

Radionica audio inženjeringa

Klub Kulture, svibanj 2006, Križevci



SADRŽAJ

| | |
|---|----|
| Uvod | 3 |
| Decibeli | 4 |
| Neke vrijednosti karakteristične za ljudsko uho i instrumente | 5 |
| Mikrofoni | 6 |
| Podaci za mikrofone koji se trenutno koriste u Klubu Kulture | 8 |
| Nebalansirane linije | 9 |
| Balansirane linije | 9 |
| Audio konektori | 10 |
| Mikseta | 11 |
| Postavljanje miksete za rad | 13 |

O radionici...

Radionica se održava tri subote tijekom svibnja, a vodi ju Saša Lončarić, uz stručno suradništvo Krešimira Pavičića. Radionica je zamišljena kao ovladavanje i osmišljavanje praktičnih kombinacija elektroakustičnih instrumenata u prostoru. Teme koje radionica pokriva: Prostor i zvuk, Postavljanje mikrofona za različita glazbala, Rad na audio-mikseti, Praktičan rad.

Saša Lončarić je višegodišnji aktivist na nezavisnoj glazbenoj i kulturnoj sceni Hrvatske. Predsjednik je udruge K.V.A.R.K. i voditelj Kluba kulture.

Krešimir Pavičić je student 3. godine FER-a, sa višegodišnjim iskustvom u elektronici.

Uvod

Područje koje pokriva ova radionica je relativno malo, ali za dobro razumjevanje osnovnih pojmova vezanih uz sam zvuk i uređaje, potrebna je velika količina podataka. U tu svrhu je napravljen i ovaj materijal, tako da sudionici radionice mogu i nakon same radionice imati neke papire iz kojih se mogu podsjetiti na neke ključne stvari. Mora se napomenuti da ovaj materijal tek površno pokriva ovo područje, jer zbog kompleksnosti tema bi to bilo praktički nemoguće objasniti u cjelosti.

Na početku ćemo objasniti decibele, koji su vrlo različiti od drugih mjernih jedinica ali su vrlo važni za akustiku i uređaje koji se bave zvukom, te se mora znati bar osnovno njihovo značenje. Nakon decibela, dolaze neki podaci vezani uz sam ljudski sluh i karakteristike zvuka koji proizvode instrumenti. Prva i najvažnija karika u lancu je mikrofon, kojem je posvećeno slijedeće poglavlje. Zatim slijede balansirane i nebalansirane linije, te konektori koji su ključni za shvaćanje različitih načina spajanja uređaja. Nakon što smo shvatili sve pojmove potrebne za spajanje uređaja, bavit ćemo se temom miksete, koja je ključni uređaj i na njoj se obavlja sva kontrola oblika zvuka. I za kraj metoda kojom se može postići dobra razina kvalitete zvuka pri ozvučavanju, iako je to samo okvirni posupak, s njime se mogu postići zadovoljavajući rezultati.

Decibeli

Decibeli uvijek pokazuju odnos dviju veličina, te su vrlo prigodni u sustavima s vrlo širokim rasponom veličina, poput npr. zvučne snage u akustici.

Primjeri korištenja decibela za napone:

odnos napona: 2:1 --> 6 dB

odnos napona 10:1 --> 20 dB

Primjeri korištenja decibela za snage:

odnos snaga: 2:1 --> 3 dB

odnos snaga 10:1 --> 10 dB

Iz gornjih primjera se može vidjeti da decibeli sami po sebi ne prikazuju nikakvu vrijednost, nego prikazuju samo koliko je neka vrijednost puta manja ili veća od druge. Zato se koriste slijedeće standardizirane jedinice koje prikazuju stvarnu vrijednost:

- 1. dBm:** ova jedinica prikazuje razinu snage u odnosu na 1 mW, rjeđe se koristi u akustici, jer se uglavnom odnosi samo na izlazna pojačala
- 2. dBu ili dBv:** ovo je vrlo korisna jedinica jer prikazuje naponske razine, koje se koriste na svim stupnjevima prijenosa zvuka (mikrofon, mikseta, ...). Naponske razine se prikazuju u odnosu na 0,775 V
- 3. dBV:** naponska jedinica koja prikazuje naponske razine u odnosu na 1V
- 4. dB SPL:** jedinica za izražavanje razine zvučnog tlaka

Velika prednost decibela je vrlo lako računanje kad su znana pojačanja (ili prigušenja) uređaja na putu audio signala. Umjesto raznoraznih množenja i prilagođavanja snaga i naponskih razina, računanje razine se svodi na jednostavno zbrajanje vrijednosti u decibelima.

Par činjenica o decibelima:

- 1 dBV = 2,2 dBu
- +4 dBu = 1,23 V (najčešći balansirani ulaz/izlaz audio opreme)
- -10 dBV = -7,8 dBu (najčešći nebalansirani ulaz/izlaz audio opreme)

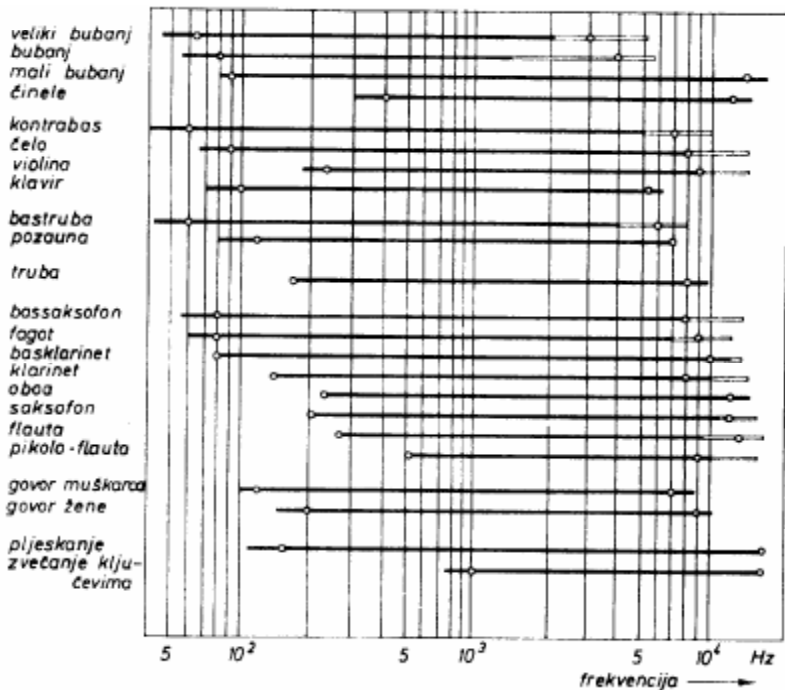
Neke vrijednosti karakteristične za ljudsko uho i instrumente

Uho je najbolji akustički uređaj u prirodi, pokriva vrlo širok spektar frekvencija (20 Hz do 20 kHz), može reagirati na vrlo brze promjene jačine zvuka, te nam omogućava vrlo preciznu lokalizaciju izvora zvuka.

Na slijedećim tablicama se prikazuje dinamika sluha, te pripadajuća snaga nekih izvora zvuka i raspon frekvencija nekih instrumenata.

| ŠUM IZVORA (DB) | IZVOR | SLUŠNI OSJET | SPL (DB) | SNAGA (W) |
|--------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------|--------------|
| 0 | TOP 25 MM | GRANICA BOLA | 130 | 10 |
| -20 | ORKESTAR S OZVUČENJEM | POP KONCERT | 110 | 0,1 |
| -30 | SIMFONIJSKI ORKESTAR | SIMFONIJSKI KONCERT | 100 | 10^{-2} |
| -40 | KOMORNI ORKESTAR | KOMORNA GLAZBA | 90 | 10^{-3} |
| -50 | KAZETOFON | AKUSTIČKA GITARA, APLAUZ | 80 | 10^{-4} |
| -60 | VINIL PLOČA | RAZGOVOR, PJEVANJE | 70 | 10^{-5} |
| -70 | STUDIJSKI MAGNETOFON | TIHA GLAZBA | 60 | 10^{-6} |
| -80 | MAGNETOFON S DOLBY A | BUKA U UREDU, TRGOVINI | 50 | 10^{-7} |
| -90 | DBX PLOČE | BUKA U KNJIŽNICI | 40 | 10^{-8} |
| -100 | MAG. VRPCA S DBX-OM | | | |
| -110 | FILT. POJAČALO, KOND. MIKR. | SPAVAĆA SOBA NOĆU | 20 | 10^{-10} |
| -120 | KOND. MIKR., MIX-PULT | MAČKA | 5 | |
| -130 | TOPL. ŠUM ULAZNOG OTPORA | PRAG ČUJNOSTI | 0 | 10^{-12} |

| Izvor zvuka | Snaga (W) |
|---|------------------|
| Orkestar od 75 izvođača | 70 |
| Veliki bubanj | 25 |
| Orgulje | 13 |
| Cimbali | 10 |
| Trombon | 6 |
| Klavir | 0,4 |
| Bas-saksofon | 0,3 |
| Bas-truba | 0,2 |
| Orkestar od 75 izvođača uz prosječnu glasnoću | 0,09 |
| Pikolo | 0,08 |
| Flauta | 0,06 |
| Klarinet | 0,05 |
| Francuski rog | 0,05 |
| Triangl | 0,05 |
| Glas bas | 0,03 |
| Glas alt pp | 0,001 |
| Violina na najtišim pasažima | 0,000 003 8 |



Frekvencijska područja tonova nekih instrumenata i glasova

Mikrofoni

Mikrofoni kao uređaji koji služe za „hvatanje“ zvuka imaju određena svojstva:

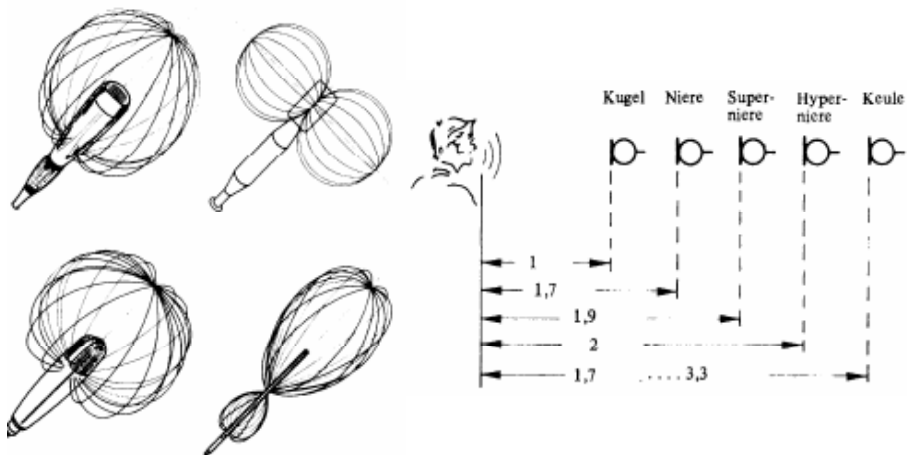
- **osjetljivost:** to je odnos električnog napona na izlazu iz mikrofona i zvučnog tlaka koji se nalazi na mikrofону. Često se daje u mV/Pa (1 Pa = 96 SPL dB-a) ili dB naspram standardnog mikrofona
- **usmjerna karakteristika:** prikazuje osjetljivost mirkofona u ovisnosti o smjeru zvuka koji dolazi na mirkofon. Najčešće

je: kružna (omnidirekcionalna), osmičasta (bidirekcionalna) ili kardiodna (bubrežasta ili unidirekcionalna)

- **impedancija:** to je unutrašnja impedancija mikrofona kao izvora izmjeničnog napona. Po impedanciji se mikrofoni dijele na: niskoomske (10 – 600 oma), te visookomske (25 – 80 kilooma), dok su kondenzatorski vrlo viših impedancija (reda megaoma). O impedanciji mikrofona ovisi duljina kablova, te ulazna impedancija pojačala
- **korisnost:** kreće se između 0,1 i 1%

Donja tablica prikazuje oblike usmjernih karakteristika i neke vrijednosti karakteristične za određenu usmjernu karakteristiku. Jedan od važnijih podataka je kut na kojem mikrofoni ne prenosi zvuk.

| CHARACTERISTIC | OMNI-DIRECTIONAL | BIDIRECTIONAL | CARDIOID | HYPERCARDIOID | SUPER-CARDIOID | SECOND-ORDER BIDIRECTIONAL | SECOND-ORDER CARDIOID |
|--|------------------|------------------|--------------------------------|----------------------------------|---------------------------|----------------------------|---|
| POLAR RESPONSE PATTERN | | | | | | | |
| POLAR EQUATION $F(\theta) \propto$ | 1 | $\cos \theta$ | $\frac{1}{2}(1 + \cos \theta)$ | $\frac{1}{4}(1 + 3 \cos \theta)$ | $0.37 + 0.63 \cos \theta$ | $\cos^2 \theta$ | $\frac{1}{2}(1 + \cos \theta)$ $\cos \theta$ |
| PICKUP arc 3 dB DOWN (°) | 360° | 90° | 131° | 105° | 115° | 60° | 77° |
| PICKUP arc 6 dB DOWN (°) | 360° | 120° | 180° | 141° | 156° | 90° | 104° |
| RELATIVE OUTPUT AT 90° (dB) | 0 | -∞ | -6 | -12 | -8.6 | -∞ | -∞ |
| RELATIVE OUTPUT AT 180° (dB) | 0 | 0 | -∞ | -6 | -11.7 | 0 | -∞ |
| ANGLE AT WHICH OUTPUT=0 (%) | — | 90° | 180° | 110° | 126° | 90° | 90° 180° |
| RANDOM ENERGY EFFICIENCY (RE) | 1 0 dB | 0.333 -4.8 dB | 0.333 -4.8 dB | 0.250* -6.0 dB | 0.268* -5.7 dB | 0.200 -7.0 dB | 0.133 -8.8 dB |



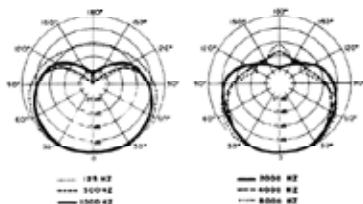
3D prikaz usmjerenih karakteristika za lakše razumjevanje. S desne strane s kolike udaljenosti se s različitim tipom mikrofona može dobiti signal jednake razine.

Podaci za mikrofone koji se trenutno koriste u Klubu Kulture

Shure SM 57

Karakteristika: Kardiodna

Osjetljivost: 1,6 mV/Pa*



Stagg DM-5010

Karakteristika: kardiodna

Osjetljivost: 1,2 mV/Pa*

Impedancija: 250 oma

Frekvencijski raspon: 20 Hz do 10 kHz

Stagg DM-5020TSS

Karakteristika: kardiodna

Osjetljivost: 1,8 mV/Pa*

Impedancija: 500 oma

Frekvencijski raspon: 60 Hz do 13 kHz

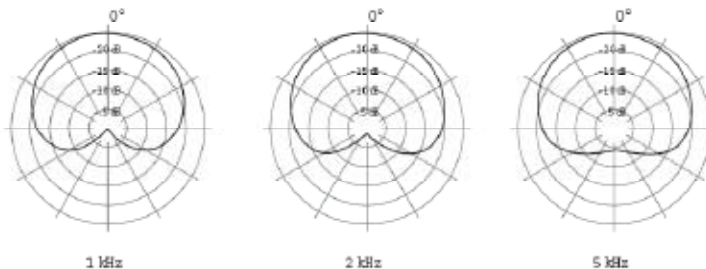
Wharfedale DM 2.0

Karakteristika: kardiodna

Osjetljivost: 1,6 mV/Pa*

Impedancija: 600 oma

Frekvencijski raspon: 50 Hz do 17 kHz



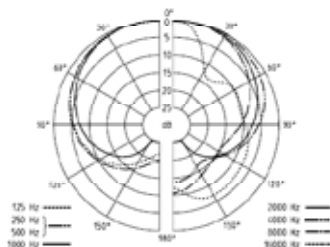
Sennheiser e825 s

Karakteristika: kardiodna

Osjetljivost: 1,5 mV/Pa*

Impedancija: 350 oma

Frekvencijski raspon: 80 Hz do 15 kHz



(1 Pa = 96 dB SPL)

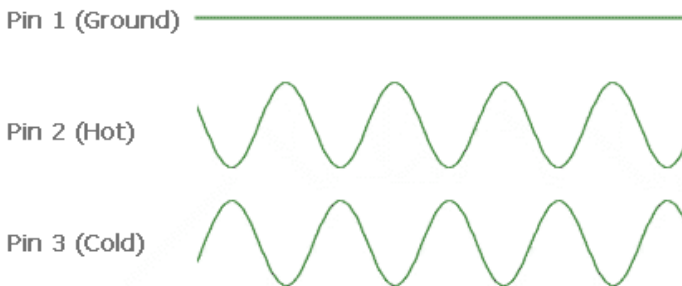
Nebalansirane linije

Nebalansirana linija koristi jednu žicu za signal u drugu kao uzemljenje. Zbog takve konstrukcije nebalansirane linije lakše „pokupe“ šum pa bi kablovi trebali biti što je moguće kraći i udaljeniji od drugih kablova, pogotovo kablova od napajanja. Zbog tehnoloških rješenja nebalansirane linije imaju maksimalnu razinu signala 316mV, dok balansirane linije imaju do 1,2 V. Zbog relativno niske razine signala, šuma može imati veći utjecaj, pa se pojačanjem signala pojačava i šum, što je posve neželjen učinak.

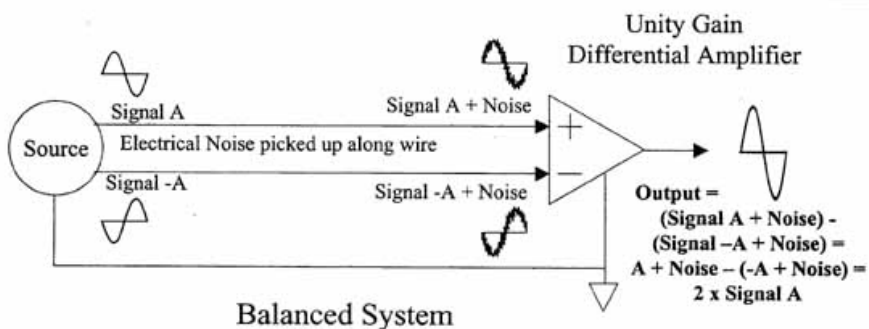
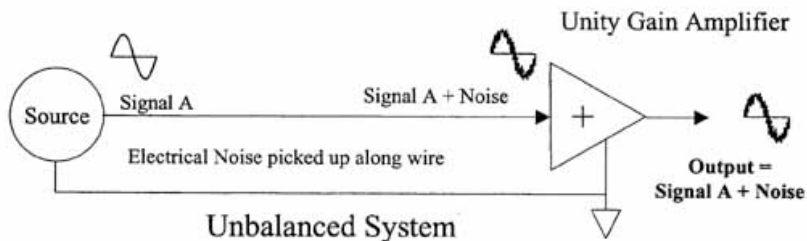
Balansirane linije

Balansirane linije koriste 2 vodiča i oklop za razliku od nebalansiranih. Jedan vodič nosi pozitivni signal a drugi negativni signal stvarajući zajedno diferencijalni signal.

Balanced Audio Signal



Ovakva linija isto pokupi šum, ali zbog načina spajanja šum ne ulazi u pojačalo, jer se preko uzemljenja eliminira, a dio šuma koji uspije doći do centralna 2 vodiča se eliminira na pojačalu. To omogućuje posebno diferencijalno pojačalo, glavna karakteristika tog pojačala je da on pojačava razliku 2 signala, a pošto su oba vodiča pohvatala „jednaku“ količinu šuma, kad se oni oduzmu jedan od drugog, nestane šum i ostaje samo izvorni signal.



Audio konektori

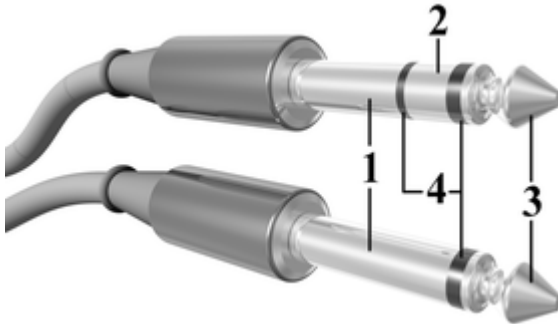
Za potrebe spajanja audio uređaja postoji mnogo različitih vrsta konektora, ovdje ćemo spomenuti samo najčešće od njih.

TRS, 6,5mm Jack plug (banana)



Postoje dva tipa ovog konektora, mono i stereo, ovisno o broju kontakata. Mono konektor ima vrh (pozitivan) i „rukav“ (negativan, uzemljen). Stereo konektor ima vrh (lijevi signal), prsten (desni signal) i rukav (uzemljen). Stereo konektor se također može

koristiti i kao mono balansirani, tada je vrh +v signal, prsten – v, a rukav uzemljenje. Jedna velika prednost koja se pojavljuje kod ovog konektora je ta da ako bananu s 2 konektora spojimo u kučište sa 3 konektora, prsten će se spojiti na uzemljenje, čime je dobivena kompatibilnost između balansiranih i nebalansiranih konektora.



Na slici: 1 uzemljenje, 2 –v, 3 pozitivni kontakt ili +v.

Uz bananu postoji i „bananica“, to je 3,5mm TRS, vrlo čest u skoro svakoj komercijalnoj audio opremi. Osim u dimenzijama, razlike između banane i bananice nema.

RCA, Cinch



Konektor vrlo često korišten u komercijalnoj opremi, također i za spajanje video signala. Ožičenje ovog konektora je isto kao i za mono bananu, vrh je pozitivan, dok je vanjski prsten uzemljen. Nedostatak ovog konektora je što se njime ne može prenijeti balansirani ili stereo signal.

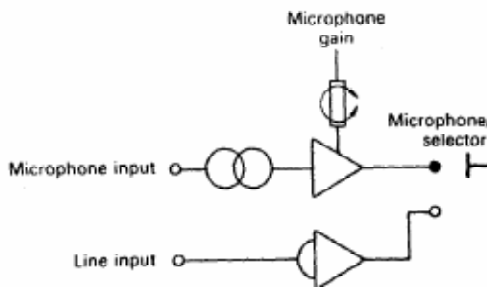
XLR (Cannon)



Koriste se za prijenos balansiranog signala, te su zbog toga najbolje profesionalno rješenje za spajanje miksete i mikrofona ili ostalih balansiranih uređaja. Najčešće ovaj konektor ima 3 kontakta na koji se spajaju +v, -v i uzemljenje. Fizikalno su ti konektori ostvareni tako da pri spajanju prvo se spoji uzemljenje, te se time eliminira bilo kakvo zujanje pri spajanju. To omogućuje spajanja i odspajanje opreme „na živo“ bez ikakvog čujnog utjecaja, što je npr. veliki problem kod RCA konektora.

Mikseta

Mikseta je električni uređaj koji služi za kombiniranje više signala iz raznih izvora, te za dodavanje raznoraznih efekata izlaznom signalu. Najosnovnija mikseta omogućuje spajanja više ulaznih signala u jedan izlazni, osnovni izgled jednog kanala prikazan je na slici.

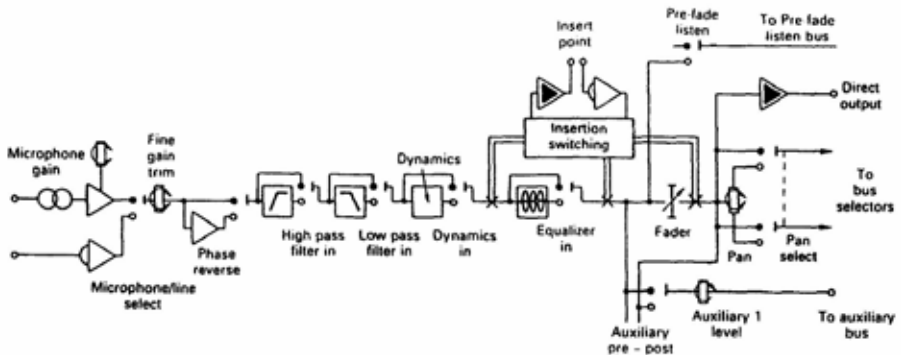


Ulazi u miksetu se dijele u dvije skupine:

1. Mikrofonski ulaz (mic, microphone): ulazni signali niske razine $0,5 - 5 \text{ mV/Pa}$ (dinamički) i $5 - 100 \text{ mV/Pa}$ (kondenzatorski). Zbog niskih razina se koristi posebni ulazni niskošumni stupanj za pojačanje prije obrade signala.
2. Linijski ulaz (line): signali veličine $0,775 \text{ V}$ (0 dBu) – $1,5 \text{ V}$ (+6 dBu)

Nakon što se odredi tip ulaza, signalu se odabire željena razina i on ide dalje u miksetu, te se miješa s ostalim kanalima koji tvore izlaz koji je uglavnom veličine linijskog signala.

Sada ćemo objasniti put signala kroz miksetu na kompleksnijem primjeru kanala s kontrolama koje se nalaze na većini mikseta.



Kao i u prijašnjem primjeru, prvo se odabire tip ulaza i signal se pojačava na standardnu razinu u kojoj se obrađuje na mikseti, zatim se može mijenjati frekvencijski izgled tonova i unositi signale iz drugih uređaja ili kanala. Izlaz iz kanala ne mora nužno voditi na izlaz iz miksete na neki drugi uređaj. On može voditi na neki drugi kanal u mikseti, monitore, neke druge uređaje ugrađene u miksetu, poput kompresora, procesora efekata itd.

Kontrole i pojmovi na mikseti

1. **Gain:** osjetljivost, određuje pojačanje, a ne razinu ulaznog signala
2. **Equalizer:** frekvencijska obrada signal, može se pojačavati ili smanjivati više raznih frekvencijskih područja signala (najčešće samo High (visoki), medium (srednji) i low (niski))
3. **Insertion point:** služe za unošenje efekata u kanala, signal izlazi iz kanala te se vraća nazad u njega sve preko jedne „unosne točke“
4. **Fader:** kanalni regulator, njime se podešava izlazna razina za pojedini kanal. Na njemu se nalazi skala koja se kreće od –beskonačno (tišina) do često +6 dB (udvostručenje linijskog signala, s tim da 0 označava linijsku razinu signala na izlazu.
5. **Pan:** korigiranje odnosa jačine lijeve i desne strane stereo signala
6. **Monitor:** slušna kontrola na zasebnom izlazu, spaja se na posebne zvučnike te omogućuje izvođačima da čuju jedni druge ili čak sami sebe.
7. **PFL (Solo):** uključivanjem ove opcije može se postići da samo signali s kanala koji imaju uključen PFL izlaze na monitorski izlaz i na VU metar, te se tako može odrediti razina signala jednog ili više kanala. Ova opcija se na miksetama označuje PFL ili Solo, ovisno o proizvođaču.
8. **AUX:** označava pomoćni izlaz koji se može koristiti za monitore ili za izlaz signala u procesor efekata na obradu.
9. **Output fader:** ima iste funkcije kao i fader na pojedinom kanalu, s tim da on određuje razinu izlaznog signala iz mikseta.
10. **Clipping:** preveliki ulazni signal je prisutan na kanalu i dolazi do „rezanja“ signala, tj. signal se izobličuje. Kod kontrole svakog signala postoji crvena lampica koja svijetli ako je došlo do clippinga.

11. Phantom power: fantomsko napajanje, koristi se za „napajanje“ konenzatorskih i sličnih mikroфона, to napajanje dovodi napon (često 48V) na mikrofon i omogućuje mu normalan rad.

Postavljanje miksete za rad

- Gain kontrole svakog kanala postaviti na najnižu razinu (posve lijevo)
- spojiti uređaje u odgovarajuće ulaze kanala (linijski uređaji (gitaraska pojačala, klavijature itd) u linijske ulaze, mikrofoni u mikrofonске ulaze).
- Postaviti sve fadere, uključujući i izlazni na poziciju 0, panove i sve eqalizere postaviti na sredinu (nulti položaj, tj. nemaju utjecaj na signal)
- Uključiti PFL ili Solo na 1. kanalu, s tim da je na svim ostalim kanalima isključen
- Pustiti signal u na 1. kanal i podešavati gain dok god na VU metru signal ne dolazi do razine oko 0
- Nakon toga isključiti PFL ili Solo na 1. kanalu i ponoviti postupak za svaki kanal
- Nakon što smo namjestili razine svih kanala, treba po potrebi naštimati i eqalizer. Često se može dogoditi da zbog toga se signal pojača i dođe do clippinga u tom slučaju treba smanjiti razinu samo toga kanala na kojem dolazi do clippinga. Tu nam opet može poslužiti PFL, ako ga uključimo samo na tom kanalu, možemo poštimiti eqalizer za taj kanal na zadovoljavajuću razinu i odmah vidjeti koliko je glasnoća samo toga kanala, te tako izbjeći clipping.