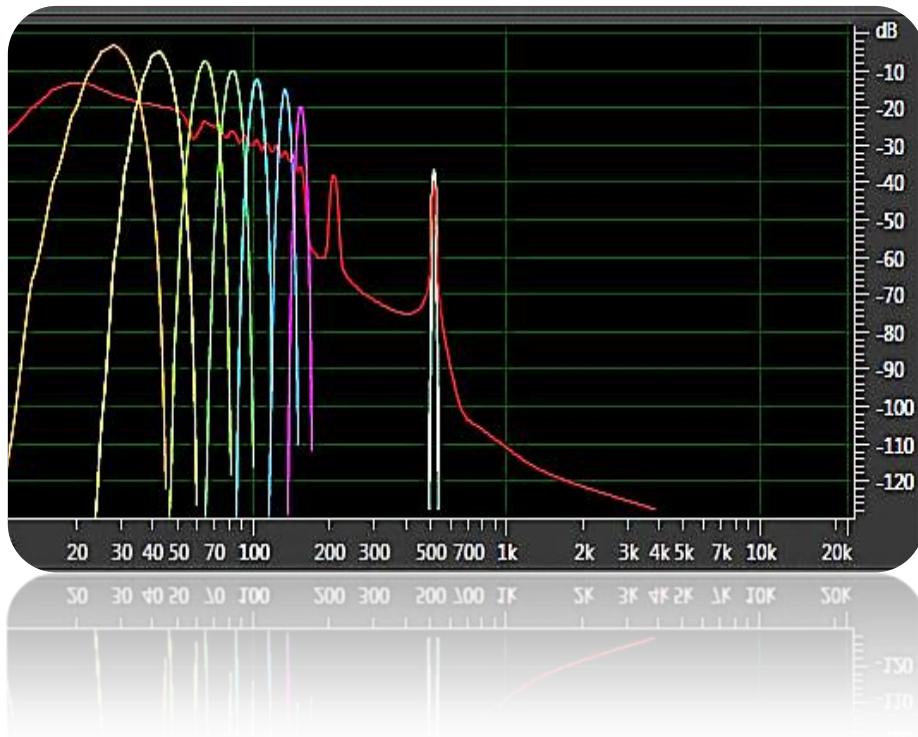


Brza provjera akustike prostora i zvučnika s bitperfect DAW i DAC

Kućni studio, DAW digitalne radne stanice, MATLAB generiranje ispitnih signala, HD datoteke, ASIO, DAC bitperfect

Ozren Bilan

3.1.2014.

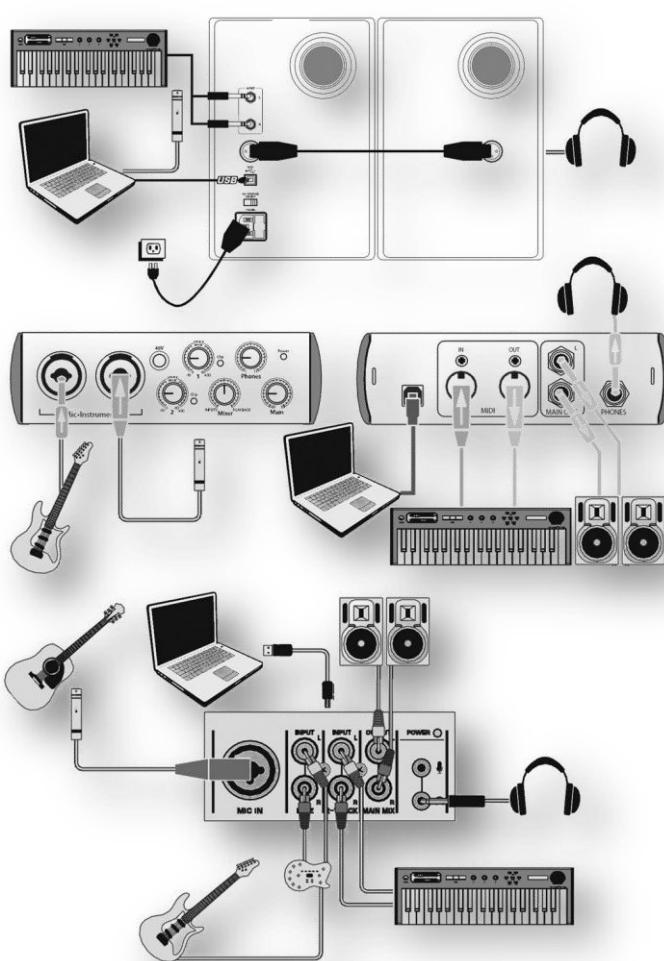


Brza provjera akustike prostora i zvučnika s bitperfect DAW i DAC

Za mali kućni studio danas nisu potrebna velika izdvajanja. Za skromni studio s *dobrim zvukom* potrebni su slijedeći uređaji:

- Stolno računalo ili laptop
- Vanjsko USB audio sučelje sa kablovima, mikser
- Program digitalne radne stanice (*DAW - Digital Audio Workstation*)
- Kondenzatorski mikrofon s *phantom* ili *USB napajanjem, pop filterom*, kabelom i stalcima
- Studijske slušalice i monitor zvučnici
- Glazbeni instrumenti koje ćemo snimati sa pripadajućim spojnim kabelima

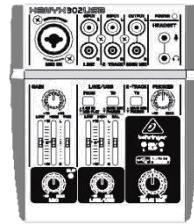
Audio sučelje je samo drugi naziv kvalitetne zvučne kartice koja se koristi za produkciju glazbe. Redovito su vanjskog tipa iako postoje i unutrašnje. Sučelje preuzima sve ulazne kanale i pretvara ih u oblik signala koji prepoznaje računalo i primjenjeni DAW program. Osnovni zahtjev je postojanje dovoljnog broja mikrofonskih i linijskih/instrumentalnih predpojačala prema potrebama korisnika. S tehničke strane potrebna je minimalna latencija kako bi se svi kanali točno sinkronizirali. Frekvencije sempliranja najnovijih uređaja su od 96/192kHz do 384 kHz s rezolucijom od 16/24 do 32 bita. Na slikama su prikazane tri tipične ekonomične varijante za mali kućni studio.



Najjednostavnija varijanta sa ADC
pretvaračem u monitor zvučnicima
Alesis M1ACTIVE 520 USB



Složenje sučelje s 4 ulaza
PreSonus AudioBoxUSB



Sučelje s 5-kanalnim mikserom
Behringer XENYX302USB

DAW program objedinjava sve nabrojeno. Svi ulazi preko sučelja prosljeđuju se u DAW program gdje korisnik snima, miješa i masterizira snimke. Postoji vrlo veliki broj različitih DAW programa od kojih svaki posjeduje različite *efekte* i *pluginove*, a oni korisniku omogućavaju eksperimentiranje i manipulaciju zvučnim signalima. Tako dolazimo i cilja ovog članka – bitperfect reprodukcija sa DAW.

Adobe Audition, koji se u početku nazivao **Cool Edit Pro**, predstavlja digitalnu audio radnu stanicu tvrtke *Adobe Systems*. Omogućava višekanalno miješanje i uređivanje. *Microsoftovi* zaposlenici *R. Ellison i D. Johnston* 1990. osnovali su *Syntrillium Software* kojeg je 2003 preuzeo *Adobe*. Iste godine predstavljena je DAW *Adobe Audition*, a 2012 predstavljena je 5. verzija **CS6** – na slici.



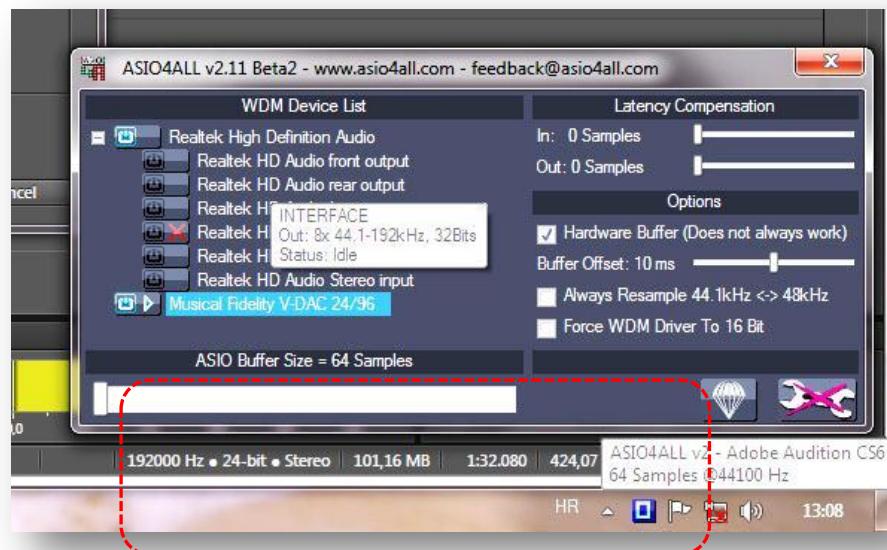
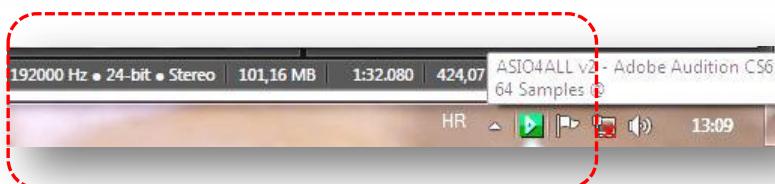
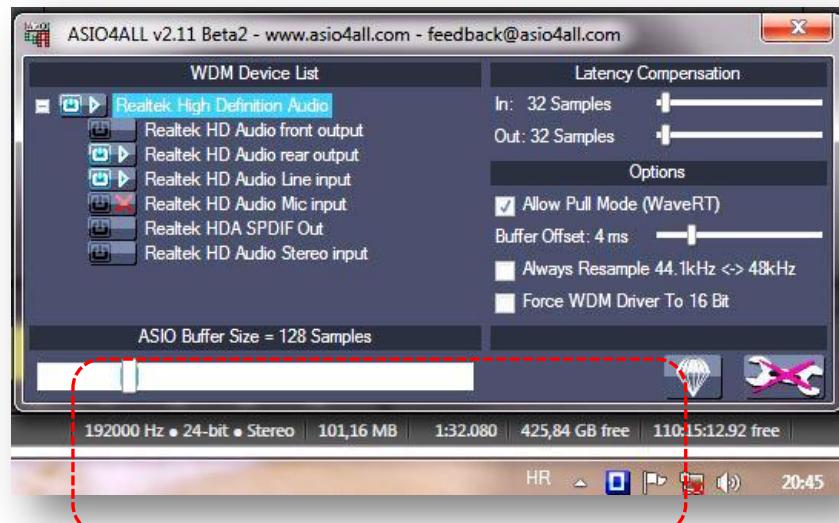
2013. predstavljena je 6. verzija, poznatija kao *Audition CC*. To je prva *Audition* 64-bitna aplikacija koja je brža od prethodnih 32-bitnih verzija, a uključuje i nove opcije (*sound remover*, *preview editor* i *pitch bender*). Sa svim DAW za najbolje rezultate potrebna je kvalitetna zvučna kartica. Mogućnosti editiranja zvučnih signala ostaviti ćemo za drugu priliku, a spomenut ćemo samo kako postoje četiri glavna načina. Prvi je *Waveform Display* koji prikazuje grafički valni oblik. Drugi je *Spectral Frequency Display* koji prikazuje zvučni signal u frekvencijskom području pomoću boja. Za stereo zvuk postoje još *Spectral Pan Display* i *Spectral Phase Display* koji omogućavaju idealnu sinkronizaciju stereo zvuka (na gornjoj slici nisu prikazani).

Editiranje se izvodi funkcijom *Cut and Paste* kao i u svim ostalim programima. Međutim, program je mnogo napredniji jer detektira *beat pattern* i *ritam*, te idealno postavlja točke odrezivanja i ljepljenja. Nova funkcija je i *Frequency Space Editing* koja omogućava editiranje u frekvencijskom umjesto vremenskom području valnog oblika.

Kako bi DAW radio u najboljoj okolini potrebno je instalirati pogonski program *ASIO4ALL*, kojemu je na gornjoj slici, sučelje prikazano u crvenom okviru.

Ikona postaje vidljiva u trenutku kad pokrenemo aplikaciju koja inicijalizira pogonski program *ASIO4ALL*. Ako ikona pogonskog programa nije vidljiva, to znači da aplikacija za zvuk ne koristi *ASIO4ALL* iako postoje programi za reprodukciju zvuka koji imaju posebnu varijantu *ASIO* drivera koja se ne prikazuje.

Izgled sučelja može ovisiti o primijenjenom uređaju. Na donjim slikama vidimo izgled sučelja **ASIO4ALL v2.11. Beta2** u programu *Adobe Audition CS6* s učitanom datotekom 24 bita 192 kHz na računalu s uređajima: *Realtek High Definition Audio* zvučnom karticom i vanjskim DAC-om.



Stanja ikone su:

- ▶ AKTIVNO aplikacija obrade zvuka pokrenula je izlazni uređaj
- NEAKTIVNO uređaj će postati dostupan ali se nije još pokrenio
- ✗ NEDOSTUPNO uređaj koristi neka druga aplikacija
- ? IZVAN LOGIKE uređaj se ne može pokrenuti zbog nekog nepoznatog razloga

Kad god je to moguće ASIO upravljačku ploču pokrećemo iz aplikacije za zvuk, a ne sa ikone. Ako je lista uređaja prazna, to znači da računalo nema ugrađen ni jedan WDM uređaj za zvuk. Upravljačka ploča izgleda različito u ovisnosti o izabranom priključenom uređaju. Osnovne postavke su:

Veličina međuspremnika Buffer Size

Pomoću klizača mijenjamo veličinu međuspremnika označenog uređaja. Što je međuspremnik manji to znači da će biti manja i latencija. Ako čujemo neravnomjernu ili izobličenu reprodukciju potrebno je povećati međuspremnik. U prikazanoj situaciji na dvojezgrenom procesoru 3,6 GHz dovoljna je minimalna veličina od samo 64 uzorka.

Učitaj tvornički podešene postavke Load Default Settings

Ako se izgubimo prilikom podešavanja, klik na ovu opciju vratit će početne postavke.

Napredni načina rada Switch To Advanced Mode

Omogućava prikaz dodatnih postavki gdje je moguć popravak problema i obrnuto. Stavke u listi uređaja moguće je proširivati pa možemo pregledati cijelovitu zvučnu WDM arhitekturu sustava. List sadržava zvučne uređaje *Devices*, sučelja *Device Interfaces* i tzv. *Pins*. Slika prikazuje povezanost sa WDM KS Kernel Sound hijerarhijom. Uočavamo ekspandiran *Realtek HD audio* i vanjski DAC. Svaku komponentu uređaja možemo selektivno uključiti ili isključiti. Tako je moguće stvaranje postave s više zvučnih uređaja koji istovremeno funkcioniraju koristeći isti generator takta.

Kompenzacija latencije Latency Compensation

Klizačem kompenziramo latenciju kako bi se vremenski uskladile snimke *sequencer* programa. Ako se koristi više različitih uređaja podešavamo na vrijednost uređaja s najvećom latencijom.

Uključivanje sklopovskog međuspremnika Hardware Buffer on/off ili Allow Pull Mode (WaveRT)

Uključuje sklopovski međuspremnik označenog uređaja, a radi samo za *WavePCI minipoorts*. Prednost je što koristi mnogo manje snage CPU i dodatno smanjuje latenciju.

Allow Pull Mode (WaveRT)

Dva su temeljna načina rada WaveRT uređaja, *pull-mode* ili *event-mode* i *push-mode* ili *polling mode*. Push-mode podržavaju svi pogonski programi WaveRT i OS platforme. Ako se označi kvadratič ASIO4ALL će koristiti pull-mode kad god je to moguće (ovisno o pogonskom programu) jer je takav način rada tehnički bolji.

Kernel Buffers/Buffer Offset

Ova kontrola omogućava dodavanje do dva međuspremnika pod uvjetom da je sklopovski međuspremnik onemogućen. Dodatni međuspremniči povećavaju latenciju uređaja za vrijeme koje potrebno za pražnjenje jednog međuspremnika. Dakle početnu postavku 2 treba promijeniti samo na slabijim računalima, na kojima se razumno mala ASIO veličina međuspremnika ne može postići s tvorničkim postavkama. Viša vrijednosti općenito povećavaju latenciju i ugrožavaju stabilnost. Teži se vrijednostima vrlo blizu nuli, npr. 4ms, dok je 10ms tvornički podešena vrijednost.

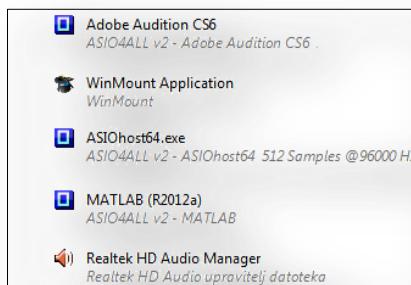
Uvijek resempliraj Always Resample 44.1<->48 kHz

ASIO4ALL automatski resemplira u stvarnom vremenu 44.1 kHz audio u/iz 48 kHz ako WDM pogonski program ne podržava frekvenciju sempliranja. Međutim, postoje situacije u kojima AC97 podržava 44.1 kHz internim resempliranjem – postupkom koji je tehnički nesavršen, a može izazvati i problem stabilnosti. Riječ je najčešće o starijim sustavima.

Prisili WDM pogonski program na 16 bita Force WDM driver to 16 Bit

Opcija se koristi u situacijama kada je podržana rezolucija WDM drivera veća od 16, a manja od 24.

U situacijama u kojima latencija nije važna, kao npr. **audiofilima, ASIO4ALL u usporedbi s Win driverima omogućava daleko transparentniji zvuk.** To je razlog zbog kojeg audiofili najčešće koriste ASIO umjesto DirectSound ili MM. U takvim situacijama latencija nije važna pa se svi ulazi mogu isključiti te postaviti veličinu ASIO međuspremnika na najveću vrijednost. Sve promjene koje unesemo u ASIO upravljačku ploču odnose se samo na aplikaciju iz koje smo je napravili i samo za korisnika koji ih je napravio. Dakle, na istom računalu različiti korisnici za različite aplikacije mogu podesiti različite ASIO postavke. Na slici je primjer takvog računala,



Sada znamo sve potrebno za bitperfect reprodukciju primjenom DAW. Sve potrebne datoteke i programe, spomenute u ovom članku, možemo prebaciti u računalo besplatno, a Adobe kao probnu verziju. Za primjer sa DAW pomoću ASIO pokrenut ćemo preko vanjskog DAC dvije kratke zvučne datoteke za potrebe testiranja elektroakustičkog sustava i akustike prostorije. Prvo vrlo kratki uvod.

JEDNOSTAVNO ISPITIVANJE NISKOFREKVENCIJSKOG ODZIVA ZVUČNIKA I AKUSTIKE PROSTORIJE

Kad slušamo glazbu, promatramo li signal vremensko frekvencijski, najčešće *znamo što čujemo ali ne znamo što bismo trebali čuti*. Ako slušamo matematički definirani signal, nalik na glazbu, znat ćemo i što čujemo i što bi trebali čuti ... Dakle, doznat ćemo kakav sustav imamo i kakva je akustika prostorije, gdje su greške, na što se trebamo usredotočiti i što popraviti kako bi sustav bio još bolji.

Ispitni signal **test1.mp3** predstavlja skup tonova na individualnim frekvencijama. Svaki ton iste frekvencije sastoji se od 10 perioda. Signal je sastavljen od frekvencija 16, 18, 20, 22, 26, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 120 i 150Hz. Između tonova je vrlo kratki interval koji audio sustavu omogućava prikupljanje snage za daljnji rad. Signal **test1** redovito koriste proizvođači zvučnika, profesionalni korisnici, ton majstori ali i poneki napredni audiofil. Ispitni signal **test2.mp3** vrlo je sličan i generiran je pomoću MATLAB-a. Na grafovima, u gornjem dijelu, možete vidjeti valne oblike i trajanje signala. Na donjem dijelu prikazan je spektar signala i to svake druge komponente. Signali su analizirani pomoću DAW i prikazane su tehničke karakteristike signala:

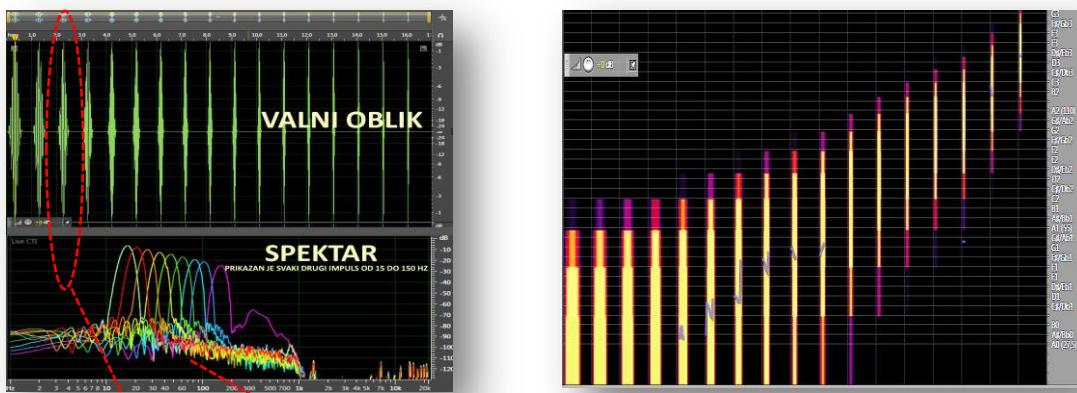
Test1	Left	Right	
Peak Amplitude:	-0,09 dB	-0,09 dB	
True Peak Amplitude:	-0,08 dBTP	-0,08 dBTP	
Maximum Sample Value:	32444,41	32442,86	
Minimum Sample Value:	-32448,07	-32448,09	
Possibly Clipped Samples:	0	0	
Total RMS Amplitude:	-13,83 dB	-13,83 dB	
Maximum RMS Amplitude:	-2,35 dB	-2,35 dB	
Minimum RMS Amplitude:	-105,05 dB	-105,27 dB	
Average RMS Amplitude:	-78,28 dB	-78,23 dB	
DC Offset:	0,00 %	0,00 %	
Measured Bit Depth:	32	32	Napomena: mp3 32 bita
Dynamic Range:	102,70 dB	102,92 dB	
Dynamic Range Used:	102,20 dB	102,10 dB	
Loudness:	-10,93 dB	-10,88 dB	
Perceived Loudness:	-5,31 dB	-5,31 dB	
ITU-R BS.1770-2 Loudness:	-14,94 LUFS		
0dB = FS Square Wave			
Using RMS Window of 50,00 ms Account for DC = true			

Test2

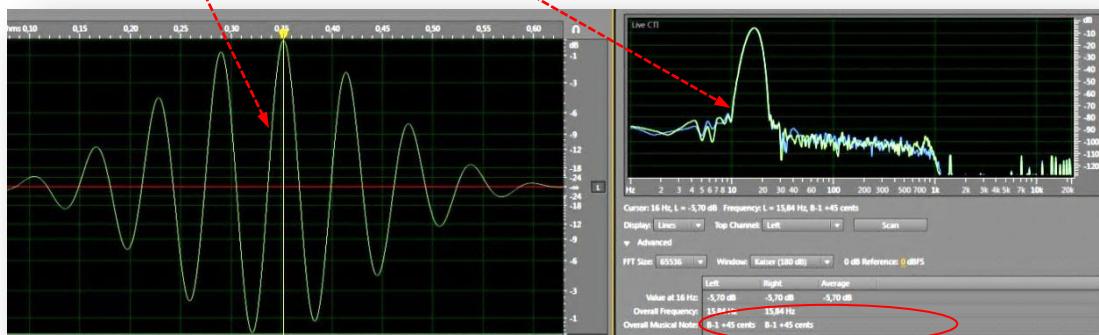
	Left	Right
Peak Amplitude:	-0,09 dB	-0,09 dB
True Peak Amplitude:	-0,09 dBTP	-0,09 dBTP
Maximum Sample Value:	32417,68	32417,68
Minimum Sample Value:	-32410,93	-32410,93
Possibly Clipped Samples:	0	0
Total RMS Amplitude:	-11,49 dB	-11,49 dB
Maximum RMS Amplitude:	-2,36 dB	-2,36 dB
Minimum RMS Amplitude:	-37,44 dB	-37,44 dB
Average RMS Amplitude:	-24,03 dB	-24,03 dB
DC Offset:	0,00 %	0,00 %
Measured Bit Depth:	32	32
Dynamic Range:	35,08 dB	35,08 dB
Dynamic Range Used:	35,05 dB	35,05 dB
Loudness:	-6,84 dB	-6,84 dB
Perceived Loudness:	-6,78 dB	-6,78 dB
ITU-R BS.1770-2 Loudness:	-14,31 LUFS	

0dB = FS Square Wave

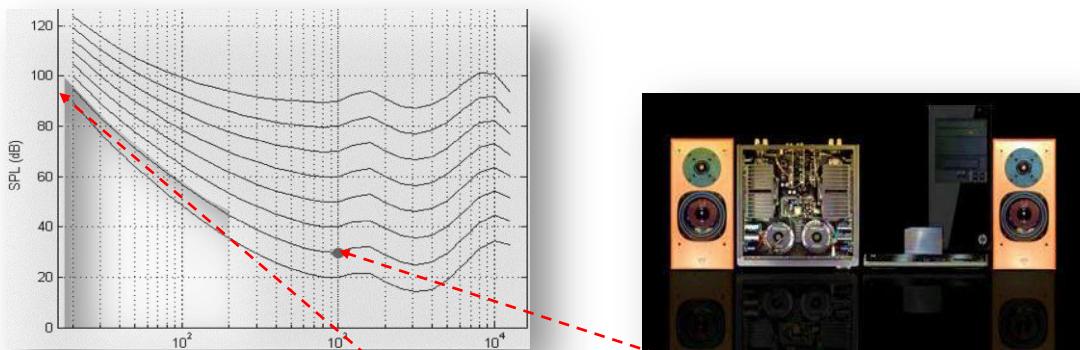
Using RMS Window of 50,00 ms Account for DC = true

Prikazat ćemo valni oblik i spektar **test1** signala i to svake druge komponente:

Između 16Hz (-5,7dB) i 150 Hz (-25dB) razlika razine iznosi 19 dB, što je približno 20 dB po dekadi. Razlog tome su krivulje jednake glasnoće.



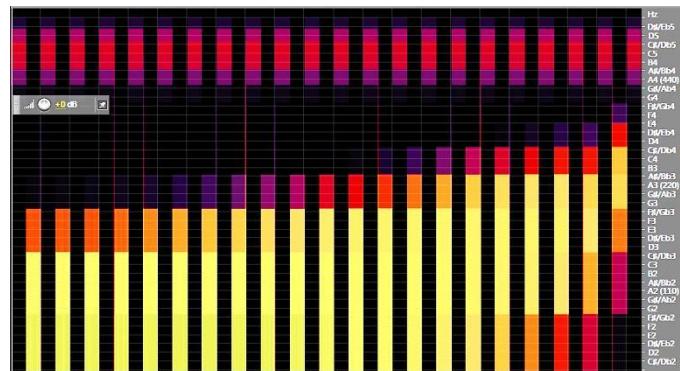
Generirat ćemo ispitni signal **test2** u MATLAB-u, rezolucije 32 bita s frekvencijom sempliranja 192 kHz. (Napomena: u Matlabu bez problema snimke možemo semplirati preko 3 MHz). Generirat ćemo frekvencije 16, 18, 20, 22, 26, 30, 35, 40, 45, 50, 62, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140, 150 i 200, a kao međusignal 500 Hz. Kako bi smo zvučni signal čuli jednolikom glasnoćom primijenit ćemo slabljenje komponenti približno u skladu s *Robinson Dadson krivuljom*.



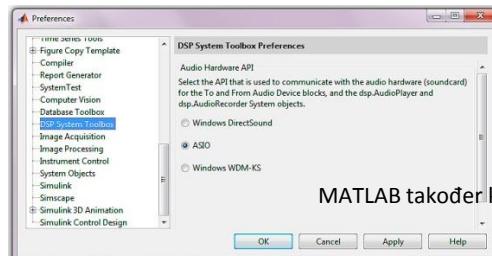
Iz dijagrama vidimo: ako signal frekvencije 1 kHz ima glasnoću 30dB, signal frekvencije 16 Hz mora imati glasnoću 100dB da bi se subjektivno percipirao jednako glasan

MATLAB program:

```
fs=192000;
tn=0:1/fs:1; % trajanje note
f1=16; % frekvencije signala
f2=18
f3=20
f4=22
f5=26
f6=30
f7=35
f8=40
f9=45
f10=50
f11=62
f12=70
f13=80
f14=90
f15=100
f16=110
f17=120
f18=130
f19=140
f20=150
f21=200
fm=1000 % frekvencija međusignalna
msignal=.02*sin(fm*2*pi*tn)
y=.99*[ msignal, sin(f1*2*pi*tn), msignal, .9*sin(f2*2*pi*tn), msignal, .8*sin(f3*2*pi*tn), msignal, .77*sin(f4*2*pi*tn),
msignal, .72*sin(f5*2*pi*tn), msignal, .7*sin(f6*2*pi*tn), msignal, .65*sin(f7*2*pi*tn), msignal, .6*sin(f8*2*pi*tn),
msignal, .55*sin(f9*2*pi*tn), msignal, .5*sin(f10*2*pi*tn), msignal, .45*sin(f11*2*pi*tn), msignal, .4*sin(f12*2*pi*tn),
msignal, .35*sin(f13*2*pi*tn), msignal, .3*sin(f14*2*pi*tn), msignal, .27*sin(f15*2*pi*tn), msignal, .25*sin(f16*2*pi*tn),
msignal, .23*sin(f17*2*pi*tn), msignal, .2*sin(f18*2*pi*tn), msignal, .17*sin(f19*2*pi*tn), msignal, .12*sin(f20*2*pi*tn),
msignal, .1*sin(f21*2*pi*tn), msignal]; % ovo NISU koeficijenti prema označenoj Robinson Dadson krivulji
% grafički prikazujemo i reproduciramo signal, a nakon reprodukcije pohranjujemo ga u kvaliteti 32 bita 192 kHz
plot(y); grid; sounds(y,fs); pause
wavwrite(y, 192000, 32, 'C:\Users\Ozren\Documents\MATLAB\test2.wav');
```



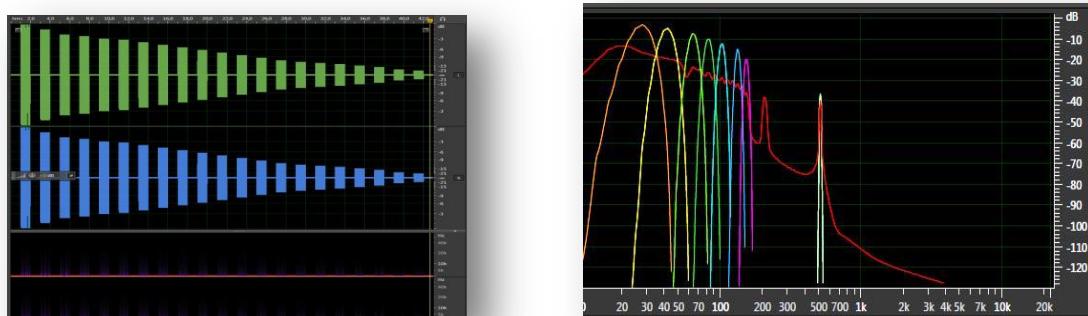
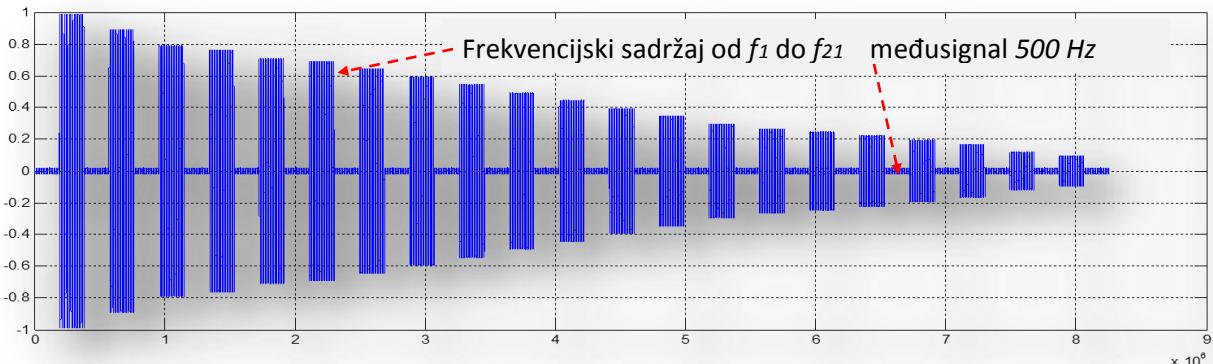
Spektar signala generiranog u MATLAB-u



MATLAB također koristi ASIO

```
% ****
% * Author: Ozren Bilan*
% ****
% * DISCLAIMER: *
% * Copyright and other intellectual property laws protect these *
% * materials. Reproduction or retransmission of the materials, in whole *
% * or in part, in any manner, without the prior consent of the copyright *
% * holder, is a violation of copyright law.
% * The author is not responsible for damages whatsoever, including *
% * any type of loss of information, interruption of business, personal *
% * injury and/or damage or consequential damage without any *
% * limitation incurred before, during or after the use of this code.
% ****
```

U Adobeu smo konvertirali *mono* datoteku 192 kHz/32 bita u *stereo* i pohranili je kao *mp3* 320kHz. Veličina je smanjena sa 64,5 MB na 1,6 MB. Datoteke *test1.mp3* i *test2.mp3* dostupne su sa mape site-a.



ISPITIVANJE

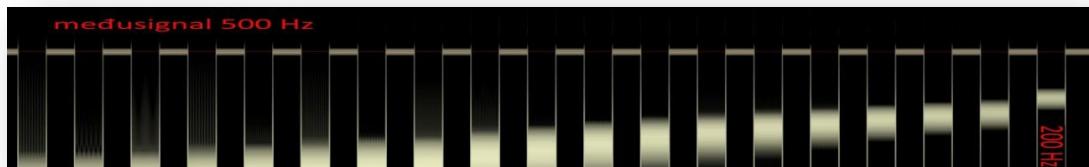
Iz DAW primjenom ASIO drivera signal prosljeđujemo test signal na asinkroni DAC i audiofilski sustav:

- Pri reprodukciji ovog signala obratite pozornost na čistoću tona i izobličenja. Ton mora biti čist pri čemu tonovi različitih frekvencija moraju biti približno iste razine.
- Ako pri reprodukciji čujete izobličenje, šumove ili rezonancije, obratite pozornost i provjerite stanje vašeg razglasnog sustava, zvučnika, pojačala. Najčešće rezoniraju bas zvučnici ili predmeti u prostoriji (stakla, vrata, namještaj, obloge...) ali problemi mogu biti i u pojačalima.
- Signal je vrlo koristan za ispitivanje glasnoće sustava jer signal nije kontinuiran nego nalikuje na glazbeni signal iako je analitičan i matematički precizno definiran, a sustav reprodukcije se opterećuju kao pri reprodukciji glazbe.
- Na početku ispitivanja signal reproduciramo vrlo tiho (međusignal bi trebao imati razinu oko 30 dB) pa postepeno pojačavamo signal prema višim razinama poput onih pri normalnom reproduciraju glazbe. Pri višim razinama uočavamo sve više detalja grešaka sustava i akustike prostorije.

Sluhom i mjeranjem uočavamo promjene koje nam govore o karakteristikama sustava:

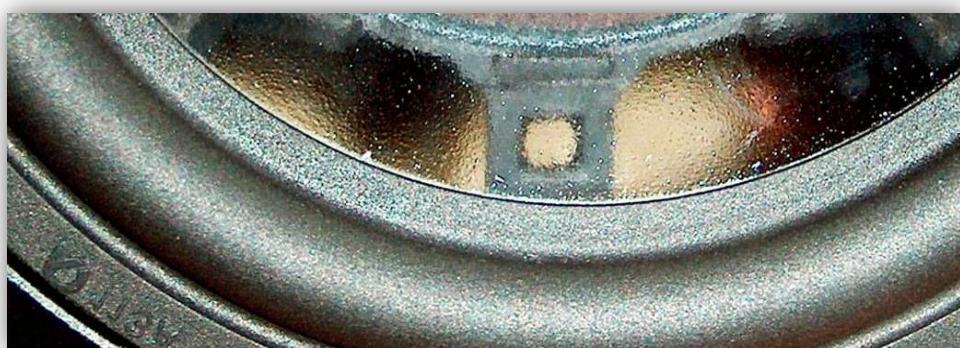
- Kvalitetni (*studijski i pro*) sustavi ovaj test prolaze kao od šale – čuju su jednoliko sve frekvencije bez izobličenja.
- Lošiji sustavi nemaju dovoljnu reprodukciju na niskim frekvencijama niti ujednačenost na višim.
- Neki sustavi reproduciraju najniže i više frekvencije ali ne reproduciraju one oko 30 – 50 Hz.
- U većini neobrađenih prostorija dolazi do jakih rezonancija stakla, dijelova namještaja, vrata, itd...
- Često se čuju rezonancije bas zvučnika
- Izrazito naglašena reprodukcija neke komponente (najčešće od 50 – 150 Hz) govori o neprigušenom modu u prostoriji.
- Izrazito izobličenje ili slabljenje odziva nekih sustava nalaze se u okolišu frekvencije prilagođenja bas refleksa.
- Nemojte se previše zabrinjavati što vam audiofilski sustav reprodukcije i akustika prostorije nisu idealni...**

Na slijedećoj slici lijevo, prikazan je valni oblik signala test2, spektar svake treće komponente i izmjerene karakteristike signala. ASIO driverom iz DAW, signal je proslijeđen preko asinkronog DAC-a na sustav reprodukcije.



Na slici desno prikazana je usporedba spektra na skali od 130 dB; gore HD signal 32 bit 192 kHz, dolje mp3 320 kb/s. Iako su komponente šuma i izobličenja mnogostruko veće, još uvijek su sve ispod razine -60 dB.

Za sami kraj ćemo najkraće spomenuti zanimljivu tehnologiju zvučničkog sustava koja ove testove vrlo dobro prolazi. Zvučnik kombinira kemijsku tehnologiju izrade membrane vrlo visoke čvrstoće i velikog unutrašnjeg prigušenja s *Besselovom* skretnicom niskog reda u volumenu od samo 7 litara. Rezultat je izvrstan odziv na impulsnu pobudu i reprodukcija najnižih frekvencija za zadani volumen. Presjeci membrane određeni su metodom analize konačnih elemenata, a postupak izrade je injektiranje mješavine TPX i *polipropilena* koji ima veliko samoprigušenje. To su optički prozirne membrane koje kombiniraju točnost i transparenciju zvuka tvrdih materijala s glatkoćom i muzikalnošću zvuka mekih membrana. Ispuni li se zvučnik apsorpcijskim materijalom dijelom im slabe zvučne karakteristike.



Izgled primijenjene membrane i ovjesa – primjećujemo kako zvučnička kutije nije (!) ispunjena

NAPOMENA:

Ispitne signale možete prebaciti u svoje računalo sa ovoga sitea, a probnu verziju DAW *Adobe CC6* i ASIO možete sa weba besplatno prebaciti u računalo. Ovdje prikazani programi i signali nisu u potpunosti optimizirani za profesionalnu praksu već u prvom redu služe za upoznavanje sa spomenutim programima i s programiranjem zvučnih signala u Matlabu.