

# Obrada audio sadržaja u suvremenim DAW sustavima

---

**Krivičić, Dino**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2016**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Pula / Sveučilište Jurja Dobrile u Puli**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:137:252683>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-10**



*Repository / Repozitorij:*

[Digital Repository Juraj Dobrila University of Pula](#)



Sveučilište Jurja Dobrile u Puli

Odjel za informacijsko komunikacijske-tehnologije

**DINO KRIVIČIĆ**

**OBRADA AUDIO SADRŽAJA U SUVREMENIM DAW SUSTAVIMA**

Završni rad

Pula, 2016

Sveučilište Jurja Dobrile u Puli

Odjel za informanijsko komunikacijske-tehnologije

**DINO KRIVIČIĆ**

**OBRADA AUDIO SADRŽAJA U SUVREMENIM DAW SUSTAVIMA**

Završni rad

**JMBAG: 0069056364, redovni student**

**Studijski smjer: preddiplomski studij Informatika**

**Predmet: Multimedijalni sustavi**

**Mentor: Dr.sc. Darko Etinger**

U Puli, Lipanj 2016.



### IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, dolje potpisani \_\_\_\_\_, kandidat za prvostupnika \_\_\_\_\_ ovime izjavljujem da je ovaj Završni rad rezultat isključivo mogega vlastitog rada, da se temelji na mojim istraživanjima te da se oslanja na objavljenu literaturu kao što to pokazuju korištene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da niti jedan dio Završnog rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz kojega necitiranog rada, te da ikoji dio rada krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten za koji drugi rad pri bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili radnoj ustanovi.

Student

\_\_\_\_\_

U Puli, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ godine

## SADRŽAJ

<b>SAŽETAK</b> .....	1
<b>UVOD</b> .....	2
<b>1. DIGITALNI AUDIO</b> .....	4
1.1. Karakteristike zvučnog vala.....	5
1.2. Audio formati.....	6
1.3. Povijest zapisivanja audio sadržaja na medije.....	8
<b>2. DIGITAL AUDIO WORKSTATION</b> .....	10
2.1 Osnovne funkcije za obradu audio sadržaja.....	11
2.2. Panorama.....	12
2.3. EQ.....	13
2.4. Alati za kontrolu dinamike.....	15
2.5. Efekti bazirani na vremenu.....	18
2.6. MIDI programiranje.....	21
<b>3. PROCES OBRADE AUDIA</b> .....	25
3.1. Uređivanje.....	25
3.2. Procesiranje.....	26
3.3. Mastering.....	28
<b>4. ZAKLJUČAK</b> .....	30
<b>LITERATURA</b>	
<b>POPIS SLIKA</b>	
<b>POPIS TABLICA</b>	

## SAŽETAK

Razvojem informacijskih tehnologija znatno se promjenio posao obrade audio sadržaja. Obrada audio sadržaja u digitalnom obliku uvelike je preglednija i jednostavnija od starijih načina obrade.

Definirani su osnovni pojmovi vezani uz zvuk, procesiranje zvuka, alati i uređaji za snimanje, zajedno sa alatima i uređajima za obradu zvuka. Objasnjena je razlika između snimljenog i programiranog, MIDI zvuka. Definirane su faze procesiranja zvuka i alati koji se koriste u radu.

Cilj ovog rada je objasniti proces audio obrade, te objasniti faze uređivanja procesiranja i masteringa audio podataka koristeći Digital Audio Workstation.

## **ABSTRACT**

With the development of information technology, audio processing has significantly changed. Audio processing in DAW is more simple and transparent than the older processing methods.

The basic terms related to the sound, sound processing, tools and devices for recording, along with tools and devices for sound processing are defined. The difference between recorded sound and programmed MIDI sound is explained. Used tools and audio processing stages are defined.

The aim of this work is to evoke the importance of audio processing, and go through the stages of editing, processing and mastering audio data using Digital Audio Workstation.

## UVOD

Tema ovog rada je obrada audio sadržaja u suvremenim Digital Audio Workstation sustavima. Digital audio workstation (DAW) je računalo opremljeno kvalitetnom zvučnom karticom i programom za snimanje, uređivanje i produciranje audio sadržaja kao što su glazba, govor i zvukovni efekti.

Osnovni cilj je prikazati kako se može snimiti, programirati i obraditi neki zvuk koristeći alate integrirane u DAW ili neke druge, vanjske alate za uređivanje.

Znanstvene metode korištene u ovom radu su metode klasifikacije i analize kako bi se objasnili opći pojmovi, te razlučili na srodne pojmove u svrhu međusobne povezanosti istih. Matematička metoda koristila se u svrhu teorijske simulacije izračuna kretanja zvuka po prostoru. Induktivna metoda koristila se za izradu zaključka na temelju prethodno opisanih podataka.

Rad je podjeljen na pet djelova. Nakon uvoda sljedi prvo poglavlje u kojem se opisuje digitalni audio, glavne karakteristike zvučnog vala te pojedini digitalni audio formati. Opisan je razvoj zapisivanja audio sadržaja na medije kroz povijest od razdoblja akustičnog snimanja iz prve polovice 19. stoljeća pa sve do modernog, digitalnog zapisivanja audio sadržaja.

Drugo poglavlje govori o tome što je DAW, te opisuje način njegov rada. Opisane su osnovne funkcije obrade audio sadržaja, te glavni alati kojima se korisnici služe u DAW-u. Objasnjeno je princip rada glavnih alata za obradu te je opisan na primjeru jednog elementa bubnja - doboša. Objasnjeno je pojam MIDI programiranja.

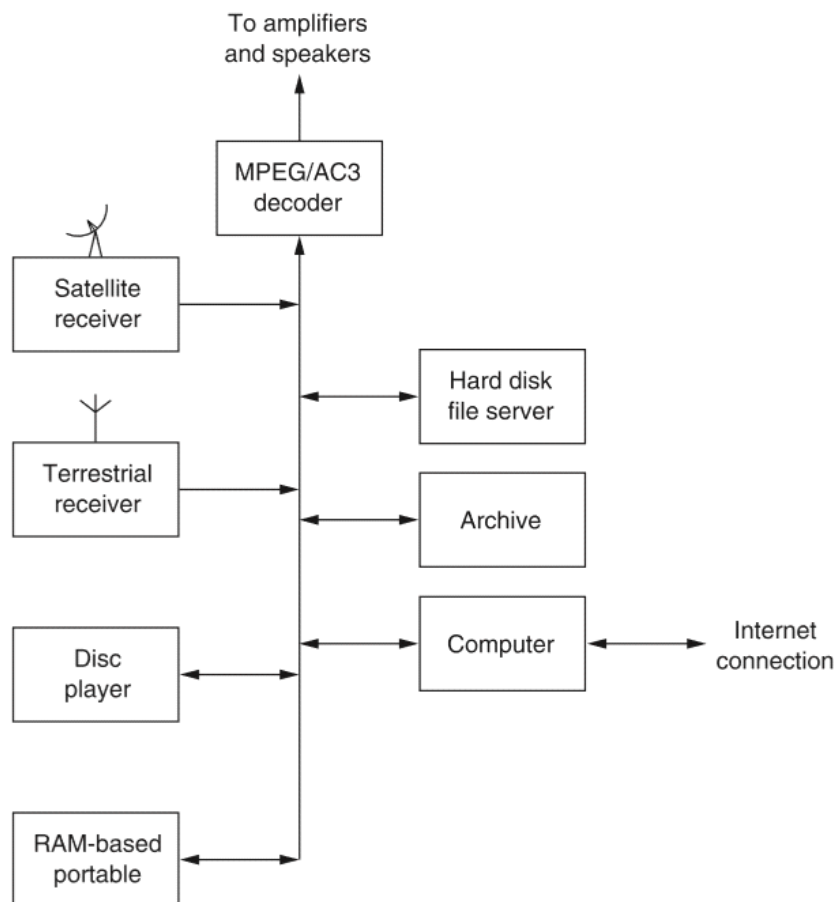
Treće poglavlje prikazuje tri glavne faze obrade audio sadržaja. Objasnjeno je uređivanje audio signala, procesiranje istih te mastering završnog uratka.



# 1. DIGITALNI AUDIO

Zvuk je ljudska percepcija nestalnih podražaja nastalih kao posljedica promjene razine tlaka koja se širi elastičnim medijem u kojem se nalazi slušatelj. U ovom poglavlju biti će objašnjeni osnovni pojmovi vezani uz zvuk, pretvorba zvuka u digitalni podatak te osnovni audio formati

Najzbudljiviji aspekti digitalne tehnologije jesu njene ogromne mogućnosti koje nisu bile dostupne sa analognom tehnologijom. Mnogi procesi koji su teški ili nemogući u analognoj domeni postaju jednostavni u digitalnoj domeni. Jednom kada je audio u digitalnoj domeni, on postaje podatak, a razlikuje se od generičkih podataka zbog toga što se treba reproducirati u određenom vremenskom periodu (Watkinson, 2002).



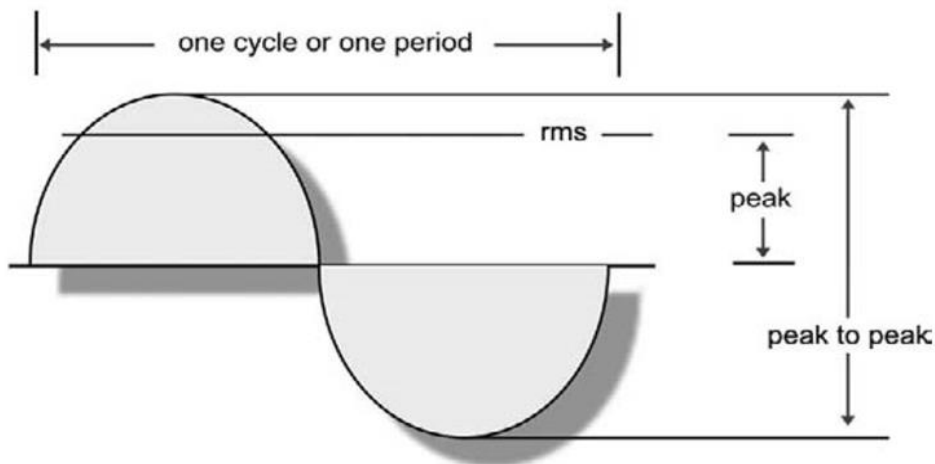
Slika 1. Audio sustav današnjice

Izvor: Watkinson, J. (2002.), An Introduction To Digital Audio, str. 2.

## 1.1 Karakteristike zvučnog vala

Valni oblik predstavlja grafički prikaz razine zvučnog tlaka ili razine napona dok se kreće medijem kroz vrijeme. Ukratko, valni oblik omogućuje nam vidjeti i objasniti stvarni fenomen širenja vala u našem fizičkom okruženju te obično ima sljedeća osnovna obilježja: amplituda, frekvencija, valna duljina, glasnoća (engl. velocity), harmonički sadržaj, faza, ovojnica (engl. envelope). Te karakteristike omogućavaju da se jedan val razlikuje od drugoga. Najvažnije su amplituda i frekvencija. (Huber, Runstein, 2010).

Amplituda je najveći pozitivan ili negativan otklon od srednje vrijednosti veličine kojom se opisuje val (zvučni val: dB). Najveća pozitivna ili negativna vrijednost audio signala zove se vršna vrijednost (eng. Peak value), a odnos između pozitivne i negativne vrijednosti jest *peak to peak value* što se može vidjeti na slici 2.



Slika 2. Mjerenje amplitude

Izvor: Huber, Runstein (2010), *Modern Recording Techniques*, str 44.

Osnovna definicija frekvencije jest da je to fizikalna veličina kojom se mjeri broj titraja u određenom vremenskom periodu. U zvučnom valu frekvencija je ta koja većim djelom karakterizira visinu tona. Frekvencija se mjeri u hertzima (Hz) tako da se brzina zvučnog vala ( $v$ ) podjeli sa valnom duljinom ( $\lambda$ ; lambda) . Ljudsko uho može čuti frekvencije od 20Hz do 20kHz.

## 1.2. Audio formati

Snimanjem audio sadržaja na računalo, on se iz analognog signala pretvara u digitalni putem AD (engl. analog to digital) konverzije. Taj se postupak odvija u tri koraka. Zvuk se pomoću mikrofona pretvara u analogni električni signal, a zatim se u AD konverteru na zvučnoj kartici taj električni signal pretvara u digitalni oblik. Digitalni podaci se kodiraju, po potrebi sažimaju te pohranjuju na disk.

Digitalni prikazi audio sadržaja, kada se pohranjuju na računalo, pohranjuju se baš kao i svaka druga vrsta podataka, kao datoteka. Veliki broj formata postoji u svakodnevnoj upotrebi. Većina zvučnih datoteka sastoji se od naslova koji opisuje format te datoteke. Duljina teksta, broj kanala i frekvencija uzorkovanja su karakteristike koje su specificirane kako bi se audio aplikacije mogle učitati ispravno (Self, Brice, Duncan, Hood, Sincalir, Singmin, Davis, Patronis, Watkinson, 2009).

Audio formati mogu se podijeliti u tri skupine: nekomprimirani, komprimirani s gubitcima i komprimirani bez gubitaka.

Nekomprimirani audio formati bazirani su na PCM (Pulse-code modulation) metodi koja služi za digitalnu reprezentaciju uzoraka analognih signala, ali uz minimalne promjene u pohrani podataka. Dva nekomprimirana audio formata su .wav i .aiff. Ova dva formata mogu se pretvarati iz jednoga u drugi bez gubitaka u kvaliteti. Oba formata su bez gubitaka, nekomprimirani, stereo (dvokanalni) PCM audio zapisi, uzorkovani na 44.1 kHz (44100 puta po sekundi) na 16 bita, te većinom zauzimaju oko 10 MB po minuti trajanja.

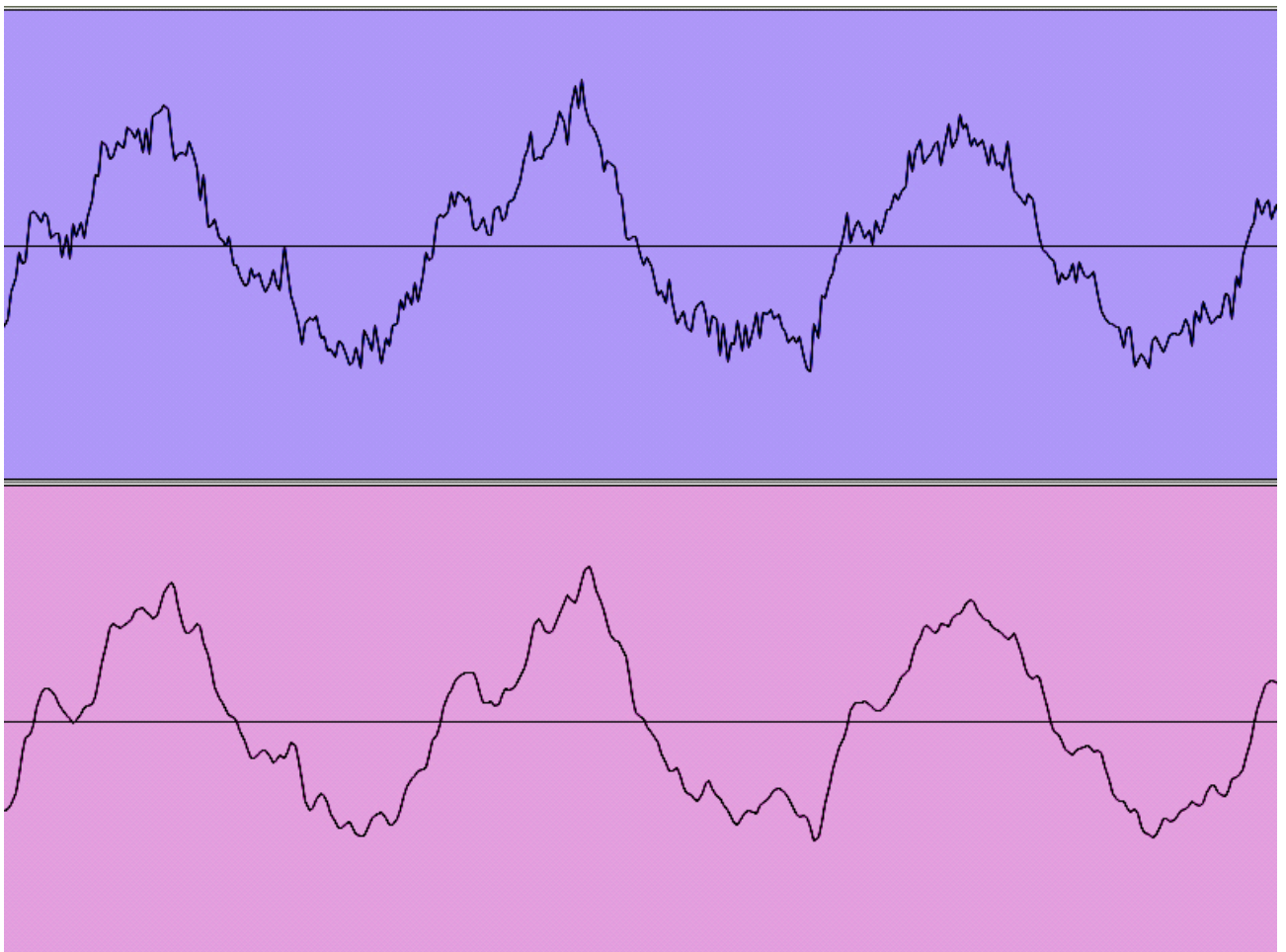
Komprimirani formati s gubitcima nastaju primjenom određenog oblika kompresije na nekomprimirane formate audio zapisa. Glavna karakteristika ovog formata je što se temelji na psihoakustičnom modelu, odnosno na izbacivanju onih dijelova audio sadržaja koje ljudsko uho ne čuje (djelovi koji nisu bitni za reprodukciju zapisa). Na taj način je moguće postići veliki faktor kompresije (obično oko 10:1) što pridonosi manjim zauzećem memorije i nešto slabijom kvalitetom zvuka. Cilj ovog formata audio sadržaja je proizvesti zapis koji je po zvuku „jednak“ originalu, ali sa puno manjim zauzećem memorije. Ovi formati su dosta popularni zbog velikog područja primjene, kao što je slanje audio datoteka putem Interneta.

Neki od formata koji pripadaju ovoj skupini su: mp3, aac, ogg, wma.

Komprimirani formati bez gubitaka nastaju primjenom određenog oblika kompresije na nekomprimirane formate audio sadržaja. Za razliku od komprimiranog formata s gubicima, ovaj format pruža puno manji faktor kompresije koji je otprilike 2:1. Kvaliteta zvuka jednaka je kvaliteti originalnog zapisa u punom smislu, to znači da sadržaj nije isti samo po zvuku već i po statističkim podacima (nema gubitaka informacije i degradacije originalnog signala).

Kompresija se uglavnom temelji na pronalaženju uzoraka i njihovom ponavljanju. Ovakvi idealni slučajevi su dosta rijetki, iz razloga što su audio podaci dosta kompleksni u smislu sadržavanja kompleksnih valnih oblika, uzoraka koji se ne ponavljaju i koji vrlo brzo mijenjaju svoj oblik. U svrhu poboljšanja rada algoritama za kompresiju, upotrebljavaju se razne metode, kao na primjer postupak konvolucije s filtrom  $[-1,1]$  kojom se nastoji izravnati spektar signala (dodavanje bijelog šuma).

Neki od formata iz ove skupine su: flac, wma.



Slika 3. Razlika u valu između nekomprimiranog i komprimiranog formata s gubicima

Izvor: <https://randycoppinger.files.wordpress.com/2012/10/wavvsmp3.jpg>

### **1.3. Povijest zapisivanja audio sadržaja na medije**

Audio sadržaj se počeo zapisivati i pohranjivati na zvučne medije u drugoj polovici 19. stoljeća. Povijest snimanja audio sadržaja mijenjala se sa svakim novim izumom i komercijalizacijom istih, te se može podijeliti na akustično, električno, magnetsko i digitalno razdoblje proizvodnje audio sadržaja.

Razdoblje akustične proizvodnje audio sadržaja trajalo je od druge polovice 19. stoljeća do prve polovice 20. stoljeća. Tada su se za snimanje koristili isključivo mehanički uređaji, te je nedostajalo dinamike i opsega frekvencija zvuka.

Tek od 1925. počinje razdoblje električnog snimanja audio sadržaja koje ne samo da je popravilo navedene nedostatke već je omogućilo snimanje većega broja izvodača. U tom je razdoblju audio sadržaj mogao biti snimljen, pojačan, filtriran i uravnotežen električnim putem, ali je glavni proces snimanja u suštini ostao mehanički. Zvuk je tada imao veći frekvencijski opseg (od 60Hz do 6000 Hz), što je rezultiralo čistim i realnijim audio snimkama. Osim realnijeg zvuka nastala je i nova profesija – audio tehničar koji je mogao zvuk snimati sa više mikrofona, spojen na više kanalna električna pojačala, kompresore, filtere i miksere.

Razdoblje magnetskog snimanja audio sadržaja javlja se 1945. godine. Magnetska traka izumljena je još 1930. godine u Njemačkoj, ali nije se nigdje drugdje koristila do kraja Drugog svjetskog rata. Ovaj izum uvelike je promijenio način rada audio tehničara, koji su mogli uređivati svoj snimljeni materijal na načine koji su u razdoblju električnog snimanja audio sadržaja bili nezamislivi. Eksperimenti magnetskom trakom kulminirali su kada su Les Paul i Mary Ford napravili virtualni ansambl glasova jednostavno spajajući više snimaka.

Danas živimo u digitalnom razdoblju koje je započelo 1975. godine. Sve prijašnje tehnike snimanja ubrzo su pale u zaborav javljanjem digitalne tehnike koju je usavršila japanska tvrtka Sony u 70-im godinama prošlog stoljeća. Digitalni snimak sastoji se od brze serije kratkih uzoraka zvuka koji, kada se slušaju kroz D/A konverter, uzorci se slažu tako da daju kontinuirani protok zvuka. Sony je osigurao nadmoć svog novog digitalnog sustava za snimanje uvođenjem digitalnog kompaktnog diska (CD), na kojeg je moglo stati do 80 minuta audio snimke. Oni su mali, prenosivi i izdrživi, te mogu savršeno jasno i bez izobličenja reproducirati cjelokupni spektar zvuka i dinamiku. Budući da su CD-ovi kodirani i čitaju se optički, pomoću laserske zrake, nije bilo kontakta između diska i mehanizma za reprodukciju,

pa se dobro čuvani CD mogao preslušavati jako puno puta bez degradacije i gubitka vrijednosti.

CD je gotovo potpuno dominirao tržištem do kraja 20. stoljeća, ali početkom 21. stoljeća brzi razvoj računalne tehnologije donio je novi izum u povjesti audio snimanja, digitalne audio datoteke (.wav, .mp3). U kombinaciji sa novim algoritmima digitalne kompresije signala, koja je omogućila značajno smanjenje veličine datoteka, digitalne datoteke naglo su postale glavni oblik slušanja i prijenosa glazbe.

## 2. DIGITAL AUDIO WORKSTATION

Digital audio workstation (DAW) je računalo opremljeno kvalitetnom zvučnom karticom i programom za snimanje, uređivanje i produciranje audio sadržaja kao što su glazba, govor i zvučni efekti. DAW se može sastojati samo od računalnog programa i zvučne kartice koje pokreće laptop ili stolno računalo, ili je pak složena konfiguracija više komponenti koje kontrolira glavno računalo. Bez obzira na konfiguraciju, DAW koristi središnje sučelje koje korisniku omogućava da izmjeni ili umiješa više snimaka ili traka u jednu završnu isproduciranu cjelinu.

Digital audio workstation koji je u širokoj upotrebi već nekoliko godina sastoji se od računala, sučelja, vanjskog miksera, zvučne kartice i softvera (kontrolne, mikseri i dodatne značajke). Štoviše, reverb, ekvalizator (EQ), efekti i plug-inovi mogu se koristiti kao vanjska digitalna oprema. Ovaj sustav koristi se u većini studija od početka 90-ih godina. Sustav omogućuje snimanje, uređivanje i miksiranje audio sadržaja u cjelosti u digitalnom obliku, pritom pružajući najbolju kvalitetu zvuka. DAW pruža veliku preciznost u uređivanju kroz vizualno sučelje. Jedina mana mogla bi biti ta da inženjeri više ne koriste svoje uši koliko i prije, jer sada mogu sve vidjeti u vizualizaciji zbog digitalne i računalne tehnologije. Više su usmjereni da vide koje zvukove čujemo, umjesto da slušaju zvuči li zapravo dobro (Persson, 2006).



Slika 4. Ableton Live 9

Izvor: [http://createdigitalmusic.com/app/uploads/2012/10/Arrangement\\_72dpi.png](http://createdigitalmusic.com/app/uploads/2012/10/Arrangement_72dpi.png)

## 2.1 Osnovne funkcije za obradu audio sadržaja

Kada je proces snimanja završen, počinje faza obrade snimljenih zvukova. Korištenjem raznih alata za obradu, audio sadržaj se mjenja i svaki snimljeni element dobiva svoje mjesto u „mixu“.

Osnovne funkcije obrade audio sadržaja bave se glasnoćom i rezolucijom signala. Prije svega to je obična promjena glasnoće, zatim progresija glasnoće, konverzija frekvencije uzorkovanja i broja bitova. Funkcije koje se najčešće nalaze u ozbiljnim DAW sustavima su glasnoća (engl. volume), potpuno utišavanje (engl. mute), postepeno pojačavanje/smanjivanje (fade in/out), okretanje audio signala (engl. reverse), kompresija/proširnje trajanja (engl. time compress/expand).

Glasnoća služi za promjenu glasnoće koja se gotovo uvijek izražava u decibelima (dB). Moguće je potpuno utišati audio signal, ili ga pojačati za 20 dB. Pojačanje od 6 dB daje dvostruko glasniji zvuk, dok smanjenje od 6 dB daje dvostruko tiši zvuk. Smanjenje od 6 dB korisno je kod postavljanja dva kanala (stereo) u jedan (mono), da ne bi došlo do izobličjenja zvuka jer bi time amplituda dobivenog signala bila dvostruko veća.

Potpuno utišavanje je opcija koja potpuno utiša zvuk. To je posebna tipka u „mixeru“ koja zamjenjuje potpuno stišavanje signala na sekciji glasnoće te se koristi u slučajevima kada je glasnoća postavljena dobro, ali se u danom trenutku želi utišati željeni zvuk.

Postepeno pojačavanje/smanjivanje je linearna promjena glasnoće od potpune tišine do željene razine glasnoće ili obrnuto. Često se koristi na završnoj snimci tako da se na početak stavi postepeno pojačavanje ili pak na kraju snimke postepeno smanjivanje. Također, može se koristiti i na malim djelovima u trakama za eliminiranje završnih klikova kada amplituda nije u  $-\infty$ , ili za dobivanje željenog efekta u mixu.

Okretanje audio signala je opcija koja okreće odabrani dio audio signala. Ekvivalentno je puštanju u natrag. Ova se funkcija većinom koristi za dobivanje pozadinskih efekata, te ovisi o načinu primjene, ali nije funkcija koje se uobičajeno koristi. Na primjer može se iskoristiti prije nekog bitnog udarca doboša, da taj udarac još više dobije na važnosti.

Kompresija/proširenje trajanja djeluje na zvuk na način da uspori ili ubrza odabrani dio audio signala, ali bez promjene visine tona. Cilj je da karakteristike zvuka ostanu identične, ali to je ipak nemoguće. Dakle to je algoritam koji unosi manje promjena. Svaki algoritam dozvoljava



određenu promjenu, npr. ne više od 150% dužine, ili ne manje od 50% dužine. Svaki program ima svoje algoritme, ali postoje i programi koji su zaduženi samo za ovu operaciju.

## **2.2. Panorama**

Panorama je pozicioniranje zvuka u zvučnoj dvokanalnoj odnosno stereo slici. Stereo zvučni sustavi postavljaju zvuk prostorno te je zbog toga panorama jako bitna u audio obradi.

Stereo sustav se sastoji od dva nezavisna kanala, a signali koji se reproduciraju imaju određenu razinu i vezu između faza koji, kada se slušaju, pružaju osjećaj slušanja originalnog izvora zvuka. Niti jedan stereo sustav ne može niti u teoriji postići savršenstvo, iako stvara dobru iluziju stvarnosti. Prednosti su čistoća zvuka, smanjena nejasnoća, pojačan dojam kretanja zvuka i prirodniji zvuk (Sunier, 1961).

Kada bi zamišljali glasnoću i EQ kao vertikalne elemente, panorama bi predstavljala horizontalni element. Panorama je od velike pomoći na instrumentima koji se nalaze u istom frekvencijskom spektru. Paniranjem jednog instrumenta na lijevo i drugoga na desno, instrumenti se odvajaju i time se smanjuje šansa da zamaskiraju jedan drugoga i da ih se teže čuje. Dakle, korištenje panorame omogućuje upravljanje i prilagodbu širine i dubine zvuka.

Kao primjer panorame možemo navesti cjelokupan set bubnjeva. Pošto se bubnjevi sastoje od više udaračkih instrumenata, logično je da ne mogu svi djelovi bubnja stajati u sredini, pa se prostorno raspoređuju kako bi glazbeniku bilo sve na dohvat ruke i kako bi lakše svirao. Glavni elementi bubnja su doboš i kasa (bas bubanj), te se oni nalaze u sredini, a svi ostali instrumenti raspodjeljeni su sa lijeva na desno. Kako bi se dobila realnija i prostorija zvučna slika bubnjarskog seta, korištenjem panorame u prostor se postavljaju elementi bubnja otprilike kako bi ih slušatelj čuo kada bi stajao neposredno ispred seta bubnjeva na kojem se svira.

### 2.3. EQ (korektor)

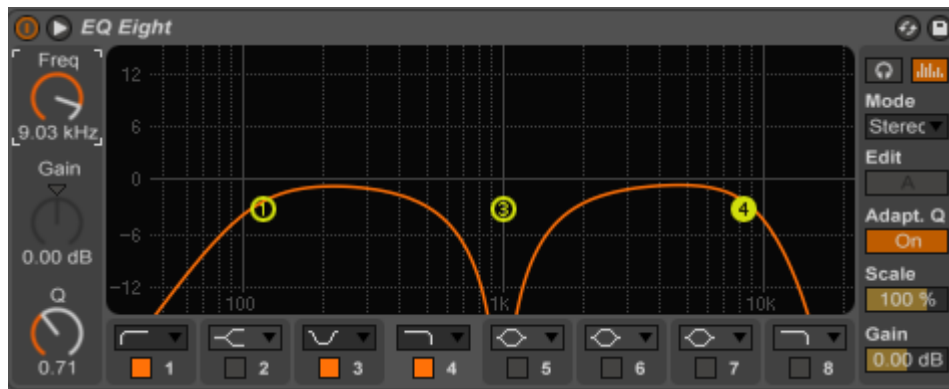
EQ je alat koji služi za frekvencijsko procesiranje snimljenih audio signala. Postoji više tipova EQ-a, ali svi služe za istu stvar: mijenjanje amplitude određenih frekvencijskih područja u zvuku. Najjednostavniji EQ je onaj na kućnom hi-fi pojačalu koji za reguliranje koristi samo potenciometre za visoke frekvencije (engl. treble) i niske frekvencije (engl. bass). Na gitarskom pojačalu obično će se nalaziti i potenciometar za reguliranje srednjih frekvencija (engl. middle).

Jednim potenciometrom moguće je točno odrediti frekvenciju (frekvencijsko područje) koje se želi pojačati ili stišati. Ovo pojačavanje i stišavanje nema utjecaja samo na odabranu centralnu frekvenciju, već i na one oko nje u manjoj ili većoj mjeri. Na koliko frekvencija oko odabrane centralne frekvencije pojačavanje i stišavanje ima utjecaja ovisi o Q-faktoru (engl. bandwidth). Što je Q-faktor veći, uži je pojas frekvencija oko centralne frekvencije na koje EQ utječe.

Dakle, svrha EQ-a je da mijenja frekvencijski sadržaj audio signala. Na taj način pomaže u djeljenju frekvencijskog spektra između svih instrumenata. Time postavlja svaki od instrumenata u svoj frekvencijski prostor kako slušatelju ne bi bilo teško razotkriti što točno koji instrument svira. Pravilnim korištenjem tog alata svaki se instrument jasno i čisto čuje. Rezultat je nevjerojatno moćan, čist i jasan zvuk.

EQ na kojem se može odabrati centralna frekvencija, ali sa fiksnim Q-faktorom naziva se poluparametrički (engl. semi-parametric) EQ. Ako je i Q-faktor podesiv, radi se o potpuno parametričkom (engl. full parametric) EQ.

Sa potpuno parametričkim EQ-om može se podesiti Q-faktor i tako odabrati između uskog i širokog frekvencijskog pojasa na koji će EQ imati utjecaj. Ovaj tip EQ-a još se naziva i notch filter. Osim njega postoje još i shelving filter, te high i low pass filteri. Shelving filteri pojačavaju i stišavaju sve više ili niže frekvencije od određene frekvencije gdje počinju djelovati. High i low pass filteri naglo stišavaju sve frekvencije niže (high pass) ili više (low pass) od određene frekvencije.



Slika 5. Potpuno parametrički Ableton Live EQ (1-high pass filter, 3-notch filter, 4-low pass filter)

Najpoznatiji EQ sa više frekvencijskih pojasa na koje utječe (engl. multi bend EQ) je grafički EQ. Frekvencijski raspon na koji utječe je na njemu podjeljen u određeni broj pojasa, obično 10 (svaku oktavu) ili 31 (svaku 1/3 oktave) sa fiksnim Q-faktorom i kontrolom za pojačavanje ili stišavanje svakog frekvencijskog pojasa. Utjecaj EQ-a na zvuk vidi se i iz krivulje koju čine pozicije kontrola za pojačavanje i stišavanje (engl. slider ili fader).

Parametrički EQ je najfleksibilniji tip EQ-a. Na njemu je sve podesivo, centralna frekvencija, količina pojačavanja ili stišavanja (engl. gain) i Q-faktor. Njime je moguće filtrirati npr. neku malu rezonanciju koja smeta (stišati uski frekvencijski pojas), ili pak malo pojačati široki frekvencijski pojas zbog "uljepšavanja". Parametrički EQ se često koristi za tzv. razarajuću korekciju (engl. destructive EQ-ing) – stišavanje frekvencijskih pojasa koji smetaju.

Svaki pojas parametričkog EQ-a ima tri kontrole: centralna frekvencija, Q-faktor i gain. Centralna frekvencija je odabrana frekvencija u frekvencijskom spektru koja se smanjuje ili povećava.

Q faktor kontrolira širinu frekvencijskog pojasa (engl. Bandwidth), odnosno frekvencije koje se režu. Što je niži Q faktor, širi je raspon frekvencija na koje EQ djeluje.

Gain je jedinica za pojačavanje ili stišavanje izražena u dB.

## 2.4. Alati za kontrolu dinamike

Dinamika igra veliku ulogu u modernim kompozicijama, te se može reći da igra najveću ulogu u miksu.

Alati za reguliranje dinamike su kompresor, expander i noise gate.

Kompresor reducira dinamički raspon nekog zvuka na način da koristi razinu ulaznog signala kako bi odredio razinu izlaznog signala namještanjem ovojnice zvuka. To se može zamisliti kao oblik zvuka kroz vrijeme. Ovojnicu je moguće podijeliti na 4 dijela: „attack“ ili „transient“ kod udaraljki, gdje audio signal brzo poraste sa nule do maksimalne snage, „decay“, gdje prva glasna razina lagano opada u postojanu razinu koja se naziva „sustain“, i na kraju „release“ gdje razina zvuka pada na nulu. To se skraćeno naziva ADSR.

Kontrole kompresora koje su na raspolaganju su granica (engl. threshold), omjer (engl. ratio), brzina početka djelovanja (engl. attack) i brzina završetka djelovanja (release).

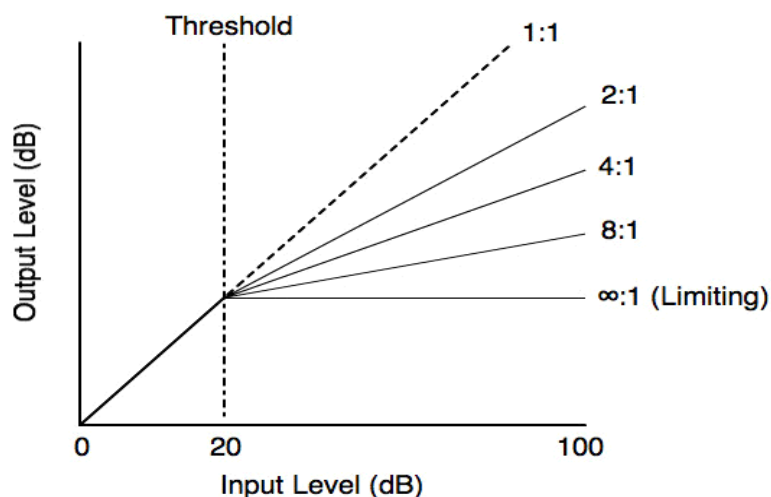
Granica određuje nivo signala iznad kojeg kompresor počinje djelovati. Ako je nivo dolaznog signala ispod granice, kompresor se neće aktivirati. Ako dolazni signal prelazi granicu, kompresor počinje djelovati.

Omjer određuje odnos pojačanja između ulaznog (nakon što prijeđe granicu) i izlaznog signala. Npr. omjer od 8:1 znači da bi pojačanje od svakih 8 dB na ulaznom signalu (iznad granice) bilo na izlaznom signalu pojačanje od samo 1 dB.

Brzina početka djelovanja određuje vrijeme od trenutka kad ulazni signal prelazi granicu, do trenutka kada kompresor počinje djelovati. Obično se izražava u milisekundama (od 1 ms do 20 ms i više, ali postoje i brži kompresori).

Brzina završetka djelovanja određuje vrijeme od trenutka kada ulazni signal pada ispod granice, do trenutka kada kompresor prestaje djelovati (obično od 50 ms pa i do 5 s).

Neki kompresori imaju mogućnost automatskog određivanja vremena početka i završetka djelovanja, ovisno o signalu koji im dolazi na ulaz. Ako se odredi pre dugačko vrijeme završetka djelovanja, kompresor se neće "vratiti" iz kompresije do trenutka kada mu ulazi slijedeći glasni signal.



Slika 6. Prikaz kompresora sa granicom i omjerom

Izvor: <http://www.practical-music-production.com/images/audio-compressor.jpg>

Kompresor na kojem je omjer  $\infty:1$  zove se limiter. Takav kompresor se većinom koristi na master kanalu projekta kako audio signal ne bi prešao 0dB, odnosno kako ne bi došlo do izobličenja (distorzije). Limiter najčešće ima jako brzo vrijeme završetka djelovanja kako audio signal ne bi ostao kompresiran dulje nego što treba.

Postoji još jedna vrsta kompresora, a zove se de-esser. To je ustvari kompresor koji u suradnji sa EQ-om kompresira određene frekvencije daleko više od ostatka spektra. Pojačavanjem frekvencija gdje se nalazi "s" zvuk u glasu (5 - 7 kHz) i smanjivanjem ostalih, takav će kompresor jače reagirati na "s" zvukove, dok će ostali zvukovi biti manje kompresirani. Potrebno je brzo vrijeme početka i završetka djelovanja kako bi de-esser pravilno djelovao na audio signal.

Expander i noise gate su sljedeći alati za dinamičku obradu zvuka.

Donja granica dinamičkog raspona zvuka ograničena je šumom. Sintesajzeri, efekti, gitarski magneti, pojačala itd. uglavnom proizvode visoku razinu šuma i/ili zujanja koji utječu na kvalitetu programskog materijala. Ti nepoželjni zvukovi su nečujni ako je nivo željenog signala znatno iznad nivoa šuma. Međutim, kako nivo glasnijeg signala opada, šum postaje sve izraženiji.

Rješenje ovog problema nude expander i noise gate. Oni stišavaju signal kada mu amplituda padne ispod određenog nivoa (granice), a zajedno s njim i nepoželjni šum. Na taj način oni povećavaju dinamički raspon signala, dakle djeluju obrnuto od kompresora. Osim za

rješavanje problema šuma, ovi uređaji se koriste za kontrolu tzv. "curenja" (engl. leakage) zvukova ostalih instrumenata u mikrofonski ozvučenog instrumenta.

Kontrole koje su kod expandera na raspolaganju su granica, omjer, brzina početka djelovanja i brzina završetka djelovanja, te domet (engl. floor ili range).

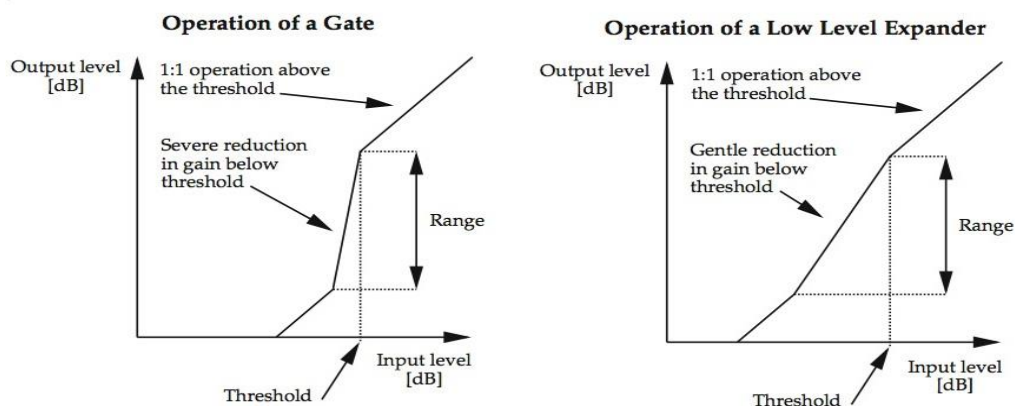
Granica određuje nivo ispod kojega će expander početi djelovati. U trenutku kada audio signal padne ispod nivoa granice uređaj će ga početi stišavati.

Omjer, kao i kod kompresora, određuje odnos u kojem će ulazni signal biti smanjivan (nakon što je pao ispod tresholda). Omjer se izražava obrnuto od onog na kompresoru, kao npr. 1:6 gdje bi sa granicom od 0 dB ulazni signal od -3 dB na izlazu iz expandera bio -18 dB.

Brzina početka i završetka djelovanja djeluju isto kao i na kompresoru.

Domet određuje neku vrstu donje granice, ispod kojega expander ponovno prestaje djelovati.

Noise gate je u stvari expander sa ekstremno postavljenim omjerom (1:20), dakle obrnuto od limitera. Neki noise gateovi imaju kontrolu čekanja (engl. hold) koja određuje koliko dugo će noise gate biti neaktivan nakon što signal padne ispod granice. Za neke instrumente expander i noise gate nije dovoljno brz, što može rezultirati neželjenim klikom. Tada se može odrediti manji domet da zvuk cijelo vrijeme bude u pozadini, ili pak nešto sporije vrijeme početka djelovanja.



Slika 7. Prikaz rada noise gate-a i expandera

Izvor:

[http://sslweb.solidstatelogic.com.s3.amazonaws.com/content/duende/tutorials/pic\\_2\\_1\\_large.j](http://sslweb.solidstatelogic.com.s3.amazonaws.com/content/duende/tutorials/pic_2_1_large.j)

pg

## 2.5. Efekti bazirani na vremenu

Korištenje efekata baziranih na vremenu može instrumentama dati veličinu ili osjećaj da su udaljeniji u miksu. Dobar audio tehničar može koristiti više različitih reverba da bi svakom elementu dao zajednički ili jedinstveni akustični prostor. Također može koristiti i delay kako bi naglasio prostornost glavnog vokala. Dakle, može se reći da efekti služe za pojačanje dubine, osjećaj prostornosti te da dodaju „život“ u završni miks.

Svi efekti koji procesiraju signal na način da jedan njegov dio kasni nazivaju se efekti bazirani na vremenu (engl. delay effects). Najčešće koriste jedan ili više DDL-a (Digital Delay Line). DDL radi na način da se ulazni signal pretvara iz analognog u digitalni signal (A/D pretvaranje), učitava u RAM, i ponovno se iz RAM-a iščitava nakon podesivog vremena (delay time). Nakon toga digitalni signal se pretvara natrag u analogni (D/A pretvaranje). Srce modulacijskih efekata baziranih na vremenu (phaser, vibrato, flanger i chorus) je LFO (Low Frequency Oscillator), koji zadanom frekvencijom modulira vrijeme kašnjenja zvuka (delay time). Brzina modulacije je podesiva i naziva se stopa (engl. rate ili speed). Moduliranjem vremena kašnjenja zvuka, visina tona procesiranog zvuka postaje malo viša ili niža od visine tona originalnog zvuka. Koliko je procesirani zvuk viši ili niži određuje parametar dubine (engl. depth). Kvaliteta zvuka u DDL-u ne opada čak niti nakon mnogo ponavljanja pošto signal ostaje digitalan sve dok se ne pretvori natrag u analogni pri napuštanju uređaja.

Prvi od efekata baziranih na vremenu je delay. To je jednostavan efekt koji sprema uzorak audio signala u RAM i pušta ga nakon izabranog vremena (engl. delay time) koje se mjeri u milisekundama.

Parametri koji se mogu podešavati na delay efektu su vrijeme kašnjenja (engl. delay time), postotak ponavljanja audio signala (engl. feedback), te mix koji određuje odnos između originalnog i procesiranog signala. Koliko god delay bio jednostavan, jako puno se koristi i uvijek zanimljivo zvuči.

Vrijeme kašnjenja se može namjestiti tako da doprinosi ritmu. Neki delay uređaji imaju tzv. „tap key“, tipku na koju se može rukom ukucati određeni ritam i tako odrediti vrijeme kašnjenja. Ako uređaj nema tu mogućnost, moguće je izračunati vrijeme kašnjenja u odnosu na određeni tempo po sljedećoj formuli: vrijeme kašnjenja po taktu =  $60/T$ , gdje je T tempo u BPM (taktovima u minuti).



Slika 8. Waves-ov Hybrid Line Dealy

Reverb je još jedan od efekata baziranih na vremenu koji se jako često koristi, te je malo složeniji.

Prirodni reverb se sastoji od interakcije mnogo različitih refleksija u mnogo različitih smjerova. Postoji i količina drugih faktora koji vrše neki utjecaj na zvuk, a sve to zajedno stvara vrlo kompleksne uzorke. Nakon originalnog zvuka postoji kratki period tišine, koji slijede rane refleksije. To su prve refleksije originalnog zvuka, a nakon njih dolazi gusti uzorak refleksija. Što je veći prostor, duži je i period tišine između originalnog zvuka i ranih refleksija.

Najveća prednost digitalnih reverb procesora nije u kvaliteti zvuka, već u njihovoj raznovrsnosti i fleksibilnosti. Moguće je podešavanje praktički svakog parametra i stvaranje reverb efekata koji ne mogu postojati u stvarnom svijetu (reversed reverb, pitched reverb itd).

Parametri za podešavanje reverba su tip reverba odnosno algoritam (engl. reverb type), trajanje tišine između originalnog signala i ranih refleksija (engl. predelay), glasnoća ranih refleksija (engl. early reflections level), vrijeme potrebno da rane refleksije opadnu za 60 dB (engl. early reflections decay time), vrijeme potrebno da glasnoća reverba opadne za 60 dB (engl. reverb time), veličina simulirane prostorije (engl. size), širenje zvukova u simuliranom prostoru (engl. diffusion), količina prigušivanja visokih prekvencija (engl. HF damping) i količina prigušivanja niskih frekvencija (engl. LF damping).





Slika 9. Ableton Reverb

Phaser je efekt koji audio signal dijeli na dva djela. Jedan dio je procesiran kratkim fiksnim delay-em, a drugi se šalje kroz kratki promjenjivi delay. Promjenjivi delay time stvara LFO sa podesivom frekvencijom (speed ili rate phaser-a). Na ovaj način audio signal koji promjenjivo kasni se pomiče ispred i iza audio signala procesiranog fiksnim delay-em i uzrokuje ponavljajuća fazna otkazivanja i pojačanja. Neki phaser-i ne koriste fiksni delay nego originalni signal i promjenjivi delay. U tom slučaju efekt nije toliko dramatičan.

Vrlo sličan efekt phaser-u, samo što se koristi nešto duže vrijeme kašnjenja (do 50 mSec) zove se flanger. Kod flanger-a se već procesirani audio signal može ponovno poslati natrag na ulaz efekta da ga se ponovno procesira. Na ovaj način mogu se proizvesti prilično dramatični efekti.

Chorus efekt je dobio ime po tome što simulira efekt kao da dva ili više instrumenata sviraju istu dionicu. Zbog toga što nijedan instrument (ili pjevač) ne svira istu dionicu potpuno jednako, zvuk postaje deblji. Chorus ovu situaciju simulira tako što na originalni audio signal dodaje zakašnjeli modulirani signal. Podešavanjem vremena kašnjenja na 30-100 mSec, s malo modulacije i bez ponavljanja, dobiva se klasični chorus efekt. Stopa će u tom slučaju biti između 2 i 6 Hz, a dubina po želji.

Razlika između stvarnog sviranja iste dionice od strane više istih instrumenata i instrumenta sa chorus efektom je u tome da instrument sa chorus efektom ima vrlo pravilne modulacije, za razliku od stvarnog sviranja više instrumenata gdje one nisu pravilne.

## 2.2. MIDI programiranje

MIDI (skraćenica za Musical Instrument Digital Interface) je tehnički standard koji opisuje protokol, digitalno sučelje i konektore te omogućava širok izbor elektroničkih glazbenih instrumenata, računala i ostalih srodnih uređaja za povezivanje i međusobno komuniciranje. Jedna MIDI veza može nositi do šesnaest kanala informacija, od kojih svaki može biti preusmjeren na poseban uređaj.

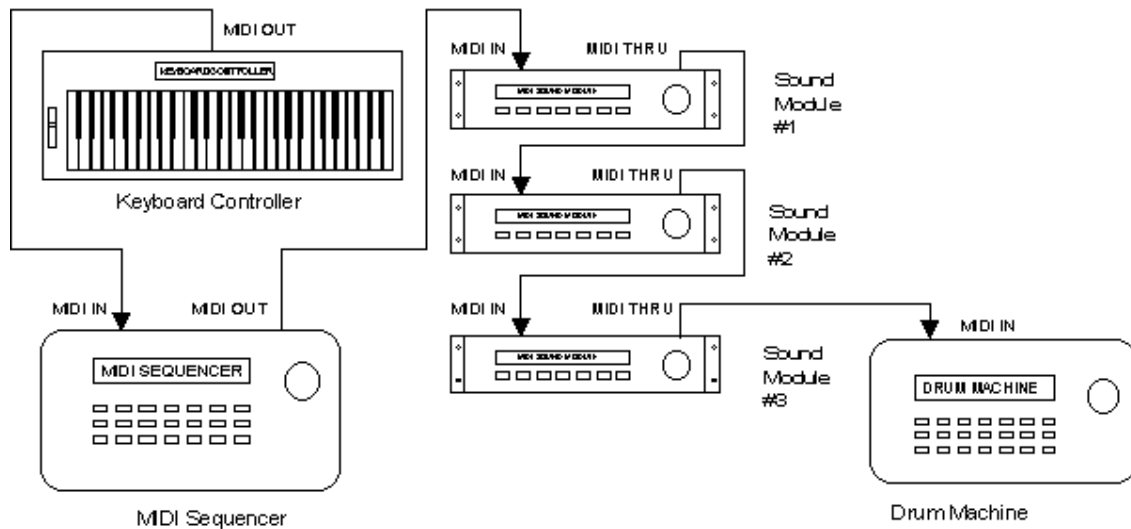
MIDI je digitalni komunikacijski jezik koji omogućuje da više hardverskih i softverskih instrumenata, kontrolera, računala i ostalih srodnih uređaja međusobno komuniciraju preko mreže. MIDI se koristi za prevođenje kontrolera u ekvivalentne digitalne poruke te slanje tih poruka u drugi MIDI uređaj gdje se mogu koristiti za kontrolu izvora zvuka i ostalih parametara izvedbe ili kontrole. Ljepota MIDI-ja je da se podaci mogu snimiti na hardverski uređaj ili softverski program (poznat kao sekvencer), gdje se mogu uređivati i prenositi na elektronske instrumente ili ostale uređaje za stvaranje glazbe ili upravljati bilo kojim od parametara u post performancijskim postavkama (Huber, Runstein, 2010).

MIDI se može definirati kao skup naredbi glazbenoj opremi kako odsvirati neku kompoziciju. U sebi sadrži poruke koje određuju notaciju, tonalitet, dinamiku, kontrolu signala parametara kao što je glasnoća, vibrato, paniranje (postavljanje u prostor), te trajanje tona i vrijeme udarca koji se sinkronizira uz tempo.

MIDI je jednosmjerni top bitova brzine 31,25 Kbit/s koji se prenosi u paketima od deset bitova. Jedan bit je početni, osam bitova nosi informaciju kao što su note, dinamika i ostalo, te jedan završni ili stop bit.

Kao medij za prijenos podataka MIDI je relativno jedinstven u svijetu glazbene produkcije zbog toga što je u mogućnosti upakirati 16 diskretnih kanala za izvedbu, kontrolera i vremenskih informacija te ih prenijeti jednosmjerno. Na taj način, MIDI poruke mogu biti poslane sa posebnog izvora (kao tipkovnica ili MIDI sekvencer) na bilo koji broj uređaja umreženih preko jednog MIDI lanca podataka. MIDI je dovoljno fleksibilan da se više MIDI podatkovnih linija mogu koristiti za međusobno spajanje uređaja u širokom spektru sistemskih konfiguracija; na primjer, više MIDI linija se može koristiti za prijenos podataka na instrumente i uređaje na 32, 48, 128 ili više diskretnih MIDI kanala! (Huber, Runstein, 2010).

Unutar svakog MIDI kanala može se odsvirati nekoliko tonova istovremeno, a taj broj odsviranih tonova zove se notna polifonija. Većina zvučnih kartica ima notnu polifoniju od 32 tona. Veća notna polifonija kod nekih je kartica softverski napravljena (Soundblaster AWE 64), a kod nekih i hardverski što je kvalitetnije, ali i skuplje.



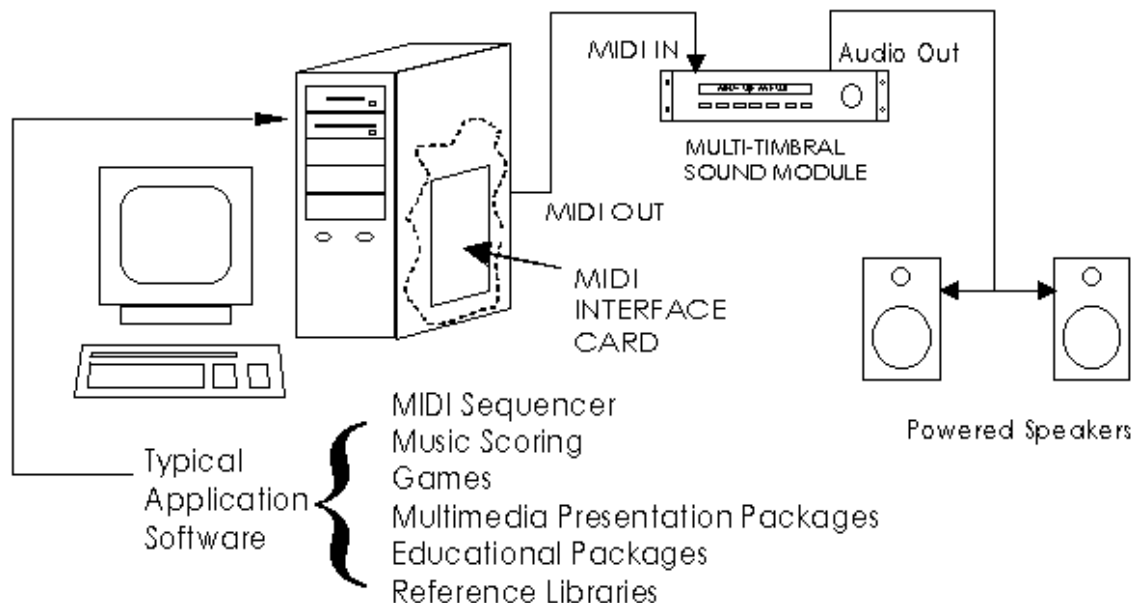
Slika 10. Povezivanje jedinica u MIDI sustav

Izvor: [http://dev.midi.org/images/tut\\_fig2.gif](http://dev.midi.org/images/tut_fig2.gif)

U MIDI svijetu postoje tri tipa konektora: MIDI IN, MIDI OUT i MIDI THRU. MIDI IN omogućuje primanje MIDI poruka, MIDI OUT omogućuje slanje, a MIDI THRU omogućuje ulaz i prosljeđivanje nepromjenjenih MIDI poruka.

Od MIDI opreme razlikujemo tri pojma: kontroler, sekvencer i generator zvuka. Kontroler je jedinica za slanje MIDI poruka, a najčešće je to klavijatura. Na većini klavijatura moguće je istovremeno slati poruke samo jednom kanalu. Kada se stisne tipka na klavijaturi poslana poruka prevodi se u binarni kod te se MIDI protokolom šalje u sekvencer koji ih snima na prethodno odabrani kanal. Sekvencer je jedinica koja snima MIDI poruke, te kasnije može reproducirati više kanala istovremeno. Sekvencer može biti posebni uređaj ili softver na PC-u. Generator zvuka pretvara MIDI zapis u zvučne valove koje ljudsko uho može čuti.

Računalo se može koristiti umjesto sekvencera i generatora zvuka. Na konektoru svake zvučne kartice nalaze se pinovi za MIDI IN i MIDI OUT što znači da se na nju može spojiti MIDI kontroler i vanjski generator zvuka. Za reprodukciju su zaduženi vanjski generator zvuka ili onaj koji dolazi sa zvučnom karticom. Prednost računala kao sekvencera je ta preglednost i jednostavnost za upotrebu.



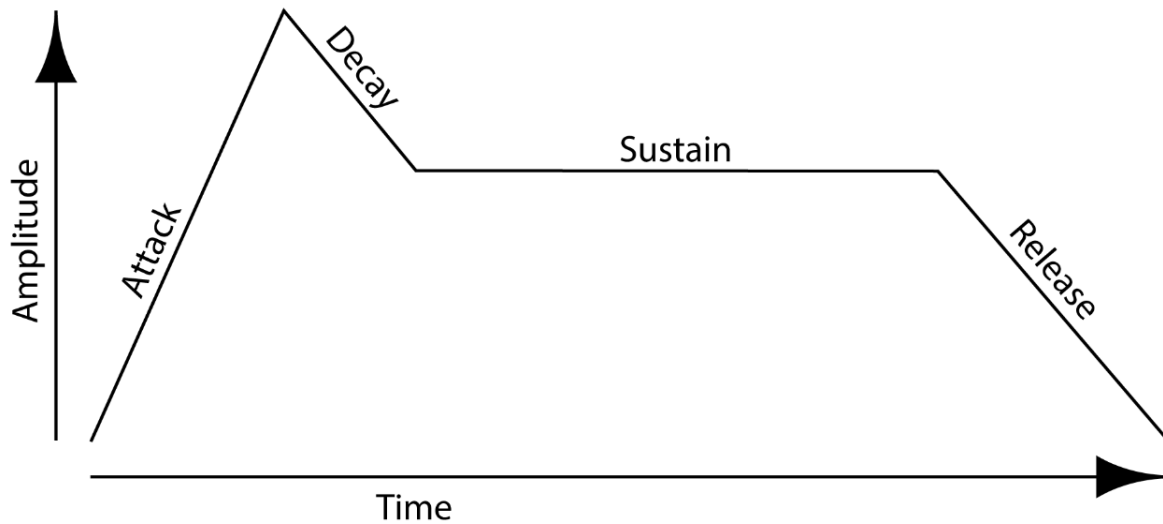
Slika 11. Povezivanje jedinica u MIDI sustav korištenjem računala

Izvor: <http://tryndelka.narod.ru/midi2.gif>

Osnovna zadaća MIDI-ja je da što realnije prikaže zvuk pravih instrumenata, te da bude u stanju sintetizirati zvuk elektroničkih instrumenata. Zbog složenosti akustike taj je proces izuzetno težak. Osim tehničkih karakteristika zvuka kao što su glasnoća, visina i boja, na kvalitetu zvuka utječu i oblik i jakost porasta tona te trajanje smanjivanja tona.

Digitalizirani audio podaci najveće kvalitete koriste puno memorije. Kako bi se rješio taj problem koriste se posebne tehnike da bi se uštedilo na memoriji. Zbog toga se ne digitalizira cijeli zvučni opseg koji neki instrument može proizvesti, već se koristi „pitch shift“ tehnika ili tehnika pomaka visine tona. Dakle, u memoriji se nalazi samo jedan ton nekog instrumenta, a ostali se dobivaju pomakom njegove visine. Dodatna ušteda memorije dobiva se korištenjem

„loop“ tehnike. U područjima zvuka između porasta i smanjivanja jačine tona tzv. „sustain“, zapiše se kratki interval tona koji se ponavlja do njegovog smanjenja. Za svaki instrument kreira se ovojnica (eng. envelope) koja se sastoji od intervala porasta i smanjenja tona (eng. „attack“, „decay“, „sustain“ i „release“) kao što se može vidjeti na slici 11. Te su ovojnice u tabličnom obliku pohranjene u kartici i pridružene odgovarajućim digitalnim instrumentima.



Slika 12. Prikaz ovojnice

## 4. PROCES OBRADJE AUDIA

Obrada audio sadržaja je vrlo subjektivan proces. Naravno, svakom audio inženjeru je u interesu da se njegov miks dopadne publici, ali prvenstveno je on taj koji mora biti zadovoljan. Takav se proces obično radi uz producenta i, nekada, bend koji se snima.

Jednom kada smo počeli sa procesom obrade, snimljeni audio se više puta preslušava dok se namješta glasnoća, panorama, korektor, efekti i ostalo; za svaki audio signal ili grupu audio signala posebno. Kroz ovaj umjetnički proces, zasebno snimljeni signali se spajaju u jedan stereo, surround ili mono audio signal koji se šalje u glavni snimač (ili se obrađuje u softverskom DAW „mixeru“). Nakon što je napravljeno više mikseva i jedna verzija je odobrena, ta se snimka, koja se zove „master“ ili završni „mix“ može finalizirati na namjenjeni medij. Isto tako ta se snimka može udružiti, zajedno sa drugim programima u projektu, u završni produkt (Huber, Runstein, 2010).

### 4.1. Uređivanje

Kada se učitaju svi snimljeni signali kompozicije u DAW, počinje se sa uređivanjem svakog signala posebno. Za lakše uređivanje potrebno je najprije približno namjestiti glasnoće signala.

U slučaju da je jedan instrument sniman sa više mikrofona odjednom potrebno je uskladiti fazne pomake koji nastaju zbog različitih udaljenosti mikrofona od svojih izvora zvuka. Fazni pomak može se raditi tipkom za okretanje faze za 180 stupnjeva, ili ručnim pomicanjem digitalnih audio signala dok rezultat ne zadovolji potrebe. Kod povećanja grafičkih signalnih valova u grafičkom sučelju DAW-a mogu se odrediti amplitude pojedinih udaraca, te se vrhovi mogu poslagati točno jedan ispod drugoga čime fazni pomak nestaje.

Kod svakog snimljenog instrumenta (i vokala) u audio signalima se nalazi postotak šuma koji se ne može izbjeći. Sve elektronske komponente proizvode određenu količinu šuma. Struja koja putuje vodičem dovodi do nekontroliranih nasumičnih pomicanja elektrona, što proizvodi frekvencije unutar cijelog zvučnog spektra.

Kako bi što više šuma bilo izostavljeno iz snimke, potrebno je „rezati“ odnosno izbaciti djelove signala u kojima određeni instrument ne svira. Rezanje takvih djelova rezultira i

zauzimanjem manje radne memorije, te na kraju i izvezena audio datoteka zauzima manje memorije.

U fazi uređivanja moguć je i ispravak eventualnih grešaka u snimku. U većini glazbenih kompozicija postoje djelovi koji se ponavljaju. U slučaju ako se greška dogodila na jednom od takvih djelova, drugi, točan dio može se kopirati na mjesto prvoga i obrnuto.

Danas je DAW tehnologija toliko napredovala da je moguće zamjeniti samo jedan pogrešan ton ili udarac, i to namjesiti tako da niti najprofesionalnije uho ne može razaznati da ne sluša originalni snimak. Pravilno odsviran udarac ili ton kopira se i zalijepi na mjesto greške, te pomoću postepenog pojačavanja i smanjivanja iz jednog djela u drugi (engl. crossfade) namješta se tečnost, odnosno gubi se ne željeni „klik“ koji bi se u suprotnom čuo.

## 4.2. Procesiranje

Procesiranje je faza obrade audio sadržaja u kojoj se na originalni snimljeni signal djeluje alatima za frekvencijsku i dinamičku obradu te efektima.

Kao primjer procesiranja uzeti ću dio bubnja, doboš.

Doboš je jedan od bitnijih djelova ritam sekcije glazbene kompozicije. U modernoj produkciji bubanj se ozvučava sa više mikrofona, tj. svaki element ozvučen je svojim mikrofonom, a doboš se najčešće čuje u svim snimljenim audio signalima bubnja.

Uho je glavni alat u poslu procesiranja. Kada se signal snimljenog doboša učita u DAW, kreće se sa slušanjem. Ako postoji neki zvuk koji smeta ili jako zvoni na udarcu doboša, koristi se notch filter, pronalazi se frekvencija u kojoj doboš zvoni i na taj način se stišava. Doboš ima četiri glavne karakteristike zvuka: „tijelo“, „udarac“, „mrežica“ i „glava“.

„Tijelo“ doboša obično se nalazi između 200 i 400 Hz. Nekada se može dobiti više tijela oko 100 Hz, ali pojačavanjem tih frekvencija počinje se maskirati kasa i/ili bas. Sve frekvencije ispod toga smanjuju se koristeći high pass filter.

„Udarac“ u kombinaciji sa „tijelom“ uvelike pomaže da se doboš izrazi u miksu. „Udarac“ doboša nalazi se između 900 Hz i 2 kHz. Kako se u tom djelu frekvencijskog pojasa pojavljuje većina instrumenata, kako bi „udarac“ doboša bio postojan i kako ne bi zauzima

previše prostora u miksu za ostale instrumente koristi se visoki Q-faktor pomoću kojeg se točno može odrediti u kojoj frekvenciji doboš najviše udara.

„Mrežica“ je karakteristika zvuka koju daje mrežica postavljena na donjoj koži doboša. Mrežica se obično može nalaziti između 3 i 5 kHz. Visoki Q-faktor je potreban i za ovo frekvencijsko područje. Iako mrežica može dati bubnju dodatno „uzbuđenje“, treba biti pažljiv da se ne pretjera. Uvijek je dobro uspoređivati zvuk doboša sa onim iz „room“ mikrofona koji obuhvaća cijeli bubanj prostorno.

„Glava“ doboša obično se nalazi između 6 i 10 kHz. Povećanjem razine ovih frekvencija može donijeti dodatnu teksturu na cjelokupan zvuk bubnja. U ovom djelu spektra može se koristiti nizak Q-faktor, ali i shelving filter.

Kod kompresije doboša ne treba pretjerivati. Dovoljno je koristiti kompresiju kako bi se izjednačila dinamika. Naravno, to ovisi o snimci i o glazbeniku koji je snimio. Ako je kroz cijelu kompoziciju udarao relativno jednako doboš se neće trebati kompresirati, a ako se kompresira previše može se skroz ugasiti „život“ iz izvedbe.

Razina smanjenja je količina kompresije dodjeljena na doboš. Većina kompresora mjeri razinu smanjenja u decibelima. Obično se koristi razina od 3 do 6 dB za laganu kompresiju, a ona se regulira pomoću granice (engl. threshold).

Jedna od metoda za pravilno korištenje brzine početka i završetka djelovanja kompresora je da se krene sa sporijm brzinom početka i najbržom brzinom završetka djelovanja. Zatim se brzina početka djelovanja ubrzava dok doboš ne počne zvučati tupo, te se traži mjesto na kojem se doboš najbolje čuje. Brzina završetka djelovanja uvelike ovisi o tempu kompozicije. Važno je da se nakon svakog udarca glasnoća vrati do 90%, dakle što je brža kompozicija to će biti brža brzina završetka djelovanja kompresora.

Jedan od efekata koji se često koristi na dobošu je reverb. Reverb daje osjećaj prostornosti i dubine te se takav doboš lakše uklopi u ostatak miksa. Postavke reverba ovise o potrebama pojedine kompozicije. Na primjer, ako se radi o sporoj, ambijentalnoj kompoziciji, doboš sa puno reverba i dugim reverb time-om dobro će se uklopiti, dok iste takve reverb postavke neće dobro raditi na veseloj i brznoj „punk“ kompoziciji.



### 4.3. Mastering

Dio post produkcijskog procesa u kojem se snimljeni audio priprema za transfer audia iz izvora koji sadrži završni miks na medij iz kojeg će se sve kopije producirati zove se mastering.

Kritičko slušanje potrebno je za mastering, međutim postoje programski alati koji olakšavaju taj proces. Mastering je ključni dio između proizvodnje i potrošnje te kao takav uključuje tehničko znanje i smisao za estetiku. Rezultati i dalje ovise o točnosti monitora i okruženja u kojem se sluša. Mastering inženjeri u većini slučajeva moraju primijeniti korektivnu ekvalizaciju i dinamičku kompresiju kako bi optimizirali zvučni prijevod na svim uređajima za reprodukciju.

Izvorni materijal je procesiran korištenjem ekvalizacije, kompresije, limitiranjem, redukcijom buke i ostalim procesima. Ostali zadaci kao uređivanje, ravnanje, fade in i out, redukcija buke i ostali procesi za obnovu i poboljšanje signala mogu se primijeniti kao dio mastering faze. Taj korak priprema glazbu za digitalnu, analognu (vinil) replikaciju. Ako je materijal namjenjen za vinil izdanje mogu se primijeniti dodatne obrade dinamičkog i frekvencijskog raspona zbog ograničenja tog medija.

Za pripremu materijala za CD potrebno je definirati početak trake, kraj trake i indekse za navigaciju. Nakon toga, prebacuje se na fizički medij kao CD-R ili DVD-R ili računalnu datoteku poput Disc Description Protocol (DDP) datoteku ili ISO datoteku.

Proces audio masteringa varira ovisno o potrebama zvuka koji se obrađuje. Mastering inženjeri trebaju proučiti vrstu ulaznog medija, očekivanja izvornog producenta ili slušatelja, ograničenja završnog medija te odraditi obradu u skladu s tim.

Postoji nekoliko koraka u svakom mastering procesu. Snimljene audio trake učitaju se u DAW, te se pozicioniraju onako kako bi trebale biti na završnom izdanju. Određuje se trajane tišine između pjesama. Nakon toga sljedi uljepšavanje audia i pojačanje kvalitete zvuka za namjenjeni medij (npr. ekvalizacija za vinil). Završne audio trake prebacuju se u krajnji master format.

Pošto mastering svakog projekta nije uvijek isti, ne može se sa sigurnošću reći koje se aktivnosti moraju poduzeti u procesu, ali u nastavku sljede primjeri mogućih događaja:

primjena redukcije buke za eliminaciju pojedinih klikova, prekida ili šumova, podešavanje širine stereo efekta, dodavanje ambijenta, primjena ekvalizacije preko svih traka ili pjesama u svrhu optimizacije raspodjele frekvencija, prilagodba glasnoće, kompresija ili proširenje dinamičkog raspona, postavljanje limitera na 0dB, te pročistiti moguća zamućenja.

Kako bi proces masteringa bio završen, trebaju se primjeniti ranije spomenute oznake. Također, mastering podliježe Zakonu o međunarodnom standardu snimanja (ISRC).

## 5. ZAKLJUČAK

Pojavom DAW-a, audio obrada postala je znatno rasprostranjeniji i „user friendly“ posao. Obradom zvuka na računalu pomoću DAW-a moguće se i amaterski baviti jer više ne treba uložiti veliki novac u opremu za rad. DAW može biti samo jedan računalni program u kojem se obavljaju svi poslovi audio obrade, od uređivanja, procesiranja pa do masteringa npr. Ableton Live.

Prije nego bi se zvuk mogao obrađivati, potrebno ga je snimiti ili programirati. Snimanje različitih instrumenata, glasova ili nekih drugih zvukova zahtjeva dobro poznavanje frekvencijskog spektra istih, te je odabir mikrofona za snimanje jako bitan za kvalitetu snimke. Po načinu rada razlikujemo dinamičke, ribbon i kondenzatorske mikrofone, a svaki od njih imaju svoje podvrste i tipove za snimanje različitih zvukova.

Programiranje zvukova radi se korištenjem virtualnih instrumenata koji dobivaju naredbe od MIDI zapisa. Taj MIDI zapis u sebi nosi informaciju o trajanju, jačini i visini tona.

Kada je zvuk snimljen ili programiran, može se započeti sa obradom. Prva stavka obrade je uređivanje dobivenih signala. Signal se uređuje brisanjem nepotrebnih djelova snimke kako nebi smetali u ostatku miksa. Ti nepotrebni dijelovi stvaraju šum koji se u procesiranju pojačava zajedno sa signalom koji se koristi, što onemogućuje najveću kvalitetu i čistoću snimke.

Procesiranje je najzahtjevniji dio audio obrade. Signal je potrebno dinamički, frekvencijski i efektivno obraditi. Dinamičko procesiranje radi se korištenjem kompresora, na način da se smanji dinamička razlika tokom svirke. Korištenje kompresora ovisi o glazbi koja se snima, ali i o samom glazbeniku i njegovim mogućnostima prijenosa dinamike na snimku. Frekvencijskim procesiranjem smanjuju se određene frekvencije u kojima je zvuk preglasan, ili se dodaju u na mjestima gdje nema dovoljno određene frekvencije.

Završna faza je mastering. Mastering je priprema materijala za tržište. Potrebno je optimizirati zvuk kako bi jasno zvučao na svim uređajima za reprodukciju. U većini slučajeva potrebno je dodatno frekvencijski i dinamički procesirati.

Profesionalna audio obrada zahtjeva puno skupe opreme, ali korištenjem DAW-a u amaterske svrhe, kreativci i glazbeni znalci moći će odraditi zadovoljavajuć posao i bez skupocijene opreme.

## LITERATURA

### a) Knjige

- [1] Rumsey, F., & McCormick, T. Sound and Recording (sixth edition), Elsevier (2009.)
- [2] Watkinson, J. An Introduction to Digital Audio (second edition), Focal Press (2002.)
- [3] Huber, D. M., & Runstein, R. E., Modern Recording Techniques (seventh edition), Elsevier (2010.)
- [4] Viers, R. The Sound Effects Bible, Michael Wise Production (2008).
- [5] Self, Brice, Duncan, Hood, Sinclair, Signmin, Davis, Patronis Watkinson, Audio Engineering: Know it All, Elsevier (2009)

### b) Članci

- [6] Academy, T. R. & Wing, E. (n.d.). Digital Audio Workstation Guidelines for Music Production, 1–40.
- [7] Hervás, A. S. (2010), MIDI ( Musical Instrument Digital Interface ), (Midi), 1–11.
- [8] Orfanidis, S. J. (1997). Digital parametric equalizer design with prescribed Nyquist-frequency gain, Journal of the Audio Engineering Society, 45(6), <http://www.aes.org/e-lib/browse.cfm?elib=7854>, 15.05.2015.
- [9] Roland Corporation & MIDI Manufacturers Association (2009), An Introduction to MIDI.

## c) Priručnici

[10] Banerjee, S. (2012). The compression Handbook (Third edition)

[https://starkeypro.com/pdfs/Compression\\_Handbook.pdf](https://starkeypro.com/pdfs/Compression_Handbook.pdf), 15.05.2015

[11] Owsinski, B. (2006). The Mixing Engineer's Handbook, Second Edition, Thomson

Course Technology PTR.

[12] Microphone Techniques, Shure

[13] Katz, B. (1999). The Secret of the Mastering Engineer, T.C. Electronic

[14] Mixing With Izotope (2014). Izotope

## POPIS SLIKA

Slika 1. Audio sustav današnjice.....	4
Slika 2. Mjerenje amplitude.....	5
Slika 3. Razlika u valu između nekomprimiranog i komprimiranog formata s gubitcima.....	7
Slika 4. Ableton Live 9.....	10
Slika 5. Potpuno parametrički Ableton Live EQ (1-high pass filter, 3-notch filter, 4-low pass filter).....	14
Slika 6. Prikaz kompresora sa granicom i omjerom.....	16
Slika 7. Prikaz rada noise gate-a i expandera.....	17
Slika 8. Waves-ov Hybrid Line Dealy.....	19
Slika 9. Ableton Reverb.....	20
Slika 10. Povezivanje jedinica u MIDI sustav.....	22
Slika 11. Povezivanje jedinica u MIDI sustav korištenjem računala.....	23
Slika 12. Prikaz ovojnice.....	24