup užitečného signálu od šumu, protože se užitečný signál nemusí tolik zesilovat. Běžné studiové mikrofony mívají citlivost $1\text{-}10 \text{ mV/Pa}$. [1].

Dalším parametrem je šum mikrofonu, který se často označuje ekvivalentem v SPL. Jedná se o úroveň externího šumu, který by vytvořil stejnou signálovou úroveň na výstupu teoretického dokonalého bez šumového mikrofonu. [1].

Měření šumu se provádí pomocí měřicího přístroje s rovnou frekvenční charakteristikou, nebo s charakteristikou přizpůsobenou lidskému sluchu, upravenou pomocí A- filtru. Po odečtení šumového ekvivalentu SPL od maximální hladiny akustického tlaku SPL, kterou je mikrofon schopen zpracovat, dostaneme dynamický rozsah mikrofonu.

Citlivost mikrofonu se měří zpravidla v celém pásmu frekvencí v různých úhlech natočení mikrofonu. Touto technikou se zjistí, jak mikrofon reaguje na zvuk, který přichází ze směru mimo jeho osu. [1]. Výsledky se zobrazují na kruhovém diagramu (kruhová charakteristika). Z hlediska směrové charakteristiky lze mikrofony do 4 kategorií: všesměrové, kardioidní, hyperkardioidní a osmičkové. [32]

Z hlediska impedance se mikrofony konstruují jako vysoko impedanční ($5 - 10 \text{ k}\Omega$) nebo nízko impedanční ($150 - 600 \Omega$). Jelikož se tato hodnota v závislosti na frekvenci mění, je často udáváno, při jaké frekvenci je impedance naměřena. V profesionální technice se používají výhradně nízko impedanční mikrofony, které zpravidla mají nižší úroveň signálu, kterou je potřeba výrazněji zesílit pomocí silného mikrofonního předzesilovače. [1].

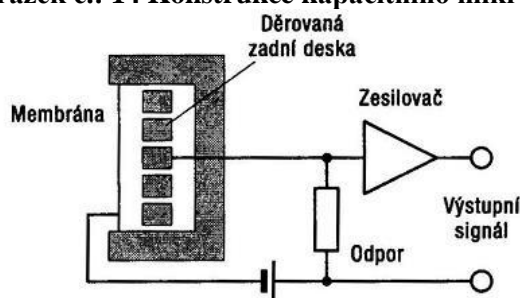
3.6.2 Kapacitní mikrofon

Dražší kapacitní mikrofony se výrazně přibližují svými vlastnostmi k dokonalému mikrofonu, který by splňoval veškeré požadavky. Zpravidla je nutné ale přistoupit na kompromisy. Z hlediska techniky převodu akustické energie na elektrický signál,

rozdělujeme mikrofony na dynamické a kapacitní. Oba tyto systémy mají své další podkategorie.[1]

Kapacitní mikrofony fungují na principu kondenzátoru (často se jím také říká kondenzátorové).[1]

Obrázek č.: 14 Konstrukce kapacitního mikrofonu



Princip konstrukce kapacitního mikrofonu

Zdroj: <http://www.svetkytar.cz/zakladni-vybava-pro-domaci-nahravani>

V mikrofonu se nacházejí dvě desky, jedna z nich je pevně uchycena, druhá má podobu pružné plastové destičky s tenkou kovovou vrstvou. Jakýkoli pohyb membrány zapříčiní změnu kapacity a na připojeném odporu se snímá napětí, které je ekvivalentní těmto změnám. Nicméně tento systém funguje pouze za předpokladu, že je přítomen na deskách elektrický náboj, musí proto do mikrofonní kapsle zavést takzvané fantomové napájení. K tomu aby nedocházelo k oslabení elektrického náboje, musí mít předzesilovač velmi vysokou impedanci, která je zajištěna použitím tranzistoru FET nebo elektronek.[1].

Jelikož pokovená plastová destička je velmi tenká a lehká (nižší setrvačnost), reaguje mikrofon i na velmi vysoké frekvence, které dalece přesahují slyšitelné frekvenční pásmo. Kapacitní mikrofony jsou ze všech mikrofonů nejcitlivější. Nevýhody mikrofonu spočívají v poměrně složitější konstrukci, tudíž i větší ceně. Zároveň je celý mechanismus velmi křehký a tudíž se příliš nehodí pro živá vystoupení.[1].

4 Praktická část

4.1 Analýza požadavků

Nabídka hardwaru a softwaru je značně rozsáhlá. Existuje mnoho programů lišících se mezi sebou svým zaměřením, funkčností a cenou. Stejná situace je i na poli hardwaru. Výběr vhodného procesoru, základní desky, zvukové karty a kabelů nemusí být tak jednoduchý, protože zde existuje hrozba vzájemné nekompatibility. Nicméně ještě před samotným výběrovým procesem je potřeba si uvědomit k jaké činnosti bude navrhovaný DAW systém využíván

Krokem číslo jedno je tedy ujasnění, jakou činnost chceme provozovat. Může se jednat například o komponování hudby, editace audio nahrávky, atd.

Další fází je analýza dostupných programů a jejich vzájemné porovnání z hlediska funkčnosti, pořizovací ceny a hardwarových požadavků. Většina aplikací je multiplatformní a lze je tedy bez problému provozovat (zakoupit) pro systém Windows nebo Mac OS X.

Výběr operačního systému následně determinuje výběr počítačových komponent.

Uvedený postup ale ne vždy platí. Jedná se pouze o teoretickou situaci, kdy přistupujeme k výběru bez předchozích zkušeností a preferencí. Je zcela běžné, že již vlastníme nějaký počítač na platformě Windows, Mac OS X či Linux. V takovém případě by byl výběr vhodného hardwaru a softwaru zúžen.

Hlavním požadavkem autora je komponování elektronické hudby za použití softwarových syntezátorů. Důraz by měl být kladen především na univerzálnost celého systému. Z hlediska vyšší ceny a prostorové náročnosti hardwarových syntezátorů je vhodné přenechat syntézu počítači. Tím je ale kladen požadavek především na vysoký výkon procesoru.

Autor požaduje univerzální klaviaturu, pomocí které se bude ovládat veškeré softwarové syntezátory v hudebně produkčním programu. Klaviatura by měla mít také několik

kontrolerů pro pohodlnější ovládání virtuálního mixeru či parametrů softwarových syntezátorů.

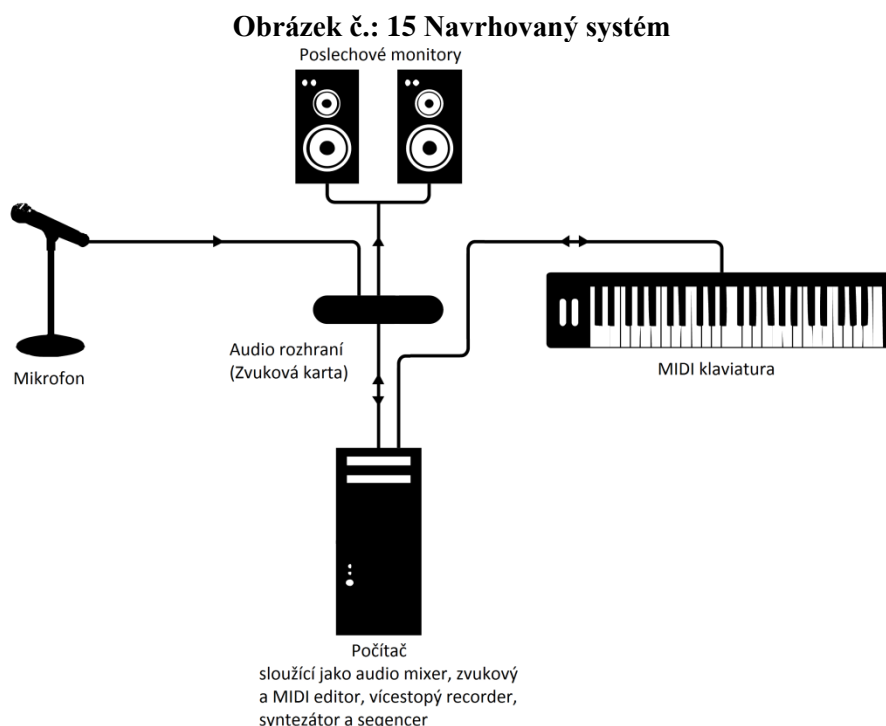
Autor požaduje alespoň jeden univerzální mikrofon pro občasné nahrávání vokálů, nicméně neklade příliš velký důraz na jeho kvalitu, potažmo celkovou kvalitu vstupních obvodů zvukové karty.

Konektivita zvukové karty by měla být nadstandartní, pro případné rozšíření celého systému o nový prvek (například hardwarový syntezátor, zvukový modul, druhé poslechové monitory, atd).

Autor preferuje platformu Windows. Důvodem preference je především celková spokojenost a pozitivní zkušenost s platformou Windows.

4.2 Schéma zapojení

Na obrázku číslo 15, vidíme schéma propojení jednotlivých komponent navrhovaného systému DAW. Jedná se o velmi univerzální a do budoucna snadno rozšiřitelný systém. Veškerá „intelligence“ je soustředěna do počítače, který bude sloužit jako audio mixer, zvukový a MIDI editor, vícestopý recorder, sequencer a syntezátor.



Zdroj: Autor

Audio rozhraní ve spojení s počítačem bude mimo jiné plnit úlohu analogového mixeru. Řízení vstupů a výstupů audio rozhraní bude probíhat za pomoci příslušného softwaru z počítače. Zvolené audio rozhraní disponuje 6 analogovými mono vstupy, 6 analogovými mono výstupy a speciálním stereo výstupem na sluchátka. Jeden vstup bude osazen kondenzátorovým mikrofonom, a dva výstupy (levý a pravý kanál) povedou přímo do aktivních poslechových monitorů. Audio rozhraní má relativně velký počet vstupů a výstupů, které se budou hodit pro případné rozšíření systému například o nový mikrofón, elektrickou/basovou kytaru, zvukový expander nebo syntezátor. Jeho výhodou je také integrovaný mikrofonní předzesilovač, není tedy potřeba pořizovat další speciální přístroj.

4.3 Výběr DAW softwaru

Funkci hlavního hudebně produkčního systému bude tvořit program FL Studio verze 11.04 od společnosti Image-Line. Program FL Studio je plně komplexní hudebně produkční aplikace, která poskytuje prostředí a funkce pro komponování hudby, masteringu, audio a MIDI editace. Komponování hudby v programu FL studio je založeno především na tvorbě a řazení takzvaných patternů (melodických/zvukových vzorů různé délky), které ve výsledku tvoří výslednou skladbu. Tento princip komponování je typický pro elektronickou taneční muziku. Program nicméně plně nabízí i možnost vícestopého nahrávání a je tedy možná možnost nahrávat například celý orchestr. Integrovaný virtuální mixér umožňuje simultánní nahrávání až 99 audio stop.

FL Studio zpracovává hudbu pomocí interního enginu s 32-bit plovoucí čárkou. Podporuje vzorkovací frekvenci až 192kHz s použitím ASIO nebo WDM ovladačů. FL Studio podporuje multithreading a více jádrové procesory.

Program je nabízen ve třech edicích: Fruity, Producer a nejvyšší Signature edition. Nejnižší edice nemá v sobě integrovaný audio editor, není umožněno nahrávání zvuků přes ovladač ASIO a nelze plně využívat nástroje pro práci s audio vzorky (samples). Tato verze je tedy ve své podstatě z hlediska funkčnosti na úrovni obyčejného sequenceru. Verze Producer a Signature jsou již plnohodnotné a mezi sebou se liší pouze množstvím přibalených pluginů (efektové pluginy, syntezátory, atd). Cena nejvyšší verze (signature) je 222 € bez dph.[28]

Hlavní výhodou programu je především doživotní nárok na volné stažení nových verzí programu a aktualizace všech pluginů zakoupených v rámci edice.[28]

Další výhody programu spočívají především v podpoře VST, VST2, VST3, DX a ReWire pluginů. Program je tedy možné dále rozšiřovat pomocí pluginů třetích stran.

Největší nevýhodou programu je jeho 32-bitová architektura, která nedokáže adresovat více jak 4096 MB operační paměti. Program umožňuje tuto nevýhodu odstranit pomocí funkce „keep on disk“. Zvukové vzorky označené tímto příznakem, budou uloženy na pevný disk, nikoli do operační paměti. Problém lze zcela eliminovat například použitím technologie RAMDISK. Je také možné všechny pluginy takzvaně přemostit, neboli spustit mimo aplikaci, jako samostatný proces a využít tak plnou kapacitu operační paměti.

Další nevýhoda programu FL Studio je jeho bezprostřední závislost na platformě Windows (programový kód je psán v Delphi) a s tím spojená poněkud problematická implementace na platformu Mac OS X či Linux. V současnosti existuje oficiální verze FL Studia určené pro platformu MAC OS X s použitím technologie Bootcamp.[28]

4.4 Osobní počítač

Jak již bylo uvedeno v příslušných kapitolách, při výběru konkrétních komponent osobního počítače je potřeba dbát zvýšenou pozornost především na výkon procesoru a kapacitu operační paměti. Ostatní komponenty a jejich příslušné parametry jako je kapacita a přístupová doba pevného disku či velikost obrazovky LCD monitoru jsou více či méně záležitosti uživatelského komfortu. Zároveň je nutné dbát na co možná nejnižší hladinu vyprodukovaného nežádoucího hluku a volit podle toho komponenty, jedná se především o magnetické pevné disky a ventilátory

4.4.1 Výběr operačního systému

Autor pro svůj projekt vybral operační systém Microsoft Windows 7 64 Home Premium OEM. Hlavní roli ve výběru spočívala především v možnosti alokovat více jak 4 GB operační paměti a také dlouholetá pozitivní zkušenost s platformou Windows.

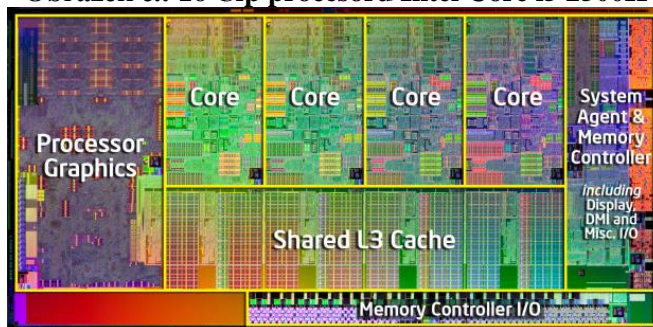
Nabízí se možnost volby Windows 8.1, nicméně výrobce audio rozhraní E-MU 1616m dosud neoznámil podporu tohoto nového operačního systému. Není tedy zaručena bezproblémová kompatibilita.

4.4.2 Výběr procesoru

Pro svůj projekt autor zvolil procesor Intel Core i5 2500K, s kódovým označením Sandy Bridge. Procesor, respektive architektura procesoru se na trhu objevila v roce 2011, může se tedy zdát, že procesor nebude výkonově stačit, nicméně při porovnání s novějšími procesory řady Ivy bridge a Haswell, se architektura čipu příliš nezměnila. Rozdíly v architektuře jsou převážně v oblasti úsporných funkcí a grafického čipu integrovaného v procesoru.[23][24]. Základní pracovní frekvence procesoru je nastavena na 3,3 Ghz a je dána jako součin násobiče a frekvencí systémové sběrnice. Frekvence systémové sběrnice

je nastavena na 100MHz a násobič lze nastavit až na hodnotu 57, znamená to tedy, že pouhou změnou násobiče lze teoreticky dosáhnout frekvence procesoru až 5,7GHz. Procesor obsahuje 4 plnohodnotná jádra. Technologie Hyperthreading není přítomna.[22]

Obrázek č.: 16 Čip procesoru Intel Core i5 2500K



Zdroj: [22].

Na obrázku výše je znázorněn čip architektury Sandy Bridge. Každé jádro obsahuje vlastní L1 a L2 cache. L3 cache je naopak sdílená pro všechny jádra a grafický procesor. Komponenta Systém Agent plní funkci severního můstku s přímým přístupem k PCI-Express sběrnici a řadiči paměti.[22]

Výhoda vybraného procesoru spočívá především v integraci grafického jádra přímo do procesoru. S tím je spojena kompaktnost celého řešení, nemusí se tedy dokupovat přídavná grafická karta a celý procesor i s grafickým jádrem lze chladit pomocí jednoho chladiče. Za předpokladu použití dostatečně velkého nízko otáčkového ventilátoru, je možné dosáhnout zpravidla velmi nízkého nežádoucího hluku. Další výhodou spočívá v odemčeném násobiči a s tím spojeného taktovacího potenciálu.

Nevýhoda použitého procesoru je především v počtu jader. 4 jádra je na dnešní dobu průměr a především ve více vláknových aplikacích bude procesor zaostávat. Na trhu jsou procesory architektury Ivy Bridge – E, které v sobě integrují 6 plnohodnotných jader (s aktivovanou technologií HT až 12 logických jader.), nicméně pořizovací cena nejlevnějšího procesoru z řady Ivy Bridge-E (Core i7 4930K) i s příslušnou základní deskou je kolem 17 000 Kč.

Procesor 2500k obsahuje i technologii Turbo boost 2.0, která v závislosti na počtu vytižených jader zvýší násobič o 1 až 4. Při zatížení všech jader, technologie turbo boost 2.0 zvýší multiplikátor pro všechny jádra o 1. Při vytižení pouze jednoho jádra se zvýší

multiplikátor o 4. Výsledná frekvence tedy bude v případě vytížení všech jader 3,4 Ghz, respektive 3,7Ghz při vytížení pouze jednoho jádra.

U některých základních desek lze technologii Turbo boost 2.0 plně konfigurovat, lze tedy například bez problému nastavit navýšení frekvence o 4 multiplikátory při vytížení všech jader (nikoli pouze jednoho).

Při nečinnosti se automaticky sníží násobič na hodnotu 16 a tím zapříčiní snížení pracovní frekvence procesoru na 1,6GHz.

4.4.3 Výběr základní desky

Procesory Sandy Bridge jsou kompatibilní s čipsety řady 6x a 7x. Autor vybral základní desku s čipsetem Z77 především z důvodu plné podpory taktovacích funkcí. Čipsetu nechybí podpora USB 3.0, SATA III. Hlavním požadavkem pro výběr konkrétní základní desky s čipsetem Z77 byl kladen na přítomnost alespoň jednoho PCI slotu pro audio rozhraní.

Autor z tohoto důvodu vybral základní desku Gigabyte Z77 – D3H. Deska je osazena dvěma PCI sloty a čtyřmi sloty pro moduly operační paměti. Napájecí kaskáda je složena z 6- ti fází, které jsou plně digitální. Procesor z 6 fází využívá 4, grafický čip pouze jednu. Při porovnání s dražšími deskami je napájecí kaskáda průměrná. Je možné, že nebude využit plný taktovací potenciál procesoru. Na základní desce jsou dále 2 SATA III porty, 4 SATA II porty.

4.4.4 Výběr operační paměti

Jelikož procesory architektury Sandy Bridge mají v sobě integrován dvoukanálový paměťový řadič, je proto vhodné osadit základní desku dvěma shodnými (ve svých parametrech) paměťovými moduly. Autor zvolil 2 paměťové moduly, každý o velikosti 8GB (celkem tedy 16GB). Hlavním důvodem pořízení paměti o takto vysoké kapacitě, byla především velmi příznivá cena 2 324 Kč s DPH.

Nevyužitou kapacitu paměti lze později využít například pro technologii RAMDISK, která alokuje určitou část (uživatelé nastavenou) operační paměti a vytvoří na ni úložný prostor, ke kterému operační systém přistupuje jako k pevnému disku.

Autor konkrétně vybral 2 paměťové DDR3 DIMM moduly Crucial Ballistix Sport. Vnější frekvence paměťového modulu je nastavena na 800MHz (1600) při časování 9-9-9-24

4.4.5 Výběr SSD a HDD

I když to není zdaleka nutné, snažil se autor využít nesrovnatelně lepší přístupové doby a rychlosti Solid State disků. Autor vybral kombinaci rychlého systémového disku s menší kapacitou a pomalého datového disku s velkou kapacitou. První disk je typu SSD, který bude využit pro instalaci operačního systému a všech ostatních programů. Druhý disk je klasické magnetické konstrukce a slouží de facto pouze jako úložiště dat. Základním požadavkem pro výběr systémového disku byla především rychlost čtení dat. Naopak u disku sloužícího jako odkladiště dat je důležitá především kapacita a pokud je disk klasické magnetické konstrukce, tak i jeho hladina nežádoucího hluku. Parametry použitých disků jsou následující:

Systémový disk: Crucial M4 256GB, SSD disk 2.5“, Sync MLC, Řadič Marvell 88SS9174-BLD2, rozhraní 6Gb/s SATAIII. Řadič obsahuje technologie: TRIM, NCQ, Garbage collection a Wear levelling. Disk už není v prodeji, nicméně ve své době patřil s cenou kolem 4 200Kč k nejlevnějším. Při výběru se autor rozhodoval především podle rychlosti čtení 4kB souborů, protože většina souborů se kterými operační systém pracuje je právě v této velikosti.[33] Naopak na rychlost sekvenčního čtení autor nebral ohled. Tento konkrétní disk dosahuje rychlosti čtení 4 kB souborů 23MB/s, při porovnání s konkurenčními disky, například OCZ Vertex 3 MI 240GB, dosahující až 31MB/s, zaostává o 39%. Nárůst rychlosti oproti klasickým magnetickým diskům je mnohem ale větší, okolo 95%.

Dostatečně vysokou kapacitu 256GB autor zvolil s ohledem na problémy především z pohledu životnosti paměťových buněk a rychlosti přístupu u plně obsazených disků.

Datový disk: WDC WD10EZRX-00DC0B0 řada Green. Kapacita 1TB, rozhraní SATA III (6Gb/s), u parametru rychlost otáček je uveden výraz: IntelliPower, který dle výrobce vyjadřuje skutečnost, že různé disky ze série Green mohou mít mezi sebou odlišnou rychlost otáček. Nicméně podle různých recenzí se pod tímto výrazem ukrývá rychlost 5400 otáček za minutu. Disk v případě nečinnosti zaparkuje čtecí hlavy a zastaví otáčení ploten. Výhodou je nižší spotřeba elektrické energie. Nevýhodou je vyšší riziko opotřebení a případné poruchy. Tuto funkci lze v operačním systému deaktivovat.

Jelikož druhý disk bude složit pouze jako skladiště dat, není nutné příliš dbát na rychlost čtení dat. Při výběru bylo pro autora důležitým parametrem především kapacita paměťového prostoru, hlučnost a vibrace. Jelikož klasické magnetické disky stále nabízejí (oproti SSD) nesrovnatelně lepší poměr kapacity a ceny, byl výběr zaměřen především na ně. Autor vycházel z úměry: Čím více ploten a větší rychlost otáčení, tím větší hlučnost a z pravidla také vibrace. Nicméně parametr popisující počet osazených ploten se na oficiálních stránkách výrobců disků neobjevuje. Autor se tedy zaměřil na parametry udávající hlučnost a hmotnost. Při porovnání ostatních pevných disků společnosti Western Digital má vybraný disk nejmenší hmotnost a hlučnost. Je zde tedy velká pravděpodobnost, disk má pouze jednu plotnu o kapacitě 1TB.

4.4.6 Výběr audio rozhraní

Z hlediska konektivity je potřeba aby vybrané audio rozhraní disponovalo alespoň jedním mono vstupem pro připojení kondenzátorového mikrofonu. Zároveň musí být tento vstup osazen mikrofonním předzesilovačem s fantomovým napájením. Dále by zde měli být alespoň dva výstupy na poslechové monitory a jeden stereo výstup na sluchátka. Digitální rozhraní jako je ADAT nebo S/PDIF (AES/EBU) nemusí být nutně přítomna. Jelikož bude MIDI klaviatura připojena přímo k počítači pomocí USB rozhraní, není nutná ani přítomnost MIDI konektorů (rozhraní).

Druhým hlediskem při výběru audio rozhraní je kvalita převodníků, zvukového procesoru a případně operačních zesilovačů.

Vhodným a zároveň velmi levným audio rozhraním může být Focusrite Scarlett 2i2 USB, které je osazeno dvěma audio vstupy a dvěma audio výstupy, předzesilovačem

s fantomovým napájením a sluchátkovým výstupem. Převodníky mají až 24-bitové rozlišení a vzorkovací frekvenci až 96 kHz. Frekvenční rozsah 20Hz až 20kHz se zvlněním -0,1 dB, celkové harmonické zkreslení a šum (THD + N) je menší než 0,002%. V porovnání s dražšími přístroji (E-MU 1616m PCI) to jsou poměrně dobré výsledky. Nicméně v hodnotách dynamického rozsahu a odstupu signálu od šumu se Focusrite pohybuje kolem 105 dB respektive 100 dB, a v porovnání s hodnotami E-MU 1616m PCI výrazně ztrácí.

Jako ideální audio rozhraní autor vybral zvukovou kartu E-MU 1616m PCI. Z hlediska konektivity je karta velice univerzální, neboť je osazena 6 audio vstupy a 6 audio výstupy, z toho 2 vstupy jsou realizované jako linkové, nástrojové nebo mikrofonní s vestavěným mikrofonním předzesilovačem s fantomovým napájením.

Obrázek č.: 17 Zvuková karta E-MU 1616m PCI



Zdroj: <http://ixbtlabs.com/articles2/proaudio/emu-1616m.html>

Je možné tedy připojit kondenzátorový mikrofon, elektrickou/basovou kytaru nebo klasické vstupní zařízení fungující na linkové úrovni (efektor, zvukový modul, atd). Audio rozhraní je osazeno 32-bitovým DSP pomocí něhož jsou akcelerovány dodávané zvukové efekty. Převodníky a příslušné analogové obvody dosahují výborných parametrů. D/A převodníky Cirrus Logic 4398, dle výrobce výstupy slibují velmi rovnou frekvenční charakteristiku (20Hz - 20kHz) zvlnění +0.0/-0.6 dB. Dynamický rozsah a SNR 120 dB, THD+Noise (1kHz -1dBFS) -105dB (0.0006%). Vstupní obvody, díky A/D převodníkům AK5394A typu Delta-Sigma (128x oversampling) mají velmi podobné hodnoty jako výstupní obvody. Frekvenční charakteristika (20Hz - 20kHz) má zvlnění +0.0/-0.3 dB. Dynamický rozsah a SNR jsou na hodnotě 120 dB, THD+Noise (1kHz -1dBFS) je -110dB (0.0003%). Nevýhoda zvoleného audio rozhraní spočívá v osazení interní karty starší sběrnici

PCI, která bývá často nahrazována na základních deskách novou PCIe sběrnici. Je tedy důležité věnovat při výběru základní desky (čipsetu) zvýšenou pozornost. Nicméně lze zakoupit EMU 1616m přímo ve variantě PCIe.

Součástí zvukové karty E-MU1616m je aplikace PatchMix DSP, která umožňuje plné řízení a směřování všech fyzických vstupů a výstupů a virtuálních (ASIO, Windows Wave) linek. Audio rozhraní E-MU 1616m PCI ve spojení s programem PatchMix DSP ve své podstatě plně nahrazuje funkci analogového mixážního pultu.

4.4.7 Výběr ostatních komponent

Veškeré úvahy o výkonu grafických karet (čipů) jsou z hlediska využití pro DAW naprosto liché. Řešení v podobě integrovaného grafického jádra HD Graphics 3000 integrovaného přímo v procesoru Intel Core i5 2500K je naprosto dostačující. Parametry grafického čipu jsou následující: počet výpočetních jednotek (Shadery): 12, takt jádra je až 1350MHz (podle vytíženosti), podpora DirectX 10.1, OpenGL 3.0 shader model 4.1.[22].

Při výběru LCD monitoru je vhodné se zaměřit na velikost zobrazitelné plochy, typu podsvícení a případně také možnostem polohování. Jelikož autor preferuje poměrně hrubší rastr s větší zobrazitelnou plochou, zaměřil se tedy při výběru na kombinaci rozlišení, úhlopříčky a rozteče bodů. Minimálním požadavkem bylo rozlišení 1920 x 1080 a velikost obrazovky minimálně 27 palců, s tím je úměrně spjata i rozteč mezi jednotlivými pixely.

Autor vybral LCD monitor BenQ GW2750HM, velikost obrazovky je 27 palců, rozlišení: 1920 x 1080, poměr stran 16:9, matrice AMVA. Monitor má LED podsvícení, které je řízené pomocí PWM regulace na frekvenci 243 Hz. Frekvence je tedy velmi vysoká a proto by nemělo být registrovatelné nepříjemné blikání podsvícení. Parametry jako jsou inputlag a doba odezvy pixelů jsou v tomto případě nepodstatné. Nicméně i tak monitor dosahuje v těchto parametrech velmi slušných hodnot.[29]

Počítačovou skříň autor vybíral podle kvality použitých odhlučňovacích materiálů, předpokladů pro dobrou cirkulaci vzduchu, kvalitní cable management (dostatečně široká mezera mezi trayem a boční stěnou skříně) a podle designu. Autor se nakonec rozhodl pro skříň: Fractal Design Define R3. Počítačová skříň je osazena zevnitř jedním ventilátorem na přední straně, jehož úkolem je především nasávat vzduch do skříně. Druhý

ventilátor je osazen v zadní části blízko stropu skříně a jeho úkolem je odvádět teplý vzduch ven ze skříně. Pozice pro napájecí zdroj je v dolní části skříně. Zdroj je instalován svým chladícím ventilátorem směrem k zemi. Zahřátý vzduch ze zdroje je ihned vyfukován ven a tím pádem nezasahuje systému cirkulace vzduchu v rámci zdroje do systému cirkulace vzduchu v rámci počítačové skříně.

Pro napájení počítačové sestavy autor vybral zdroj Seasonic SSP – 350W s výkonem 350W. Zdroj má dle výrobce certifikaci 80 Plus Gold, která slibuje při 50% vytížení účinnost 92%. Výkon zdroje je naddimenzován z důvodu zachování nízké hladiny akustického tlaku. Předpokládaný maximální odběr počítače je na základním taktu procesoru kolem 80W, po přetaktování až 200W.

Autor vybral DVD mechaniku LG GH24NS. Hlavním parametrem při výběru byla především nízká cena. Stejný požadavek platil i při výběru myši a klávesnice.

Pro chlazení procesoru, autor zvolil hliníkový chladič Noctua NH-U12P SE2. Chladič věžovité konstrukce je spojen se základnou pomocí čtyř heatpipe trubic. K chladiči jsou dodávány 2 120mm firemní ventilátory. Uživatel se může rozhodnout, zda chladič osadí žádným, jedním nebo dvěma ventilátory. Pomocí dodávané redukce s odpory je možné si zvolit ze dvou rychlostí otáčení ventilátoru (930 a 1045 RPM). Redukce se nemusí použít a ventilátor lze přímo zapojit do zdířky CPU_Fan na základní desce. V tomto případě bude rychlost otáčení ventilátoru 1300 RPM. Autor osadil chladič pouze jedním ventilátorem s redukcí na 930 RPM. Důvodem byla především potřeba zachovat nejnižší nežádoucí hluk. Chladič používá pro uchycení k základní desce systém Secufirm2. Chladič je možné pomocí přibalených nástavců nainstalovat prakticky na každý typ patice. Pokud se v budoucnu na trhu objeví procesor, který má jiné požadavky na rozměry chladiče (jiná rozteč instalačních otvorů v základní desce), firma Noctua zdarma zašle svým zákazníkům po předložení potřebných dokladů nový typ nástavce.[34]

4.5 Studiová technika

4.5.1 Výběr Master keyboardu

Při výběru master keyboardu (MIDI klaviatura) autor požadoval především univerzálnost, rozmanitost vstupních a výstupních konektorů a v neposlední řadě i poměrně dobrou vybavenost MIDI kontrolery (fadery, knoby, atd). Pro dobré obouhruční hraní je potřeba alespoň 61 kláves. Klaviatura by měla mít alespoň nejzákladnější transportní funkce jako je play, stop, pause a rec.

Autor zvolil master keyboard M-Audio Axiom 61 Advanced, který disponuje Pitch a modulačním kontrolerem. Je osazen všemi důležitými transportními funkcemi. Dále je zde 9 faderů, 8 knobů a 8 padů. Všechny kontrolery jsou samozřejmě plně programovatelné.

4.5.2 Výběr poslechových monitorů

Pro monitoring audio signálů autor pořídil aktivní pár reproduktorů ADAM A7X. Reprodukory jsou dvoupásmové. Dolní pásmo je reprodukováno sedmipalcovým woofery, který je buzen výkonovým zesilovačem o výkonu 100W RMS. Horní pásmo je reprodukováno pomocí páskového tweeteru který je napájen 50W RMS výkonovým zesilovačem. Elektronická výhybka je nastavena na 2500 Hz. Hladina akustického tlaku při vybuzení reproduktoru sinusovým signálem o frekvenci 100 Hz až 3 kHz je 106 dB. Frekvenční charakteristika je výrobcem udávána od 42 Hz až 50 kHz, nicméně ze specifikací není zřejmé s jakou tolerancí je frekvenční pásmo udáváno.

Tyto konkrétní poslechové monitory autor vybral na základě následujících faktů:

Každý reprobox má na předním panelu tlačítko pro zapnutí reproduktoru a otočné ovládání pro ztlumení/zesílení zvuku s rozsahem od $-\infty$, do +14 dB.

Bassreflexové otvory jsou umístěny na předním panelu. Tento fakt je velmi důležitý, neboť reproboxy budou umístěny blízko stěny. Otvory umístěné na zadním panelu by v tomto případě mohly přinést nepříjemné problémy akustického rázu.

Poslechové monitory mají v mnoha recenzích velmi pozitivní hodnocení.

4.5.3 Výběr mikrofonu

Funkci hlavního studiového mikrofonu bude plnit kondenzátorový mikrofon AKG P120. Základní parametry mikrofonu jsou následující: Citlivost 18 mV/Pa, frekvenční rozsah je od 20 Hz až po 20 000 Hz s poklesem o 10 dB na frekvenci 50 Hz. Hladina šumu je 22dB (A). Maximální akustický tlak který je mikrofon schopen zpracovat při zkreslení 0,5% je 130 dB, nicméně ve specifikacích není uvedeno při jakém frekvenčním rozsahu je tato hodnota naměřena. Odstup signálu od šumu (s A filtrem) je pro zvuk o hladině akustického tlaku Pa=1 (94dB) 72 dB.

Aktuální cena vybraného mikrofonu se pohybuje kolem 2200 Kč. Jedná se tedy o jeden z nejlevnějších kondenzátorových mikrofonů.

Jelikož autor nekladl příliš velký nárok na kvalitu mikrofonu, byla hlavním důvodem při výběru mikrofonu především nízká cena.

4.5.4 Výběr audio kabelů

Dalším důležitým prvkem jsou audiokabely propojující jednotlivé audio přístroje. Pro zapojení poslechových monitorů se zvukovou kartou, autor vybíral tří- žilové audio kabely, pomocí kterých je možné přístroje mezi sebou propojit symetricky a zamezit tak případnému nežádoucímu rušení, které by mohlo negativně ovlivnit kvalitu vedeného audio signálu. Autor vybral konkrétně 2 audio kabely o velikosti 1,5m s konektory XLR a TRS 6,3mm. Pro zapojení kondenzátorového mikrofonu ke zvukové kartě, autor použil tři žilový audiokabel o velikosti 1m s konektory XLR a XLR

4.6 Pořizovací cena sestavy

Celková pořizovací cena navrhované sestavy je shrnuta v následující tabulce:

Tabulka č.: 2 Celková pořizovací cena sestavy

Hardware osobního počítače	38 830 Kč
CPU	5 200 Kč
operační paměť	2 299 Kč
SSD	4 390 Kč
HDD	1 673 Kč
základní deska	2 519 Kč
CPU chladič	1 451 Kč
audio rozhraní	10 900 Kč
LCD monitor	6 199 Kč
PC skříň	2 300 Kč
napájecí zdroj	1 143 Kč
DVD mechanika	456 Kč
myš	150 Kč
klávesnice	150 Kč
Software	9 450 Kč
OS Win 7 OEM	2 400 Kč
FL Studio	7 050 Kč
Studiové vybavení	33 920 Kč
MIDI master keyboard	7 800 Kč
poslechové monitory	23 000 Kč
mikrofon	2 200 Kč
audio kabely	920 Kč
Celková suma	82 200 Kč

Pozn.: Ceny jsou uvedeny s DPH

Zdroj: Autor

Cena za sestavu je kompletní. V časovém horizontu dvou let bude pravděpodobně proveden upgrade za modernější procesor. S tím je spojena i výměna základní desky a pravděpodobně i operační paměti typu DDR4. Cena za upgrade se bude pohybovat přibližně na úrovni 10 000 Kč s DPH.

4.7 Instalace

Při kompletaci počítače autor dbal především na zajištění optimální cirkulace vzduchu uvnitř počítačové skříně. Kably pro napájení základní desky (ATX) a procesoru (CPU 4pin) jsou vedeny v prostoru mezi nosnou deskou (Tray) pro základní desku počítače a boční stěnou skříně. Hlavní napájecí kably tedy nezasahují do prostoru pro komponenty.

Před instalací operačního systému autor v BIOSu aktivoval AHCI režim pro SATA zařízení a deaktivoval integrovaný zvukový kodek. Dále vyhradil 512MB paměťový prostor z operační paměti pro grafický čip integrovaný v procesoru. Ostatní parametry zůstaly beze změny.

Operační systém Windows 7 Home Premium byl nainstalován na SSD Crucial. Windows 7 při instalaci vyhrazení 100MB diskový oddíl pro systémové soubory. Tento fakt byl respektován. Pro instalaci samotného systému byl ve zbývajícím prostoru disku vytvořen 1 oddíl, do kterého byl systém následně nainstalován.

Z oficiálních stránek společnosti Gigabyte byly staženy aktuální ovladače pro základní desku a její komponenty (USB 3.0 řadič, VGA ovladač, atd). Poslední verze ovladačů a PatchMix softwaru byly staženy i pro zvukovou kartu E-MU1616m.

Autor provedl kontrolu, zde je funkce TRIM aktivní. Do příkazového řádku zadal příkaz:

„fsutil behavior query disabledeletenotify“

Pokud je funkce TRIM aktivní, výstupem příkazu bude hodnota 0. Kontrola byla úspěšná, TRIM je aktivní. Dále byly na systémovém disku deaktivovány automatické defragmentace.

Poslechové monitory byly na desku stolu umístěny takovým způsobem, aby byla hlava ve vodorovné úrovni mezi středovým a výškovým reproduktorem a zároveň aby z půdorysu společně s hlavou posluchače tvořily rovnostranný trojúhelník.

Nakonec byla nainstalována poslední verze aplikace FL Studio 11.04

4.8 Měření

V rámci praktické části diplomové práce se autor zaměřil především na testování výpočetního výkonu navržené počítačové sestavy a testování kvality výstupních obvodů zvolené zvukové karty.

Testován bude především výkon procesoru a operačních pamětí, které mají naprosto klíčový dopad na výkon počítačové sestavy jako celku. Nemá tedy příliš velký význam se zaměřovat na testování jiných částí systému, jako je například rychlost grafického čipu, či pevného disku.

Měření výkonu bude realizováno pomocí syntetických a praktických testů. Smyslem testů je změřit výkon procesoru a operačních pamětí při základním nastavení přímo od výrobce a po jejich přetaktování. Měření bude probíhat pro více různých nastavení systému, které se budou od sebe lišit pracovní frekvencí procesoru, frekvencí operačních pamětí a jejich časováním.

Prvním krokem je provedení hrubé analýzy závislosti teploty procesoru na jeho pracovní frekvenci. Pomocí monitorovacího modulu Systém stability test programu AIDA64 bylo provedeno měření teploty procesoru. Modul dokáže zatížit všechna procesorová jádra na 100%. Při taktu procesoru 4,4GHz byla teplota jader okolo 82 stupňů celsia. Monitorovací nástroj ale nemusí být 100% efektivní při vytížení procesorových jader. Bylo by teoreticky možné zatížit jádra ještě více a teplota procesoru může ještě více stoupnout. Z bezpečnostních důvodů bude frekvence procesoru 4,4GHz maximální.

Počítačová sestava bude nastavena do 5 konfigurací, které budou detailněji měřeny z hlediska výpočetního výkonu, spotřeby celé sestavy a teploty CPU.

Parametry první konfigurace (v tabulkách a grafech označovaná jako: Standart) jsou následující:

Systém je ve svém základním nastavení. Frekvence procesoru je tedy 3,3 GHz. Funkce Turbo boost 2.0 je nastavena následovně: při vytížení pouze jednoho jádra se frekvence procesoru automaticky nastaví na 3,7 GHz, při vytížení 2 jader na 3,6GHz, při vytížení 3 jader na 3,5GHz a při vytížení všech jader na 3,4GHz. Parametry operační paměti jsou při

základním nastavení následovně: frekvence paměti je 800MHz (1600) při časování 9 9 9 24 CR1.

Parametry druhé konfigurace (označovaná jako: 4GHz) jsou následovně: Procesor je přetaktován (zvýšením násobiče na 40x) na 4GHz (navýšení o 21%). Funkce Turbo boost 2.0 je zcela vypnutá, frekvence procesoru je tedy fixní. Parametry operačních pamětí jsou stejné jako v základním nastavení.

Parametry třetí konfigurace (označované jako: 4,3GHz) jsou následovně: Procesor je přetaktován (zvýšením násobiče na 43x) na 4,3GHz (navýšení o 30%). Funkce Turbo boost 2.0 je zcela vypnutá, frekvence procesoru je tedy fixní. Parametry operačních pamětí jsou stejné jako v základním nastavení.

Parametry čtvrté konfigurace (označované jako: 4,4GHz) jsou následovně: Procesor je přetaktován (zvýšením násobiče na 44x) na 4,4GHz (navýšení o 33%). Funkce Turbo boost 2.0 je zcela vypnutá, frekvence procesoru je tedy fixní. Parametry operačních pamětí jsou stejné jako v základním nastavení.

Parametry poslední konfigurace (označované jako: 4,4GHz RAM) jsou následující: Procesor je přetaktován (zvýšením násobiče na 44x) na 4,4GHz (navýšení o 33%). Funkce Turbo boost 2.0 je zcela vypnutá, frekvence procesoru je tedy fixní. Frekvence operační paměti je zvýšena na 932MHz (navýšení o 16,75%) při časování 9 11 11 28 CR2.

4.8.1 Teplota procesoru

S vyšší pracovní frekvencí procesoru roste nejenom výkon, ale také spotřeba a teplota. Pomocí monitorovacího modulu Systém stability test programu AIDA64 bylo provedeno měření teploty procesoru. Teplota procesoru je měřena vždy při plném vytížení CPU, cache, FPU a operační paměti. Jak již bylo uvedeno, je použit chladič Noctua s jedním ventilátorem, jehož rychlost otáčení je 930RPM. Výsledky testu jsou v tabulce níže:

Tabulka č.: 3 Teplota CPU

jádro	1	2	3	4	průměr	zvýšení %
standart	49,2	51,4	49,7	50	50,075	
4GHz	58,8	64	61,3	61,1	61,3	22,4164
4,3GHz	59,8	65,5	62,2	61,3	62,2	24,2137
4,4GHz	73,6	80	80,2	78,8	78,15	56,0659
4,4GHz RAM	73,6	80	80,2	78,8	78,15	56,0659

Pozn.:¹⁾ Hodnoty teplot jsou zprůměrované a jsou uvedeny ve stupních celsia

Pozn.:²⁾ Sloupce 1,2,3 a 4 znázorňují jednotlivá procesorová jádra.

Zdroj: Autor

Například při nejvyšším taktu procesoru byla na 3. Jádro procesoru naměřena maximální teplota 84 stupňů celsia. Procesor byl při této frekvenci v rámci testování plně funkční. Nicméně především v letních měsících může teplota ještě o několik stupňů stoupnout. Integrovaný grafický čip není během testů zatěžován. Při jeho vytížení na 100% je nutné počítat s vyšší teplotou procesoru. Je tedy vhodné zvýšit otáčky ventilátoru, instalovat druhý ventilátor nebo snížit takt procesoru. Nejzajímavějším poznatkem je především velmi vysoký rozdíl teplot mezi procesorem na frekvenci 4,3GHz a 4,4GHz. Jediným vysvětlením je, že při frekvenci 4,3GHz procesor pracuje při nižším napětí než na frekvenci 4,4GHz. Rozdíl je: 1,320V a 1,452V. Rozdíl v teplotě je ale významný.

V následující tabulce jsou uvedeny teploty jader procesoru na frekvenci 4,4GHz s jedním ventilátorem na 1045RPM, 1300RPM a se dvěma ventilátory na 1300RPM.

Tabulka č.: 4 Teploty CPU při 4,4GHz

jádro	1	2	3	4	průměr	zvýšení %
1045	71,9	78,1	77,8	76,1	75,975	51,7224
1300	71,3	77,3	76,4	74,8	74,95	49,6755
2x 1300	69,3	75,1	76,1	72,3	73,2	46,1807

Pozn.:1) Hodnoty teplot jsou zprůměrované a jsou uvedeny ve stupních celsia

Pozn.:2) Sloupce 1,2,3 a 4 znázorňují jednotlivá procesorová jádra.

Zdroj: Autor

Ve všech případech byla minimálně na dvou jádrech naměřena teplota přesahující 80 stupňů celsia. Frekvence 4,4 je tedy pro chladič Noctua NH-U12P hraniční a je potřeba teplotu hlídat. Hladina akustického tlaku byla po osazení chladiče dvěma ventilátory subjektivně velmi vysoká. Z tohoto pohledu je to nevyhovující řešení. Rozdíl v hladině akustického tlaku mezi jedním ventilátorem s 930RPM a dvěma s 1300RPM by měl být zhruba 13dB(A).

Bylo provedeno orientační měření procesoru na frekvenci 4,4GHz i s plným vytížením integrovaného grafického čipu. Teplota byla vyšší v průměru o 1°C.

4.8.2 Syntetické testy

Jelikož program AIDA64 nabízí rozsáhlou databázi výsledků testů i jiných počítačových sestav, nabízí se tedy možnost přímého porovnání.

U každého syntetického testu zaměřeného na výkon procesoru budou tedy v posledním řádku tabulky, uvedeny pro porovnání, výsledky „fiktivní“ sestavy s moderním procesorem Intel Core i7 4770 s pracovní frekvencí 3,4GHz s technologií HT a dvoukanalový paměťovým řadičem, operační paměť DDR3 1600 (800MHz) s časováním 9 9 9 27 CR2 a základní deskou s čipsetem Z87 Int. Příslušný řádek bude v tabulkách označen výrazem „i7 4770 HT“

Syntetické testy byly realizovány pomocí vestavěných testovacích rutin (benchmarků) diagnostického programu AIDA 64 Extreme veze 4.20.

Testy jsou zaměřeny pouze na měření výkonu procesoru a operačních paměti. Pro testování operační paměti a cache paměti procesoru autor využil benchmark "AIDA64 Cache and Memory Benchmark". Pro testování výkonu procesoru autor využil všech dostupných benchmarků. AIDA 64 jich nabízí celkem 9.

4.8.2.1 Paměťový test

Test byl proveden pomocí benchmarku AIDA64 Cache and Memory Benchmark, který měří maximální datovou propustnost a latenci při čtení, zápisu a kopírování z Cache, respektive z operační paměti. Latence v tomto případě vyjadřuje časovou prodlevu, kdy procesor čte data z paměti. Jinými slovy, je to časový interval, který uplyne od zadání požadavku na čtení až do uložení požadované informace v registru procesoru. Výsledky testu jsou následující:

Tabulka č.: 5 Test operační paměti

Memory	Read	Zlepšení	Write	Zlepšení	Copy	Zlepšení	Latency	Zlepšení
	MB/s	%	MB/s	%	MB/s	%	ns	%
Standart	22850		24172		22750		59,9	
4GHz	23002	0,7	24267	0,4	22877	0,6	58,5	2,3
4,3GHz	23060	0,9	24280	0,4	22909	0,7	57,6	3,8
4,4GHz	23110	1,1	24358	0,8	22934	0,8	57,4	4,2
4,4GHz RAM	26367	15,4	28120	16,3	26485	16,4	54,8	8,5

Zdroj: Autor

Největší změny nastaly až po přetaktování operačních pamětí. Navýšení oproti standartní frekvenci operační paměti je přibližně 14%. Nicméně i přetaktování samotného procesoru má určitý vliv, leč zanedbatelný. Jedná se o předpokládaný stav, protože takt operačních pamětí se navýšil o 16,75% a tím zhruba stejně stoupl i jejich výkon.

Tabulka č.: 6 Test cache L1

L1	Read	Zlepšení	Write	Zlepšení	Copy	Zlepšení	Latency	Zlepšení
	GB/s	%	GB/s	%	GB/s	%	ns	%
Standart	424,6		212,52		424,62		1,1	
4GHz	499,5	17,6	250,01	17,6	499,53	17,6	1	9,1
4,3GHz	537	26,5	268,74	26,5	536,98	26,5	0,9	18,2
4,4GHz	549,4	29,4	275,01	29,4	549,5	29,4	0,9	18,2
4,4GHz RAM	549,5	29,4	275,01	29,4	549,5	29,4	0,9	18,2

Zdroj: Autor

Datová propustnost L1 Cache se zvyšuje přibližně o podobnou hodnotu, jako se zvyšuje pracovní frekvence procesoru. Naopak zvýšení taktu operační paměti nemá na datovou propustnost paměti L1 Cache žádný vliv.

Tabulka č.: 7 Test cache L2

L2	Read	Zlepšení	Write	Zlepšení	Copy	Zlepšení	Latency	Zlepšení
	GB/s	%	GB/s	%	GB/s	%	ns	%
Standart	223,8		129,07		197,72		3,4	
4GHz	262,4	17,3	151,82	17,6	229,54	16,1	3	11,8
4,3GHz	284,7	27,3	163,16	26,4	248,73	25,8	2,8	17,6
4,4GHz	291,6	30,3	166,85	29,3	254,75	28,8	2,9	14,7
4,4GHz RAM	291,9	30,5	166,07	28,7	256,23	29,6	2,8	17,6

Zdroj: Autor

L2 Cache se chová de facto stejně jako L1 Cache.

Tabulka č.: 8 Test cache L3

L3	Read	Zlepšení	Write	Zlepšení	Copy	Zlepšení	Latency	Zlepšení
	GB/s	%	GB/s	%	GB/s	%	ns	%
Standart	167,4		126,22		134,83		9,7	
4GHz	185,3	10,7	148,63	17,8	158,67	17,7	8,7	10,3
4,3GHz	197,2	17,8	159,82	26,6	170,62	26,5	8,1	16,5
4,4GHz	217,4	29,9	163,44	29,5	174,3	29,3	8,2	15,5
4,4GHz RAM	216,7	29,5	163,58	29,6	174,56	29,5	8	17,5

Zdroj: Autor

Stejná situace jako u L1 a L2 Cache. Vyšší úroveň Cache paměti má vždy menší datovou propustnost. Celkově lze tedy říci, že v testech datové propustnosti operační paměti a paměti Cache nejsou žádné překvapivé závěry. Datová propustnost operační paměti roste úměrně s jejich frekvencí. Naproti tomu datová propustnost Cache paměti roste úměrně s pracovní frekvencí procesoru.

4.8.2.2 Testy Procesoru

Dalším krokem syntetických testů, jsou testy zaměřené na výkon procesoru. Prvním testem je CPU queen Benchmark

Tento jednoduchý test je zaměřen na schopnost procesoru správně predikovat větvení kódu (branch prediction). Test je založen na výpočtu řešení "problému královen" na šachovnici o velikosti 10x10 polí. Výhodu zde mají procesory s kratší instrukční pipeline a

s tím spojené menší znevýhodnění v případě nesprávné predikce větvení. Test využívá instrukce MMX, SSE2 a SSE3

Tabulka č.: 9 CPU Queen benchmark

	body	Zlepšení %
standart	32250	
4GHz	37924	17,6
4,3GHz	40807	26,5
4,4GHz	41619	29,1
4,4GHz RAM	41712	29,3
i7 4770 HT	47291	46,6388

Zdroj: Autor

Pokud porovnáme výkon v základním nastavení obou procesorů, je zde rozdíl 46% ve prospěch i7 4770 a to je poměrně už velký odstup. Po přetaktování i5 na 4,4 GHz se rozdíl sníží na 16%. Pro dorovnání výkonu i7 4770 by bylo potřeba i5 přetaktovat až na 5GHz. Procesory řady Haswell mají vylepšen Branch predictor[23], pravděpodobně proto je jejich výkon v tomto testu tak vysoký.

Druhým testem je CPU PhotoWorxx Benchmark, který je zaměřen na běžné operace s digitálními fotkami. Test využívá instrukce kategorie SIMD, zároveň zatěže i paměťový subsystém. Výhodu zde mají systémy s více procesory, jádry nebo technologií hyperthreading.

Tabulka č.: 10 CPU PhotoWorxx Benchmark

	Mpixel/s	Zlepšení %
standart	13713	
4GHz	14431	5,2
4,3GHz	14760	7,6
4,4GHz	14868	8,4
4,4GHz RAM	15790	15,1
i7	14001	2,1002

Zdroj: Autor

I když procesor i7 4770 HT dokáže na rozdíl od i5 2500K zpracovávat paralelně 8 vláken, není jeho výsledek zdaleka tak přesvědčivý. Rozdíl je pouze 2,1%. Po přetaktování procesoru i5 na 4,4GHz je výsledek o 15% lepší než při základním nastavení.

Třetím testem je CPU Zlib Benchmark, který je zaměřen na kompresi dat pomocí Zlib kompresní knihovny. Pro test je důležitý i výkon paměťového subsystému. V průběhu testu

jsou použity pouze základní x86 instrukce. Výhodu zde mají systémy s více procesory, jádry nebo technologií hyperthreading.

Tabulka č.: 11 CPU Zlib Benchmark

	MB/s	Zlepšení %
standart	209,4	
4GHz	246,8	17,9
4,3GHz	265,1	26,6
4,4GHz	271,3	29,6
4,4GHz RAM	271,4	29,6
i7	320	52,8

Zdroj: Autor

V základním nastavení je Procesor i7 o 50% výkonnější než procesor i5. Pro dorovnání výkonu i7 4770 by bylo potřeba i5 přetaktovat přibližně na 5GHz.

Dalším testem je CPU AES Benchmark, který měří výkon při šifrování dat pomocí AES šifry. Výhodu zde mají systémy s více procesory, jádry nebo technologií hyperthreading.

Tabulka č.: 12 CPU AES Benchmark

	MB/s	Zlepšení %
standart	11764	
4GHz	13825	17,5
4,3GHz	14884	26,5
4,4GHz	15232	29,5
4,4GHz RAM	15227	29,4
i7	16800	42,8086

Zdroj: Autor

Výkon procesoru i5 roste úměrně s frekvencí. Nicméně Procesor i7 je v základním nastavení přibližně o 43% výkonnější. Test je velmi specifický, výkon procesoru by se měl také projevit v komprimačních programech typu WinRAR, 7z či WinZip. Pro dorovnání výkonu i7 4770 by bylo potřeba i5 přetaktovat přibližně na 5GHz.

Další test je CPU Hash benchmark, který je zaměřen na hašování pomocí SHA1 hašovacího algoritmu. Je optimalizován pro procesory s instrukční sadou MMX, MMX+/SSE, SSE2, SSSE3, AVX, AVX2, XOP, BMI, a BMI2

Tabulka č.: 13 CPU Hash benchmark

	MB/s	Zlepšení %
standart	2391	
4GHz	2817	17,8
4,3GHz	3028	26,6
4,4GHz	3098	29,6
4,4GHz RAM	3098	29,6
i7	3786	58,3438

Zdroj: Autor

Více méně se opakuje již běžná situace. V základním nastavení je výkon i7 přibližně o 58% vyšší než výkon i5.

Zbývající 4 testy jsou zaměřeny na výkon jednotky pro výpočty v plovoucí řadové čárce. Prvním testem této kategorie je FPU VP8 Benchmark, který je zaměřen na kompresi videa pomocí Google VP8 kodeku (verze 1.1.0). FPU VP8 test kóduje video o rozlišení 1280x720 pixelů při 8192 kbps bitrate na nejvyšší kvalitu nastavení. Obsah videa je generován pomocí FPU Julia fractal modulu. V testu se především využívá MMX, SSE2, SSSE3 nebo SSE4.1 instrukce. Výhodu zde mají systémy s více procesory, jádry nebo technologií hyperthreading.

Tabulka č.: 14 FPU VP8 Benchmark

	body	Zlepšení%
standart	5783	
4GHz	6687	15,6
4,3GHz	7028	21,5
4,4GHz	7214	24,7
4,4GHz RAM	7231	25,0
i7	6391	10,5136

Zdroj: Autor

První test zaměřený na výkon FPU vyznívá pro i5 velmi pozitivně, neboť v základním nastavení ztrácí na i7 pouze 10%. Po přetaktování o 33% na frekvenci 4,4GHz vzrostl výkon o 25%.

Dalším testem je FPU Julia Benchmark, který je zaměřen na výpočet fraktálů pomocí 32-bitových čísel v plovoucí řadové čárce (single precision). Test využívá instrukce: x87, 3DNow!, 3DNow!+, SSE, AVX, AVX2, FMA, a FMA4. Výhodu zde mají systémy s více procesory, jádry nebo technologií hyperthreading.

Tabulka č.: 15 FPU Julia Benchmark

	body	Zlepšení %
standart	16759	
4GHz	19723	17,7
4,3GHz	21200	26,5
4,4GHz	21679	29,4
4,4GHz RAM	21698	29,5
i7	26953	60,827

Zdroj: Autor

Pravděpodobně absence technologie Hyperthreading, instrukcí AVX2 a FMA v procesoru i5 2500K odpovídají za jeho nízký výkon, který výrazně ztrácí na i7 4770 HT jehož výkon je o 60% vyšší.

Další test je FPU Mandel Benchmark. Stejně jako FPU Julia Benchmark je i Mandel Benchmark zaměřen na výpočet fraktálů. Tentokrát se ale výpočet realizuje pomocí 64-bitových čísel v plovoucí řadové čárce. Test využívá instrukce: x87, SSE2, AVX, AVX2, FMA, a FMA4. Výhodu zde mají systémy s více procesory, jádry nebo technologií hyperthreading.

Tabulka č.: 16 FPU Mandel Benchmark

	body	Zlepšení %
standart	9302	
4GHz	10924	17,4
4,3GHz	11767	26,5
4,4GHz	12039	29,4
4,4GHz RAM	12040	29,4
i7	14429	55,1172

Zdroj: Autor

Zde platí stejná situace jako v předchozím případě.

Posledním testem je FPU SinJulia Benchmark, který je znovu zaměřen na výpočet fraktálů. Výpočet probíhá v 80 bitových číslech v plovoucí řadové čárce. Využívají se zde

především exponenciální a trigonometrické funkce x87 instrukční sady. Výhodu zde mají systémy s více procesory, jádry nebo technologií hyperthreading.

Tabulka č.: 17 FPU SinJulia Benchmark

	body	Zlepšení %
standart	3007	
4GHz	3539	17,7
4,3GHz	3805	26,5
4,4GHz	3894	29,5
4,4GHz RAM	3894	29,5
i7	4716	56,8

Zdroj: Autor

Znovu nastává stejná situace jako v předchozích dvou případech.

Pokud shrneme výsledky všech syntetických testů, můžeme dojít k následujícím závěrům: Po přetaktování procesoru i5 2500K o 33% na frekvenci 4,4GHz, vzroste v naprosté většině testů výkon o 29% (kromě benchmarku PhotoWorxx). To je velmi pozitivní zpráva, neboť procesory řady Sandy Bridge jdou obecně velmi dobře taktovat [23] a je tedy určitá šance úspěšně procesor přetaktovat až na frekvenci 5GHz. Je ale nutné použít adekvátní chlazení, protože vybraný chladič Nocuta je v tomto případě nedostačující.

Pokud porovnáme výkon moderního procesoru i7 4770 s procesorem i5 2500K je mezi nimi rozdíl v základním nastavení přibližně 42%. Důvody jsou především v absenci technologie Hyperthreading, některých instrukčních sad a celkově starší méně efektivní architektuře čipu. Procesor i5 2500K na frekvenci 4,4GHz zaostává za i7 4770 na základních taktech o 12%. Rozdíl není příliš velký. Nicméně ve spotřebě elektrické energie a teplotě CPU, bude rozdíl pravděpodobně velmi značný.

4.8.3 Praktické testy

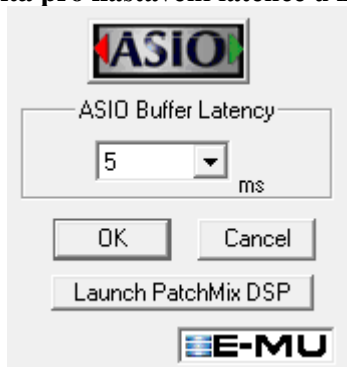
Podrobné výsledky syntetických testů nemusí být vždy vypovídající, mnohdy jsou naměřené hodnoty v praxi neznatelné či úplně nepodstatné. Vhodné je tedy přistoupit na praktické testy, které mnohem lépe vypovídají o skutečném výkonu procesoru či počítačové sestavy jako celku.

Smyslem praktického testu bude zjistit kolik hlasů (respektive tónů) dokáže syntezátor generovat při různých hodnotách výstupní latence, aniž by systém vyčerpal dostupný výpočetní výkon.

Latenci lze v ovladači audio rozhraní přímo měnit, buď ve formě nastavení velikosti bufferu, který poté určuje velikost zpoždění (latence) anebo přímo ve formě volby doby zpoždění, která poté určuje velikost bufferu. Velikost bufferu je udávána ve vzorcích (samplech). Latence bufferu je rovna poměru mezi velikostí bufferu a vzorkovací frekvencí.

Na obrázku č. X je vidět komponenta určená pro nastavení latence v ASIO ovladači zvukové karty E-MU 1616m

Obrázek č.: 18 Komponenta pro nastavení latence u zvukové karty E-MU1616m



Pozn.: ¹⁾ Latence bufferu je ilustrativně nastavena na 5ms

Pozn.: ²⁾ Jedná se o ASIO ovladač přímo určený pro zvukové karty E-MU.

Zdroj: Autor

Pro testování latence bude použit softwarový syntezátor Sytrus v aplikaci FL Studio. Sytrus je hybridní syntezátor používající subtraktivní, aditivní a FM syntézu s šesti nezávislými operátory. Jedná se tedy o velice komplexní a zároveň univerzální syntezátor s širokými možnostmi využití.

V operačním systému Windows 7 dokáže jedna instance syntezátoru Sytrus využít pouze jedno procesorové jádro. Pro maximální efektivitu v rámci testování je tedy vhodné pracovat s minimálně čtyřmi instancemi.

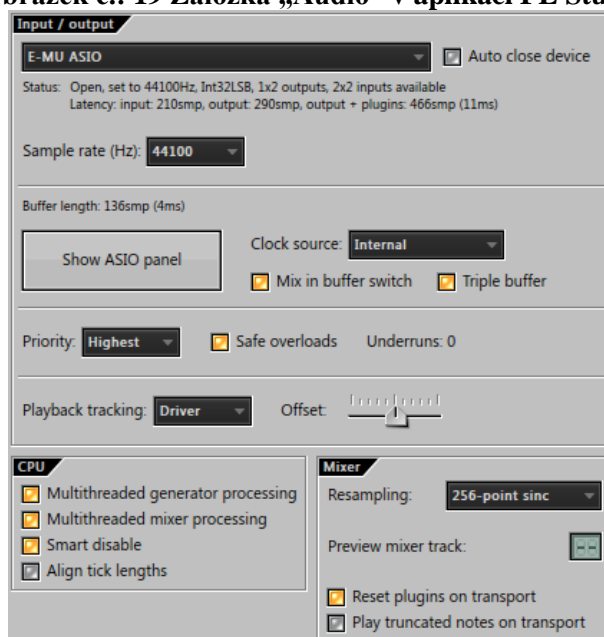
Důvody pro výběr syntezátoru Sytrus jsou následující:

Na oficiálních stránkách Image-Line je tento syntezátor uveden na prvním místě z hlediska oblíbenosti.

Požizovací cena Syntezátoru Sytrus jako samostatného pluginu je 129 Euro. Tento syntezátor je s výrazně redukovanou cenou (47 Euro) součástí nejvyšší edice programu FL Studio. Z tohoto úhlu pohledu se jedná o výjimečný produkt.

Po spuštění aplikace FL studio je nutné otevřít záložku *Audio* a provést zde nutné změny v nastavení.

Obrázek č.: 19 Záložka „Audio“ v aplikaci FL Studio



Zdroj: Autor

Je vybrána zvuková karta E-MU 1616m s dodávaným ASIO ovladačem. Audio engine bude nastaven na vzorkovací frekvenci 44 100Hz. Je zaškrtnuta volba Mix in buffer switch, která dovoluje mixovat zvuk ve výstupním bufferu. Díky této možnosti je možné dosáhnout nižších latencí. Je zaškrtnuta volba „Triple buffer“, která zařadí na výstup další buffer, pomocí něhož se zvýší výstupní latence de facto na dvojnásobek (vstupní latence

zůstane beze změny). Nicméně i tak je možné u některých zvukových karet dosáhnout celkově lepší latence. Dále je zaškrtnuta volba Safe overloads, která vždy rezervuje minimálně potřebný výpočetní výkon pro bezproblémový běh uživatelského rozhraní. Pokud by tato volba nebyla zaškrtnutá, může se stát, že program při generování zvuku na hranici maximálního využití výpočetní kapacity procesoru, zamrzne. Dále jsou zaškrtnuty všechny potřebné volby pro více vláknový běh programu.

Praktický test bude probíhat následujícím způsobem: V MIDI editoru (součást FL Studia) bude vytvořen 13 vteřinový pattern (vzor) s 48 paralelními tóny. Každý tento vzor je přiřazen jedné instanci syntezátoru Sytrus, který na jeho základě bude generovat zvuk. Testování bude probíhat při výstupní latenci na hodnotách 5, 9, 19 a 200 milisekund. Po spuštění testu se budou postupně přidávat nové instance syntezátoru s 48 tóny, dokud se nevyčerpá dostupný výpočetní výkon projevující se praskáním zvuku. Pokud nastane situace, kdy systém ještě nabízí určitý výpočetní výkon, ale po přidání další instance syntezátoru se již výkon vyčerpá, budou z příslušného patternu posledně přidané instance postupně odebírány tóny, dokud praskání zvuku neustane. Pokud nenastane po třetím opakování třináctivteřinové smyčky vyčerpání výkonu a s tím spojené praskání zvuku, bude pokus uznán úspěšným. Celý tento proces se bude poté opakovat pro ostatní hodnoty výstupní latence.

Každá instance syntezátoru Sytrus bude generovat základní zvuk ve tvaru sinusoidy, jedná se o nastavení (preset) default. Každá instance syntezátoru bude provádět 64 násobný oversampling. Latence syntezátoru byla v tomto nastavení vždy 1ms. Pokud je nastavena velikost výstupní latence například na hodnotu 4ms, je celková výstupní latence 5 ms. Výsledky testu jsou následující:

Tabulka č.: 18 Počet simultánně generovaných tónů

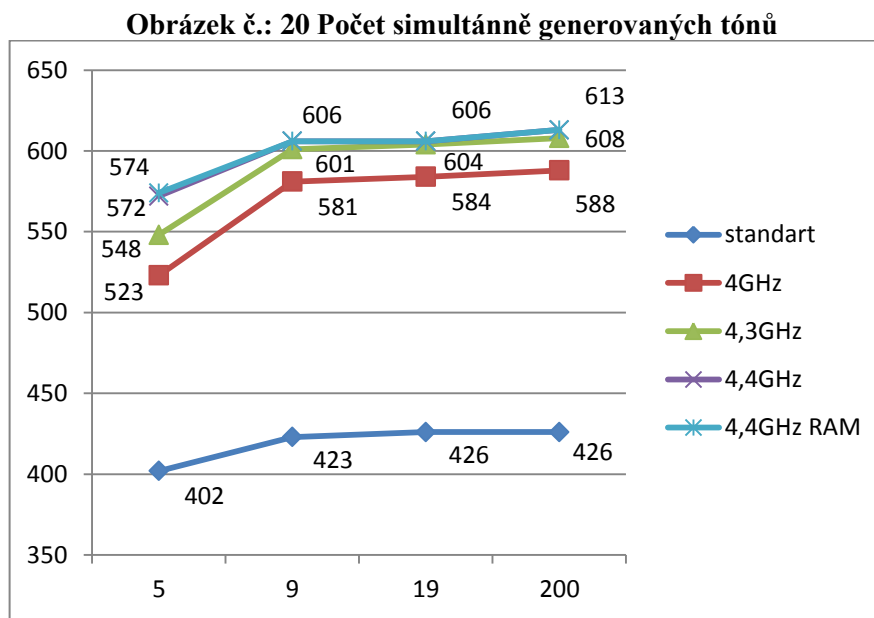
	5 ms	Zlepšení %	9 ms	Zlepšení %	19 ms	Zlepšení %	200 ms	Zlepšení %
standart	402		423		426		426	
4GHz	523	30,1	581	37,4	584	37,1	588	38,0
4,3GHz	548	36,3	601	42,1	604	41,8	608	42,7
4,4GHz	572	42,3	606	43,3	606	42,3	613	43,9
4,4GHz RAM	574	42,8	606	43,3	606	42,3	613	43,9

Pozn.:¹⁾ Ve sloupcích jsou uvedené jednotlivé latence systému, při kterých test probíhal a jejich procentuální zlepšení vůči konfiguraci standart

Zdroj: Autor

Po přetaktování procesoru o 33% na frekvenci 4,4GHz se ve všech nastaveních výstupní latence zvýšil výkon o přibližně 43%.

Pro lepší přehlednost jsou výsledky z tabulky převedeny do grafu, ve kterém jsou dobře viditelné výkonové rozestupy mezi jednotlivými konfiguracemi.



Pozn.:¹⁾ Na vertikální ose je uveden počet simultánně generovaných tónů

Pozn.:²⁾ Na horizontální ose jsou uvedeny nastavené hodnoty výstupní latence, při kterých test probíhal

Zdroj: Autor

Z grafu je dobře vidět především velký výkonový odstup mezi základní konfigurací a procesorem přetaktovaným na 4GHz. Nárůst výkonu při latenci 5 ms dosahuje 30%, při ostatních latencích až 37%. Naopak při dalším navýšení frekvence o 400MHz na 4,4GHz již výkon tolik nestoupne. Frekvence procesoru v rozmezí 4GHz až 4,3GHz může být z hlediska dlouhodobého provozu, kde je potřeba hledět na spotřebu a především na teplotu, optimální konfigurací.

Vyšší takt operační paměti nepřináší prakticky žádné navýšení výkonu systému.

Zajímavý je i výkonový průběh z pohledu nastavené výstupní latence. Mezi latencí 9 a 200ms nebyl z hlediska výkonu prakticky žádný rozdíl. Naopak nárůst zpoždění 191ms je markantní a latence kolem 200ms je použitelná maximálně pro kontrolní poslech. Další zvýšení latence tedy žádný výkon, respektive lepší optimalizaci výkonu, nepřinese.

Vytížení procesoru je možné kontrolovat pomocí CPU monitoring grafu přímo v aplikaci FL Studio, nebo ve správci úloh operačního systému Windows 7. Oba dva grafy měří vytížení ale odlišným způsobem. CPU monitoring v FL Studiu měří aktuální využití procesorového výkonu, který poskytuje Windows Scheduler přímo aplikaci FL Studio. Naopak monitoring ve správce úloh Windows, měří využití celkového výkonu, kterým procesor disponuje. Je tedy zcela běžné, že tyto dva grafy ukazují často odlišné hodnoty.

Využití procesoru dle CPU monitoring grafu aplikace FL Studio je následující:

Tabulka č.: 19 Vytížení procesoru – FL Studio

FL Studio	5 ms	9 ms	19 ms	200 ms
standart	87	98	99	99
4GHz	90	98	99	99
4,3GHz	88	99	99	99
4,4GHz	86	99	99	99
4,4GHz RAM	86	99	99	99

Pozn.: Ve sloupcích jsou uvedeny jednotlivé latence systému, při kterých test probíhal

Zdroj: Autor

Z tabulky jsou dobře vidět nižší hodnoty (10-14%) využití nabízeného procesorového výkonu při nastavené výstupní latenci na hodnotě 5ms. Ve všech ostatních případech bylo využití maximálně efektivní. Z těchto důvodů se zvýšil počet úspěšně generovaných hlasů při změně nastavení výstupní latence z hodnoty 5ms na 9ms. Naopak při zvýšení výstupní latence z hodnoty 9ms na hodnoty 19 nebo 200ms, se již počet úspěšně generovaných hlasů příliš nezměnil. Pokud je nabízený výkon procesoru maximálně využitý, tak zvýšení výstupní latence žádný výkon, respektive lepší optimalizaci výkonu, nepřinese. Graf vytížení ve správci úloh systému Windows zobrazoval tyto hodnoty:

Tabulka č.: 20 Vytížení procesoru – Správce úloh Windows

Windows	5 ms	9 ms	19 ms	200 ms
standart	74	78	80	74
4GHz	79	85	92	91
4,3GHz	80	87	87	91
4,4GHz	84	87	83	82
4,4GHz RAM	83	84	85	84

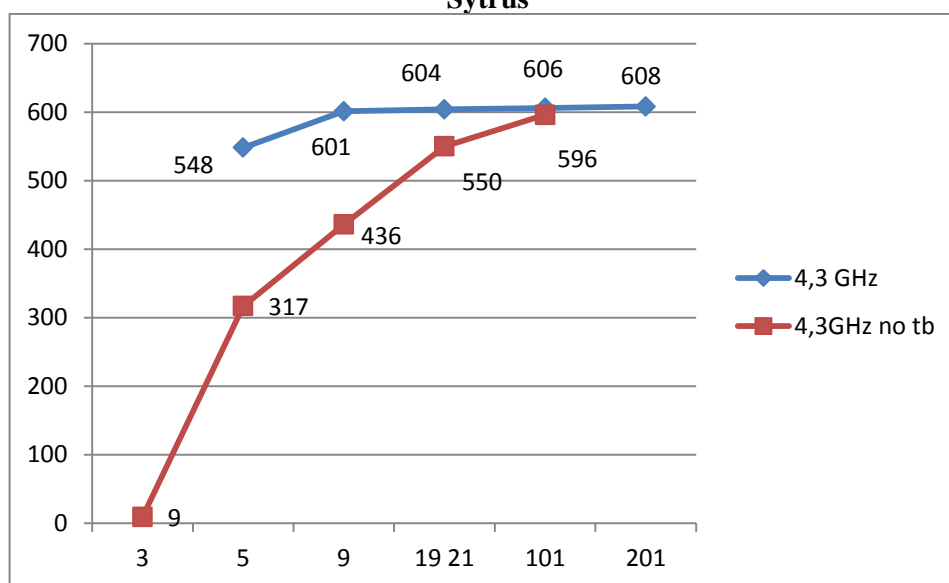
Pozn.: Ve sloupcích jsou jednotlivé latence systému, při kterých test probíhal

Zdroj: Autor

S vyšším taktem procesoru se zvyšovala i efektivita využití nabízeného výkonu. Nicméně i zde je prostor ke zlepšení, protože ve všech nastaveních je minimálně vždy 10% výkonu procesoru nevyužito.

Všechny praktické testy probíhají při aktivované funkci Triple Buffer, která u některých ASIO ovladačů přináší lepší výsledky z hlediska výkonu a latencí. Pomocí stávající testovací metodiky byl proveden test, který ukazuje výkonové rozdíly mezi systémem s aktivovanou, respektive deaktivovanou funkcí Triple Buffer.

Obrázek č.: 21 Funkce Triple Buffer a její podíl na výkonu systému při použití syntezátoru Sytrus



Pozn.: ¹⁾ Na vertikální ose je uveden počet simultánně generovaných tónů

Pozn.: ²⁾ konfigurace s aktivovanou volbou Triple Buffer je označena modrou barvou.

Pozn.: ³⁾ Na horizontální ose jsou uvedeny nastavené hodnoty výstupní latence, při kterých test probíhal

Zdroj: Autor

Testování probíhalo na frekvenci procesoru 4,3GHz. U Systému s deaktivovanou volbou triple buffer (v grafu znázorněn červenou barvou) nelze nastavit latenci bufferu větší než 100ms. Zároveň nelze u systému s aktivovanou volbou Triple Buffer nastavit hodnoty výstupní latence menší než 4ms. U systémů s deaktivovanou volbou Triple Buffer nelze nastavit přesně celkovou výstupní latenci na hodnotu 19ms, byla proto vybrána nejbližší dostupná hodnota 21ms. Z grafu je dobře vidět větší efektivita systému s aktivovanou volbou Triple Buffer. Nicméně výsledky platí pouze pro syntezátor Sytrus. Pro kontrolu byl proveden orientační test i pomocí syntezátoru Harmor, který je na oficiálních stránkách společnosti Image-line uveden na druhém místě z hlediska oblíbenosti za syntezátorem

Sytrus. Při celkové výstupní latenci 5ms byl rozdíl mezi systémem s aktivovanou a deaktivovanou volbou Triple Buffer přibližně 40%. Systém se s deaktivovanou volbou Triple Buffer dostal z hlediska využití výkonu na úroveň systému s aktivovanou volbou již při velikosti celkové výstupní latence 19ms. (na rozdíl od 101ms u syntezátoru Sytrus). Nicméně kolem hodnot 9ms celkové výstupní latence se vždy vyplatilo aktivovat volbu Triple Buffer, jelikož využití výkonu bylo vždy efektivnější. Je nutné mít na paměti, že v tomto případě se ale nelze dostat pod 4ms výstupní latence. Při monitorování zpěvu pomocí programu FL Studio za předpokladu použití tohoto konkrétního ASIO ovladače, bude tedy celková minimální latence 6ms (vstupní 2ms + výstupní 2x2ms).

4.9 Test kvality audio rozhraní

Testování kvality zvukové karty, respektive schopnosti věrné reprodukce, bude založeno na principu měření kvality výstupních obvodů vybrané zvukové karty pomocí vhodného měřicího přístroje.

V rámci diplomové práce bude provedeno měření pomocí vstupních obvodů vybrané zvukové karty. Celý test bude řízen pomocí programu Right Mark Audio Analyzer (RMAA). Tento typ testu nepřináší zcela přesné výsledky, neboť mohou být negativně ovlivněny především nekvalitními součástkami osazenými na vstupních obvodech měřicí zvukové karty. Pro výběr vhodné měřicí zvukové karty je proto nutné se zaměřit na profesionální zvukové karty určené pro hudební, nahrávací studia, kde se s určitou vyšší kvalitativní úrovní počítá.

Kvality výstupních obvodů zvukové karty E-MU 1616m budou měřeny pomocí vstupních obvodů karty samotné. Jedná se tedy o test, který lze poměrně jednoduše aplikovat bez nutnosti použití jiných měřicích přístrojů.

Další výhodou testu je také možnost odhalit různé druhy rušení, které jsou běžně pouze podle sluchu těžko odhalitelné a odstranitelné.

4.9.1 Program RMAA

Testování bude provedeno pomocí programu RightMark Audio Analyzer (RMAA) verze 6.3.0 ve verzi Free. RMAA je jednoúčelový program zaměřený na testování zvukové kvality digitálních a analogových obvodů zvukových karet, MP3/CD/DVD přehrávačů a ostatních audio zařízení. Program pracuje na principu generování testovacích zvukových vzorků a jejich následné analýze pomocí rychlé Fourierovy transformace (FFT).

Program RMAA bude hodnotit následující parametry: Frekvenční charakteristika, hladina šumu, dynamický rozsah, celkové harmonické zkreslení, intermodulační zkreslení s hladinou šumu a přeslech kanálů.

Frekvenční charakteristika popisuje v jakém kmitočtovém pásmu a s jakou zvukovou intenzitou dokáže zvuková karta přenášet signál. Frekvenční charakteristika by měla být rovná bez výraznějších zvlnění. Program RMAA měří zvlnění v decibelech na kmitočtu 40 a 15000 Hz.[19]

Hladina šumu vyjadřuje poměr mezi užitečným signálem a rušivých napětím. Tento parametr ovlivňuje nejen rozlišení převodníků, ale také čistota napájení zvukové karty. Hodnota je udávána v záporných číslech v dBA a menší číslo značí lepší výsledek.[19]

Dynamický rozsah vyjadřuje poměr mezi nejnižším a nejvyšším zaznamenaným signálem. Jak již bylo uvedeno v příslušné kapitole, dynamický rozsah je omezen maximálním rozkmitem a šumem. Teoretické maximální hodnoty jsou dány rozlišením převodníků. Pro 16 bitový převod je to 96dB a pro 24 bitový převod až 144dB. Program RMAA měří pomocí signálu na frekvenci 997 Hz. Při -60 dBFS (Full scale – počet decibelů do maximálního možného rozkmitu). Udává se v kladných číslech, větší číslo vyjadřuje lepší výsledek.[19]

Harmonické zkreslení vzniká vinou nelinearity převodníků a zesilovačů. Vyjadřuje poměr mezi sumou všech vyšších harmonických signálů k základní harmonické. Hodnota je udávána v procentech a je měřena pomocí -3 dBFS signálu na frekvenci 1 kHz. Menší hodnoty znamenají menší zkreslení a tím lepší výsledek.[19]

Intermodulační zkreslení je měřeno pomocí dvou signálů na frekvenci 60 a 7000Hz při -5, respektive -17dBFS. Intermodulační zkreslení vznikne při vstupu alespoň dvou signálů (f_1 , f_2)

na nelineární prvek. Vzniknou různé kombinace těchto dvou signálů, například $f_1 + f_1$, $f_1 - f_2$, $f_1 + 2 \times f_2$, atd.[19]

Posledním parametrem je přeslech kanálů. V stereo signálu je obsažen signál pro levý pravý kanál. Vlivem konstrukce analogové části zvukových karet se ale tyto signály navzájem pronikají. Parametr nám tedy říká, jak dobře jsou tyto kanály mezi sebou odděleny. Hodnota se uvádí v decibelech.[19] Měření probíhá na frekvencích 100, 1000 a 10000 Hz.

4.9.2 Příprava testu

K testování byl použit program RMAA verze 6.3.0 ve volně stažitelné verzi. Jako vstupní a výstupní zařízení byla vybrána zvuková karta E-MU 161m s požitím ovladačů ASIO. Pomocí softwaru Patchmix DSP a propojovacích kabelů byla vytvořena smyčka, aby bylo možné monitorovat výstupní obvod zvukové karty. Vstupy a výstupy byly propojeny symetricky pomocí tří-žilových kabelů. Dále byla v programu RMAA zaškrtnuta volba pro analyzování šumu a zkruslení pouze ve slyšitelné části zvukového spektra. Nakonec byla ještě změněna barva pozadí výstupních grafů z černé na bílou.

Před samotným testem byla provedena kontrola signálové úrovně. Program RMAA neumožňuje testování při úrovni signálu menší než 4dBFS. Doporučená hladina signálu výrobcem programu RMAA je -1dBFS. U zvukové karty E-MU 1616m není nutné intenzitu signálu korigovat. Po vytvoření potřebných ASIO linek (nutných pro realizaci fyzického propojení vstupů a výstupů) v programu Patchmix DSP se signálová úroveň nastaví defaultně na hodnotu -0,6dBFS. S touto hodnotou signálové úrovně bylo tedy i provedeno testování.

4.9.3 Test

Testování kvality výstupních obvodů zvukové karty bude probíhat ve čtyřech režimech, které se od sebe liší rozlišením a vzorkovací frekvencí kodeku. Konkrétně se jedná o 4 režimy: 16-bit a 44,1kHz; 16-bit a 48 kHz; 24-bit a 96 kHz; 24-bit a 192 kHz; Orientačně byly provedeny i testy druhého a třetího audio výstupu pomocí druhého vstupu. Důvodem bylo především zjistit případné rušení, a zda kvalita použitých součástek na

všech vstupech a výstupech je stejná. Výsledky testu byly prakticky stejné. Následující tabulka (i grafy v příloze) platí tedy pro všechny kombinace linkových vstupů a výstupů.

Tabulka č.: 21 Výsledky testu kvality zvukové karty

Test	16- bit 44,1 kHz	16- bit 48 kHz	24- bit 96 kHz	24- bit 192 kHz
Frekvenční odezva (od 40 Hz do 15 kHz), dB:	+0.02, -0.12	+0.02, -0.11	+0.02, -0.09	+0.02, -0.08
Hladina šumu, dB (A):	-96.6	-97.0	-117.2	-117.2
Dynamický rozsah, dB (A):	96.8	97.2	117.1	117.1
THD, %:	0.0009	0.0010	0.0009	0.0009
IMD + šum, %:	0.0042	0.0041	0.0013	0.0013
Přeslech kanálů, dB:	-97.3	-97.9	-116.1	-114.5
Celkový výsledek:	Excellent	Excellent	Excellent	Excellent

Zdroj: Autor

Frekvenční odezva je ve všech režimech vynikající. Hladina šumu a s tím spojený dynamický rozsah je v 16- bitovém režimu na hranici teoretické možnosti převodníků a nemůže tedy být lepší. Ve 24- bitovém režimu jsou hodnoty velmi dobré, nicméně nedosahují výrobcem deklarovaných hodnot. Harmonické zkreslení je ve všech testovacích režimech velmi nízké, lidským sluchem naprosto neznatelné. Uvádí se, že lidský sluch není schopen rozpoznat zkreslení menší než 0,5%. [30]

Nicméně i zde hodnoty nedosahují výrobcem slibovaných hodnot, ale rozdíly je pouze o 0,0006dB. Intermodulační zkreslení je také velmi nízké. Horší výsledky v 16- bitovém režimu jsou dány především faktem, že se zde přičítá i šum, který je v nižším rozlišení větší. Přeslechy kanálů jsou ve 24- bitovém režimu na hodnotě -114,1db, respektive -114,5db. Výrobcem definovaná hodnota je -115dB.

Celkově lze konstatovat, že všechny měřené parametry vykazují mírně horší výsledky, než deklaruje výrobce. Tento fakt je dán především použitou testovací metodou. Nicméně i tak jsou výsledky uspokojivé. Grafy z provedeného měření jsou v příloze.

Pro kontrolu byly provedeny testy sluchátkového výstupu. Bylo zjištěno, že na pravém kanálu má signál menší zisk o 0,6dB.

4.10 Spotřeba elektrické energie

S vyšší frekvencí procesoru se zvyšuje i jeho energetická náročnost. Pro každou konfiguraci systému bylo provedeno měření spotřeby elektrické energie. V první sadě testů byl systém měřen při klidovém stavu. Druhá sada testů naopak systém měří při maximálním vytížení procesoru, cache a operační paměti. Vždy byly všechny komponenty ve studiu zapnuty. Veškeré úsporné funkce procesoru byly zapnuté, a proto se při klidovém stavu vždy sníží takt procesoru na 1,6GHz. K měření spotřeby elektrické energie byl použit zásuvkový Wattmetr Basetech Cost Control 3000 s přesností do 3%.

Příkon (spotřeba) celé sestavy při klidovém stavu je 102W. Tato hodnoty platí pro všechny konfigurace osobního počítače

Druhá sada testů byla založena na měření spotřeby elektrické energie celého systému při maximálním vytížení procesoru, cache a operační paměti. Výsledky jsou shrnuty v následující tabulce:

Tabulka č.: 22 Spotřeba elektrické energie

	okamžitá spotřeba W	zvýšení %	roční náklad při plném vytížení 24hod denně	roční náklad při plném vytížení 12hod denně
standart	156		6 149,52 Kč	3 073,76 Kč
4GHz	183	17,3	7 213,86 Kč	3 606,93 Kč
4,3GHz	192	23,1	7 568,64 Kč	3 784,32 Kč
4,4GHz	234,5	50,3	9 263 Kč	4 631,85 Kč
4,4GHz RAM	233	49,4	9 263 Kč	4 631,85 Kč

Zdroj: Autor

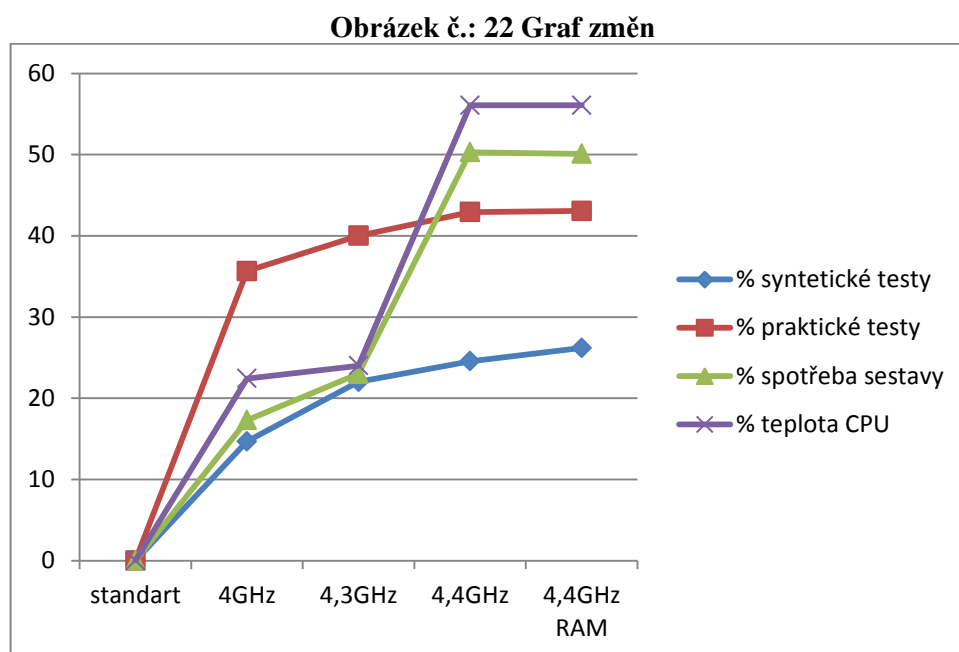
Na základním taktu procesoru byla spotřeba celého systému 156 W. Pokud budeme předpokládat maximální vytížení DAW systému na základním taktu procesoru 12 hodin denně po celý rok, bude celkový roční náklad za spotřebu elektrické energie 3073,76 Kč. Po zvýšení pracovní frekvence procesoru na 4,4 GHz vzrostl příkon sestavy o 49% na 233 W. Při stejných podmínkách by roční provoz DAW stál 4631 Kč.

Znovu se zde projevuje poměrně výrazný rozdíl ve spotřebě mezi sestavou s procesorem na frekvenci 4,3GHz a 4,4GHz, který je způsoben především vyšším napětím procesoru

Z grafu je dobře patrný nárůst spotřeby mezi procesorem na frekvenci 4GHz a 4,4GHz. Zvýšení taktu o 600MHz na 4GHz přineslo zvýšení spotřeby elektrické energie o 17%. Při zvýšení taktu o dalších 400Mhz přineslo navýšení o téměř 28% větší spotřebu elektrické energie.

5 Zhodnocení výsledků a doporučení

Následující graf zobrazuje velikost změn měřených oblastí v závislosti na změně pracovní frekvence procesoru, respektive operační paměti. Graf kompletuje veškeré dílčí naměřené výsledky v průběhu praktické části diplomové práce.



Pozn1.: Na vertikální ose je uvedeno procentuální zlepšení oproti konfiguraci *standart*

Pozn2.: Na horizontální ose je uvedeno všech 5 testovaných konfigurací.

Zdroj: Autor

Z grafu je dobře vidět velké navýšení výkonu v praktických testech o 36% pro konfiguraci s procesorem na frekvenci 4GHz oproti základní konfiguraci. Naopak teplota procesoru a spotřeba se zvýšily zhruba o 23%, respektive 17%.

Konfigurace počítače s procesorem na frekvenci 4,3Ghz dosahuje velmi příznivých výsledků, neboť výkon v praktickém testu vzrostl o 40% vůči základní konfiguraci. Teplota procesoru zůstala prakticky stejná na úrovni předchozí konfigurace. Z tohoto pohledu se jedná velmi zajímavý výsledek.

Po zvýšení frekvence procesoru na 4,4Ghz vzroste výkon v praktickém testu o 42% vůči základní konfiguraci. Zároveň se ale zvýší spotřeba sestavy a teplota cpu o 50%, respektive o 56%. Především vysoká teplota procesoru zde představuje velký problém. Při takto

vysokém taktu procesoru je nutné zlepšit jeho chlazení. Zvýšením otáček ventilátoru se ale výrazně zvyšovala hladina akustického tlaku. Naopak teplota se snížila v průměru o 2°C.

Poslední konfigurace počítače s vyšší frekvencí operační paměti již nepřináší v praktickém testu žádné výkonové navýšení. Frekvenci operační paměti není potřeba navyšovat. Praktické testy neprokázaly žádný výkonový nárůst. Pravděpodobně frekvence okolo 1100MHz by mohly přinést výkonový nárůst okolo 1%.

Z hlediska poměru mezi nabízeným výpočetním výkonem, teplotou procesoru a spotřebou celé sestavy, je výhodné provozovat procesor na pracovní frekvenci v rozmezí 4 – 4,3GHz.

Avšak nejlepší výsledky zde dosahuje konfigurace s procesorem na frekvenci 4,3GHz. Nabízí podobný výkon jako procesor na frekvenci 4,4GHz a zároveň spotřeba a teplota procesoru je na úrovni konfigurace s procesorem na frekvenci 4GHz. Teplota při měření nikdy nepřekročila 70 °C. Tuto konfiguraci je tedy optimální a lze ji plně doporučit.

Naopak nelze doporučit frekvenci procesoru větší než 4,4 GHz. Pokud se nebude při vyšších frekvencích navyšovat napětí procesoru, nebude se teplota zvyšovat tak výrazným způsobem, jako se zvýšila při změně taktu z 4,3GHz na 4,4GHz. Nicméně i malé navýšení teploty o 1°C zde znamená již velký problém. Pravděpodobně při taktu 5GHz by teplota procesoru dosahovala až 95°C. Zde je již nutné použít alternativní způsoby chlazení.

Testy prokázaly při celkové výstupní latenci 5ms o 57% efektivnější využití výpočetního výkonu procesoru při aktivované volbě Triple Buffer za použití syntezátoru Sytrus. Při použití syntezátoru Harmor byl rozdíl 40%. S vyšší latencí systému se rozdíl ale smazává. Především ale v nižších hodnotách výstupní latence je funkce Triple Buffer cenným přínosem. Nicméně při tomto nastavení nelze dosáhnout nižší výstupní latence než 4ms. Při monitorování zpěvu pomocí hudební aplikace je tedy vhodné pro dosažení nejnižší latence, funkci Triple Buffer vypínat.

Dle výrobce dosahují výstupní obvody zvukové karty E-MU 1616m výborných kvalit. Test tyto předpoklady potvrdil. Nicméně naměřené výsledky nebyly tak dobré jak deklaruje výrobce. Především hladina šumu a dynamický rozsah se lišily o 3dB(A). Zároveň byl zjištěn nedostatek v podobě o 0,6dB nižšího zisku signálu na pravém kanále sluchátkového výstupu. Jedná se ale o zanedbatelnou hodnotu.

6 Závěr

V diplomové práci byl proveden návrh, stavba a optimalizace Digital Audio Workstation s pořizovací cenou 82 200 Kč s DPH. Systém splňuje všechny kladené požadavky a nabízí do budoucna široké možnosti rozšíření, bez nutnosti změn stávajících komponent. Na základě analýzy změn teploty procesoru v závislosti na jeho frekvenci bylo vytvořeno 5 různých výkonnostních konfigurací systému, které byly mezi sebou dále porovnávány z hlediska výpočetního výkonu a provozních vlastností. Z provedených analýz je možno vyvodit několik závěrů.

Procesor Intel Core i5 2500K má dobrý taktovací potenciál. Jeho maximální frekvence v rámci testování byla 4,4GHz. Z hlediska teploty procesoru není vhodné dále frekvenci při stávajícím způsobu chlazení navyšovat. Maximální teplota procesoru na taktu 4,4GHz dosahovala až 84°C.

Výkon procesoru je do velké míry závislý na jeho pracovní frekvenci. Zvýšení frekvence o 33% na 4,4GHz přineslo navýšení výkonu v syntetických testech o 24,6% a v praktickém testu o 42,9%.

Zvýšení frekvence operační paměti z 800MHz na 934MHz (navýšení o 16,75%) nepřineslo v praktickém testu žádný užitek. Výkon vzrostl maximálně o 0,1%. V syntetických testech je naopak vyšší takt přínosem, neboť zvýšení taktu na 934 MHz zvýšilo jejich výkon o 14%. Z praktického hlediska lze konstatovat, že zvýšení frekvence operační paměti není podstatné. Nárůst výkonu je zanedbatelný.

Pokud porovnáme všechny testované výkonnostní konfigurace z hlediska výpočetního výkonu, teploty procesoru a spotřeby elektrické energie, vychází nejlépe konfigurace s procesorem na frekvenci 4,3GHz. Tato konfigurace nabízí podobný výkon jako procesor na frekvenci 4,4GHz a zároveň spotřeba a teplota procesoru je na úrovni konfigurace s procesorem na frekvenci 4GHz. Teplota při měření nikdy nepřekročila 70°C. Tato konfigurace systému je tedy z dlouhodobého hlediska optimální a lze ji plně doporučit.

V rámci praktických testů byly prokázány příznivé vlastnosti funkce Triple Buffer. Systém po její aktivaci nabízel v průměru o 50% vyšší výkon při celkové výstupní latenci 5ms. S

vyšší latencí systému se rozdíl ale smazává. Především ale v nižších hodnotách výstupní latence je funkce Triple Buffer cenným přínosem. Nicméně při tomto nastavení nelze dosáhnout nižší výstupní latence než 4ms. Proto je vhodné při monitorování zpěvu pomocí hudební aplikace funkci Triple Buffer vypínat.

Při porovnání parametrů výstupních obvodů zvukových karet, které se na trhu nabízejí, je zvolená zvuková karta E-MU 1616m na velmi dobré kvalitativní úrovni. Tento fakt potvrdil i provedený test. Výsledky testu ale nebyly až tak dobré jak deklaruje výrobce. Důvodem rozdílných výsledků může být použitá metoda, která není vždy úplně přesná. Provedený test zároveň zjistil nedostatek v podobě o 0,6dB menšího zisku signálu na pravém kanále sluchátkového výstupu.

7 Seznam použitých zdrojů

- [1] VLACHÝ, Václav. *Praxe zvukové techniky*. Praha: Nakladatelství Muzikus 2008. ISBN 978-80-86253-46-5
- [2] HUBER, David Miles. a E. RUNSTEIN, Robert. *Modern Recording Techniques Seventh Edition*. Oxford: Focal press 2010. ISBN: 978-0-240-81069-0
- [3] DOLEŽAL, Aleš. *Programové vybavení pro frekvenční analýzu zvukového signálu: bakalářská práce*. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta Aplikované informatiky. 2006. Vedoucí bakalářské práce: Ing. Petr Dostálek
- [4] GEIST, Bohumil. *Akustika, Jevy a souvislosti v hudební teorii a praxi*. Praha: Nakladatelství Muzikus 2005. ISBN 80-86253-31-7
- [5] TEOCHARISOVÁ, Vanda. *Sound Design, Zvuková Syntéza a Tvůrčí Programování Zvuků v Praxi*. Praha: Nakladatelství Muzikus. 2009. ISBN 80-86253-53-4
- [6] URBAN, Ondřej. *Instrumentář elektroakustického zvuku*. Praha: Akademie múzických umění v Praze. 2007. ISBN 978-80-7331-115-5
- [7] STAŇEK, Radomír. Jak vám to brumí? Symetrické a nesymetrické zapojení ve zvukařské praxi. *Muzikus* [online]. 22.11.2004 [2013-02-20] Dpstupné z: <http://www.muzikus.cz/pro-muzikanty-clanky/Jak-vam-to-brumi-Symetricke-a-nesymetricke-zapojeni-ve-zvukarske-praxi~22~listopad~2004/>
- [8] TIŠNOVSKÝ, Pavel. Rozhraní MIDI na osobních počítačích [online]. *Root*. 19.2.2009 [cit. 2014-02-21]. Dostupné z: <http://www.root.cz/clanky/rozhrani-midi-na-osobnich-pocitacich/> ISSN 1212-8309
- [9] MIDI Manufacturers Association Incorporated [online], 2014 [cit. 2014-03-19]. Dostupné z: <http://www.midi.org/techspecs/>
- [10] MIDI Manufacturers Association Incorporated [online], 2014 [cit. 2014-03-10]. Dostupné z: http://www.midi.org/aboutmidi/tut_midicables.php

- [11] KENT, Mike. KNAPEN, Geert. *USB.USB Implementers Forum, Inc.* [online], 01.11.1999. [cit. 2014-03-12]. Dostupné z:
http://www.usb.org/developers/devclass_docs/midi10.pdf
- [12] HOSKEN, Dan. *An introduction to music technology*, New York: Routledge 2011. ISBN 978-0-415-99729-4
- [13] ORAVSKÝ, Luděk. Decibely ve zvukových zařízeních. *Music-store*. [online]. 25.3.2004 [cit. 2014-03-01] <http://www.music-store.cz/clanky/decibely-ve-zvukovych-zarizenich>
- [14] MIKE: Mezi tichem a šumem – komprese zvuku. *TV Freak*. [online] 10. 9. 2008 [cit. 2014-02-26]. http://www.tvfreak.cz/art_doc-DAF71EDC3AFCC001C125748D0067EC54.html. ISSN 1802-1328
- [15] OBERMAIER, Zdeněk. Intel Core i7-3770K – 22nm Ivy Bridge do desktopu. *PCTuning*. [online]. 23.4.2012 [cit. 2014-03-03] Dostupné z:
<http://pctuning.tyden.cz/hardware/procesory-pameti/23890-intel-core-i7-3770k-22nm-ivy-bridge-do-desktopu?start=3> ISSN 1214-0201.
- [16] Advanced Micro Devices, inc [online], 2014 [cit. 2014-03-10]. Dostupné z:
<http://www.amd.com/us/products/desktop/chipsets/9-series-integrated/Pages/9-series-integrated.aspx>
- [17] ŠULC, Tomáš. Neutrácejte zbytečně – výkonem stačí levnější DDR3 paměti. *PCTuning*. [online]. 9.8.2011 [cit. 2014-03-03] Dostupné z:
<http://pctuning.tyden.cz/hardware/procesory-pameti/21635-neutracejte-zbytecne-vykonem-staci-levnejsi-ddr3-pameti?start=9> ISSN 1214-0201.
- [18] Universal Audio Inc. [online] 2014 [cit. 2014-03-06] Dostupné z:
<http://www.uaudio.com/uad-plug-ins/uad-2-satellite.html>
- [19] HRÁSKÝ, Pavel. *Kvalita zvuku v současných zvukových kartách: bakalářská práce*. Česká Zemědělská Univerzita, Provozně ekonomická fakulta. 2012. Vedoucí bakalářské práce: Ing. David Buchtela, Ph.D.

- [20] HORT, Tomáš. Crucial M4 128 GB proháni i 240GB SSD s řadičem SandForce. *PCTuning*. [online]. 29.2.2012 [cit. 2014-03-10] Dostupné z: <http://pctuning.tyden.cz/hardware/disky-cd-dvd-br/23422-crucial-m4-128-gb-prohani-i-240gb-ssd-s-radicem-sandforce?start=6> ISSN 1214-0201.
- [21] Western Digital Technologies, Inc. [online], 2014 [cit. 2014-03-10]. Dostupné z: <http://www.wdc.com/wdproducts/library/SpecSheet/ENG/2879-771438.pdf>
- [22] OBERMAIER, Zdeněk. Intel Sandy Bridge – podrobný rozbor architektury. *PCTuning*. [online]. 4.1.2011 [cit. 2014-03-09] Dostupné z: <http://pctuning.tyden.cz/hardware/procesory-pameti/19724-intel-sandy-bridge-podrobny-rozbor-architektury?start=7> ISSN 1214-0201.
- [23] OBERMAIER, Zdeněk. Intel Core i7-4770K – čtyřjádrový Haswell do desktopu. *PCTuning*. [online]. 1.6.2013 [cit. 2014-03-08] Dostupné z: <http://pctuning.tyden.cz/hardware/procesory-pameti/27079-intel-core-i7-4770k-ctyrjadrovy-haswell-do-desktopu?start=1> ISSN 1214-0201.
- [24] OBERMAIER, Zdeněk. Nárůst výkonu CPU za poslední roky - Procesory Intel. *PCTuning*. [online]. 13.9.2012 [cit. 2014-02-28] Dostupné z: <http://pctuning.tyden.cz/hardware/procesory-pameti/25026-narust-vykonu-cpu-za-posledni-roky-procesory-intel?start=7> ISSN 1214-0201.
- [25] DEMBOWSKI, Klaus. *Mistrovství v Hardware*. Brno: Computer Press, a.s., 2009. ISBN 978-80-251-2310-2
- [26] OBERMAIER, Zdeněk. Hardcore taktování procesorů Intel. Buďte OC Guru!. *PCTuning*. [online]. 26.5.2008 [cit.2014-02-28] Dostupné z: http://pctuning.tyden.cz/navody/upravy-pretaktovani/10951-hardcore_taktovani_procesoru_intel_budte_oc_guru ISSN 1214-0201.
- [27] ČERNÝ, Jan. Solidní budoucnost pevných disků – úvod k velkému testu SSD disků. *PCTuning*. [online]. 20.10.2010 [cit.2014-02-28] <http://pctuning.tyden.cz/hardware/disky-cd-dvd-br/18914-solidni-budoucnost-pevnych-disku-uvod-k-velkemu-testu-ssd-disku> ISSN 1214-0201.

- [28] Image-Line Software [online], 2014 [cit. 2014-02-28]. Dostupné z: <http://www.image-line.com/flstudio/>
- [29] BAKER, Simon. BenQ GW2750HM [online]. 10.8.2012 [cit.2014-03-02] Dostupné z: http://www.tftcentral.co.uk/reviews/benq_gw2750hm.htm
- [30] ŠEJNOHA, Martin. Srovnávací test zvukových karet. *Svět hardware*. [online]. 13.11.2006 [cit. 2014-03-06]. Dostupné z: http://www.svethardware.cz/art_doc295C1653CF136201C125721B0002B1D2.html. ISSN 1213-0818
- [31] LEIDER, Colby. *Digital Audio Workstation*. New York: McGraw-Hill, 2004. ISBN: 978-0-07-142286-2.
- [32] POHLMANN, Ken C. *Principles of Digital Audio, Sixth edition*. New York: McGraw-Hill, 2010. ISBN: 978-0-07-166346-5.
- [33] HORT, Tomáš. OCZ Vector – výkonné SSD s řadičem vlastní výroby. *PCTuning*. [online]. 26.02.2013 [cit.2014-02-25]. <http://pctuning.tyden.cz/hardware/disky-cd-dvd-br/18914-solidni-budoucnost-pevných-disku-uvod-k-velkemu-testu-ssd-disku> ISSN 1214-0201.
- [34] Noctua [online], 2014 [cit. 2014-03-18]. Dostupné z: <http://www.noctua.at/main.php?show=support&lng=en>
- [35] MESSMER, Hans-Peter. DEMBOWSKI, Klaus. *Velká kniha hardware*. Brno: CP Books. 2005. ISBN 80-251-0416-8
- [36] PFEIFER, René. SSD: je důležité mít TRIM?. 03.06.2010 [cit.2014-02-20]. <http://www.svethardware.cz/recenze-ssd-je-dulezite-mit-trim/29763> ISSN 1213-0818.

8 Přílohy

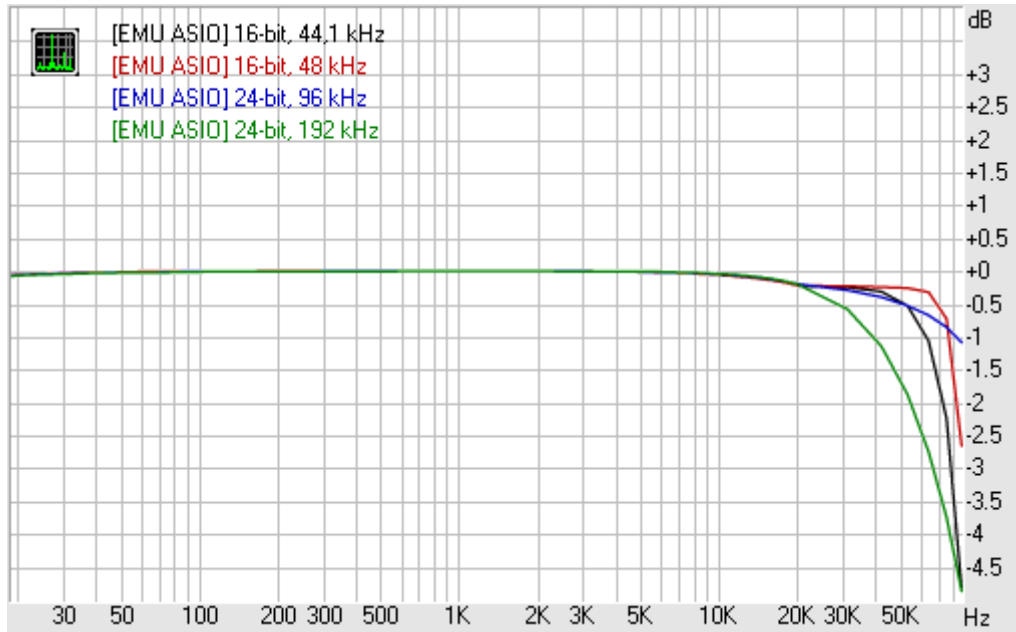
8.1 Slovník

pojem	popis
3Dnow!	Instrukční sada podporující SIMD operace
ADAT	Standart pro digitální komunikaci mezi profesionální zvukovou technikou pomocí optických vláken
AES/EBU	Audio Engineering Society/European Broadcasting Union - standart pro digitální komunikaci mezi profesionální zvukovou technikou
AHCI	Advanced Host Controller Interface - Rozhraní pro komunikaci se SATA řadiči nezávislé na konkrétním hardware.
Altivec	Instrukční sada SIMD kategorie
AMVA	Metoda řízení tekutých krystalů. Je podkategorií VA technologie
AU	Audio unit - architektura plug-inů na MAC OS X
AVX	Advanced Vector Extensions - rozšíření x87 instrukční sady
BMI	Bit Manipulation Instruction - instrukční sada
BNC	Bayonet Neill Concelman - typ konektoru
Bootcamp	Aplikace umožňující běh systému Windows na počítačích Apple
DIN	Konektor pro přenos analogového nebo digitálního signálu
DXi	DirectX instrument - architektura plug-inů na platformě Windows
FMA	Instrukční sada kategorie SIMD
Garbage collection	Metoda pro správu paměti
Loudness war	Označení pro úmyslné snižování dynamického rozsahu audionahrávky a zvyšování její průměrné hlasitosti za účelem vyšší prodejnosti. Tento proces má stejný psychologický efekt jako hlasitá reklama v televizi
MADI	Multichannel Audio Digital Interface - standart pro digitální komunikaci mezi profesionální zvukovou technikou
MLC	Multi-level cell - paměťová buňka uchovávající 4 různé úrovně napětí reprezentující 4 stavy
MME	MultiMedia Extensions - aplikační rozhraní ve Windows
MMX	Instrukční sada kategorie SIMD
NCQ	Native Command Queuing - technika pro efektivnější čtení z paměti

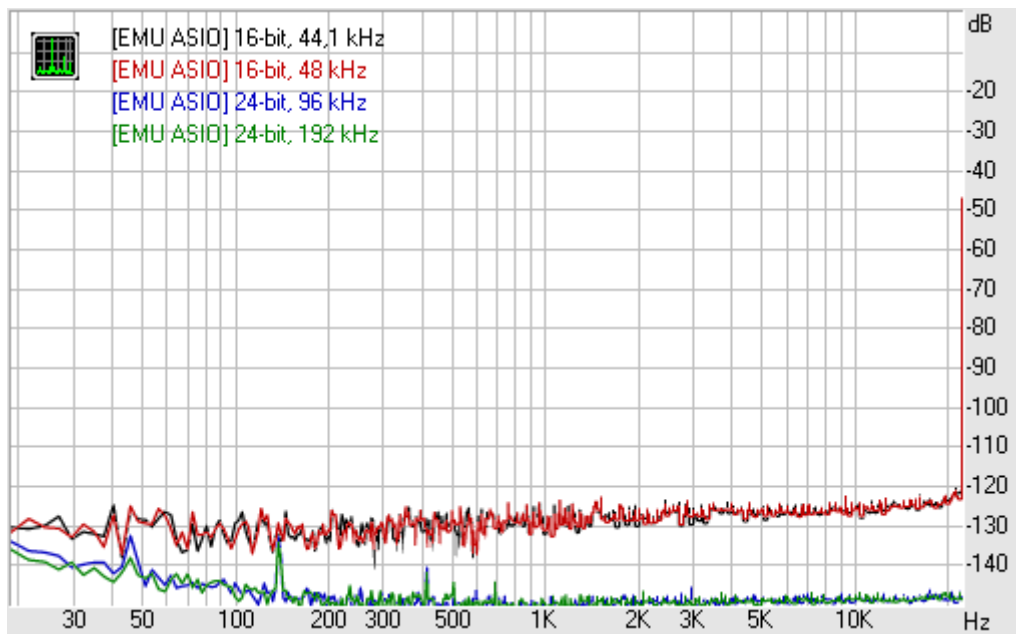
název	popis
RAMDISK	Technologie umožňující využít operační paměť jako pevný disk.
ReWire	Softwarové rozhraní pro komunikaci mezi dvěma samostatnými aplikacemi na principu master a slave
RTAS	Real-Time AudioSuite - architektura plug-inů vyvinutá společností AVID.
S/PDIF	Standart pro digitální komunikaci mezi spotřební zvukovou technikou
SSE	Streaming SIMD extensions - instrukční sada kategorie SIMD
TDIF	Tascam Digital Interconnect Format - standart pro digitální komunikaci mezi profesionální zvukovou technikou
TDM	Architektura plug-inů vyvinutá společností AVID.
TOSLINK	Standart pro přenos digitálního zvuku pomocí optických vláken
TRIM	Příkaz umožňující, aby operační systém mohl informovat SSD disk o tom, které datové bloky jsou volné a nejsou dále využívány.
TRS	Jack konektor se třemi kontakty umožňující přenos stereo signálu nebo symetrického mono signálu
TS	Jack konektor se dvěma kontakty umožňující přenos mono signálu
WDM	Windows driver model - architektura ovladačů zavedená operačními systémy Windows 98 a 2000
Wear levelling	Technologie zajišťující menší opotřebení paměťových buněk SSD. Řadič SSD se snaží zapisovat data do všech buněk a zajišťuje tím rovnoměrné opotřebení
x87	Instrukční sada pro operace v plovoucí řadové čárce
XLR	Typ konektoru se třemi kontakty umožňující přenos stereo signálu nebo symetrického mono signálu. Používá se v profesionální zvukové technice
XOP	eXtended Operations - Instrukční sada procesorů AMD Bulldozer

8.2 RMAA – grafy

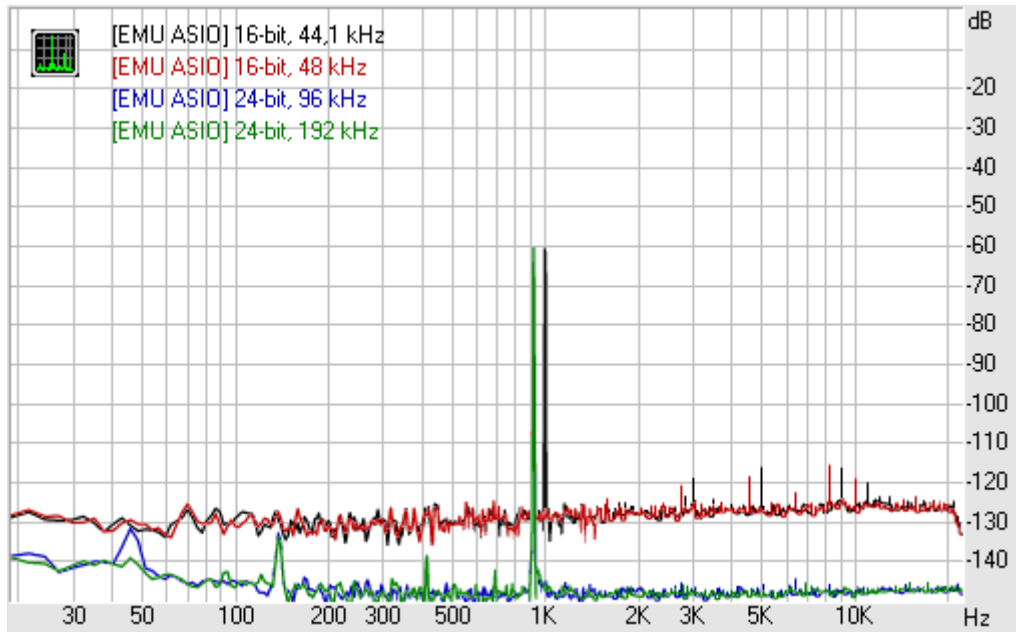
Frekvenční charakteristika



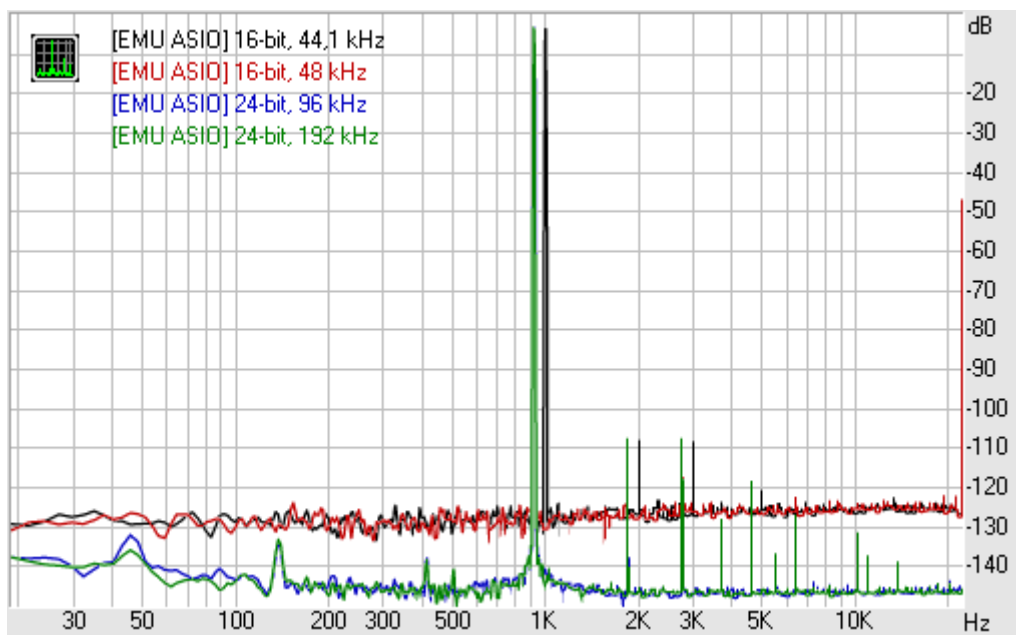
Odstup signálu od šumu



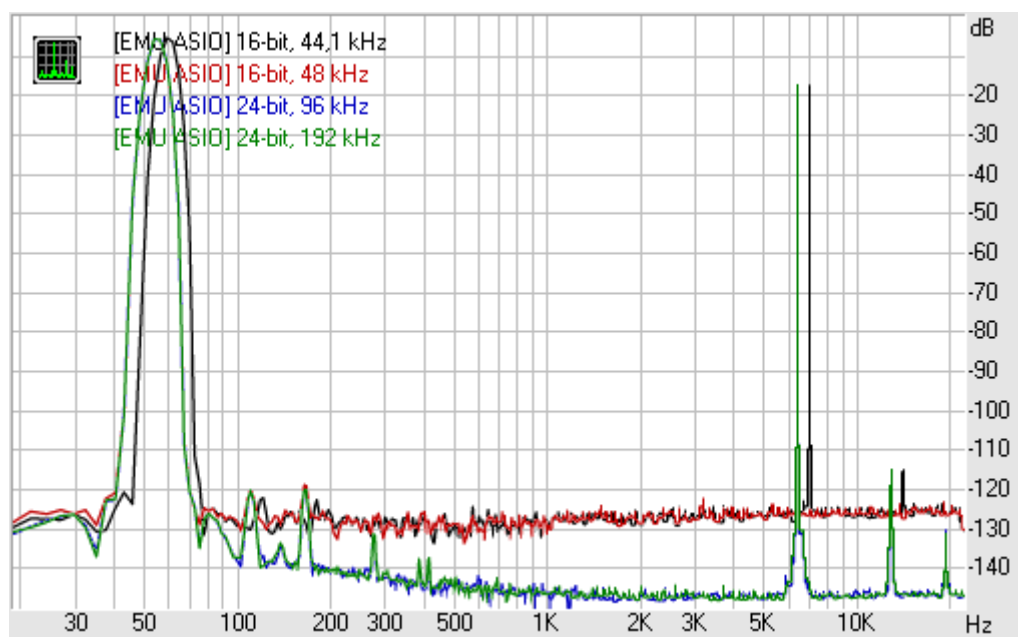
Dynamický rozsah



Harmonické zkreslení



Intermodulační zkreslení



Přeslech kanálů

