

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra informačního inženýrství



Bakalářská práce

Kvalita zvuku v současných zvukových kartách

Autor: Pavel Hráský

Vedoucí práce: Ing. David Buchtela, Ph.D.

© 2012 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra informačního inženýrství

Provozně ekonomická fakulta

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Hráský Pavel

Informatika

Název práce

Kvalita zvuku v současných zvukových kartách

Anglický název

Sound Quality in Current Sound Cards

Cíle práce

Cílem bakalářské práce je analýza současných komponent a technologií osobních počítačů. V praktické části bude provedeno porovnání a testování kvality zvuku u vybraných zvukových karet současných počítačů.

Metodika

Vytvoření teoretické (rešeršní) části bakalářské práce bude založeno na studiu a analýze odborných informačních zdrojů. Získané teoretické poznatky budou použity v praktické části práce při vlastním testování kvality zvuku vybraných zvukových karet. Na základě syntézy teoretických poznatků a výsledků praktické části pak budou formulovány závěry bakalářské práce.

Harmonogram zpracování

06/2011-08/2011 Upřesnění osnovy práce

09/2011 Kontrola průběhu práce - 1.zápočet

09/2011-12/2011 Analýza informačních zdrojů a tvorba rešeršní části práce

01/2012 Kontrola průběhu práce - 2.zápočet

01/2012-02/2012 Vypracování praktické části práce

03/2012 Finalizace práce a odevzdání, 3.zápočet

Rozsah textové části

30 - 40 stran

Klíčová slova

osobní počítač, hardware, procesor, digitální zvuk, zvuková karta, kodek

Doporučené zdroje informací

Dembowski, K.: Mistrovství v hardware, Brno: Computer Press, 2009, 17.vyd., ISBN 978-80-251-2310-2

Horák, J.: Hardware učebnice pro pokročilé, Brno: Computer Press, 2007, 4.akt.vyd., ISBN 978-80-251-1741-5.

Meyer, M. Osobní počítač názorný průvodce, Brno: Computer Press, 2006, 1. vyd., ISBN 978-80-251-0834-1.

Vedoucí práce

Buchtela David, Ing., Ph.D.

Termín odevzdání

březen 2012

prof. Ing. Ivan Vrana, DrSc.

Vedoucí katedry



prof. Ing. Jan Hron, DrSc., dr.h.c.

Děkan fakulty

V Praze dne 29.6.2011

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Kvalita zvuku v současných zvukových kartách" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské 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 bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze, dne 29.03.2012

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Davidu Buchtelovi, Ph.D. za odborné vedení při zpracování této práce a vstřícný přístup. Také bych chtěl poděkovat slečně Alici Molnárové za půjčení počítače pro testovací účely.

Kvalita zvuku v současných zvukových kartách

Sound Quality in Current Sound Cards

Souhrn

Tato práce je zaměřena na technologie a princip činnosti zvukových karet z hlediska kvality zvuku. Jsou zde objasněny nejzákladnější prvky a technologie zvukových karet, jako je například kodek a s ním spojený proces digitalizace analogového signálu, zvukový procesor, příslušné analogové obvody. Na všechny tyto pojmy je nahlíženo z hlediska zvukové kvality a je určeno jakým způsobem nebo respektive jakou měrou se na zvukové kvalitě tyto prvky podílejí. Je také uvedeno jak správně chápat pojem zvuková kvalita a jakým způsobem ji hodnotit a měřit.

V práci jsou také popsány nejzákladnější teoretické poznatky týkající se principu vzniku zvuku, šíření a jeho působení na lidský sluchový orgán.

V poslední části této bakalářské práce jsou testovány vybrané zvukové karty na principu měření parametrů výstupních obvodů pomocí vstupu vybrané měřicí zvukové karty. Test je proveden pomocí programu RMAA.

Summary

This thesis is focused on technologies and principles of audio cards in terms of sound quality. There are explained basic elements and technologies of audio cards such as codecs and process of analogue signal digitalisation, sound processor and analogue circuits. All these terms are judged in terms of sound quality and there is described how or how much do they participate on final sound quality. There is also explained how to understand term of sound quality and how to measure and rate it.

In thesis are also described basic knowledge related to principle of sound, its making and its influence on human ears.

In last part of this thesis there are tested selected audio cards on principle of measuring parameters of their output circuits using selected input of audio card. Test is done with program RMAA.

Klíčová slova: osobní počítač, hardware, procesor, digitální zvuk, zvuková karta, kodek

Keywords: personal computer, hardware, processor, digital sound, sound card, codec

Obsah

1	Úvod	5
2	Cíl práce a metodika.....	6
3	Kvalita zvuku	7
3.1	Metody testování zvukových kvalit.....	7
4	Zvuk a lidský sluch	9
4.1	Frekvence	9
4.1.1	Frekvenční rozsah.....	9
4.2	Hlasitost a intenzita zvuku	10
5	Digitální zpracování zvuku.....	13
5.1	Rozdělení zvukových signálů	13
5.2	Vzorkování.....	13
5.2.1	Aliasing	14
5.3	Kvantování.....	15
5.4	Kódování PCM	16
5.5	Zvuková syntéza	17
5.5.1	FM syntéza	17
5.5.2	Wavetable syntéza	18
5.6	MIDI.....	19
6	Zvuková karta	21
6.1	Zvukový procesor – Řadič.....	24
6.2	Kodek.....	25
6.2.1	Oversampling	26
6.2.2	Dithering.....	26
6.3	Analogové obvody.....	27
6.3.1	Zkreslení	28
6.4	Vstupy a výstupy	29
6.5	Ovladač.....	32
6.5.1.1	Latence	32
6.5.2	DirectSound.....	33

6.5.3	ASIO.....	34
7	Praktická část	35
7.1	Metodika testování	36
7.1.1	Program RMAA.....	37
7.1.1.1	Nastavení RMAA	39
7.2	Představení zvukových karet.....	40
7.2.1	E-mu 1616m PCI.....	40
7.2.2	ASUS Xonar Essence ST	42
7.2.3	Hercules Digifire 7.1	44
7.2.4	HD Audio AD1986A	45
8	Závěr.....	46
9	Seznam použitých zdrojů	47
10	Seznam použitých obrázků a tabulek.....	52
11	Přílohy	53
11.1	Příloha A.....	53
11.2	Příloha B	56
11.3	Příloha C	59
11.4	Příloha D.....	62

1 Úvod

Trh se zvukovými kartami není tak aktivní a lukrativní jako trh s procesory nebo grafickými kartami. Zvukové karty jsou uživateli PC opomíjeny z důvodu dnes už kvalitních integrovaných kodeků na základních deskách, které jsou často plně dostačující. Tomuto faktu nepřidávají ani mnohdy velmi letargičtí výrobci, kteří nejsou schopni dodat funkční 64-bitové ovladače pro Windows 7. Přesto jsou zvukové karty velmi důležité, slouží jako elementární článek herních, multimediálních počítačů, či takzvaných DAW (Digital Audio Workstation) systémů pro zvukovou tvorbu. I když princip činnosti zvukových karet je v jádru stejný, jsou i přesto určité rozdíly v komponentech a implementovaných technologiích, které se liší v závislosti na tom, pro jaký typ zákazníků jsou zvukové karty určeny.

Například pro hráče počítačových her není až tak důležitá zvuková věrnost nebo kvalita vstupních obvodů pro nahrávání, jako třeba zatížení procesoru při zpracování různých 3D zvukových efektů a vícekanálových technologií.

Pro milovníky hudby je na prvním místě kvalita výstupních obvodů a to hlavně analogová část. Zatížení procesoru je nepodstatné

A jako poslední skupina jsou hudebníci a nahrávací studia. Tam je největší důraz kladen na co nejkvalitnější jak vstupní tak i výstupní část zvukové karty. Je potřeba zaznamenat přesně to co vychází z hudebního nástroje. Pro následnou úpravu zvukových záznamů je potřeba co nejpřesnější odezva. Zvukař musí slyšet přesně to co je nahrané bez nějakého zkreslení nebo šumu.

2 Cíl práce a metodika

V této práci si probereme současný stav technologií a princip činnosti zvukových karet do osobního počítače. V praktické části bude provedeno testování kvality výstupního signálu u vybraných zvukových karet.

V první, teoretické části práce jsou vysvětleny pojmy týkající se zvuku a působení na lidský sluch. Hodnocení kvality zvuku, co rozumíme pod pojmem kvalitní zvuk. Digitální zpracování zvuku, vzorkování a popis nejdůležitějších prvků zvukových karet, jak na úrovni hardware tak i software.

V druhé, praktické části bude provedeno měření výstupních signálů vybraných zvukových karet pomocí programu RightMark Audio Analyzer (RMAA) s cílem zhodnotit jejich kvalitu.

Test bude založen na principu měření pomocí referenční zvukové karty. Jako referenční zvuková karta se vybere taková, která má nejkvalitnější vstupní obvody, jinými slovy to musí být ta karta, která nahrávaný vstupní signál nejméně pozmění či degraduje procesem digitalizace. Tuto podmínku například splňují profesionální zvukové karty určené do nahrávacích studií, kde je důraz kladen na co nejkvalitnější vstupní obvody pro nahrávání hudebních nástrojů. V našem případě bude úlohu referenční, měřicí karty plnit E-MU 1616m. Tato karta bude na svém vstupu zaznamenávat výstupy ostatních, testovaných zvukových karet a hodnotit je pomocí subtestů, které jsou vykonávány programem RMAA. Program RMAA bude testovat a hodnotit frekvenční charakteristiku, dynamický rozsah, odstup signál-šum, harmonické, intermodulační zkreslení a přeslechy kanálů. Na základě výsledků testu budou formulovány závěry.

3 Kvalita zvuku

Pokud mluvíme o kvalitním zvuku v souvislosti se zvukovými kartami, je potřeba definovat jak tento pojem chápat. V prvním úhlu pohledu je kvalitní zvuk takový zvuk, který se nám jako posluchačům subjektivně líbí. V pohledu druhém je kvalitní zvuk takový zvuk, který je po zpracování zvukovou kartou totožný se zvukem původním tj. před zpracováním, neboli zvukově věrný. V této práci chápeme pojem kvalitní zvuk z toho druhého pohledu, tedy věrný své původní předloze. Nicméně dosáhnout absolutní věrnosti není možné, lze se jí pouze přiblížit. Je to dáno specifickými vlastnostmi, které se vážou k principu činnosti zvukových karet, či obecně digitálních systémů při práci se zvukem. Proces digitalizace, zesilování signálu, převzorkování, atd. To jsou pojmy, při kterých dochází více či méně k deformaci signálu a následnému zkreslení.

3.1 Metody testování zvukových kvalit

kvalitu zvukových karet, nebo také schopnost věrné reprodukce můžeme testovat několika způsoby. Objektívni způsob spočívá v testování výstupu zvukové karty pomocí měřicího přístroje, například osciloskopu. Lze testovat také pomocí zvukové karty, která má vysoce kvalitní vstupní obvody. Takové karty, jak již bylo zmíněno, mají své místo v nahrávacích studiích kde je skutečně potřeba zvuk zaznamenávat v co nejvyšší možné kvalitě. Ačkoli není tento způsob zdaleka nejlepší volba, protože výstup testované karty bude ovlivněn vstupem měřicí karty, můžeme tím dojít k relativně uspokojujícím výsledkům, které nám i přesto napoví jaké má testovaná karta přibližné parametry a předpoklady. Výsledkem této objektivní metody jsou měřítka jako odstup signálu od šumu nebo míra zkreslení. Zdůrazněme, že se nejedná o hodnocení absolutní.[18].

Další metoda testování kvality spočívá v poslechových testech. Tyto testy jsou již ryze subjektivní záležitost, kde záleží na výběru posluchačů, na jejich psychickém rozpoložení, zkušenosti, preferencích, atd. Další problém představuje vysoký požadavek na poslechové podmínky, to znamená akusticky vyhovující prostor, adekvátní reprodukční zařízení. Je dále potřeba vybrat vhodný vzorek testovaných signálů.[18]. Pokud se testuje více zvukových karet a navzájem se mezi sebou porovnávají, je potřeba provádět test naslepo, posluchači nesmí vědět, která zvuková karta právě hraje.

Z pohledu statistiky je zase dobré, aby se testu účastnilo více posluchačů. Nicméně je to subjektivní záležitost, která nám moc neřekne o zvukové věrnosti, pohybujeme se zde v kategorii zvuku, který se nám subjektivně líbí. Původní signál nemusí nutně znamenat, že je lepší než zpracovaný signál. Existují určité druhy zkreslení, které jsou líbivé a vyhledávané, například zkreslení analogových přístrojů. Přesto subjektivní poslechové testy stále zůstávají jediným absolutním měřítkem zvukové kvality, protože posluchač je vždy takzvaně konečným článkem, jeho názor je tedy nutné respektovat.[18].

4 Zvuk a lidský sluch

Zvuk je mechanické vlnění v látkovém prostředí, které je schopno vyvolat sluchový vjem.

Zvuk vzniká rozechvěním molekul vzduchu nějakým zdrojem. Zdroj může být jakýkoli ať už hlasové ústrojí nebo například úder do bubnu.

Princip jeho šíření je založen na přenosu zvukových vln v látkovém prostředí. Tento proces můžeme vysvětlit i na příkladu listu ze stromu plovoucího na hladině vody. Hodíme-li do vody kámen, list se začne pohybovat nahoru a dolů podle toho jak se vlní hladina vody. Lístek ale zůstává na místě, nikam jinam se nepohybuje. Voda se nikam neposouvá, pouze zprostředkovává přenos vln. Tento princip platí i pro vzduch.[1].

4.1 Frekvence

Tato důležitá veličina vyjadřuje počet opakování nějakého periodického děje za jednotku času. Symbol veličiny: f . Jednotka: Hertz (Hz). Pokud udeříme do nějakého předmětu, začne kmitat o určité frekvenci a vzniká jednoduchý tón. V reálném světě ale málokdy dochází k samostatnému kmitání na jedné frekvenci. Často je základní frekvence doprovázena harmonickými složkami, které jsou celým násobkem (1x, 2x, 3x, atd.) původní frekvence. Tyto periodicky opakující zvuky se nazývají složené zvuky.[2]

Ovšem existují také složené zvuky, které nejsou periodické, označují se jako hluk.[2]

4.1.1 Frekvenční rozsah

Lidský sluch je schopen vnímat zvuk, jehož frekvenční rozsah je přibližně od 20 Hz do 20 000 Hz. Tento rozsah je ale značně individuální. S přibývajícím věkem se tento rozsah zmenšuje. Platí pravidlo, že každých 10 let věku se horní hranice frekvenčního rozsahu snižuje o 1000 Hz. [1]

4.2 Hlasitost a intenzita zvuku

Hlasitost zvuků je subjektivní záležitost, která závisí na velikosti akustického tlaku P a frekvenci. Akustický tlak měřený v newtonech/ 1m^2 (Pascal), v dynech/ cm^2 příp. v mikrobarech (μb) vyjadřuje zvýšení nebo snížení tlaku oproti klidovému stavu, kde nejnižší akustický tlak vnímaný lidským uchem je nazýván jako práh slyšitelnosti ($2 * 10^{-5}$ Pa) a nejvyšší tlak které lidské ucho snese je práh bolesti (63 Pa).

Jako měřitelnou veličinu pro hodnocení intenzity zvuku používáme Hladinu akustického tlaku (L_p) se zhuštěnou logaritmickou stupnicí s jednotkami dB.

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

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

Logaritmické vyjádření v dB je v tomto případě vhodné, protože dobře reflektuje případy, kdy například při hře více nástrojů není výsledná intenzita zvuku úměrná počtu hrajících nástrojů. [5]. Jednotka dB má také tu výhodu že, 1dB odpovídá zhruba právě slyšitelné změně v úrovni hlasitosti, která závisí na frekvenci zvuků a jejich intenzitě. [1].

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

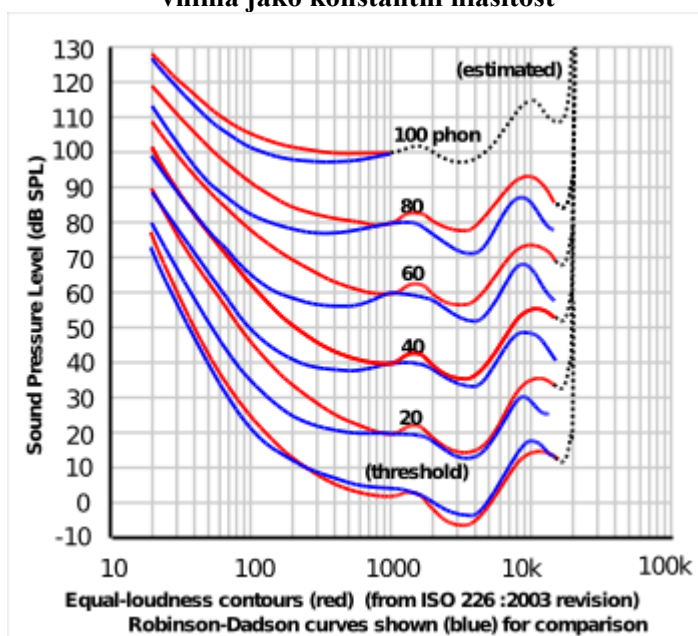
	akustický tlak [dB]	akustický tlak [Pa]
práh slyšitelnosti	0	$2 * 10^{-5}$
hladina šumu v dobře izolovaném studiu	20	$2 * 10^{-4}$
tíkot hodin	30	$6,3 * 10^{-4}$
tichá ulice	40	$2 * 10^{-3}$
šeptání ve vzdálenosti 10 cm	50	$6,3 * 10^{-3}$
akustická kytara ve vzdálenosti 40 cm	60	$2 * 10^{-2}$
piano (hra 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].

Vnímání intenzity zvuku je rozdílné v závislosti na frekvenci zvuků. Touto problematikou se zabývali jako první Harvey Fletcher a Wilden A. Munson z Bellových laboratoří v roce 1937. Na základě měření vytvořili graf, který mapuje citlivost sluchu na různé frekvence při různých intenzitách. Křivky v grafu znázorňují intenzitu zvuku, kterou lidské ucho vnímá jako konstantní hlasitost. Došlo se k závěru, že lidské ucho je nejcitlivější v pásmu 2000 – 5000 Hz, což je také frekvenční pásmo řeči a pod 500 Hz citlivost značně klesá. Později se intenzitou zvuku zabývali i D. W. Robinson a R. S. Dadson dospěli ale k trochu jiným výsledkům. Neví se ale přesně proč tomu tak je.[2].

Na základě grafu křivek Robinson – Dadson se vycházelo při schvalování standardu křivek hlasitosti ISO 226:2003.

Obrázek č. 1: Intenzita zvuků v závislosti na frekvenci, které lidské ucho vnímá jako konstantní hlasitost



Pozn.: ¹ červené křivky jsou standart ISO 226:2003, modré křivky jsou Robinson – Dadson křivky
Pozn.:² vertikální osa značí intenzitu zvuku v dB

Zdroj: http://en.wikipedia.org/wiki/Robinson%E2%80%93Dadson_curves

Je tedy potřeba rozlišovat pojmy intenzita a hlasitost. Nelze tedy popisovat hlasitost stejně jako intenzitu. Proto bylo potřeba zavést nějaký způsob měření, který by více odpovídal způsobu, jakým slyšíme. Pro tyto případy byly vytvořeny různé korekční křivky pro intenzitu zvuku, které převedou hodnoty intenzity na hodnoty hlasitosti. [2].

Nejpoužívanější je A-křivka, která se používá obecně pro všechny hlasitosti a převedená hodnota intenzity zvuku je pak udávána v dBA nebo dBrn. [2]

Další vlastnost sluchu je například neschopnost rozeznat všechny zvukové frekvence o různých intenzitách, které se vzduchem přenášejí. Silné a agresivní zvuky mohou zcela zamaskovat zvuky o nižších intenzitách. Tato vlastnost je ale složitá na měření, protože záleží na frekvenci silného a slabého zvuku. Každopádně se této vlastnosti využívá při kompresi zvukových dat. [2].

S rostoucí vzdáleností od akustického zdroje se snižuje i akustická energie, Dvojnásobek určité vzdálenosti odpovídá útlumu 6 dB. Viz. Tabulka č. 2

Tabulka č. 2: Závislost poklesu hladiny akustického tlaku na vzdálenosti

vzdálenost [m]	hladina akustického tlaku [dB]
1	0
2	-6
4	-12
32	-30
100	-40
400	-52

Zdroj: [1].

Lidský sluch je schopen také lokalizovat odkud zvuk přichází, platí to pouze ale pro zvuky na určitých frekvencích. U nízkých frekvencí kolem 50 Hz není schopné ucho rozeznat směr, naopak je to u vyšších frekvencí. Více v [5].

5 Digitální zpracování zvuku

5.1 Rozdělení zvukových signálů

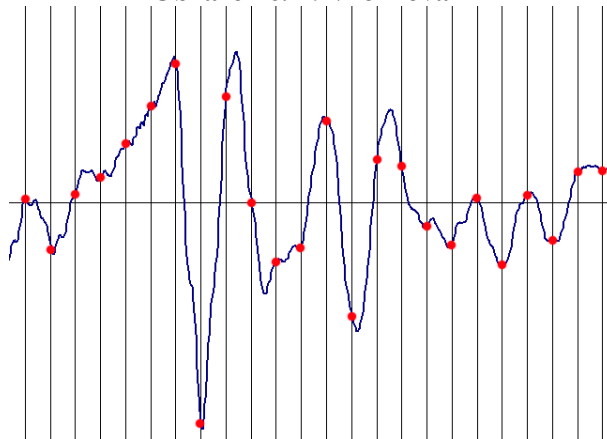
Zvukové signály můžeme rozdělit na spojité (analogové) a diskrétní (digitální). Spojitý signál se vyskytuje běžně kolem nás ve volné přírodě nebo v analogových obvodech a jsou popsány spojitými funkcemi nezávislé proměnné, což je v drtivé většině případů čas. [3] Diskrétní signál je signál, který se vyznačuje určitou nespojitostí, může to být nespojitost v hodnotě nebo v čase, tím se liší od signálu spojitého.

Důvod převodu spojitého signálu na diskrétní signál je možnost zpracování číslicovými počítači. O tento převod se stará takzvaný A/D převodník, který vytváří diskrétní signál pomocí dvou operací: Vzorkování a Kvantování.

5.2 Vzorkování

Vzorkování je proces kdy se ve stanovených časových intervalech odebírají vzorky spojitého signálu. Je to úprava signálu v časové oblasti.

Obrázek č. 2: Vzorkování



Pozn.: ¹ modrá křivka je původní signál a červené body jsou odebrané vzorky

Zdroj: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Vzorkov%C3%A1n%C3%AD.png>

Časový interval odebírání vzorků neboli vzorkovací frekvence se odvíjí od schopnosti A/D převodníku. Dnešní převodníky zvládají vzorkovací frekvenci až 192 kHz, to

znamená, že za 1 sekundu spojitého záznamu se odebere 192 000 vzorků. Vzorkování je proces ztrátový, nikdy není možné ze vzorků rekonstruovat původní signál.

Podle Nyquistova teorému platí že, musíme vzorkovat frekvencí, která je alespoň dvakrát větší než největší frekvence zpracovávaného audio signálu, čím je vzorkovací frekvence vyšší tím je výsledný signál podobnější původnímu spojitému signálu a tudíž kvalitnější.

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

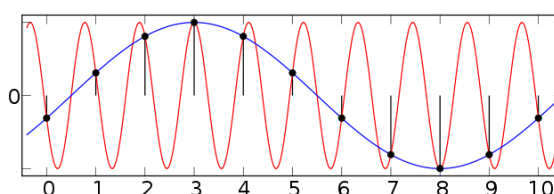
f_{VZ} je vzorkovací frekvence a f_{SIG} je maximální možná frekvence vstupního signálu. [4].

Například standardizovaná vzorkovací frekvence pro záznam zvuku na Audio CD je 44,1 kHz a to znamená, že může být zachycen zvuk o maximální frekvenci 22 050 Hz, jelikož schopnost lidského sluchu je vnímat zvuk o maximální frekvenci 20 000 Hz, je možno zaznamenat na CD nebo obecně s touto vzorkovací frekvencí celé slyšitelné spektrum.

5.2.1 Aliasing

Před A/D převodník se vkládá aliasingový filtr typu dolní propust (low-pass filter), který zajistí odstranění všech frekvencí ze vstupního spojitého signálu, které jsou větší než polovina vzorkovací frekvence. Například, budeme-li chtít vzorkovat vstupní signál frekvencí 44 100 Hz - aliasingový filtr musí ze signálu odstranit všechny frekvence, které jsou větší než 22 050 Hz, jinak dojde k silnému zkreslení. Více Obrázek č. 3. Předpokládejme, že od vzorku 0 do vzorku 10 je vzdálenost 1 vteřina, vzorkovací frekvence je nastavena tedy na 10Hz, vstupní spojitý signál (červený) má frekvenci také 10Hz. Bez aliasingového filtru je navzorkován (modrý) signál o úplně jiné frekvenci, přibližně 1Hz.

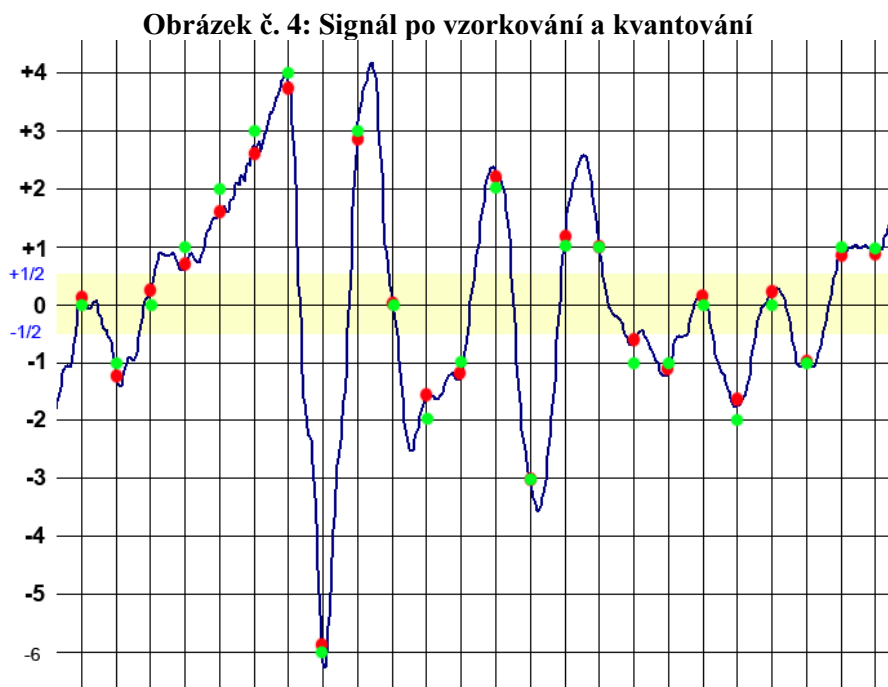
Obrázek č. 3: Aliasing



Zdroj: <http://en.wikipedia.org/wiki/File:AliasingSines.svg>

5.3 Kvantování

Proces kvantování slouží k úpravě amplitudy zvukového signálu. Amplituda spojitého vstupního signálu se přiřadí do jednotlivých kvantizačních úrovní [4]. Úrovně jsou dány rozlišením A/D převodníku jako N-tá mocnina čísla 2. Při procesu kvantování může a také nastává chyba, děje se tak když hodnota spojitého signálu v době vzorkování není přesně na dané kvantizační úrovni. Chyba dosahuje maximálně poloviny kvantizační úrovně, viz Obrázek č. 4. Kde červené body jsou hodnoty spojitého signálu při vzorkování a zelené body jsou hodnoty kvantizačních hladin, které určují hodnotu výsledného digitálního signálu. [4].



zdroj: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Kvantov%C3%A1n%C3%AD.png>

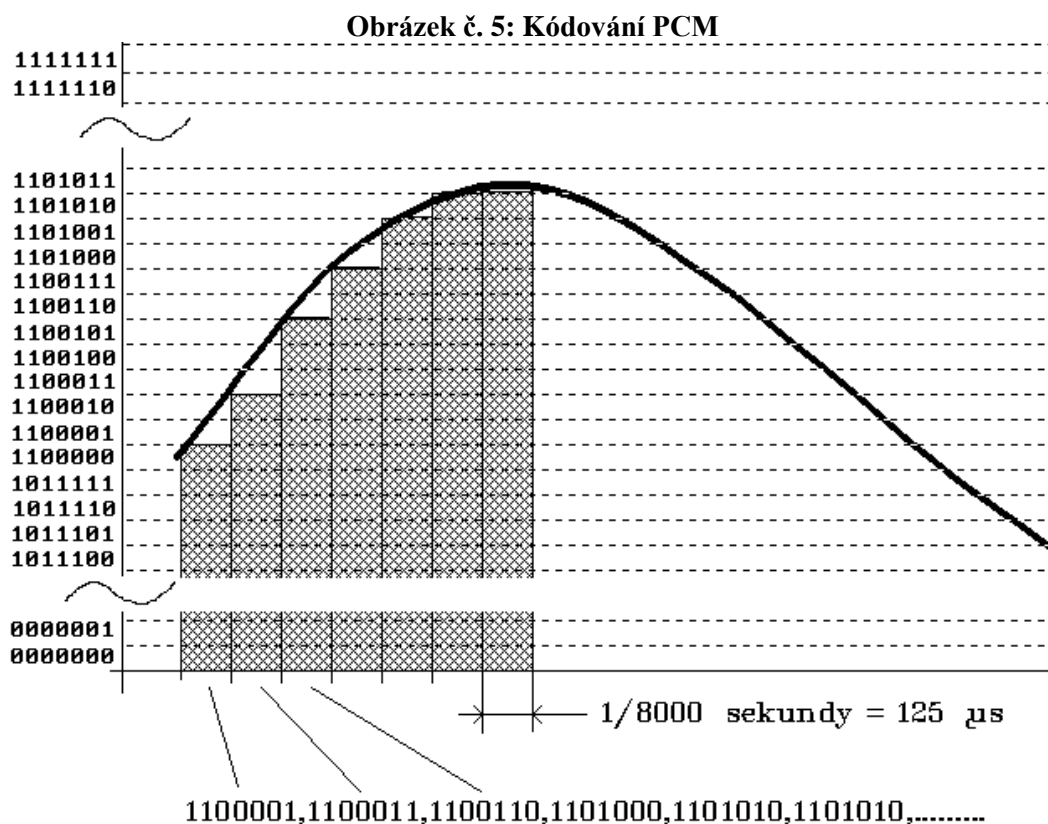
Názorněji Obrázek č. 4 - Výsledný signál, bude sestaven ze zelených bodů. Signál, který je sestaven z bodů které přesně neodpovídají kvantizačním úrovním, se nazývá kvantizační šum. Je patrné že, rozlišení převodníku má přímý vliv na dynamický rozsah, ten značí poměr mezi největším a nejmenším zaznamenaným signálem, nebo také odstup signálu od šumu: SNR.[2].[41]. Výpočet se provádí dle vzorce:

$$DR_{dB} = SNR_{dB} = 20 * \log_2^N \approx 6,02 * N \text{ [dB]}$$

Při použití vzorce zjistíme že, pro 16-ti bitové rozlišení je teoretický odstup signálu od šumu 96,32 dB. Rozsah je v praxi ale menší, protože tyto hodnoty zhoršují další prvky na zvukové kartě, například operační zesilovače, či převodník jako takový. Z uvedených faktů týkající se vzorkování a kvantování můžeme dospět k závěru, že čím vyšší vzorkovací frekvence tím větší frekvence je možno zachytit a čím větší rozlišení, tím dosáhneme lepšího odstup signálu od šumu (dynamického rozsahu) a tím také lepší kvality diskrétního signálu.[1].

5.4 Kódování PCM

Pulsně kódová modulace slouží k převedení analogového signálu na nekomprimovaný digitální signál. Výsledkem je vyjádření hodnoty analogového signálu v binárním kódu. [4]. Názorněji Obrázek č. 5 - vidíme, že pro kvantizační úrovně je vyhrazeno 7 bitů, při vzorkovací frekvenci 8 kHz. Jako první vzorek amplitudy je přiřazen hodnotě 1100001, druhý vzorek je 1100011, třetí 1100110, analogicky postupujeme dále.



Zdroj: <http://www.earchiv.cz/a92/a203c110.php3>

Kódování PCM se využívá například pro záznam zvuků na Audio CD při vzorkovací frekvenci 44,1 kHz a 16-ti bity na vzorek ve dvou kanálech (Stereo). Velikost jedné minuty záznamu ve dvou kanálech je: $44\,100 * 60 * 16 * 2/8 = 10\,584\,000$ Byte. Jelikož se jedná o lineární rozdělení hladin, často se proto uvádí, že se jedná o LPCM.[2].

Pro ukládání zvuků na počítači se proto často používají úspornější formáty, kde pomocí ztrátové nebo bezztrátové komprese je dosaženo větší úspory místa oproti PCM. Do ztrátových formátů řadíme velice úspěšný formát mp3 nebo wma od firmy Microsoft. Jako bezztrátový formát je například poslední dobou oblíbený FLAC, který nachází uplatnění u náročných posluchačů používajících počítač jako základní článek Hi – Fi poslechu.

5.5 Zvuková syntéza

Teorie vzorkování a kvantování se výborně hodí pro záznam a přehrávání zvuků, ale pro vytváření nových zvuků se používá takzvané zvukové syntézy. Pojem zvuková syntéza by se dal definovat jako generování umělých zvuků se záměrem využití v elektronické hudbě či ozvučení počítače. Pro zvukovou syntézu máme několik metod, například metodu součtovou neboli aditivní, rozdílovou, modulační, tvarovou, atd.[32].

Z hlediska vývoje zvukových karet do osobního počítače nás bude nejvíce zajímat modulační metoda, konkrétně FM syntéza a syntéza s použitím vzorků takzvaná wavetable.

5.5.1 FM syntéza

Pod pojmem FM syntéza se skrývá technika generování akustického signálu pomocí frekvenční modulace. FM syntéza byla vytvořena na Stanfordské univerzitě v roce 1976 a je založena na myšlence, že každé vlnění lze sestavit složením vybrané série sinusových kmitů o patřičné frekvenci a amplitudě.[39]. FM syntezátor má určitý počet operátorů, které původní signál ovlivňují, čím více operátorů tím více různých signálů dostaneme na výstupu.

Tato metoda dovoľovala vytvářet frekvenčně velmi bohaté zvuky a její využití v elektronické hudbě je obrovské. Horší to je ale s napodobováním reálných hudebních nástrojů.[32]

Jedna z prvních zvukových karet do PC byla od firmy AdLib, využívala FM syntezátoru od firmy Yamaha, konkrétně operátoru OPL 2. Karta dokázala reprodukovat více zvuků (hlasů) najednou a pracovala ve dvou režimech. V prvním režimu zapojení operátorů bylo možno využít devět melodických hudebních kanálů. Ve druhém režimu to bylo šest melodických kanálů a současně pět kanálů použitých pro bicí nástroje. [6]. Karta měla pouze jeden zvukový výstup (mono).

Dnes už se tato metoda v počítačích nepoužívá, byla nahrazena zvukově věrnější Wavetable syntézou.

5.5.2 Wavetable syntéza

metoda Wavetable používá k reprodukci již navzorkovaný signál skutečného hudebního nástroje, zvuky těchto nástrojů jsou uloženy ve vlastní paměti. Samozřejmě z hlediska kapacity paměti jsou navzorkovány pouze nejkratší možné úryvky o určité frekvenci, vycházející z teorie průběhu tónu nástroje. Reprodukce zvuků na jiných frekvencích než té, která je uložena v paměti, se dosahuje tím, že se navzorkovaný zvuk přehrává různou rychlostí, tato úsporná metoda se nazývá Pitch Shifting. Zpracování vzorků zajišťuje syntezátorový čip respektive virtuální syntezátor – CPU (integrované zvukové karty).[8].

Výhoda wavetable syntézy je jasná, velmi dobře dokáže napodobit zvuky reálných nástrojů. Na počátku devadesátých let byly nevýhody ve formě vyšších nároků na výpočetní výkon, velikost paměti při porovnání s FM syntézou a také délka prvních zvukových karet s wavetable syntézou dosahovala úrovně dnešních Hi-Endových grafických karet.

Wavetable syntéza se stále používá ve spojení se standardem MIDI(viz dále). Moderní zvukové karty už nemají vestavěnou paměť přímo na kartě, ale díky přechodu z ISA na PCI sběrnici využívají operační paměti počítače, aniž by se to negativně projevilo na rychlosti zpracování vzorků.[8].

5.6 MIDI

Musical Instrument Digital interface (MIDI) je standart, který spravuje organizace MIDI Manufactures Association. MIDI je komunikační protokol a jeho úlohou je přenášet informace o hraných tónech mezi zařízeními (převážně hudebními), které jsou s MIDI kompatibilní, například mezi syntetizátorem a počítačem. Přenos dat mezi MIDI přístroji je vždy jednosměrný. Data, která se přenášejí, se nazývají zprávy (events). Tyto zprávy jsou vysílány z konektoru označeného jako MIDI OUT do konektoru MIDI IN, Některá zařízení (klávesy, mixpulty, atd) mají ještě konektor označený jako MIDI THRU, který slouží k propojení dat přicházejících na MIDI IN do dalšího zařízení, ale s nevýhodou, že na každém zařízení může dojít ke zpoždění 2 – 4 μ s, který může být v některých případech slyšitelný.[9]

Pro vzájemné propojení přístrojů se používají konektory typu DIN 5/180. Přenos MIDI zpráv je možný i po USB, čehož využívají dnešní běžné zvukové karty, které dříve měli integrován konektor typu DB-15 neboli Gameport, který umožňoval vstup i výstup MIDI zpráv. Naproti tomu v profesionální sféře zvukových karet se stále nacházejí konektory typu DIN 5/180 nebo DB-15. Pro přenos zpráv je použit asynchronní sériový přenos dat. Délka zpráv je jednobytová až tříbytová informace sestavená z jednoho stavového a žádného až dvou datových bytů. Například stisk klávesy je 3 bytová zpráva, kde první byte udává, že byla stisknuta klávesa, druhý byte udává jaká klávesa neboli číslo noty a třetí byte říká, s jakou razancí byla stlačena. Jsou však také výjimky, například v režimu trvajících stavového bytu stačí dále vysílat pouze řetězec datových bytů, dokud není potřeba změnit stavový byte. Frekvence vysílače je nastavena na 31250 Hz a 3 bytová zpráva se přenese za 960 μ s.[9].

Každý Byte má vyhrazen nejvyšší bit, stavový byte v něm vždy obsahuje logickou hodnotu 1, datový byte vždy 0. tím je pro obsah zpráv vyhrazeno $2^7 = 128$ kombinací. Stavový byte obsahuje 4 bity pro identifikaci kanálu a 3 bity pro typ zprávy, například Note on, která znamená stisk klávesy. Příkaz pro změnu hudebního nástroje se jmenuje Program change. tato zpráva je dlouhá dva bajty, po stavovém bajtu, kde je uveden kanál a typ příkazu, následuje datový byte, kde je uvedeno číslo hudebního nástroje.

Je tedy možné rozlišit až 128 různých nástrojů. Samotná norma MIDI ale neurčuje, jaký nástroj se pod daným číslem nachází. To je jeden z důvodů proč byl v roce 1991 vytvořen standard General MIDI (GM).

GM zpřisňuje normu MIDI. Všechna zařízení GM-compatible, musí dokázat přehrát minimálně 24 tónů (polyfonie), z toho minimálně 16 melodických a 8 bicích. Je určeno přesně, pod kterým číslem se nacházejí konkrétní nástroje, například číslo 1 je vždy klavír atd. Dále byl zaveden standard SMF (standard MIDI file) ve kterém se skladby ukládaly, používající příponu: „.mid“. Soubory obsahují pouze sled událostí, které se mají odehrát v čase. Z tohoto důvodu měly soubory velmi malou velikost řádově několik kilobytů. Později se objevil také standard XMF který dovoľoval zapsat vedle sledu událostí také vzorky použitých nástrojů. Více v [10].

Vývoj MIDI pokračoval dále, objevilo se několik dalších standardů například v roce 1999 GM Level 2, který dovoľoval až 32 hlasovou polyfonii. Na rok 2012 je plánováno představení specifikace High Definition Protocol, která by měla umožnit vyšší rychlost přenosu dat, zvýšení polyfonie, kanálů a přidání nových typů zpráv.[10].

Nevýhoda MIDI spočívá v tom že, skladba složená na syntezátoru s vysoce kvalitními vzorky může znít na jiném přístroji s jinými vzorky úplně jinak.

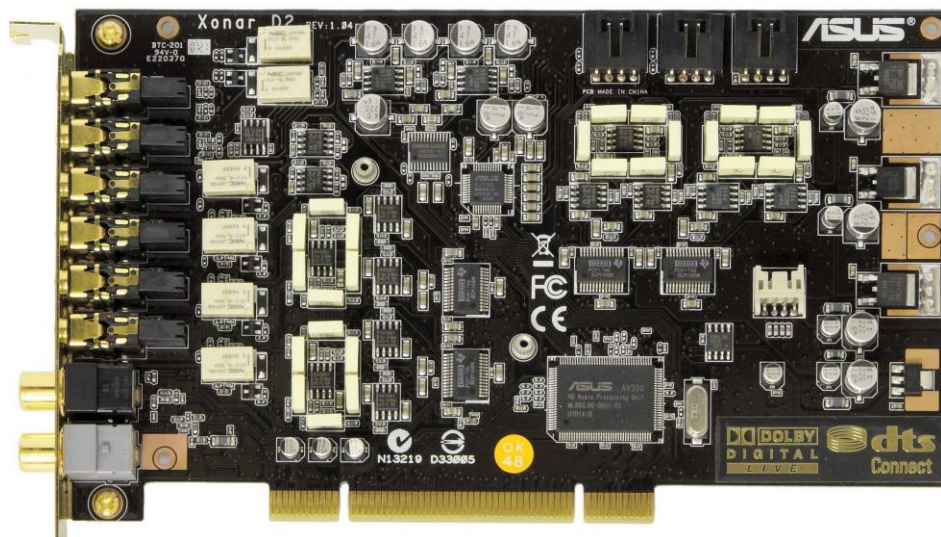
Naproti tomu Microsoft Windows obsahuje univerzální software syntezátor Microsoft GS Wavetable SW Synth od firmy Roland. Syntezátor má přibližně 3MB zvukových vzorků, které zaručují shodný zvuk na všech počítačích s operačním systémem Windows.

Rozhraní MIDI ve Windows zajišťuje API DirectX, konkrétně DirectMusic.

6 Zvuková karta

Pojem zvuková karta je trochu zavádějící, protože moderní zvukové karty už nejsou jenom pouze ve formě přídatných karet, ale jsou integrovány přímo na základní desce počítače. Moderní zvukové karty jsou vybaveny zvukovým procesorem / řadičem, který je řízen ovládacím softwarem. Zvukový procesor se stará o úpravu a řízení zvukových signálů na digitální úrovni, přijímá data ze vstupů a posílá již zpracovaná data na výstup.[22]. Tento model nemusí ale vždy platit, například integrované zvukové karty standardu AC 97 či novější HD Audio využívají k mixáži hlavní procesor počítače. Zvuková karta může být interní nebo externí. Jako interní využívá buďto starší PCI sběrnici, nebo novější PCI express. Pokud je externí tak je s počítačem propojena pomocí USB nebo Firewire, dříve také pro notebooky PCMCIA, dnes express card. Existují i hybridní řešení kde v počítači je nainstalovaná karta, která obsahuje pouze digitální obvody a je propojena digitálně s externím boxem a teprve v něm jsou umístěny kodeky a analogové obvody se vstupy a výstupy.

Obrázek č. 6: Zvuková karta ASUS Xonar D2 – první karta od firmy ASUS



Zdroj: <http://www.xbitlabs.com/articles/multimedia/display/asus-xonar.html>

Zvukové karty tedy dále obsahují kodeky, vstupy, výstupy, zesilovací prvky, jejich specifikace, množství či kvalita závisí především na tom, pro jaký typ zákazníků jsou určeny. Herní karty mají většinou až 6 analogových konektorů typu TRS-Jack 3,5mm, z toho 2 slouží jako vstupy (linkový a mikrofonní) a 4 jako výstupy vícekanálového zvuku

na reproduktory až 7.1 (7 satelitních reproduktorů a 1 subwoofer). Pro digitální přenos signálu například do AV Recieveru externího D/A převodníku se často používá S/PDIF. Hlavní předností herních zvukových karet je výkon Zvukového procesoru, který je schopný v reálném čase zajistit podporu vícekanálových zvukových technologií, jako je EAX. Kvalita zvuku jde často stranou, kodeky a zesilovače nebývají těch nejvyšších kvalit. Hlavní zástupce herních zvukových karet je firma Creative a její dlouholetá a velice populární řada Sound Blaster, která využívá firemní technologii vícekanálového zvuku EAX (dnes verze 5.0), která je rozšířením DirectSound 3D.[7].

Multimediální zvukové karty obsahují kromě vícekanálového výstupu také codér který v reálném čase kóduje či dekóduje vícekanálový zvuk (Dolby či DTS). Zakódovaný zvuk je pak například posílán digitální cestou do systému domácího kina (AV Recieveru), kde je poté dekódován. K tomuto účelu se používá digitální přenos pomocí S/PDIF(koaxiál nebo toslink) nebo HDMI. Pokud jde o kvalitu zvuku, platí pravidlo, že zvuk je kvalitnější než u herních karet, nebo by alespoň měl být (z hlediska konkurence), protože podporu kódování Dolby či DTS zvládá i zvukový procesor z řady karet Creative Sound Blaster X-fi. V tomto sektoru se pohybují zvukové karty od společnosti ASUS, Auzentech ale také i Creative. Například Karty ASUS nabízely už od svého příchodu na trh v roce 2008 velice dobrou zvukovou kvalitu v porovnání se Sound Blasterem. Prakticky u každé karty ASUS je možnost výměny operačních zesilovačů za jiné typy, které do jisté míry ovlivňují výslednou kvalitu a charakter zvuku. Zvukové karty ASUS také dokáží emulovat EAX ve verzi 5.0 díky technologii DS3D GX. Výpočet EAX má ale na starost CPU. U Sound Blasteru EAX zajišťuje zvukový čip s prakticky nulovým nárokem na CPU. [31].

Zvukové karty, pro náročné hudební posluchače většinou nemají analogový výstup na 7.1 reproduktorovou sestavu, ale jsou řešeny pouze jako stereo. Například ASUS Xonar Essence ST/STX, která obsahuje 2(stereo) RCA konektory, 1 stereo sluchátkový výstup, 1 analogový vstup a digitální výstup S/PDIF. Tyto karty jsou řešené jako levnější alternativa pro drahé stereo Hi-Fi sestavy a jejich cílem je poskytovat co možná nejkvalitnější zvukový výstup. Alternativy pro ASUS Xonar Essence ST/STX jmenujme například Sound Blaster X-Fi Titanium HD nebo ESI Prodigy HD2. [15].

Pro hudebníky a nahrávací studia je důležitý velký počet vstupů a výstupů typu XLR, TRS-Jack 6,3mm, RCA, výkon zvukového procesoru, kvalita kodeků a nízká latence – čas

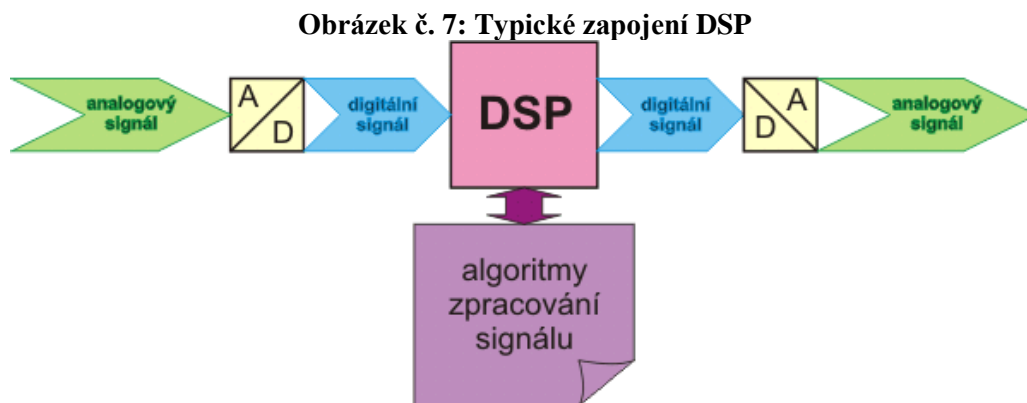
po který analogový signál putuje přes PC. Karty jsou řešeny většinou jako externí, nebo alespoň jejich analogová část. Zvukový procesor také většinou nemá podporu 3D zvukových technologií a prostorového zvuku, naopak je důležitá podpora symetrického vedení signálu. Platí pravidlo, že karty pro hudebníky a nahrávací studia mají nejkvalitnější vstupní obvody. Společnosti působící v tomto segmentu jsou například E-MU, ESI, MOTU, RME, M-Audio, AVID, atd.

Integrované zvukové karty standardu HD Audio (Azalia) jsou dnes prakticky na každé základní desce, ačkoli se zlepšila kvalita instalovaných kodeků (např.: Analog Devices, RealTek, Cirrus Logic, C-Media, atd)[33], jejichž specifikace se vyrovnávají běžným přídavným zvukovým kartám, trpí pronikáním rušení zvukového signálu v podobě nežádoucích ruchů například při pohybu myši nebo práci harddisku, platí hlavně pro notebooky. Tento neduh znemožňuje připojení sluchátek za účelem kvalitního poslechu hudby. Nutno dodat že záleží hlavně na návrhu plošného spoje základní desky. Integrované zvukové karty pracují na principu komunikace mezi zvukovým řadičem, který je integrován v jižním můstku na základní desce a kodekem. Výpočetní operace má ale na starost hlavní procesor počítače. Možno připojit až 7.1 reproduktory. Je zavedena podpora zvukových technologií Dolby speciálně určených pro HD Audio jako je, Dolby sound room, Dolby home theater a Dolby master studio.[34]. Co se týče kvality zvuku, jsou na to integrované zvukové karty zpravidla nejhůře.

6.1 Zvukový procesor – Řadič

Zvukový čip se skládá ze zvukového procesoru neboli DSP (Digital Signal Processor) a řadiče. Řadič řídí veškeré operace a zajišťuje též komunikaci se zbytkem počítače. Hlavním úkolem DSP je zpracovávat v reálném čase digitální data jako je například frekvenční filtr, umělý dozvuk, efekty, atd. Často jsou tyto úlohy ale tak výpočetně náročné, že je potřeba ukládat tato data do paměti a poté je postupně zpracovávat. Moderní DSP procesory jsou stavěny na harvardské architektuře s oddělenou pamětí pro program a data. Podporují režim DMA pro přímý přístup do paměti bez zásahu CPU.[20]. Procesory ve většině případů používají pro přenos digitálních dat mezi kodeky sériovou sběrnici I2S, která posílá hodinový kmitočet a zvuková data separovaně, je zajištěn co nejmenší jitter (neboli odchylka od hodinového kmitočtu).

Každý zvukový čip pracuje s určitým počtem interních kanálů, které může zpracovávat, například procesor CA20K1 (Creative Sound Blaster X-Fi) jich obsahuje 4096.[21].



Zdroj: <http://cs.wikipedia.org/wiki/DSP>

Na kvalitě zvuku se nejvíce podílí kodek, ale i přesto nese řadič odpovědnost, protože ne každý řadič dovoluje zpracovávat kodekem navzorkovaný signál s libovolnou vzorkovací frekvencí a bitovou hloubkou. Například čip EMU10K2 (Sound blaster live!, Audigy 1) dokáže pracovat pouze se vzorkovací frekvencí 48 kHz a rozlišením 16-ti bitů. Signál s kteroukoli jinou vzorkovací frekvencí a rozlišením se musí překonvertovat (upsampling nebo downsampling), tím je ale do signálu zbytečně zaneseno zkreslení, proto se tento čip stal nepoužitelným pro hudebníky.[22].

Je důležité podotknout, že dopad na kvalitu signálu je závislý na použitém algoritmu.[21]. Jednotka, která zajišťuje tento převod je ale velice důležitá. Zajišťuje se tím „kompatibilita“ signálů mezi sebou. Audio CD používá frekvenci 44,1 kHz a hloubku 16 bitů, SACD 96 kHz a 24 bitů, atd.

Často se na některých kartách objevují i externí programovatelné procesory (complex programmable logic device nebo Field programmable gate array) které mohou vypomáhat zvukovému procesoru v určitých situacích, například při dekódování digitálního signálu.[22]. Nebo mohou také plně nahradit celý DSP procesor, jako je tomu v případě zvukové karty R.M.E. HDSP 9632, která používá místo DSP procesoru programovatelné hradlové pole (FPGA) Spartan od firmy Xilinx.

6.2 Kodek

Kodek (CODEC – Coder/Decoder). Kodek je nejdůležitější prvek na zvukové kartě, který je nejvíce zodpovědný za výslednou kvalitu zvuku. Skládá se z D/A a A/D převodníků. Převod analogového signálu na digitální zajišťuje A/D převodník. Proces digitalizace zahrnuje vzorkování a kvantování, tyto operace jsou detailněji popsány v kapitole digitální zvuk. Pro rekonstrukci digitálního signálu na analogový se využívá D/A (digital to analog converter- DAC) převodník. [22].

Kodek je v naprosté většině umístěn mimo zvukový procesor, výjimky tvoří ale pouze ty nejlacinější karty určené pro staré základní desky bez integrované zvukové karty, jejich zvuková kvalita je často horší než u dnešních integrovaných zvukových karet standardu HD Audio. DAC a ADC čipy jsou většinou od sebe odděleny, spíše výjimečně jsou integrovány na jednom čipu. Hlavní parametry převodníků jsou rozlišení, vzorkovací frekvence a odstup signálu od šumu. Dnešní A/D převodníky běžně zvládají rozlišení 24 bitů a vzorkovací frekvence 96 kHz, D/A převodníky 24 bitů a 96 kHz nebo dvoukanálově (stereo) až 192 kHz. Odstup signálu od šumu 120 – 130 dB

6.2.1 Oversampling

Oversampling neboli převzorkování na vyšší úroveň, například 2x, 4x, 8x atd, můžeme chápat jako metodu kdy A/D převodník vzorkuje v mnohonásobně vyšší frekvenci a poté přebytečná digitální data odstraní. Například požadujeme-li vzorkovací frekvenci 48 kHz, převodník vzorkuje $48 * 4 = 192$ kHz a následně přebytečná digitální data odstraní (downsampling) a ponechá pouze vzorky odpovídající vzorkovací frekvenci 48 kHz. Metodu oversampling využívají také D/A převodníky, kde je signál před konverzí převzorkován pomocí speciálního digitálního filtru. Hlavní motivace oversamplingu spočívá v redukci kvantizačního šumu a také snižuje požadavek na strmost analogového filtru typu dolní propust. Z kapitoly Digitální zvuk víme, že se do signálu při A/D převodu zanáší kvantizační šum, který se dá redukovat zvýšením rozlišovací schopnosti převodníku. [14].

Lze redukovat i jinými způsoby, například právě zvýšením vzorkovací frekvence. Metoda kdy za účelem snížení kvantizačního šumu použijeme oversampling se nazývá Noise shaping.

Noise shaping způsobí, že se kvantizační šum rozprostře po celém slyšitelném zvukovém spektru. Šum by měl být méně slyšet, protože se přemístí převážně do vysokých frekvencí, kde lidský sluch vnímá intenzitu s menší hlasitostí. Za D/A převodníky se umísťují také filtry typu dolní propust, aby odfiltrovaly kmitočty nad pásmem slyšitelnosti.

Každý zásah do signálu přináší ale nepříjemnou vlastnost a tou je zkreslení, které je ale mnohdy prakticky neslyšitelné.

6.2.2 Dithering

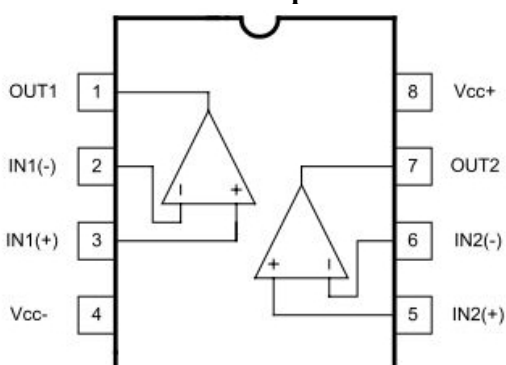
Dithering je další metoda která dokáže redukovat kvantizační šum. Přimícháme-li před vstup převodníku tichý analogový šum, jehož amplituda je na úrovni zhruba třetiny kvantizační úrovně, dosáhneme ve výsledku statisticky rovnoměrnějšího rozdělení kvantizačních chyb a subjektivně lepšího zvuku. U převodníků se ale v drtivé většině případů používá spíše oversampling.[14].

Dithering má ale klíčovou úlohu při převodu zvuků z vyššího rozlišení na nižší. Například z 24 bitů na 16 bitů. Aplikace pro práci se zvukem pracují minimálně ve 32-bitovém režimu, některé masteringové aplikace až 128 bitů. Důvod takto vysokého rozlišení je ten, že při jednotlivých procesech dochází vlivem zaokrouhlování při výpočtech k určitým bitovým redukci. Výstupní formát Audio CD má rozlišení 16 bitů. Při převodu se musí proto použít dithering, který přimíchá do signálu nepatrné množství šumu, pro potlačení zkreslení. Pokud se dithering neprovede, 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].

6.3 Analogové obvody

Vstupně výstupní obvody doplňují zesilovací prvky, aktivní a pasivní filtry, které mají za úkol zesílit respektive frekvenčně upravit analogový signál. Zvukové karty pro tyto situace obsahují operační zesilovače.

Obrázek č. 8: Duální operační zesilovač



Zdroj: http://www.dz863.com/datasheet-87829563-MC4580_Dual-Operational-Amplifier-15mhz-Dual-Op/

Operační zesilovač (dále OZ) je univerzální zesilovací obvod, jehož úkolem je zesílení signálu a modifikace frekvenční charakteristiky. Hlavním požadavkem OZ, nebo zesilovačů obecně jsou zisk, při co nejmenším šumu a zkreslení.[22]. Na Obrázek č. 8 vidíme typický duální operační zesilovač s osmi piny. OZ je vybaven takzvanou zpětnou vazbou, která určuje jeho chování. Zpětná vazba znamená propojení výstupu z OZ na vstup.

Dle zapojení dále rozlišujeme zde je invertující či neinvertující. Obecně je signál přiveden na kladný bod, kde je zesilován na hodnotu, která je dána rozdílem napětí mezi kladným a záporným bodem. Pokud je signál přiveden na zápornou hodnotu, bude signál fázově posunut o 180°, neboli invertován. Více v[28].

Od příchodu firmy ASUS na trh se zvukovými kartami (přibližně počátek roku 2008) jsou často umísťovány v patičkách, pro snadnou výměnu za jiný typ.[15]. Lze tím ovlivnit výsledný charakter zvuku.

Operační zesilovače se často využívají i pro realizaci aktivních filtrů společně s kapacitami a rezistory. Například už zmiňovaný Low-pass filtr, který zajišťuje odfiltrování vyšších frekvencí ze signálu pro potlačení aliasingu. Filtry lze realizovat i pasivně, to znamená bez zesilovacího prvku, pouze pomocí kapacitorů, rezistorů a induktorů. Pro strmější pokles filtrovaného signálu lze filtry zapojovat kaskádovitě za sebou, mluvíme tedy o takzvaných filtrech o více řádech. Více v [29].

Na operačních zesilovačích a výstupních filtrech závisí tedy linearita výstupní charakteristiky, přeslechy mezi kanály, odstup signálu od šumu a zkreslení. Ve výstupních obvodech jsou také umístěny relé, které zajistí například při připojení sluchátek přiřazení dodatečného výkonného zesilovače.[22].

6.3.1 Zkreslení

Druhů zkreslení je více, ale pro naše potřeby jmenujme dva hlavní druhy, které budeme v praktické části této práce měřit. První je Harmonické zkreslení.

$$THD = \frac{\Sigma \text{výkon vyšších harmonických}}{\text{výkon základní harmonické}} = \frac{P_2 + P_3 + \dots + P_n}{P_1} \cdot 100[\%]$$

Harmonické zkreslení vzniká vinou nelinearity součástí například v převodnicích či zesilovacích prvcích. Nelinearitu chápeme jako změnu na výstupu, která není lineárně závislá na změně vstupu. Tyto nelinearity způsobují vznik vyšších harmonických složek v akustickém signálu. Vyšší harmonické složky jsou vždy celým násobkem (2x, 3x, atd) původního vstupního signálu. Velikost jednotlivých vyšších harmonických je různá podle použitých zesilovacích prvků. Jejich vznik je nežádoucí.[30]. Sudé harmonické nepůsobí

tak rušivě jako liché. Nejvíce rušivá je třetí harmonická.[16]. Počítá se jako podíl součtu výkonů všech vyšších harmonických P_2, P_3, \dots, P_n a výkonu základního tónu P_1 . Výsledek je uváděn v procentech a někdy také po aplikování desítkového logaritmu v dB.[35]. V dnešní době toto zkreslení dosahuje velmi malých hodnot v rámci setin až tisícín procent. Uvádí se, že lidské ucho není schopné rozeznat zkreslení, které je pod 0,5%.[17].

Jiná situace nastává u Intermodulačního zkreslení, která vzniká při přivedení dvou a více sinusových signálů o různých frekvencích na nelineární prvek. Na výstupu se objeví jejich kombinace ($f_1 + f_2, f_1 - f_2, 2f_1 + 2f_2$, atd.). Toto zkreslení je vnímáno velmi intenzivně. Je definováno několik standardů pro kombinace dvou měřicích signálů. Program RMAA používá signály na frekvenci 60 Hz a 7000 Hz.[16]. Více v [16].

6.4 Vstupy a výstupy

První zvukové karty měly zvukový výstup jednobanální, takzvaný mono. Zvukový čip sice dokázal pracovat s více interními kanály (OPL 2 zpracovával až 9 kanálů), ale pro reprodukci se musely mixovat dohromady do jednoho (mono) výstupního kanálu. Dnešní zvukové technologie pro vícekanalový zvuk jako jsou EAX, standardy Dolby nebo DTS dokáží využít velký počet zvukových kanálů, počínaje konfigurací 1.0 přes 5.1, 7.1, 13.1 až po teoreticky neomezený počet. Více o technologiích Dolby a DTS v.[40].

Dnes nalezneme na běžných multimediálních i herních zvukových kartách až 8 výstupních kanálů pro zapojení reproduktorů v konfiguraci 7.1, tj. 7 reproduktorů pro celofrekvenční rozsah a 1 frekvenčně omezený (low-pass filtr). Tyto kanály jsou realizovány konektory typu TRS-Jack 3,5mm, které jsou zapojeny nesymetricky (obsahují vždy 2 různé signály, většinou pro levý a pravý kanál). Často jsou tyto konektory barevně označeny dle standardu PC 2001 od firmy Microsoft a Intel.

První konektor je zelené barvy a realizuje hlavní analogový stereo výstup, druhý konektor je barvy černé a realizuje výstup dvou zadních reproduktorů, společně s prvním tvoří kvadrofonní zvukový režim, který využívá technologie EAX. Třetí, oranžový výstupní konektor nese signál centrálního reproduktoru a signál pro subwoofer, který je frekvenčně omezený.

Dohromady tyto tři konektory tvoří uspořádání 5.1, které je ve světě domácího kina de facto standardem. Poslední výstupní konektor v barvě šedé slouží k připojení postranních reproduktorů. Celkem 7.1 uspořádání.[35].

Vstupní konektory jsou dva, v růžové barvě je to konektor pro připojení mikrofonu, je řešený jako monofonní a zpravidla se hodí pouze pro nejjednodušší dynamické mikrofony a poskytuje horší výsledky, protože zapojení je často nekvalitní a vede k silnému šumění a rušivým zvukům při příjmu signálu.[8] Jako druhý konektor je Line in, takzvaný linkový vstup. Ten slouží k připojení externího zdroje signálu, například CD, DVD přehrávač.

U integrovaných zvukových karet jsou vstupy a výstupy (I/O) vyvedeny v oblasti vstupů a výstupů základní desky. Standard HD Audio disponuje funkcí „Jack sensing and retasking“, kdy nezáleží na tom, kam se připojí mikrofon, reproduktory či line in. Řadič sám rozpozná, zda byl připojen vstup nebo výstup a zeptá se, co konkrétně bylo připojeno. Tento systém dovoluje připojit třeba několik mikrofonů současně, nebo line in do výstupních konektorů.[36].

Pro digitální přenos dat se na zvukové karty umísťují dva konektory standardu S/PDIF. Jeden jako vstupní a druhý výstupní. Buď ve formě optického kabelu s konektorem TOSLINK, nebo Coaxial s konektorem RCA Cinch. Často jsou ale nahrazovány Combo konektorem, který dovolí připojit jak TOSLINK tak i RCA Cinch. Výjimečně se objevuje HDMI, které dokáže přenášet nekomprimovaný obrazový a zvukový signál v digitálním formátu.

zvukové karty mají další konektory, které jsou ale umístěny přímo na desce tištěných spojů, jako kolíkové lišty nebo zdířky. Například pro připojení externího ovládacího panelu, nebo vstupu Aux.[37].

Často se stává, že se vstupy a výstupy na zadní panel zvukové karty nevejdou, tento problém se dá vyřešit tím, že jsou všechny analogové konektory vyvedeny jedním velkým multi konektorem, například D-SUB 15 pin.

Na druhé straně ve sféře profesionálních zvukových karet je konektorová výbava odlišná. Vychází se z faktu, že zvukový procesor nepodporuje žádné 3D technologie, primární zaměření je nahrávání hudebních nástrojů, mixování a výstup na poslechové monitory či

výstup na nějaké další externí zařízení. Čím více vstupů, tím více hudebních nástrojů lze najednou v reálném čase nahrávat a zpracovávat. Vstupy a výstupy zde proto nejsou uspořádány, jako u běžných zvukových karet. Nepoužívají se konektory typu Jack velikosti 3,5 mm, ale 6,3 mm v režimu mono. Konektory jsou často namáhány a tento způsob zapojení jim dovoluje dlouhou životnost. Dále se používají konektory typu XLR, které jsou robustnější než TRS-Jack. Oba tyto konektory slouží na propojování profesionální audio techniky, jako jsou mixážní pulty, poslechové monitory, mikrofony, atd. V profesionální audio technice se využívá symetrického vedení analogového signálu, které zajistí minimalizaci cizích rušivých vlivů. Tento způsob zapojení, konektory typu XLR a TRS-Jack podporují. Existuje také kombinovaný konektor pro XLR a TRS-Jack. [1].

Pro digitální přenos dat jsou přítomny rozhraní S/PDIF a ADAT. Rozhraní ADAT je realizováno pomocí optického kabelu s konektorem TOSLINK, stejně jako u S/PDIF. Tyto dva protokoly ale nejsou mezi sebou kompatibilní. ADAT podporuje přenos digitálního zvuku až pro 8 zvukových kanálů při vzorkovací frekvenci 48 kHz a 24 bitů, 4 kanály v 96 kHz a 24 bitů.[1].

V profesionální audio technice je využíváno více standardů pro digitální přenos dat, například MADI, TDIF, AES3 (z něho vychází už zmiňované S/PDIF), atd. Jsou většinou realizovány pouze pomocí koaxiálního nebo optického kabelu a konektorů typu RCA Cinch, XLR nebo TOSLINK. Více v [1].

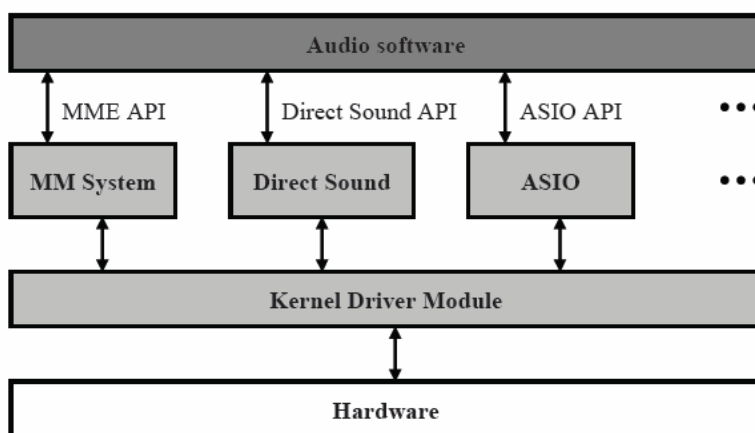
Mnoho profesionálních karet má také vstup a výstup pro nastavení digitální synchronizace (Clock) mezi přístroji, které jsou navzájem mezi sebou propojeny.[1]. Využívá se například konektor BNC

Jako samozřejmost je podpora MIDI. Na kartách nalezneme často dvakrát konektor DIN 5/180 sloužící pro vstup a výstup.

6.5 Ovladač

Ovladač je software, který umožňuje operačnímu systému pracovat s hardwarem, v našem případě se zvukovou kartou (zvukový čip). Ovladač zajišťuje řízení hardware a zároveň komunikuje i se zbytkem operačního systému pomocí obecnějších rozhraní, která zajišťují abstrakci zařízení. Rozhraní bývá snazší k používání než přímý přístup k zařízení, je tím také zajištěn spooling (technika sdílení vstupně-výstupních zařízení multitaskingových operačních systémů) a bufferování u zařízení, které ho sami nepodporují.[11].

Obrázek č. 9: Struktura přístupu aplikace k hardware



Pozn.:¹ ovladač je zobrazen světle šedivou barvou.

Zdroj: [11].

6.5.1.1 Latence

Latence je časové zpoždění (obvykle v jednotkách či desítkách milisekund), které je zapříčiněno konverzí analogového signálu na digitální a naopak. Například při nahrávání signálu hudebního nástroje je potřeba, abychom slyšeli signál okamžitě a ne se zpožděním. Rychlost převodníků je relativně vysoká, ale protože k digitálnímu zpracování signálu dochází v několika vrstvách softwaru, může se toto zpoždění výrazně načítat. Latence bývá největší problém zejména u platformy Windows, systémy Mac OS X či Linux podléhají tomuto zpoždění výrazně méně.[1].

Potřeba co nejvíce snížit latence se tedy hlavně týká profesionálních zvukových karet pro tvorbu hudby.

6.5.2 DirectSound

V roce 1995 přišel na trh operační systém Microsoft Windows 95 a s ním také DirectX. DirectSound (součást DirectX) je sada knihoven poskytujících aplikační rozhraní (API) mezi aplikací a ovladačem zvukové karty, umožňující přehrávání a záznam hudby. DirectSound má schopnost přistupovat k hardware rychleji než MME (alternativní API od Windows 3.1 až po Windows XP). DirectSound dále zajišťuje resampling a mixování kanálů pro teoreticky neomezený počet zvukových zdrojů. Testuje také, zda zvuková karta podporuje Hardware buffering, neboli ukládání dat na příslušnou paměť, respektive operační paměť. Pokud ne, DirectSound vytvoří audio buffer na operační paměti a používá software mixer (Kmixer od Windows 98 po XP), jinými slovy emuluje hardware buffer.[13]

DirectSound ale není oblíben mezi hudebníky, protože vykazuje velmi vysokou latenci v porovnání s ostatními ovladači, jako je například ASIO.

Kmixer (Kernel audio mixer driver) je ovladač který zajišťuje mixování audio bufferů a posílá je na výstupy. Je součástí ovladačů typu WDM a je obsažen v operačních systémech od Windows 98 až po Windows XP. Všechny zvukové karty, které nepodporují hardware buffer (prakticky všechny integrované zvukové karty), využívají Kmixer, který ale ještě více prodlužuje latenci.[12]

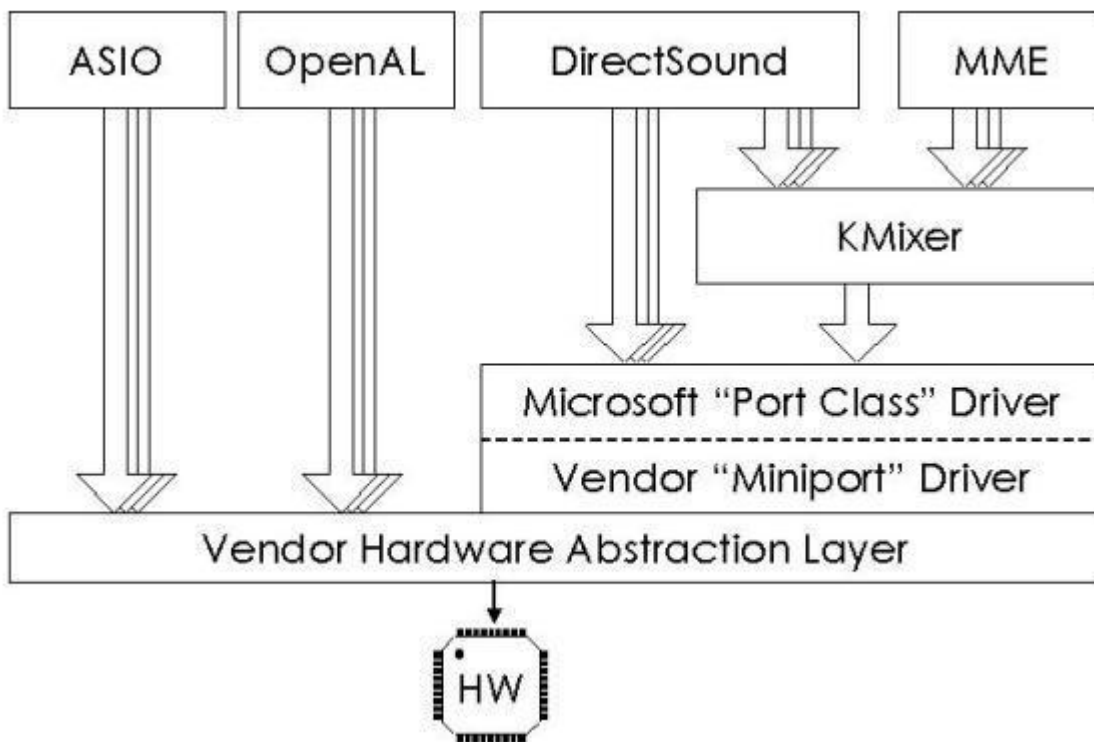
S příchodem Windows Vista a jeho Universal Audio Architecture se mnohé změnilo. DirectSound, DirectSound3D, DirectMusic a mnohé další API nadále nemají přímý přístup k ovladači zvukové karty. Místo toho jsou emulovány jako WASAPI instance.[12]. Latence je ale stále příliš velká.

6.5.3 ASIO

V roce 1995 vytvořila německá společnost Steinberg ovladač ASIO, který zajišťuje velmi nízkou latenci (řádově max jednotky ms) mezi programem a zvukovou kartou. Pro hudebníky je to optimální volba, protože rozdíl v latenci je v porovnání s DirectSound či WASAPI propastný. Nejdůležitější úkoly systému ASIO je tedy snížení latence a takzvaný multitracking, který umožňuje pohodlně zpracovávat a synchronizovat vstupy a výstupy.[11].

Výrobci profesionálních zvukových karet vždy dodávají ASIO ovladač. V současné době je ASIO ovladač součástí de-facto všech zvukových karet, které ani nejsou primárně určeny pro hudební účely. Pouze integrované zvukové karty nemají ASIO ovladač od výrobce, ale i pro ně existuje řešení například pomocí systému ASIO 4ALL.[11].

Obrázek č. 10: Přístup ovladačů k hardware ve Windows XP



Zdroj: <http://support.creative.com/kb/ShowArticle.aspx?sid=25937>

Více o ASIO v [11].

7 Praktická část

7.1 Metodika testování

Testování je založeno na měření a hodnocení parametrů výstupních obvodů zvukových karet pomocí referenční karty. Cílem měření je ukázat jednu z možností jak relativně rychle a pohodlně zhodnotit přibližné vlastnosti a parametry zvukových karet. Tento test není v žádném případě absolutní, je pouze jedním článkem v celém řetězci testovacích procedur, kde nakonec rozhodující slovo budou mít subjektivní poslechové testy. Více o této problematice v kapitole 3.

Do testu byly vybrány následující zvukové karty: E-mu 1616m PCI, ASUS Xonar Essence ST, Hercules Digifire 7.1 a Zvukový kodek ADI AD1986A integrovaný na základní desce ASUS A8N-VM

Zvukové karty byly nainstalovány na počítači s procesorem AMD Athlon 64 3000+, základní deska ASUS A8N-VM s 2GB RAM. Operační systém Windows XP sp2. Výběr tohoto staršího počítače s Windows XP byl z důvodu jistých problémů s ovladači E-mu v RMAA pod Windows Vista/7.

Testování probíhalo pomocí programu RightMark Audio Analyzer (RMAA) verze 6.2.3, který je volně stažitelný z těchto stránek. [24]. Testování bylo provedeno v následujících režimech: 44kHz 16bit, 48kHz 16bit, 96kHz 24bit a 192 kHz 24bit. Výsledky testování obsahují tabulku se soupisem všech měřených disciplín, jejich výslednou hodnotu a slovním hodnocením. Jsou zde také přiloženy Grafy (celkem 7 pro každý režim a z toho 6 pro všechny režimy najednou, graf IMD swept tones se neuvádí). To znamená tabulka s hodnotami, hodnocením a 7 grafů, to vše pro jednu zvukovou kartu pro jeden testovací režim. Jelikož některé karty nepodporují vyšší bitový režim respektive větší vzorkovací frekvenci, je testů o trochu méně. Celkem tedy 13 tabulek a 91 grafů, to je enormní velikost, kterou jsem musel zredukovat. Pro přehlednost budu tedy u každé zvukové karty uvádět pouze upravenou tabulku společnou pro všechny testovací režimy a společným hodnocením. Počet grafů jsem zredukoval na 24, tím že jsem spojil dohromady všechny testovací režimy. Grafy jsou obsaženy v příloze k práci.

Testování, lze provést při pouhém propojení výstupu Line Out a vstupu Line In jedné zvukové karty. Předpokladem je samozřejmě podpora duplexního režimu zvukové karty, to

znamená schopnost přehrávat a zároveň nahrávat. Často jsou vstupní obvody u běžných zvukových karet kvalitativně na nízké úrovni. Pokud bychom testovali každou zvukovou kartu zvlášť, to znamená výstup propojen se vstupem té samé karty, dostali bychom nepřesné výsledky, které by navzájem mezi sebou nebyly porovnatelné, protože mnohdy velmi kvalitní výstupní obvody by byly degradovány nekvalitními vstupy.

Pokud tedy testujeme více zvukových karet, je vhodné vybrat jednu měřicí neboli referenční kartu, která bude testovat všechny ostatní. Referenční karta jako jediná bude testována sama sebou.

Jako referenční karta byla vybrána E-mu 1616m. Propojení zvukových karet zajišťovaly audio kabely od společnosti Bespeco. E-mu 1616m má pouze mono linkové vstupy a výstupy, byly tedy propojeny dvěma mono kabely o velikosti 1m s konektory Mono Jack 6.3 mm – Mono Jack 6.3 mm. Ostatní testované karty byly propojeny s E-mu pomocí 1.5m dlouhého kabelu 2x Mono Jack 6.3 mm – Stereo Jack 3.5 mm. Výjimku tvoří pouze ASUS Xonar Essence který má na výstupu 2 nesymetrické RCA Cinch konektory, v tomto případě byla tedy použita navíc redukce 2x Mono RCA Cinch – Stereo Jack 3.5 mm. Samozřejmě je vhodné použít co nejkratší kabaly kvalitně stíněné, abychom předešli cizím rušivým vlivům.

Testovány byly pouze hlavní stereo Line out výstupy, protože zvukové karty mají pro tento výstup většinou součástky s lepšími parametry, například kvalitnější operační zesilovače.

7.1.1 Program RMAA

Již tedy bylo zmíněno, že test bude probíhat pomocí programu RightMark Audio Analyzer verze 6.2.3. ve volně stažitelné verzi. Existuje také verze PRO, která mimo jiné dovoluje řízení zvukových karet pomocí ovladače ASIO. RMAA je jednoúčelový program, který je schopen generovat testovací signály a následně je analyzovat pomocí rychlé Fourierovy transformace (FFT).[23]. Více o FFT v [3].

První parametr je frekvenční charakteristika - ta nám říká, v jakém kmitočtovém pásmu a s jakou intenzitou dokáže zvuková karta přenášet signál. Frekvenční charakteristika by měla být co nejvíce rovná bez výraznějších zvlnění. Na druhou stranu není to zas až takový

problém protože nakonec reproduktory rovnou frekvenční charakteristikou rozhodně nedisponují, tudíž není velký problém, pokud má zvuková karta ve slyšitelném pásmu vychýlení do ± 1 dB. V dnešní době je u zvukových karet tento parametr relativně ošetřený. RMAA hodnotí zvlnění v decibelech na kmitočtu 40 a 15000 Hz.

Druhý parametr je noise level, který nám udává poměr mezi užitečným signálem a rušivým napětím. Tento parametr ovlivňuje nejen rozlišení převodníků, ale také čistota napájení zvukové karty. Na kartách jsou umístěny filtrační RC články a stabilizátory napětí pro eliminaci tohoto vlivu. Hodnota je udávána v záporných číslech v dBA, menší číslo znamená lepší výsledek.

Třetí je dynamický rozsah, ten nám udává poměr mezi nejnižším a nejvyšším zaznamenaným signálem. Tento rozsah je omezen šumem a maximálním rozkmitem. Pro 24-bitový převodník je teoretický rozsah 144 dB. Více v kapitole 5.3. RMAA měří pomocí signálu na frekvenci 997 Hz. Při -60 dBFS (Full scale – počet decibelů do maximálního možného rozkmitu tj. bez zkreslení). Udává se v kladných číslech, větší číslo je lepší.

Čtvrtým, pátým a šestým parametrem jsou celková harmonická zkreslení (THD), měřené pomocí -3 dBFS signálu na frekvenci 1 kHz. Konkrétně tedy THD v procentech, THD + Noise v procentech a decibelech. Menší hodnoty v procentech znamenají menší zkreslení. THD + Noise se počítá jako THD s tím rozdílem, že se do čitatele přičte hodnota všech složek šumu.[38]. Je tedy udávána v procentech a v dBA. Menší hodnoty dBA jsou lepší.

Sedmý parametr je Intermodulační zkreslení (IMD) v %, zde se měří pomocí dvou signálů 60 a 7000 Hz při -5 respektive -17 dBFS.

Jako poslední parametr je stereo crosstalk, neboli přeslechy kanálů. V stereo signálu je obsažen signál pro levý kanál a signál pro pravý kanál. Vlivem konstrukce analogové části zvukových karet se ale tyto signály navzájem pronikají. Parametr stereo crosstalk nám tedy říká, jak dobře jsou tyto kanály mezi sebou odděleny. Hodnota se uvádí v decibelech. Zde měřené při 100, 1000 a 10000 Hz.

RMAA verze 6.2.3 obsahuje chybu, která se projevuje špatným vykreslením grafu u parametru stereo crosstalk, ta má za následek naprosté zkreslení výsledků. Chyba je pouze

grafického rázu a projevuje se, pouze když je v grafu zobrazena hodnota pro vzorkovací frekvenci 192 kHz společně s jinými vzorkovacími frekvencemi.

7.1.1.1 Nastavení RMAA

Volně stažitelná verze umožňuje testování s pomocí ovladačů MME nebo DirectSound. Konkrétně tedy pro přehrávací zvukovou kartu je možno nastavit MME nebo DirectSound, ale pro zaznamenávající je možno pouze MME. Je potřeba tedy dbát na přesné nastavení vzorkovací frekvence. Pro jistotu jsem testy prováděl dvakrát, jednou v nastavení DirectSound a po druhé přes MME. Výsledky byly prakticky stejné

V nastavení jsem zaškrtl možnost aby RMAA hodnotilo zkreslení a šum pouze ve slyšitelném frekvenčním pásmu, tj. od 20 Hz do 20 kHz. Dále jsem povolil invertování barev pozadí spektrálních grafů z černé na bílé.

Dle doporučení na oficiálních stránkách[24] jsem netestoval Frequency response (swept sine) a Total harmonic distortion (set of tones), jsou totiž primárně určeny pro testování reproduktorů. Jinak ostatní jsem ponechal v defaultním nastavení.

Před každým testem je potřeba správně nastavit vstupy a výstupy. U měřicí karty jsem ponechal pouze aktivní vstup pro příjem signálu, ostatní byly přes software deaktivovány.

U ostatních karet jsem pro změnu nechal aktivní pouze hlavní stereo výstup, vše ostatní bylo vypnuto. Dále je potřeba správně nastavit hlasitost, že je správně nastavená zjistíme po kliknutí na zvolený test. Po té se nám otevře monitorovací okno s indikátory, které ukazují zkreslení, přeslechy, vybuzení signálu. Program RMAA neumožňuje pracovat s vybuzeným signálem, který je nižší než -4 dBFS (full scale), neboli 4 decibely do plného rozkmitu. Obecně doporučovaná hladina signálu je -1dBFS, nicméně mnohé zvukové karty mohou mít svoje vlastní požadavky a specifiky. U výstupní hlasitosti je doporučováno nastavit celkovou hlasitost na maximum, hlasitost wave a Line in, by měla být na defaultní úrovni. Tato konfigurace je ve většině případů dostačující a je možno přejít k testování. V mém případě jsem musel korigovat pouze vstup Line in u E-mu 1616m, protože výstupní hlasitost u Digifire 7.1 a AD1986A byla na maximální hodnotě a přesto bylo potřeba zvýšit rozkmit, jednalo se pouze o lehkou korekci v rámci maximálně 3 decibelů.

Pokoušel jsem se vždy nastavit stejnou hodnotu rozkmitu tj. -0.1 dB od doporučené hodnoty -1 dBFS, celkem tedy -1.1 dB, ale v některých případech to bylo obtížně nastavit, výjimečně jsem tedy testoval při -1.2 dB.

7.2 Představení zvukových karet

7.2.1 E-mu 1616m PCI

Obrázek č. 11: Zvuková karta E-mu 1616m



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

E-mu 1616m je bývalá „vlajková loď“ firmy E-mu, která je dnes nahrazena verzí kompatibilní se sběrnici PCIe, doprodávají se pouze zásoby. Tato zvuková karta se skládá z interní PCI karty a externího boxu, mezi sebou jsou propojeny digitálním kabelem EDI s konektorem RJ45. Interní karta je čistě digitální, najdeme zde zvukový čip schopný pracovat v rozlišení až 192 kHz s rozlišením 32 bitů, jsou zde také vstupy a výstupy RCA Cinch pro S/PDIF případně AES/EBU, optika pro ADAT respektive S/PDIF. Externí box obsahuje mimo jiné hlavní linkové vstupy (2) a výstupy (3) pro konektory JACK 6.3 mm, které je možno přes software přepínat mezi symetrickým (napětím signálu +4dBu, max +20 dBu) zapojením a nesymetrickým (-10 dBV, max +6 dBV). Jsou zde osazeny špičkové 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 výstupy. Frekvenční charakteristika (20Hz - 20kHz) zvlnění +0.0/-0.3 dB. Dynamický

rozsah a SNR 120 dB, THD+Noise (1kHz -1dBFS) -110dB (0.0003%). Nastavení úrovně signálu je možné stejně jako u výstupů nastavit mezi symetrickým a nesymetrickým. Cena této karty je přibližně 10500 Kč. (heureka.cz). Další parametry na oficiálních stránkách E-MU.[25].

E-mu 1616m byla jako jediná testovaná sama sebou. Výsledky měření: Tabulka č. 3.

Tabulka č. 3: Výsledky E-mu output E-mu input

Test	16-bit 44,1 kHz	16-bit 48 kHz	24-bit 96 kHz	24-bit 192 kHz
Frequency response(from 40 Hz to 15 kHz), dB:	+0.02, -0.11	+0.02, -0.11	+0.01, -0.10	+0.01, -0.09
Noise level, dB (A):	-96,6	-96,9	-117,2	-117,3
Dynamic range, dB (A):	96,5	96,9	117,1	117,2
THD, %:	0,0009	0,001	0,0008	0,0009
THD + Noise, %	0,0035	0,0033	0,0009	0.0010
THD + Noise, dB (A)	-90	-90,3	-98,7	-98,2
IMD + Noise, %:	0,0043	0,0041	0,0013	0,0013
Stereo crosstalk, dB:	-96,8	-96,5	-114,7	-113,8
Celkový výsledek:	Excellent	Excellent	Excellent	Excellent

Zdroj: autor dle RMAA

Hodnoty nám ukazují, že karta E-mu 1616m je postavena z kvalitních součástek. Frekvenční charakteristika je ukázkově rovná s minimálním poklesem na okrajích. Hodnoty noise level a dynamický rozsah jsou pro 16-bitové rozlišení na hranici teoretické možnosti převodníků. Pro 24-bitové rozlišení jsou výsledky trochu horší. THD a IMD+noise jsou velice nízké, uchem neslyšitelné. Stereo crosstalk také nízký. Grafy k testu jsou v příloze A.

7.2.2 ASUS Xonar Essence ST

Obrázek č. 12: ASUS Xonar Essence ST



Zdroj: http://www.asus.cz/Multimedia/Audio_Cards/Xonar_Essence_ST/

Xonar Essence ST je vysoce kvalitní zvuková karta primárně zaměřená pro náročné posluchače. Jako jedna z mála na trhu má vlastní speciální vysoce účinný sluchátkový zesilovač pro sluchátka až s 600 Ohm impedancí. Výstupy na kartě jsou řešeny jako stereo, 2xRCA Cinch mono pro Line out výstup a JACK 6.3 mm pro stereo sluchátkový výstup. Lze ale po dokoupení přídatné karty s výstupy vytvořit plnohodnotnou 7.1 zvukovou kartu. Zvukový čip AV100 podporuje až 192kHz a 24 bitů na vzorek, Dolby Digital Live, Dolby Headphone, Dolby Virtual Speaker, Dolby Pro-Logic II, atd. Převodníky na kartě jsou špičkové, pro D/A převod jsou osazeny Texas Instruments PCM 1792A (127 db SNR). Pro výstup je SNR 124 dB. A/D převodníky CS5381, pro výstup 118 dB SNR. Karta nabízí možnost výměny operačních zesilovačů. Od výrobce je karta osazena kombinací 2x JRC NJM2114 které jsou společné pro oba výstupy (line out/přední repro a sluchátka), za nimi je ještě National LM4562 už ale pouze pro line out/přední repro výstup. Karta je také chráněna krytem proti elektromagnetickému rušení, chránící všechny výstupy. Cena karty je přibližně 4000 Kč. (heureka.cz). Více informací v.[15].

Test výstupu ASUS Xonar Essence ST, vstupem E-mu 1616m. Výsledky měření:
Tabulka č. 4

Tabulka č. 4: Výsledky Xonar Essence output E-mu input

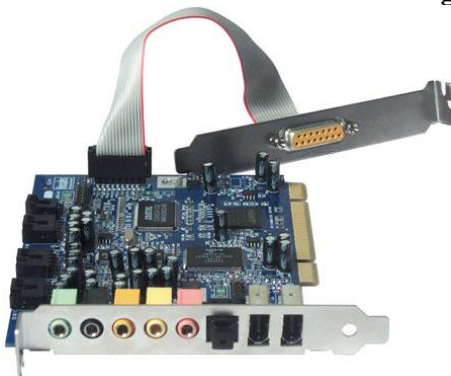
Test	16-bit 44,1 kHz	16-bit 48 kHz	24-bit 96 kHz	24-bit 192 kHz
Frequency response(from 40 Hz to 15 kHz), dB:	+0.02, -0.19	+0.02, -0.17	+0.02, -0.16	+0.02, -0.15
Noise level, dB (A):	-96	-96,5	-106,9	-105,9
Dynamic range, dB (A):	96,2	96,5	106,9	106,1
THD, %:	0,0006	0,0006	0,0005	0,0005
THD + Noise, %	0,0036	0,0034	0,0012	0,0013
THD + Noise, dB (A)	-90,1	-90,3	-99,3	-98,6
IMD + Noise, %:	0,0044	0,0041	0,0014	0,0015
Stereo crosstalk, dB:	-96,2	-97	-102,1	-97,4
Celkový výsledek:	Excellent	Excellent	Excellent	Excellent

Zdroj: autor dle RMAA

ASUS Xonar Essence ST dopadl také velmi dobře, nicméně jsem očekával pro 24-bitové rozlišení u noise level a dynamic range o 10 dB lepší výsledky. Zkoušel jsem testovat na jiném počítači, s jiným zdrojem, s jinými kabely, ale bez úspěchu. Měl jsem také podezření na ovladač (DirectSound, MME) který nutí xonar vzorkovat na jiné frekvenci než té která je nastavená. Testování jsem proto zkoušel na jiném počítači s Windows 7, kde jsem nakonec úspěšně zprovoznil E-mu 1616m. Jelikož Windows 7 má jinou architekturu ovladačů, nastavil jsem pro přehrávací zařízení (ASUS Xonar) fixní vzorkovací frekvenci na 24 bitů a 96 kHz, vypnul jsem také exclusive mode, který by jinak nechal nastavení vzorkovací frekvence na příslušném programu (RMAA). 24 bitů a 96 kHz jsem nastavil fixně i pro měřicí kartu E-mu. V RMAA jsem také nastavil 24 bitů a 96 kHz, ale stále bez úspěchu. Výsledky jsou ale i tak pěkné, frekvenční charakteristika je rovná jako u E-mu, zkreslení velmi nízké a stereo crosstalk také. Celkový výsledek je s přehledem Excellent. Grafy k testu jsou v příloze B

7.2.3 Hercules Digifire 7.1

Obrázek č. 13: Zvuková karta Hercules Digifire 7.1



Zdroj: <http://www.techspot.com/reviews/hardware/digifire71/>

Zvuková karta Digifire 7.1 přišla na trh už v roce 2003, dnes už se samozřejmě neprodává. Jedná se o multimediální kartu s analogovým výstupem 7.1, optickým výstupem, dvěma konektory FireWire, syntezátorovým čipem pro 64 hlasů. Cena, za kterou se prodávala, byla přibližně 2000 Kč.[26]. Je vybavena zvukovým čipem Cirrus Logic SoundFusion CS4624, který je limitovaný na 16-bit a 48 kHz. Na kartě jsou dále dva identické kodeky CS4294. Jeden kodek obsahuje 4 kanály pro vstup a 4 pro výstup. D/A převodníky v kodeku pracují s přesností 20 bitů na vzorek. A/D převodníky mají pro změnu 18 bitů. Vzorkovací frekvence je fixně stanovena na 48 kHz, při použití nižších vzorkovacích frekvencí přichází na řadu upsampling. Více v [26].

Test výstupu Hercules Digifire 7.1, vstupem E-mu 1616m. Výsledky měření: Tabulka č. 5

Tabulka č. 5: Výsledky Digifire 7.1 output E-mu input

Test	16-bit 44,1 kHz	16-bit 48 kHz
Frequency response(from 40 Hz to 15 kHz), dB:	+0.07, -0.11	+0.02, -0.08
Noise level, dB (A):	-87,8	-88,2
Dynamic range, dB (A):	87,8	88,2
THD, %:	0,0051	0,0046
THD + Noise, %	0,0098	0,0092
THD + Noise, dB (A)	-81,2	-81,8
IMD + Noise, %:	0,012	0,011
Stereo crosstalk, dB:	-87	-87
Celkový výsledek:	Very good	Very good

Zdroj: autor dle RMAA

Testování Digifire 7.1 jsem provedl pouze pro 16 bitové rozlišení, protože 24 bitů nezvládá. Výsledky jsou slušné pro zvukovou kartu z roku 2003.

Nicméně ve spektru se objevily 3 nežádoucí frekvence vždy o stejné intenzitě, pravděpodobně se jedná o vadu na této kartě. Celkový výsledek Velmi dobrý. Grafy k testu jsou v příloze C.

7.2.4 HD Audio AD1986A

Zvukový kodek AD1986A, v našem případě integrován na základní desce A8N-VM, vyhovuje rozhraní AC'97 2.3 a HD audio verze 1.0. Na trhu se objevil přibližně v roce 2005.[27]. Obsahuje 6 výstupů (5.1 repro) s variabilní vzorkovací frekvencí do 48 kHz a 24 bitů. Pro přední stereo výstup lze využít i 96 kHz. Rozlišení pro DAC je 24 bitů a 20 bitů pro ADC. Je zajištěna podpora Jack-sensing, pro možnost připojení výstupních komponent do vstupních konektorů (Line in nebo Mic). Výrobce slibuje dynamický rozsah 90 dB. Více v [27].

Test výstupu AD1986A, vstupem E-mu 1616m. Výsledky měření: Tabulka č. 6

Tabulka č. 6: Výsledek AD1986A output, E-mu 1616m input.

Test	16-bit 44,1 kHz	16-bit 48 kHz	24-bit 96 kHz
Frequency response(from 40 Hz to 15 kHz), dB:	+0.04, -0.02	+0.05, -0.02	+0.06, -0.02
Noise level, dB (A):	-90,6	-90,7	-91,6
Dynamic range, dB (A):	90,5	90,7	90,8
THD, %:	0,0036	0,0037	0,004
THD + Noise, %	0,0083	0,0082	0,0078
THD + Noise, dB (A)	-82,1	-82	-82,6
IMD + Noise, %:	0,0093	0,0092	0,0087
Stereo crosstalk, dB:	-89,1	-87,1	-85,7
Celkový výsledek:	Very good	Very good	Very good

Zdroj: autor dle RMAA

Pokud uvážíme, že kodek AD1986A je integrován na základní desce, jeho výsledek je o to lepší. Výrobce uvádí ve svých materiálech dynamický rozsah 90 dB, to také splnil. Výsledek je o trochu lepší než u Digifire 7.1. Grafy k testu jsou v příloze D.

8 Závěr

Dle dosažených výsledků programem RMAA můžeme vyvodit několik závěrů.

Hodnoty noise level a dynamic range se zlepšují společně s vyšší bitovou hloubkou s výjimkou AD1986A, její strop je 90 dB. Zkreslení jsou prakticky stejná ve všech režimech. THD + noise a IMD + noise se zlepšuje zásluhou noise parametru, stejně také THD + noise v decibelech. V případě E-mu se také stereo přeslechy zlepšují s vyšší bitovou hloubkou.

Pokud bychom chtěli rozhodnout o tom zda, nebo respektive o kolik se zlepšila kvalita výstupních obvodů instalovaných na zvukových kartách. Na základě této práce to nemůžeme přesněji určit a to z důvodu různorodosti a zaměření vybraných zvukových karet. Zvuková karta E-mu 1616m je proti ostatním velice drahá, je zaměřená na úplně jinou činnost než všechny ostatní. ASUS Xonar Essence ST je multimediální karta ale pouze se stereo výstupem i za vyšší prodejní cenu než kdysi Hercules Digifire. Zajímavé je ale porovnání integrovaného kodeku AD1986A s Hercules Digifire. AD1986A je novější přibližně o 2 roky a má také větší předpoklady pro kvalitnější zvukový přednes, konkrétně tedy má lepší dynamický rozsah a schopnost větší vzorkovací frekvence pro přední Line out výstup, při naprosto nulových pořizovacích nákladech. Samozřejmě to ale vše pouze pokud porovnáme kvalitu zvuku. Výkon a technologie zvukového procesoru CS4624 u Digifire, který ulehčí práci CPU oproti integrovanému řešení, je věc druhá.

Co se týče porovnání parametrů vybraných zvukových karet mezi sebou, tak frekvenční charakteristiky jsou u všech karet příkladně rovné. Zkreslení je minimální respektive uchem nepostřehnutelné. Noise level je no tom hůře, konkrétně Digifire skončila jako poslední, kde je šumové pozadí už dobře slyšitelné. Celkové pořadí dle výsledků RMAA je následující. První místo obsadila E-mu 1616m, druhé místo patří ASUS Xonar Essence ST, třetí je integrovaný kodek AD1986A a jako poslední Hercules Digifire 7.1. Mezi druhou a třetí zvukovou kartou jsou nejvýraznější rozdíly měřených parametrů. Nicméně znovu zdůrazňuji, že výsledky nejsou absolutní, je potřeba zvukové karty podrobit subjektivním poslechovým testům, které nakonec rozhodnou o reálných, lidským sluchovým orgánem měřitelných zvukových kvalitách, jednotlivých zvukových karet.

9 Seznam použitých zdrojů

- [1] VLACHÝ, Václav. *Praxe zvukové techniky*. Praha: Nakladatelství Muzikus 2008. ISBN 978-80-86253-46-5
- [2] MIKE: Mezi tichem a šumem – komprese zvuku [online] 10. 9. 2008 [cit. 2012-2-7]. http://www.tvfreak.cz/art_doc-DAF71EDC3AFCC001C125748D0067EC54.html. ISSN 1802-1328
- [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] ŠTRAUS, Pavel. *Zvuková karta pro pc s obvodem fpga: Diplomová práce*. Vysoké Učení Technické v Brně, Fakulta Elektroniky a Komunikačních Technologií. 2011. Vedoucí diplomové práce: Ing. Michal Kubíček, Ph.D.
- [5] GEIST, Bohumil. *Akustika, Jevy a souvislosti v hudební teorii a praxi*. Praha: Nakladatelství Muzikus 2005. ISBN 80-86253-31-7
- [6] TIŠNOVSKÝ, Pavel. Hudba a zvuk na PC: Speaker, Covox a Adlib [online] 7. 5. 2009 [cit. 2012-02-12]. Dostupné z: <http://www.root.cz/clanky/hudba-a-zvuk-na-pc-pc-speaker-covox-a-adlib/#k05>. ISSN 1212-8309
- [7] KWOLEK, Jirka. Sound Blaster X-fi: zvuková evoluce nebo revoluce? [online] 14.11.2005 [cit. 2012-02-16]. Dostupné z: http://pctuning.tyden.cz/hardware/multimedia-zvuk-tv/5710-sound_blaster_x-fi-zvukova_evolute_nebo_revoluce?start=1. ISSN 1214-0201
- [8] MESSMER, Hans-Peter. DEMBOWSKI, Klaus. *Velká kniha hardware*. Brno: CP Books. 2005. ISBN 80-251-0416-8
- [9] TIŠNOVSKÝ, Pavel. Rozhraní MIDI na osobních počítačích [online] 19.2.2009 [cit. 2012-02-21]. Dostupné z: <http://www.root.cz/clanky/rozhrani-midi-na-osobnich-pocitacich/> ISSN 1212-8309

- [10] MIDI Manufactures Association.[online] [cit. 2012-02-29]. Dostupné z:
<http://www.midi.org/aboutus/news/hd.php>
- [11] POLANSKÝ, Štěpán. *Zpracování signálu prostřednictvím zvukové karty s využitím systému ASIO*. Vysoké Učení Technické v Brně, Fakulta Elektroniky a Komunikačních Technologií. 2009. [cit. 29.2 2012]. Vedoucí bakalářské práce: Jaroslav Rumánek
- [12] KMixer. In Wikipedia: the free encyclopedia. [online]. Wikimedia Foundation, 2001-, strana naposledy edit. 2012-03-04. [cit. 2012-03-05]. Dostupné z:
<http://en.wikipedia.org/wiki/KMixer>
- [13] DirectSound. In Wikipedia: the free encyclopedia. [online]. Wikimedia Foundation, 2001-, strana naposledy edit. 2012-03-21. [cit. 2012-03-22]. Dostupné z:
<http://en.wikipedia.org/wiki/Directsound>
- [14] TEOCHARISOVÁ, Vanda. *Sound Design, Zvuková Syntéza a Tvůrčí Programování Zvuků v Praxi*. Praha: Nakladatelství Muzikus. 2009. ISBN 80-86253-53-4
- [15] PIRNER, Jindřich. Úvod do zvuku – první díl megatestu karet ASUS Xonar [online] 22.03.2011 [cit. 2012-03-05]. Dostupné z: <http://pctuning.tyden.cz/hardware/multimedia-zvuk-tv/20316-uvod-do-zvuku-prvni-dil-megatestu-karet-asus-xonar?start=3>. ISSN 1214-0201.
- [16] SEDLÁK, Josef. Zkreslení II - definice zkreslení [online] 24.12.2002 [cit. 2012-03-06]. Dostupné z: <http://www.zesilovace.cz/view.php?cislocclanku=2002122406>.
- [17] ŠEJNOHA, Martin. Srovnávací test zvukových karet. [online] 13.11.2006 [cit. 2012-03-06]. Dostupné z:
http://www.svethardware.cz/art_doc295C1653CF136201C125721B0002B1D2.html. ISSN 1213-0818
- [18] BUREŠ, Zbyněk. Objektivní hodnocení kvality zvuku. [online] [cit. 2012-03-08]. Dostupné z: <http://radio.feld.cvut.cz/AES/atp2005/proc/atp05p06.pdf>

- [19] Sound card. InWikipedia: the free encyclopedia. [online]. Wikimedia Foundation, 2001-, strana naposledy edit. 2012-01-24. [cit. 2012-03-08]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Sound_card
- [20] Digital signal processor. InWikipedia: the free encyclopedia. [online]. Wikimedia Foundation, 2001-, strana naposledy edit. 2012-03-06. [cit. 2012-03-08]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Digital_signal_processor
- [21] LIADOV, Maxim. Creative SoundBlaster X-Fi [online] 22.08.2005 [cit. 2012-03-01]. Dostupné z: <http://ixbtlabs.com/articles2/multimedia/creative-x-fi.html>
- [22] KWOLEK, Jirka. Zvukové karty – čím se liší a jaké technologie používají? [online] 10.10.2005 [cit. 2012-03-08]. Dostupné z: http://pctuning.tyden.cz/hardware/multimedia-zvuk-tv/5407-zvukove_karty-cim_se_lisi_a_jake_technologie_pouzivaji?start=2. ISSN 1214-0201.
- [23] KWOLEK, Jirka. RMAA aneb Jak otestovat kvalitu zvukové karty. [online] 11.10.2005. [cit. 2012-02-13]. Dostupné z: http://pctuning.tyden.cz/hardware/multimedia-zvuk-tv/5417-rmaa_aneb_jak_otestovat_kvalitu_zvukove_karty. ISSN 1214-0201.
- [24] RIGHTMARK AUDIO ANALYZER. [online] Dostupné z: http://audio.rightmark.org/index_new.shtml
- [25] E-MU. [online] Dostupné z: <http://www.creative.com/emu/products/product.aspx?pid=19007>
- [26] MCGUIRE THOMAS, Hercules Digifire 7.1 soundcard review. [online] 4.12.2003 [cit. 2012-03-16]. Dostupné z: <http://www.techspot.com/reviews/hardware/digifire71/index.shtml>
- [27] AUTEX, [online] Dostupné z: www.autex.spb.ru/ad/AD1986A.pdf
- [28] Operational amplifier. InWikipedia: the free encyclopedia. [online]. Wikimedia Foundation, 2001-, strana naposledy edit. 2012-03-14. [cit. 2012-03-16]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Operational_amplifier

- [29] BOLEČEK, Libor. *Inovace programu pro návrh analogových kmitočtových filtrů: Bakalářská práce*. Vysoké Učení Technické v Brně, Fakulta Elektroniky a Komunikačních Technologií. 2008. Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jan Petržela, Ph.D.
- [30] MICHÁLEK, Jiří. GRATZ, Petr. KELLNER, Michal. Měření a parametry zesilovačů (1. část). [online]. 10. 5.2000 [cit. 2012-03-02]. Dostupné z: <http://www.hw.cz/teorie-a-praxe/dokumentace/mereni-a-parametry-zesilovacu-1cast.html>. ISSN: 1803-6392.
- [31] JEŽEK, David. Asus Xonar DX: má tedy EAX 5.0, nebo ne? [online]. 31.3.2008 [cit. 2012-03-16]. Dostupné z: <http://diit.cz/clanek/asus-xonar-dx-ma-tedy-eax-50-nebo-ne>. ISSN 1213-2225.
- [32] URBAN, Ondřej. *Instrumentář elektroakustického zvuku*. Praha: Akademie múzických umění v Praze. 2007. ISBN 978-80-7331-115-5
- [33] Intel High Definition Audio. In Wikipedia: the free encyclopedia. [online] Wikimedia Foundation, 2001-, strana naposledy edit. 2012-03-02. [cit. 2012-03-08]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Intel_High_Definition_Audio
- [34] TORRES, Gabriel. What is High Definition Audio. [online] 22.12.2005 [cit. 2012-03-08]. Dostupné z: <http://www.hardwaresecrets.com/article/What-is-High-Definition-Audio/265>
- [35] ADAM, Pavol. *Úvod do metód spracovania zvuku v súčasnom multimedialnom prostredí*. Univerzita Komenského, Bratislava Fakulta matematiky, fyziky a informatiky Katedra aplikovanej informatiky 2006. Konzultant diplomové práce: Ľubomír Lúčan, CSc.
- [36] VYCHODIL, Pavel. Blíží se soumrak samostatných zvukových karet? [online] 25.1.2008 [cit. 2012-03-09]. Dostupné z: http://pctuning.tyden.cz/hardware/multimedia-zvuk-tv/10000-blizi_se_soumrak_samostatnych_zvukovych_karet?start=3. ISSN 1214-0201.
- [37] DEMBOWSKI, Klaus. *Mistrovství v Hardware*. Brno: Computer Press, a.s., 2009. ISBN 978-80-251-2310-2

- [38] KESTER, Walt. Understanding SINAD, ENOB, SNR, THD, THD + N, and SFDR so You Don't Get Lost in the Noise Floor. [online] [cit. 2012-03-17]. Dostupné z: <http://www.analog.com/static/imported-files/tutorials/MT-003.pdf>
- [39] NUŠL, Jaroslav. Zvukové karty [online] [cit. 2012-03-15]. Dostupné z: <http://www.cvut.org/36pz/>
- [40] HRUBAN, Jiří. Moderní zvukové formáty – vyznáte se? [online] 16.12.2010. [cit. 2012-03-15]. Dostupné z: http://www.tvfreak.cz/art_doc-B53DDCEA05472DF8C12577F20050494D.html. ISSN 1802-1328
- [41] Signal-to-noise ratio: the free encyclopedia. [online] Wikimedia Foundation, 2001-, strana naposledy edit. 2012-02-24. [cit. 2012-03-01]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Signal_to_noise

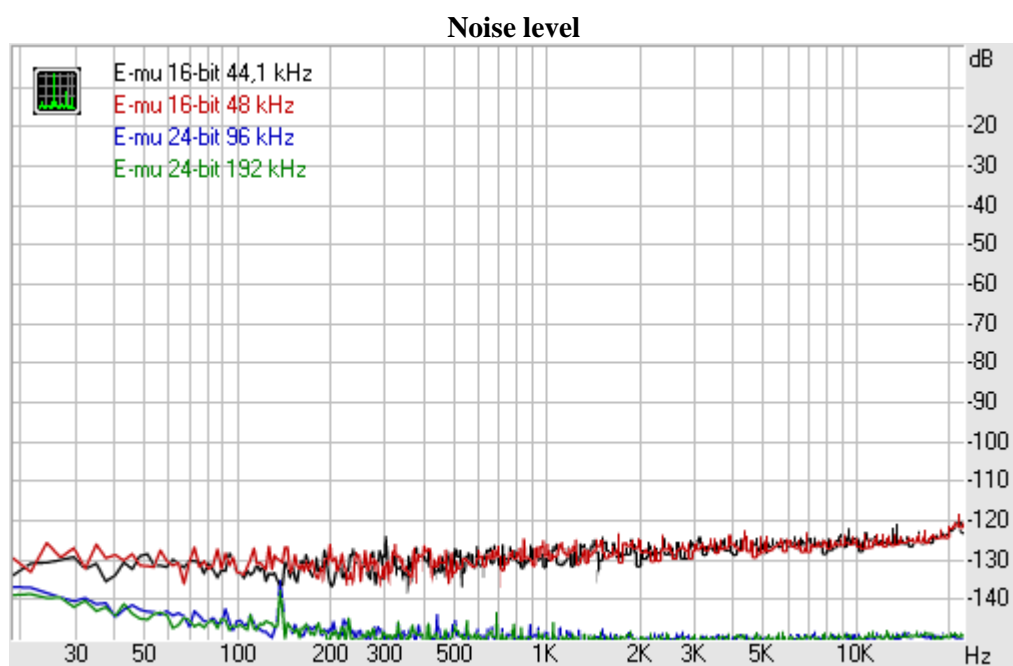
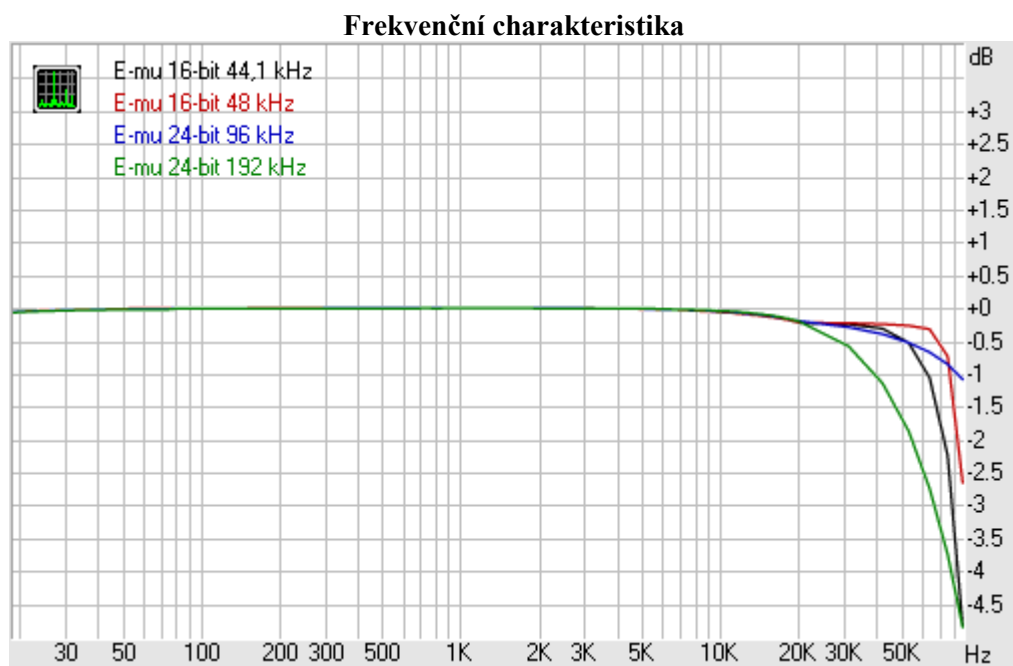
10 Seznam použitých obrázků a tabulek

Obrázek č. 1: Intenzita zvuků v závislosti na frekvenci, které lidské ucho vnímá jako konstantní hlasitost	11
Obrázek č. 2: vzorkování	13
Obrázek č. 3: aliasing.....	14
Obrázek č. 4: signál po vzorkování a kvantování.....	15
Obrázek č. 5: kódování PCM.....	16
Obrázek č. 6: Zvuková karta ASUS Xonar D2 – první karta od firmy ASUS	21
Obrázek č. 7: typické zapojení DSP	24
Obrázek č. 8: Duální operační zesilovač	27
Obrázek č. 9: struktura přístupu aplikace k hardware	32
Obrázek č. 10: přístup ovladačů k hardware ve Window XP.....	34
Obrázek č. 11: Zvuková karta E-mu 1616m.....	40
Obrázek č. 12: ASUS Xonar Essence ST	42
Obrázek č. 13: Zvuková karta Hercules Digifire 7.1	44
Tabulka č. 1: Vyjádření hladiny akustického tlaku pro některé běžné zvuky.	10
Tabulka č. 2: závislost poklesu hladiny akustického tlaku na vzdálenosti.....	12
Tabulka č. 3: výsledky E-mu output E-mu input.....	41
Tabulka č. 4: výsledky Xonar Essence output E-mu input.....	43
Tabulka č. 5: výsledky Digifire 7.1 output E-mu input.....	44
Tabulka č.6: Výsledek AD1986A output, E-mu 1616m input.	45

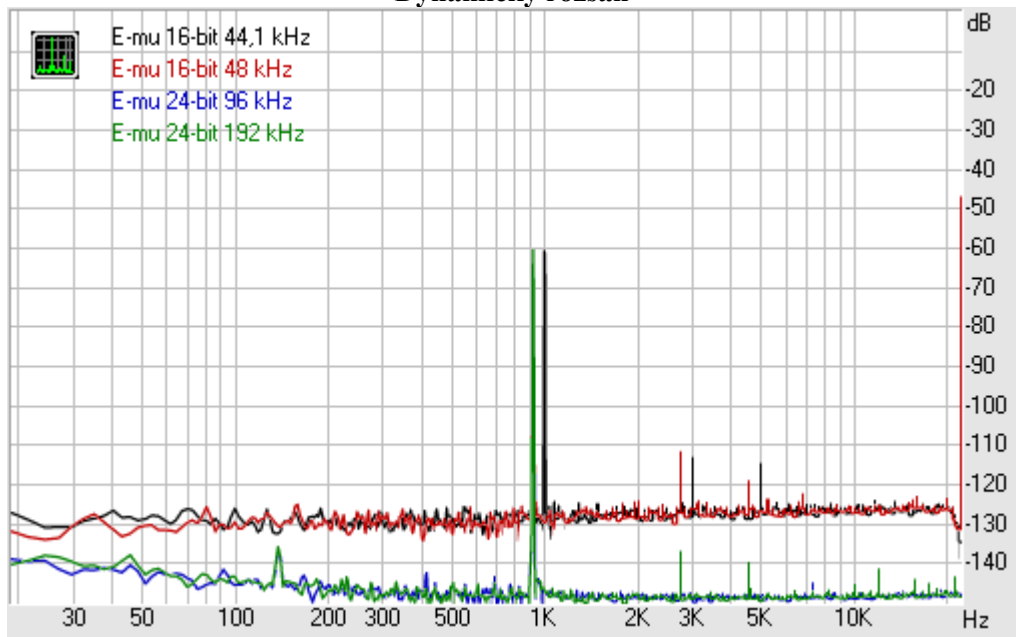
11 Přílohy

11.1 Příloha A

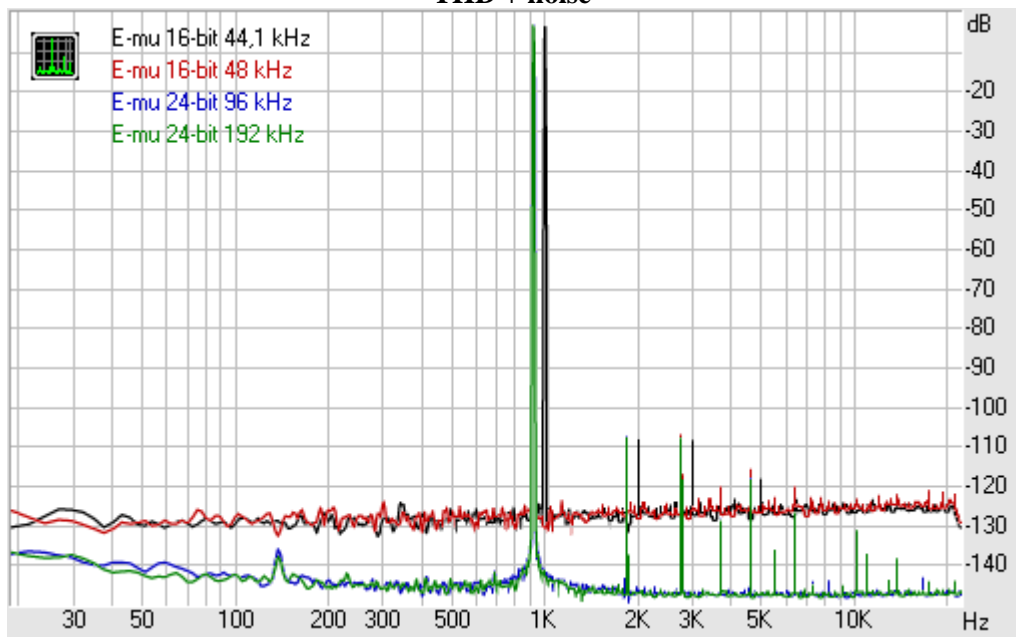
Test E-mu 1616m output, E-mu 1616m input.



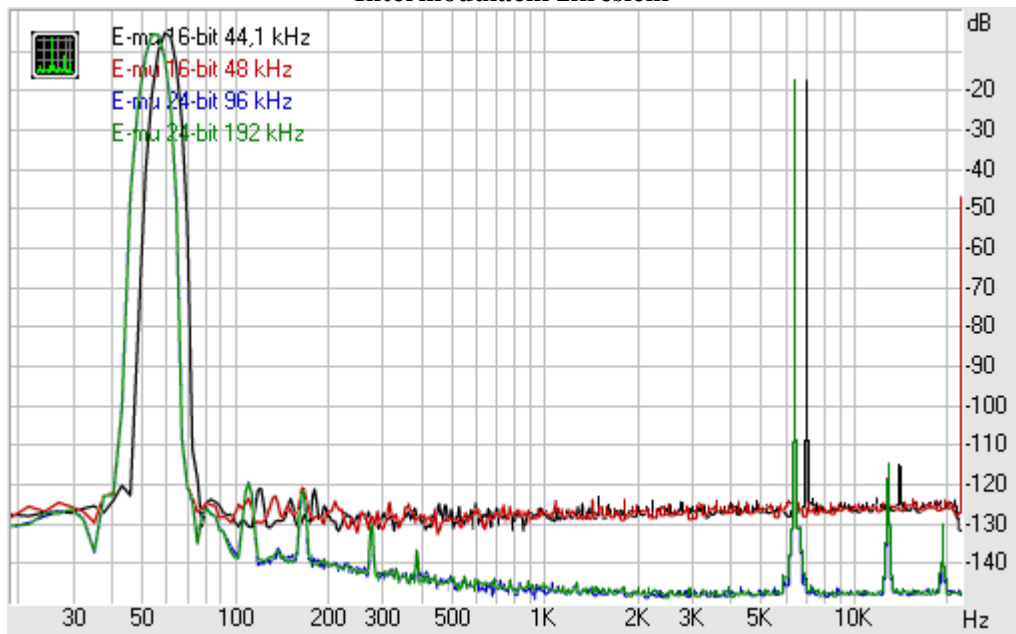
Dynamický rozsah



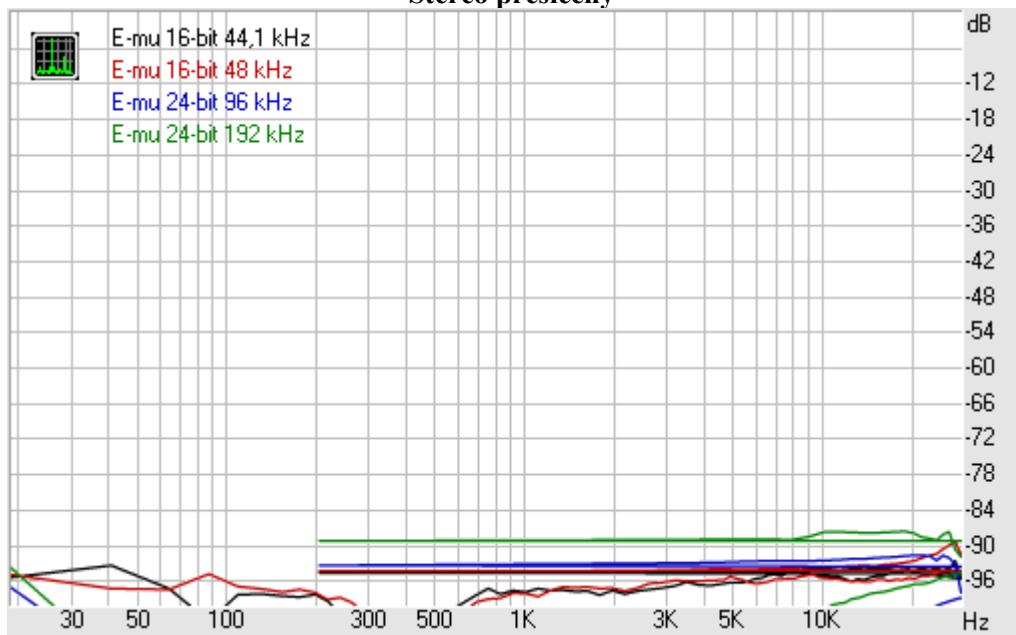
THD + noise



Intermodulační zkreslení

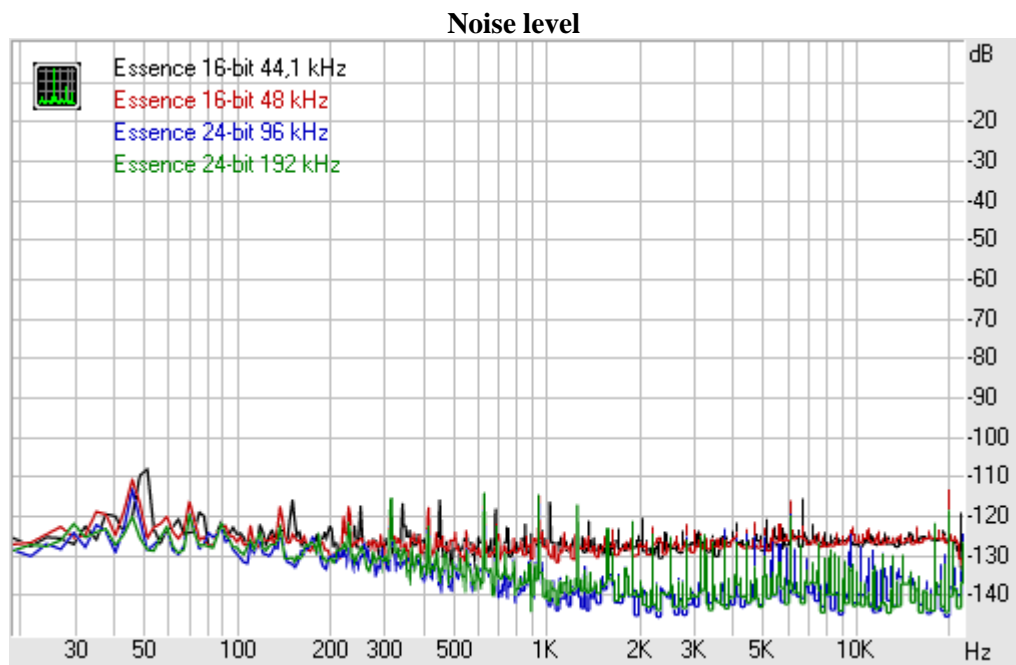
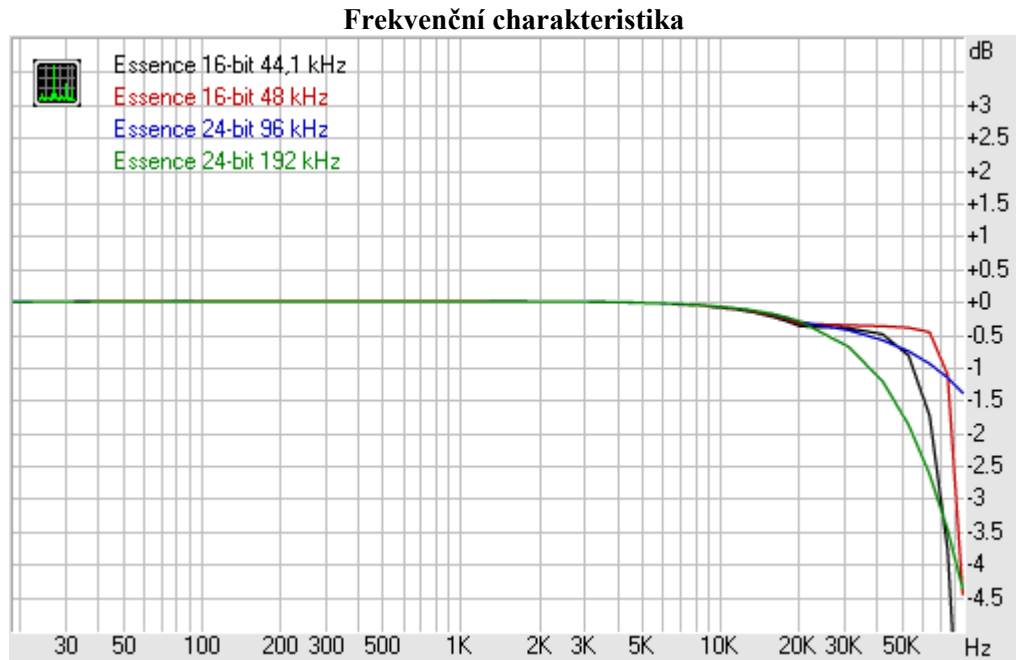


Stereo přeslechy

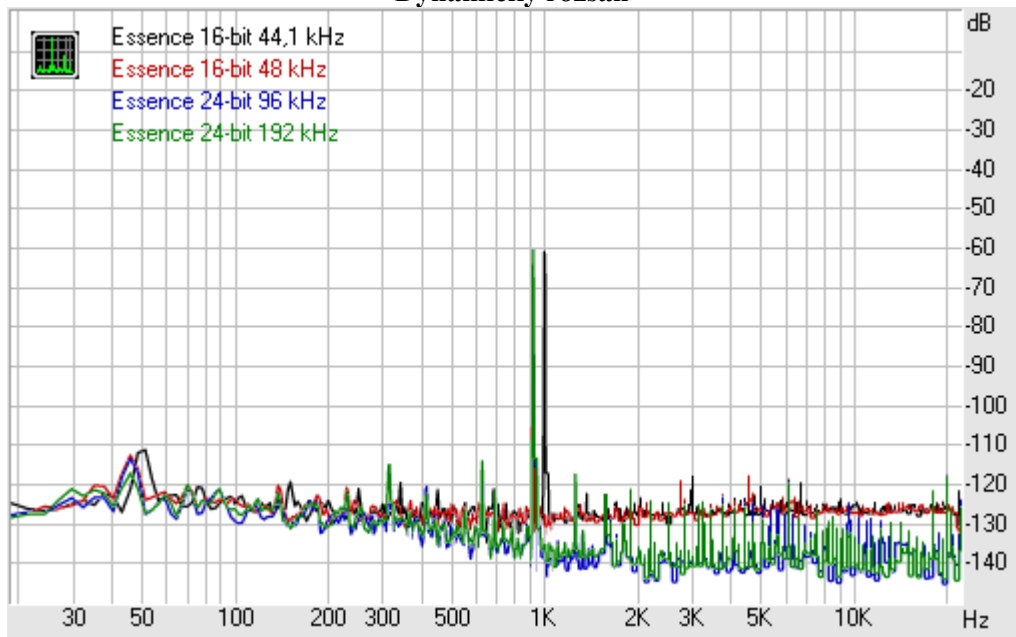


11.2 Příloha B

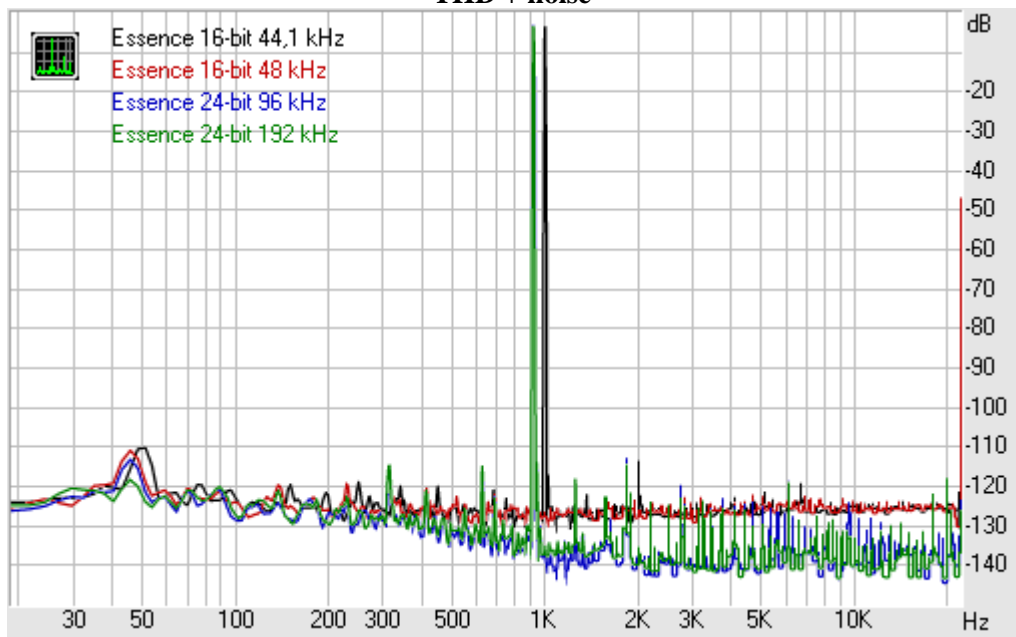
Test ASUS Xonar Essence ST output, E-mu 1616m input.



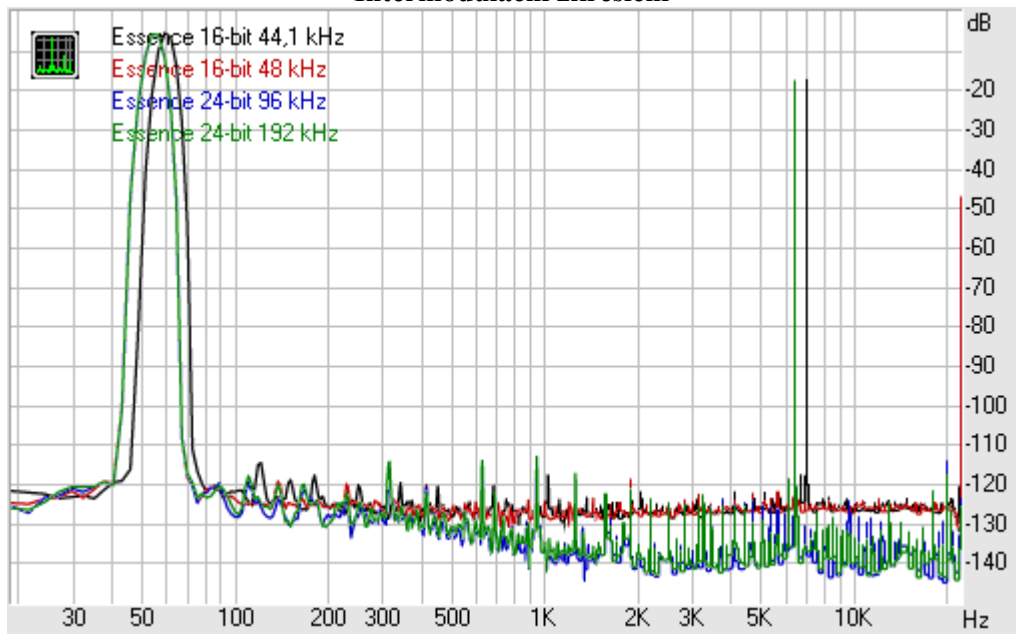
Dynamický rozsah



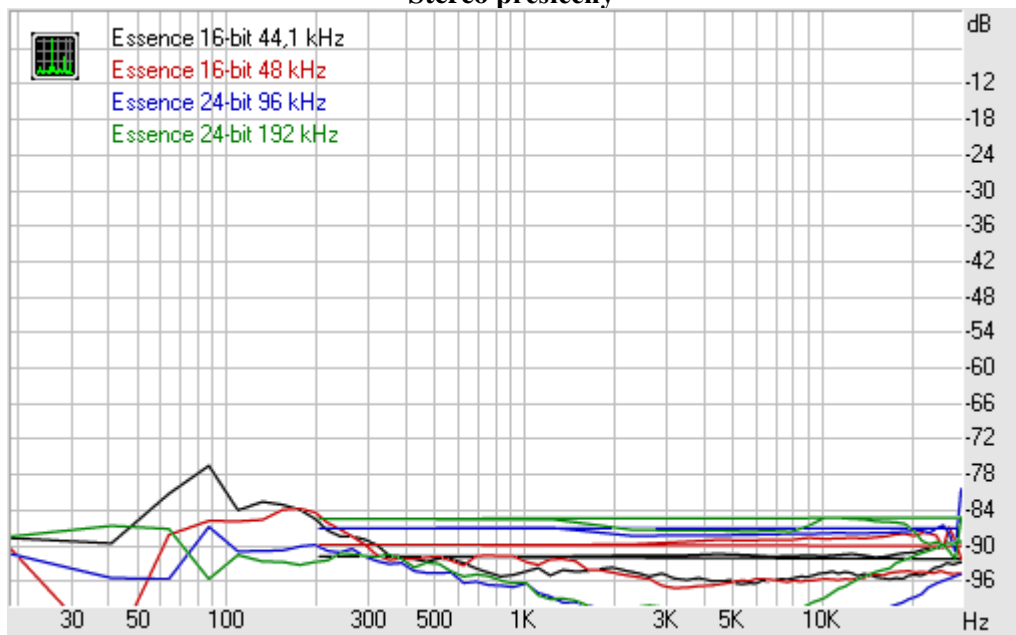
THD + noise



Intermodulační zkreslení

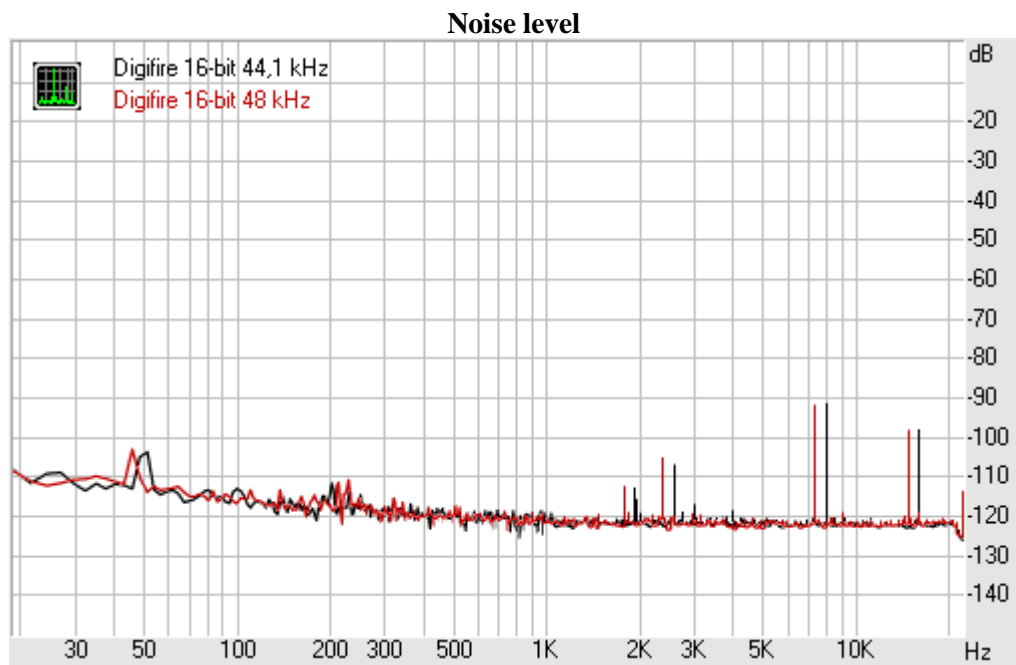
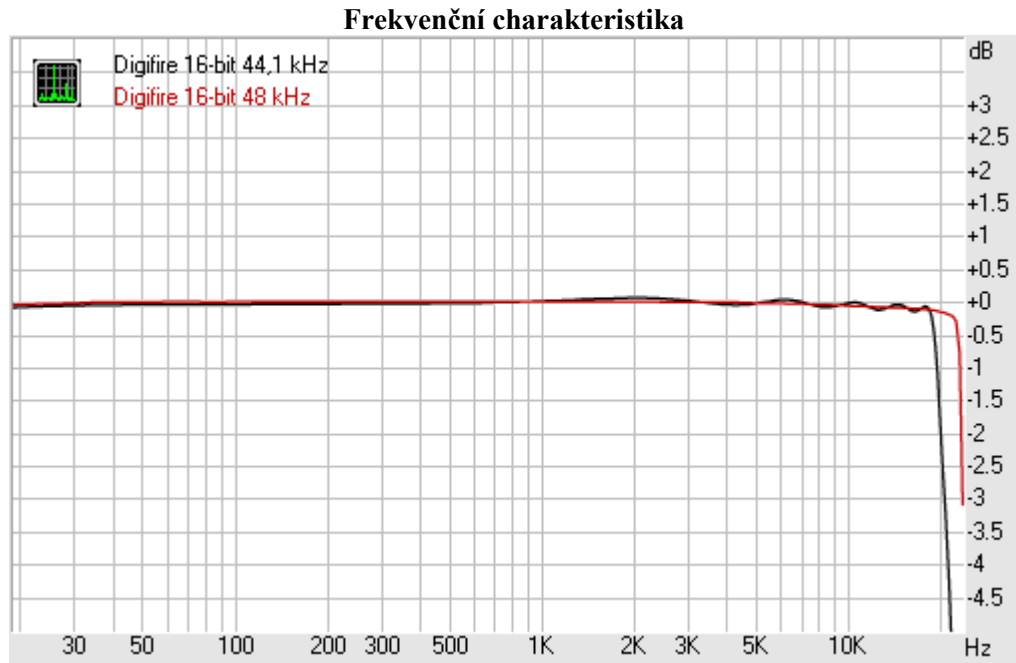


Stereo přeslechy

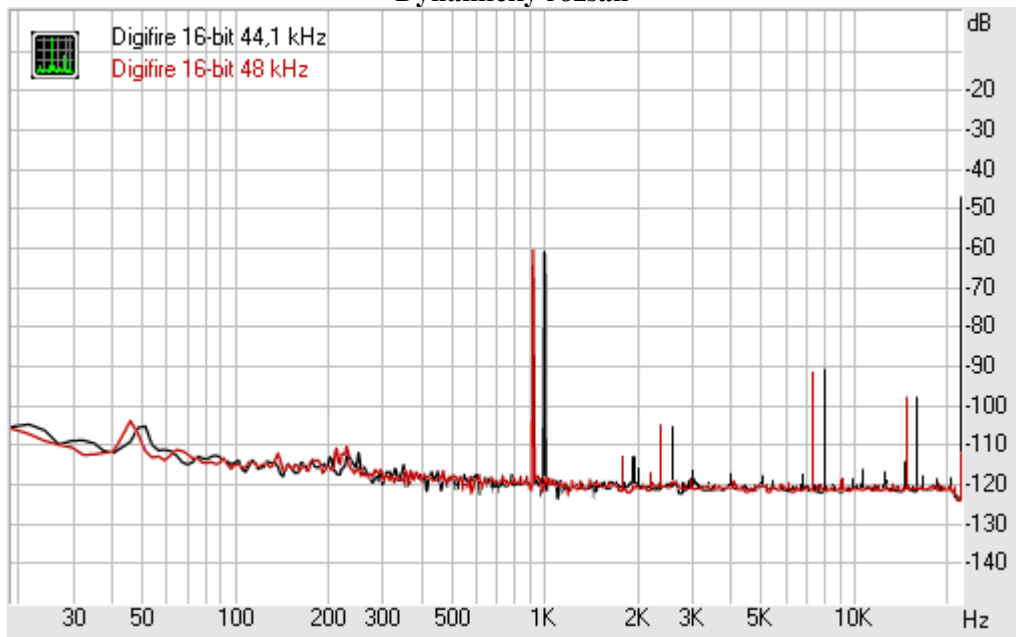


11.3 Příloha C

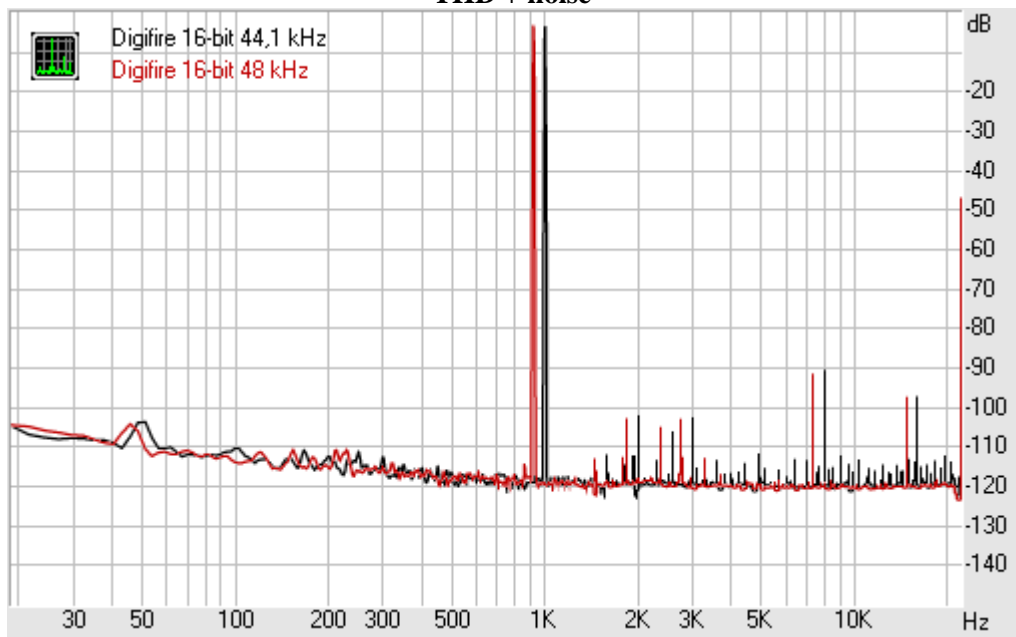
Test Hercules Digifire 7.1 output, E-mu 1616m input.



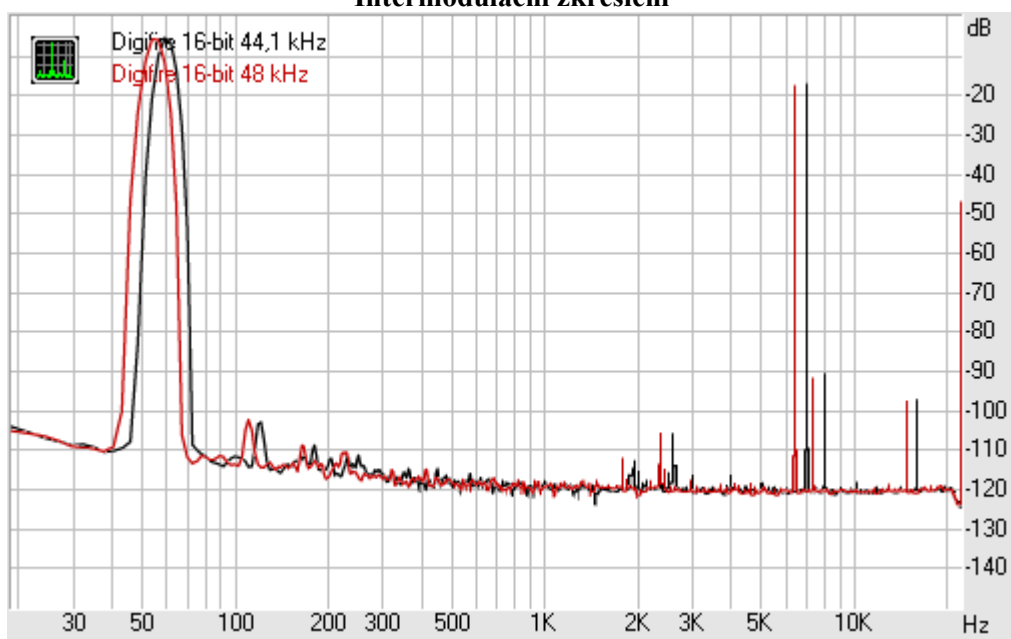
Dynamický rozsah



THD + noise



Intermodulační zkreslení

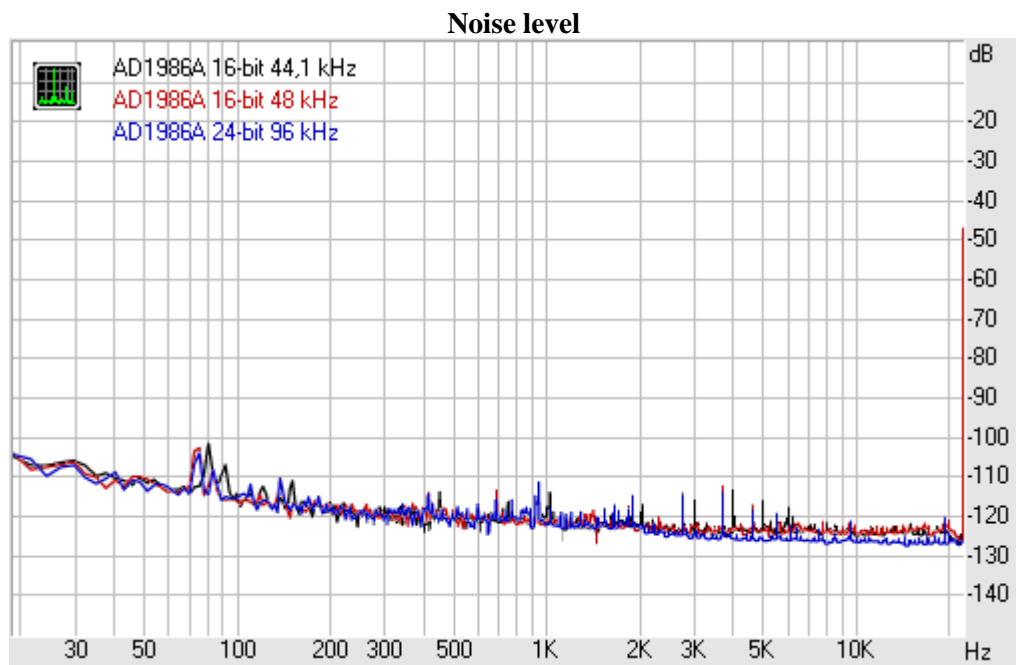
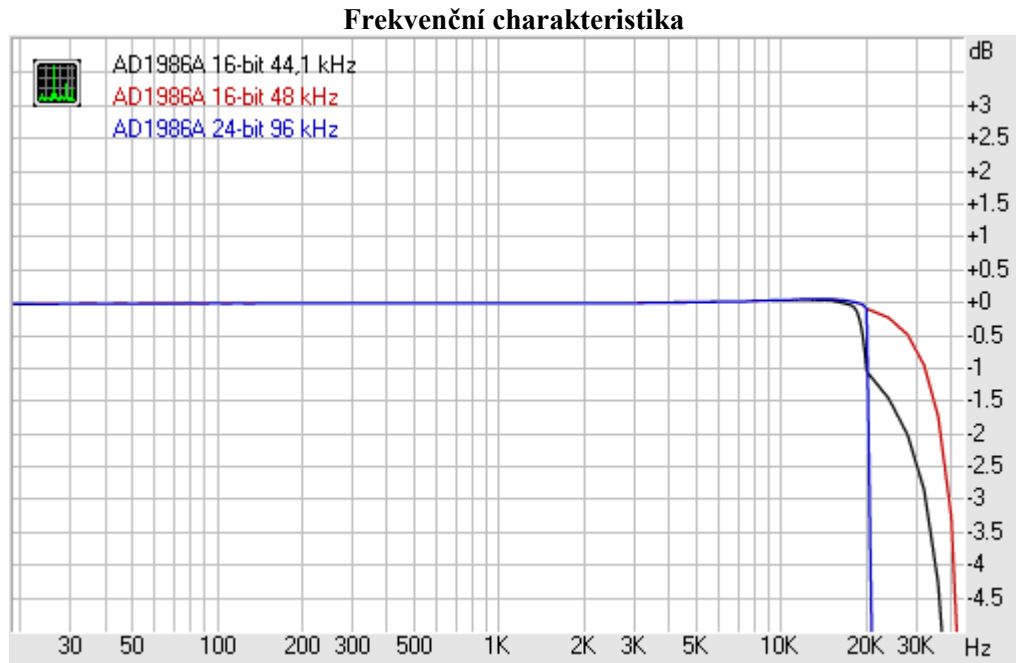


Stereo přeslechy

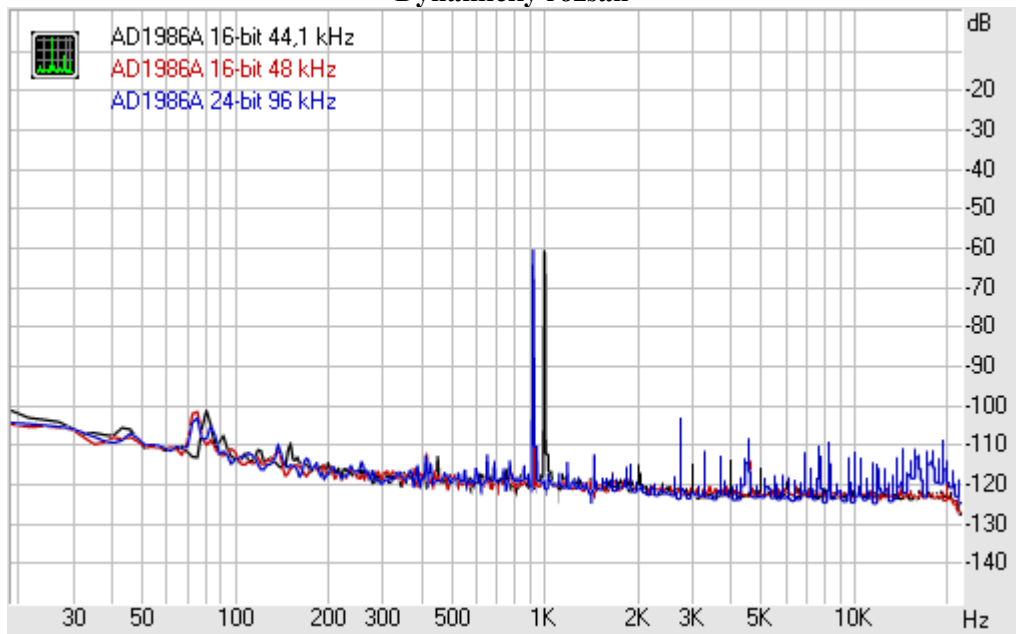


11.4 Příloha D

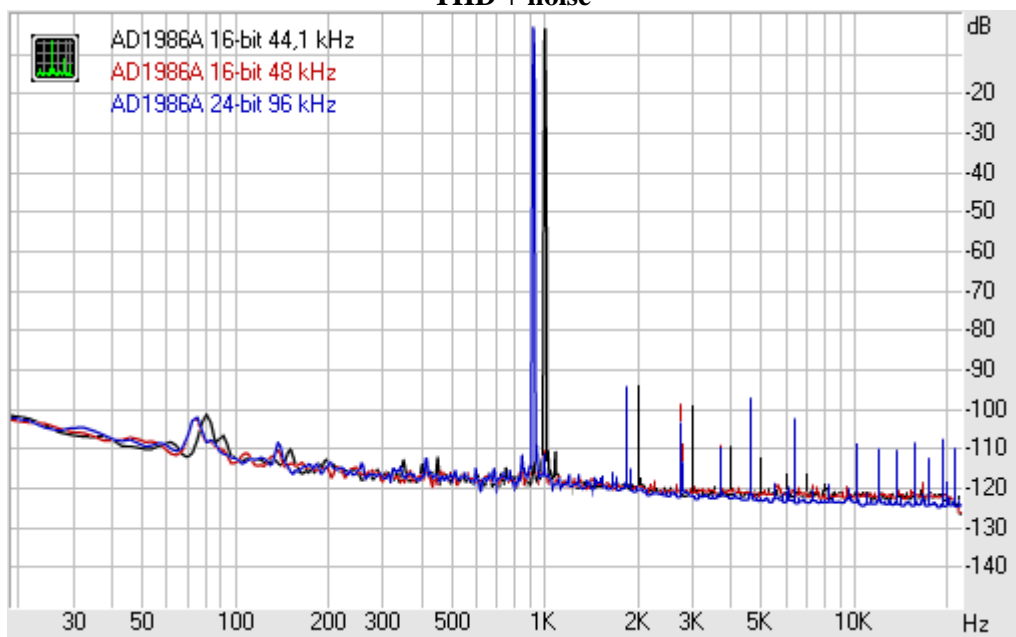
Test HD Audio AD 1986A output, E-mu 1616m input.



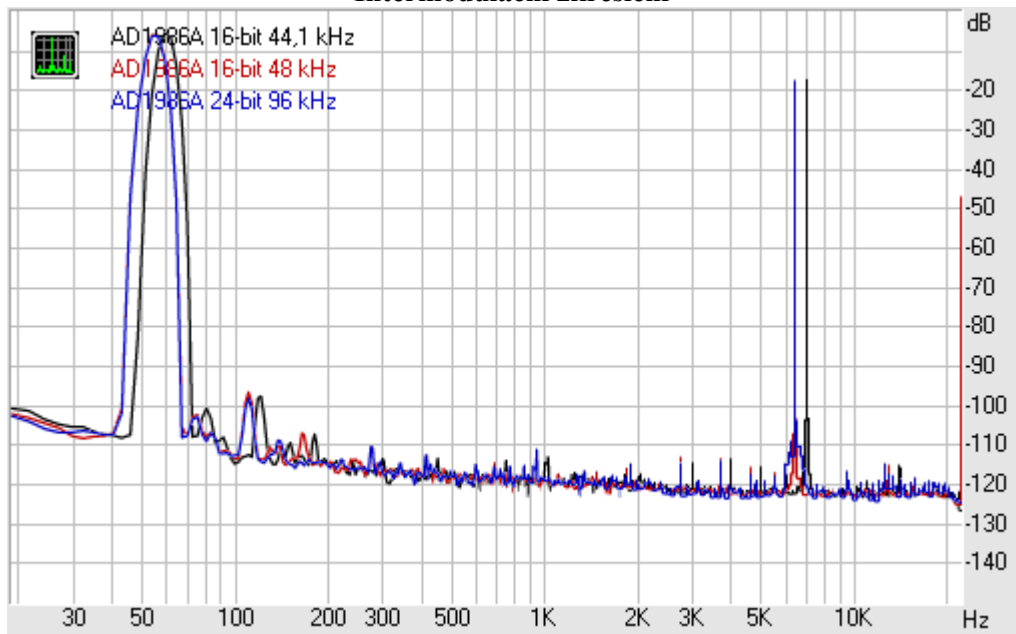
Dynamický rozsah



THD + noise



Intermodulační zkreslení



Stereo přeslechy

