



ÄÄNITEKNOLOGIAN SIGNAALIN KULJETUS SEKÄ SIINÄ ESIINTY- VÄT LAITTEET JA TEKNIIKAT

Jarno Valkonen

Opinnäytetyö
Toukokuu 2014
Viestinnän koulutusohjelma
Digitaalinen ääni ja kaupalli-
nen musiikki

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Viestinnän koulutusohjelma
Digitaalinen ääni ja kaupallinen musiikki

VALKONEN, JARNO

Ääniteknologian signaalin kuljetus sekä siinä esiintyvät laitteet ja tekniikat.
Opinnäytetyö 95 sivua
Toukokuu 2014

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on käydä läpi mielestäni tärkeitä teknisiä asioita ja ilmiöitä, jotka liittyvät äänitekniikkaan. Opinnäytetyössäni perehdyn enimmäkseen asioihin teoreettisesti ja koitan selvittää, kuinka näitä asioita voi hyödyntää käytännössä.

Aluksi käyn läpi akustisen äänen fysikaalisia ominaisuuksia, sekä äänen sähköistä ja digitaalista muotoa, jonka jälkeen siirrytään äänituotannon tekniseen osaan. Tutkimallani tiedolla pyrin selvittämään ääniteknologian perusteita ja läpi käymään asioita, jotka usein tuntuvat tuottavan hämmennystä. Samalla käyn läpi alalla käytettäviä perinteisiä laitteita ja niiden käytön tarkoitusta.

Lopussa kerron vielä oman teknisen toteutukseni bändiäänityksistä studio-olosuhteiden ulkopuolella, jossa käytän muutamia kertomiani tekniikoita.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Media
Digital Sound and Commercial Music

VALKONEN, JARNO

Signal Transmission in Audio Technology, Equipment and Techniques Involved.

Bachelor's thesis 95 pages

May 2014

The goal of this bachelor's thesis was to go through technical matters and phenomena involved in audio technology and found important. This thesis mainly took a theoretical look at the matters and tried to figure out how the theory could be applied to practice.

First, some physical qualities of acoustic sound as well as its electrical and digital form were handled. After that the study focused on the more technical side of audio technology. This thesis tried to study the basics of audio technology and explain the matters that often seem to cause confusion. At the same time the basic equipment used in the industry and its usage was introduced.

The last part of the thesis described my own band recordings completed outside studio conditions, where some of the techniques explained in the thesis were utilized.

Key words: audio technology, connections, electric phenomena

1	JOHDANTO	8
2	VIITEKEHYS	10
3	ÄÄNI.....	11
3.1	Akustinen ääni.....	11
3.2	Vaihe	12
4	SIGNAALIPOLKU.....	15
4.1	Mikä se on?	15
4.2	Analoginen signaali.....	15
4.3	Digitaalinen signaali.....	16
4.4	32-bit floating point.....	20
5	SIGNAALITASOT	25
5.1	Mikrofonitasoinen signaali.....	25
5.2	Linjatasoinen signaali.....	25
5.3	Instrumenttitasoinen signaali	26
5.4	Kaiutintasoinen signaali	27
6	KÄYTETTÄVÄT LAITTEET	28
6.1	Analogiset laitteet.....	28
6.1.1	Mikrofoni (sähköakustinen muunnin).....	28
6.1.2	Etuaste (esivahvistin)	29
6.1.3	Äänipöytä (mikseri)	30
6.1.4	Dynamiikkaprosessori.....	33
6.1.5	Efektilaitteet	36
6.1.6	Tehovahvistin.....	36
6.1.7	Kelanauhuri	37
6.1.8	Kaiutin.....	37
6.1.9	Jakosuodin.....	38
6.1.10	DI-boxi (Direct-inject box)	39
6.1.11	Ristikytkentäpaneeli (Patchbay).....	40
6.1.12	Muita analogisia laitteita	42
6.2	Phantom-jännite (+48V).....	43
6.3	Digitaaliset laitteet	43
6.3.1	A/D muunnin ja D/A muunnin (A/D, D/A converter).....	44
6.3.2	Digitaalinen äänipöytä (digital mixer)	44
6.3.3	Äänikortti (engl. audio interface).....	45
6.3.4	Työasemat (digital audio workstation, DAW).....	46
6.3.5	Digitaaliset tallentimet	47
6.3.6	Muita digitaalisia laitteita.....	47
7	MIDI (Musical Instruments Digital Interface).....	49

	5
8 MITTAROINTI.....	50
9 LIITTIMET	53
9.1 XLR-liitin.....	53
9.2 Plugi	54
9.3 Speakon	55
9.4 RCA.....	55
9.5 Banaaniliitin ja naparuuvi	56
9.6 BNC-liitin (Bayonet Neill-Concelman)	57
9.7 Moninapaliittimet (Multipin connectors).....	57
9.8 5-pinninen DIN-liitin	58
10 KAAPELIT	59
10.1 Mikrofonikaapeli.....	59
10.2 Instrumenttikaapeli.....	60
10.3 Kaiutinkaapeli	62
10.4 Digitaaliset audio-kaapelit	64
10.5 Optinen valokuitukaapeli Toslink (Toshiba Link).....	65
11 SÄHKÖOPPI	66
11.1 Impedanssi.....	66
11.2 Kuulokkeet	67
11.3 Putkivahvistimet.....	68
11.4 Audiomittarit, video ja digitaalinen audio	69
11.5 Kapasitanssi:	70
12 SYMMETRINEN SIGNAALITIE JA BALANSOINTI.....	72
12.1 Muunninbalansoitu ulostulo (transformer balanced output).....	73
12.2 Elektronisesti balansoitu ulostulo (electronicaly balanced output).....	73
12.3 Maakompensoitu lähtöaste (Single-ended balanced/impedance balanced)	74
12.4 Kuinka tunnistaa balansointi	74
13 SUOJAMAADOITUS JA HÄIRIÖNPOISTO	76
14 TEKNISEN TIEDON KÄYTTÖ ÄÄNITYKSISSÄ.....	80
14.1 Laitelista.....	80
14.2 Laitteiden kytkeminen.....	80
15 POHDINTA	85
15.1 Opinnäytetyön tekeminen	85
15.2 Teoreettisen tiedon soveltaminen.....	85
LÄHTEET:.....	87

ERITYSSANASTO

- A/D-muunnin - Laite joka muuntaa analogisen signaalin digitaalseksi.
(Laaksonen 2006, 68 - 69.)
- Audio - Englannin kielinen sana, jotka käytän tässä opinnäytetyössä kuvamaan analogisessa tai digitaalisessa muodossa olevaa ääntä.
- Aux-send - Tarkoittaa apulähtöä, jolla voidaan lähettää haluttu signaali äänipöydästä halutulle laitteelle ja palauttaa se takaisin äänipöytään. (Laaksonen 2006, 121.)
- Akustinen ääni - Tarkoittaa jossain väliaineessa värähtelevää (kuten esimerkiksi ilmassa) aaltoliikettä, joka aistitaan kuultavana äänenä.
(Laaksonen 2006, 4.)
- Alias-suodin - A/D-muuntimessa oleva alipäästösuodin, joka leikkaa analogisesta signaalista kaikki hyötykaistaa korkeammat taajuudet pois. (Laaksonen 2006, 68 - 69.)
- DAW - Digital Audio Workstation. Esimerkiksi tietokoneella käytettävä äänen tallennus/käsittelyohjelma. (Laaksonen 2006, 376 - 377.)
- dBFS - Digitaalisessa audiossa käytetty mittarin skaala, jonka huipputaso on 0 ja kaikki arvot siitä alaspäin negatiivisia. (Laaksonen 2006, 138 - 139.)
- Epäsymmetrinen - Kyseisellä termillä tarkoitetaan signaalitietä, joka käyttää maajohdinta hyötysignaalin kuljettamiseen. . (Laaksonen 2006, 99.)
- Impedanssi - Vaihtovirtavastus, joka vastustaa vaihtosähkön (esimerkiksi analogisen signaalin) kulkua. Mitataan ohmeissa (Ω). (Laaksonen 2006, 50.)

- Induktanssi - Tarkoittaa kykyä muuntaa virtaa magneettikentän muutoksiksi ja päinvastoin. (Laaksonen 2006, 50 - 51.)
- Insert-piste - Tarkoittaa tapaa jolla äänipöydän kanavasta otetaan signaali, kierrätetään se halutun laitteen läpi ja palautetaan takaisin kanavaan. (Laaksonen 2006, 122.)
- Kapazitanssi - Tarkoittaa komponentin kykyä varastoida sähköä itseensä ja purkaa sitä myöhemmin (Laaksonen 2006, 50 - 51.)
- Liitännäinen - Liitännäinen (plug-in) tarkoittaa DAW-ohjelmissa käytettyjä äänenmuokkaus prosessoreita, kuten dynamiikkaprosessorit ja efektilaitteet.
- Sykli - Äänen yksi kokonainen värähdysjakso. (Laaksonen 2006, 6.)
- Symmetrinen - Kyseisellä termillä tarkoitetaan signaalitietä, joka ei käytä maajohdinta hyötysignaalin kuljettamiseen. (Laaksonen 2006, 99.)

1 JOHDANTO

Valitsin kyseisen aiheen opinnäytetyöhöni siksi, koska usein työ mitä olen tehnyt, on liittynyt laitteiden kasaamiseen ja signaalin kuljetukseen. En nähnyt hyödylliseksi tulevien töiden kannalta tehdä esimerkiksi pelkkää bändiäänitystä, eikä minulla ollut tarpeeksi isoa alaan liittyvää työprojektia, josta olisin voinut tehdä opinnäytetyön. Uskon myös, että tulevissa töissäni on enemmän hyötyä teknisten asioiden osaamisesta, kuin esimerkiksi taiteellisesta tuottamisesta.

Tekniset asiat ovat aina kiinnostaneet minua, koska olen tahtonut tietää miksi joku asia toimii ja miksi esimerkiksi laitteet kytketään kyseisellä tavalla. Myös haluan ymmärtää asioiden teknisen puolen ja välttää ongelmia, jotka johtuvat teknisestä toteutuksesta. Omissa projekteissani olen myös huomannut, että aikaa jää erittäin paljon enemmän itse työn toteutukseen, kun laitteet ovat oikein kytketty, ja tällöin ne pystyvät toimimaan paremmin niille tarkoitettulla tavalla. Vastaan on tullut myös tilanteita, joissa on tarvittu nopeaa toimintaa, sekä ymmärtämystä miksi joku tekninen laite toimii tietyllä tavalla, jolloin siinä hetkessä on pitänyt keksiä luova ratkaisu tilanteen pelastamiseksi. Tällöin on ollut hyödyllistä ymmärtää signaalin kulku ja mahdollisuudet mitä sille voi, tai mitä ei voi tehdä. Äänituotannossa kaikki riippuu tekniikasta ja jos se ei toimi, työt seisovat. Joten mielestäni on todella tärkeää niiden henkilöiden, jotka toimivat äänitekniikan alalla, omata perustekniset tiedot laitteista.

Tiedon määrä, minkä henkilö pystyy etsimään esimerkiksi internetistä, on valtava. Myös foorumeilla käytävät keskustelut puntaroivat näitä aiheita ja usein siellä liikkuu harhatietoa ja vääriä uskomuksia aiheista. Olen käynyt läpi useita foorumeita, nettisivuja, henkilöhaastatteluita, videoita ja kirjoja hakiessani tietoa aiheesta. Opinnäytetyöni ei mene syvälle laitteiden tekniseen toteutukseen, vaan koittaa selvittää asioita, joihin törmää äänialalla työskentelyssä.

Ajankäyttösuunnitelma ja sen toteutuminen

Koska työni ei varsinaisesti omaa eri osioita, vaan se on yksi iso tutkimus, niin varsinaisia tuntimääriä en pystynyt etukäteen arvioimaan. Minulla oli myös paljon töitä samaan aikaan kun tein opinnäytetyötäni, ja välillä työreissuillakin luin lähteitä, sekä tutkin laitteita. Joten ainoa tuntimäärä jonka olin varsinaisesti suunnitellut, oli bändiäänityssessiot ja niiden tunnit toteutuivat seuraavanlaisesti:

Työtehtävä	Suunniteltu aika	Toteutunut aika
Äänityskaluston kasaus (sisältää lainalaitteiden hakemisen)	4	5
Äänitys	20	22
Miksaus	16	16
Kirjallinen työ	200	250
Yhteensä	240	293

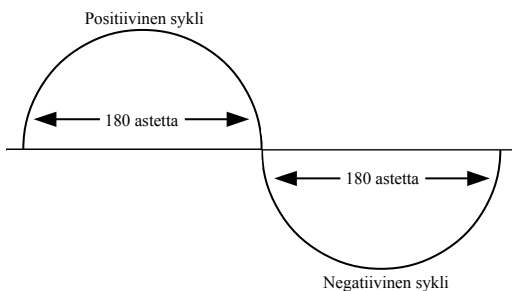
2 VIITEKEHYS

Tutkimustyöni sisältää ääniteknologian perusteita, jotka käyn läpi siinä järjestyksessä, jossa ne olisivat mielestäni lukijalle mahdollisimman loogisia. Aluksi käydään läpi akustinen ääni ja sen fysikaalinen olemus, jotta voitaisi ymmärtää tietyt lainalaisuudet, joita tekniikassa on. Seuraavana on tarkastelussa audiosignaali ja sen kulkema reitti, jossa ilmenee miten se muuttuu matkan aikana, ja miksi se muuttuu. Kun on tiedossa mikä on audiosignaali, niin ymmärtää helpommin tekniset laitteet ja niiden käyttötarkoitukset. Audiosignaalin tasoa tarkastellaan mittareilla kuuntelun lisäksi, joten käyn läpi eri mittareita, sekä niiden ominaisuuksia ja käyttötarkoituksia. Teknisten laitteiden yhteen liittäminen vaatii liittimiä ja kaapeleita, joita luettelen kun laitteisto on tullut tutummaksi. Laitteiston kytkemiseen vaikuttaa sähköiset ilmiöt, sekä laitteiden sähköiset ominaisuudet, jotka pyrin selvittämään seuraavaksi. Ammattiaudiossa käytetään balansoituja linjoja, joilla taataan häiriötön audiosignaali- ja tähän liittyen tulee vielä suojamaadoituksesta ja häiriönpoistosta kappale, koska nämä kaksi asiaa kulkevat käsikädessä.

3 ÄÄNI

3.1 Akustinen ääni

Akustinen ääni on aaltoliikettä, edestakaista värähtelyä väliaineessa (esimerkiksi ilmassa), joka aistitaan äänenä. Tämän aaltoliikkeen synnyttää värähtelevä kappale (esimerkiksi kitaran kieli), aiheuttaen ilman paineenvaihteluita. Värähtelijä siis synnyttää ilmamolekyylien tihentymiä ja harventumia, jotka sitten aistitaan äänenä. Tätä värähtelyä kuvataan sykleinä. Yksi sykli on yhteensä 360 astetta ja se koostuu yhdestä positiivisesta puoliaallosta (180 astetta), sekä yhdestä negatiivisesta puoliaallosta (180 astetta) (kuva 1). (Laaksonen 2006, 4 – 8.)



KUVA 1. Sykli. (Kuva: Jarno Valkonen)

Eri taajuudella aallonpituus, eli yksi sykli, on eri mittainen. Taajuudet vastaavat kuultavan äänen korkeutta ja niiden mittayksikkö on hertsi (Hz). Hertsillä tarkoitetaan sitä kuinka monta värähdysjaksoa sillä on sekunnissa, eli kuinka monta täyttä sykliä se kulkee sekunnissa. Matalat taajuudet (esimerkiksi 20 Hz) ovat hitaampia kuin korkeat taajuudet (10 000 Hz). Matalat taajuudet omaavat myös pidemmän aallonpituuden kuin korkeat. Tämä voidaan laskea kaavalla: (Laaksonen 2006, 13 – 14.)

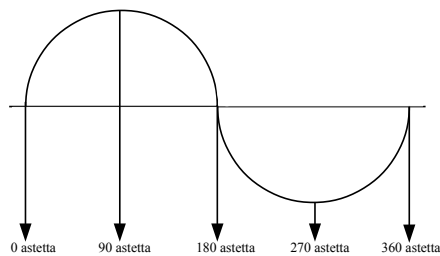
äänennopeus/taajuus = aallonpituus.

Esimerkiksi: $344\text{m/s} / 100\text{Hz} = 3,44$ metriä.

Äänen fysikaaliset ominaisuudet. on hyvä tietää sillä ne ovat tarpeellisia esimerkiksi äänitarkkaamon suunnittelussa, digitaalitekniikassa ja äänentoistojärjestelmien kanssa työskentelyssä.

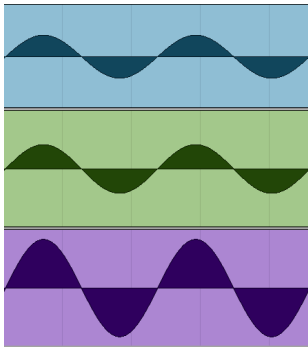
3.2 Vaihe

Siniaalto on ääni, joka omaa vain yhden taajuuden (esimerkiksi testiäänenä käytetty 1 kHz). Luonnossa kuultavat todelliset äänet koostuvat monista yhtä aikaan soivista taajuuksista, jotka sisältävät perustaajuuden lisäksi sen harmonisia kerrannaisia ja täten muodostavat kompleksisempia ääniaaltoja. Kuten aikaisemmin todettu, ääniaallot värähtelevät positiivisen (ilmamolekyylien tihentymä) ja negatiivisen (ilmamolekyylien harventuma) puolen välillä muodostaen syklin. Sykli mitataan yleensä nollakohdasta, jossa positiivinen aalto leikkaa nollaviivan (positiivisen ja negatiivisen välisen alueen). Tätä värähdysliikkeen jakson eri kohtia kuvataan termillä vaihe (engl. phase) (kuva 2). (Laaksonen 2006, 5 – 9.)

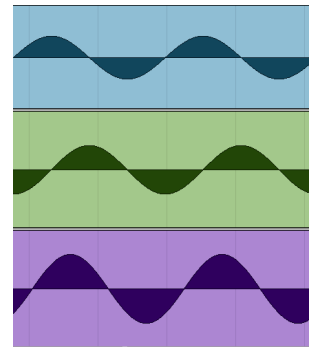


KUVA 2. Syklin vaiheet. (Kuva: Jarno Valkonen)

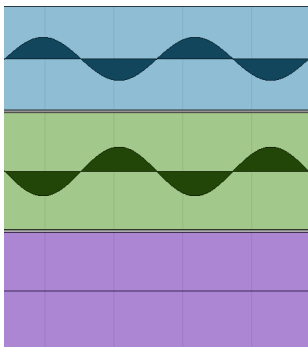
Yhtä aikaan soivien taajuuksien summautumiseen vaikuttaa ääniaaltojen vaihe. Kun ääniaallot ovat täysin vaiheessa, vahvistavat ne toisiaan ja kun ne ovat vastavaiheessa (peilikuvia toistensa kanssa), kumoavat ne toisensa. Kuvissa 3, 4, 5 ja 6 esitetään signaalin summautumista eri vaiheissa toisiinsa nähden. Vaiheiden vaikutusta kumoamalla tai summautamalla toisiinsa ei-toivotulla tavalla kutsutaan suomeksi vaihevirheeksi ja englanniksi lievemällä termillä phasing. Luonnossa kuultavat äänet, kuten kaiku, on itsessään niin kutsuttua vaihevirhettä. Se muodostuu suoran äänen kimpoilusta eri pintojen (kuten seinien) välillä ja summautuen sattumanvaraisesti. (Laaksonen 2006, 9 – 10.)



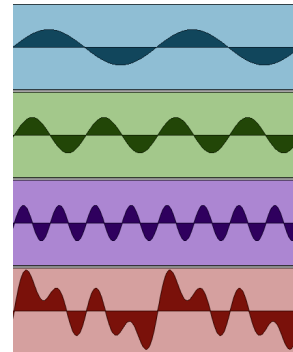
KUVA 3.
Samanvaiheisten
signaalien
summautuminen. (Lila
raita on signaalien
summa) (Kuva: Jarno
Valkonen)



KUVA 4. Signaalien
summautuminen 90
asteen erotuksella.
(Kuva: Jarno Valkonen)

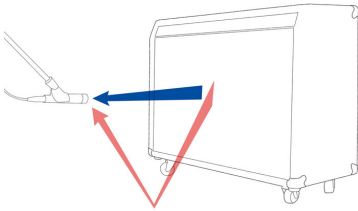


KUVA 5.
Vastavaiheisten
signaalien
summautuminen.
(Kuva: Jarno
Valkonen)



KUVA 6. Eri taajuuksien
signaalien
summautuminen
keskenään.
(Oranssi/ruskea raita on
summattu signaali) (Kuva:
Jarno Valkonen)

Ääniteknikassa vaiheiden ymmärtäminen ja huomioon ottaminen tulee vastaan monessa paikassa, kuten esimerkiksi äänentoistoa suunniteltaessa, sekä yhden äänilähteen taltioimisessa useammalla mikrofoniolla. Vaiheet vaikuttavat jopa yhdellä mikrofoniolla taltioituun äänilähteeseen. Esimerkiksi kitarakaapin äänittämisessä voi tulla vaiheistuminen vastaa, kun sitä tekee esimerkiksi metrin päästä äänilähteestä. Tällöin voin lattian kautta tulevat heijastukset kumota, tai korostaa tiettyjä taajuuksia. Tämä johtuu siitä, kun mikrofoniolle tulevan suoran äänen lisäksi sille saapuu lattian kautta tuleva heijastus samasta äänilähteestä, mutta hieman myöhemmin. Tämä voi olla jopa toivottu asia, koska sillä voidaan vaikuttaa äänitettävän lähteen taajuvasteeseen toivotulla tavalla (kuva 7). (Phase de-mystified 2008.)



KUVA 7. Äänen kulkuaikaero esitettynä.

(www.sounondound.com)

Äänen ei-toivottua vaiheistumista voi tapahtua esimerkiksi äänentoistossa PA-järjestelmissä, jossa kahden samaa materiaalia toistavan kaiuttimen summauskohdassa tapahtuu taajuusvasteen vaimentumia ja korostumia. Toinen paikka jossa vaiheistuminen voi tuottaa ei toivottuja ilmiöitä, on moniraitaohjelmilla (kuten Pro-Tools) työskentelyssä. Kyseisissä ohjelmissä ääntä muokataan liitännäisillä (plug-ins), jotka käyttävät tietokoneen prosessointia ja tällöin tuottavat viivettä kyseiseen raitaan toisiinsa nähden, ellei ohjelman plug-in delay compensation-valintaa ole tehty. Ääniaaltojen vaiheiden summautumisessa esiintyvät ilmiöt on hyvä tiedostaa, koska sitä voi käyttää hyödyksi esimerkiksi äänitteiden teossa, tai siitä voi olla suurta haittaa esimerkiksi äänentoistossa. (Phase de-mystified 2008.)

4 SIGNAALIPOLKU

4.1 Mikä se on?

Signaalipolku (engl. signal path) käsittää reitin, jonka audiosignaali kulkee. Yksinkertainen signaalipolku voi olla esimerkiksi mikrofoni kytkettynä aktiivikaiuttimeen, jolla voidaan toistaa esimerkiksi puhetta jossain tapahtumassa. Hieman monimutkaisempaan signaalipolkuun voi törmätä esimerkiksi konserteissa, joissa signaalia jaetaan useampaa pisteeseen. Tällöin mahdollisesti signaalia voidaan jakaa esimerkiksi FOH-miksaajalle, monitorimiksaajalle ja vaikka ulkotuotantoautolle. Kun signaalipolku monimutkaistuu ja sitä jaetaan useaan pisteeseen, on hyvä tietää miten signaali käyttäytyy ja jos ongelmia ilmenee, niin mistä nämä voivat johtua. Audiosignaalia kuljettaessa on otettava siis monta seikkaa huomioon, koska sen laatuun vaikuttaa monet tekijät ja ilmiöt. Audiosignaalia voidaan kuljettaa analogisena sekä digitaalisena, ja useasti tekniset järjestelmät koostuvat näiden kahden systeemin yhdistetyistä kokonaisuuksista. (Blomberg & Lepoluoto 1992 – 2005, 92 – 93.)

4.2 Analoginen signaali

Analoginen signaali on itsessään vaihtojännitettä (sähkö). Mikrofonin on sähköakustinen muunnin, joka muuntaa ilmanpaineenvaihtelun (akustisen äänen, jonka ihminen havaitsee) jännitteen vaihteluiksi (sähköksi). Tämä sähköisessä muodossa oleva aaltomuoto vastaa ilmassa kulkevaa ääntä, joka voidaan muuntaa takaisin ilmanpaineen vaihteluksi (eli akustiseksi ääneksi) kaiuttimen avulla. (Blomberg & Lepoluoto 1992 – 2005, 9.)

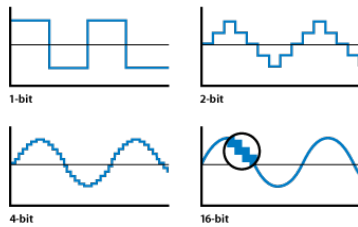
Analogisia aaltomuotoja on vaihtojännitteen lisäksi, nauhureiden magneettivuon tiheyden vaihtelut, urapoikkeamat LP-levyissä, radion kantoaallot (FM ja AM. Toimivat tosin toisistaan poikkeavalla tavalla), valonkirkkauden vaihtelut (optinen ääni filmissä), sekä vahvistimien syöttövirran vaihtelut. Analoginen signaali on siis sähkömuodossa oleva kopio akustisesta äänestä. Koska analoginen signaali on vaihtojännitettä, sen laatuun vaikuttaa sähköiset ilmiöt kuten impedanssi, sekä induktanssi ja kapasitanssi. Nämä seikat on hyvä ottaa huomioon laitteita kytkettäessä, koska esimerkiksi huonolla impedanssisovituksella hävitämme signaalista ylätaajuuksia, menetämme dynaamista

aluetta ja tarvitsemme enemmän vahvistusta, minkä takia pohjakohinat sekä muut häiriöt nousevat enemmän esiin. (Laaksonen 2006, 54 – 55)

4.3 Digitaalinen signaali

Digitaalinen signaali on numeraalinen mallinnus analogisesta signaalista, joka esitetään binäärimuodossa. Binäärijärjestelmä on kantalukujärjestelmä, jossa on kaksi arvoa, 0 tai 1. Yksittäinen numeerinen arvo (0, tai 1) on nimeltään bitti (engl. bit). Kahdeksan bittiä (esim. 01101001) muodostavat yhdessä ryhmän, jota kutsutaan tavuksi (engl. byte). Tavuja käytetään kuvaamaan tietokonemaailmassa levytilaa, johon voidaan tallentaa (kuten esimerkiksi digitaalista audiota). (Digital audio and video file format, State Records.)

Digitaalisen audion laadun määrittävät sen näytteenottotaajuus (audiokaistan leveys, eli matalin ja korkein kuultava ääni) ja bittisyvyys (dynamiikka-alueen, eli hiljaisimman ja voimakkaimman kuultavan äänen). Esimerkiksi CD-normin näytteenottotaajuus (sample rate) on 44 100 Hz (44,1kHz), eli siinä otetaan 44 100 näytettä (engl. sample) sekunnissa. Näytteenottosyvyys (bit depth) kertoo kuinka monta eri arvoa jokaisella näytteellä voi olla. CD-normin näytteenottosyvyys on 16-bittiä, mikä tarkoittaa sitä, että yhdellä näytteellä voi olla 65,536 eri arvoa. Tämä on siksi, koska näytteenottosyvyys perustuu binäärijärjestelmään. Eli jos yhdellä bitillä voi olla kaksi arvoa, niin kahdella bitillä on neljä, kolmella kahdeksan jne. Nämä näytteet voidaan ajatella esimerkiksi portaina, joista jokainen porrastaa näytteiden eri arvoja. Mitä enemmän portaita, sitä enemmän eri äänenvoimakkuuksia kyseisellä audiolla voi olla täyden hiljaisuuden ja kovimman mahdollisen äänen välillä. Esimerkiksi 1-bittinen järjestelmä ei omaa kuin kaksi arvoa, ja se voi tuottaa vain hiljaisuutta tai täyden äänentason, ei mitään siltä väliltä. Yksi bitti on kuusi desibeliä, mikä tarkoittaa sitä, että 8-bittisen audion dynamiikka-alue on teoreettisesti 48 desibeliä, 16-bittisen 96 desibeliä, 24-bittisen 144 desibeliä (kuva 8). (Digital audio, Apple; An Introduction to Digital Audio, JISC Digital Media.)



KUVA 8. Karkea kuvallinen esitys eri bittisyvyyksien näytteidenottoarvoista. (Kuva: <https://documentation.apple.com>)

CD-normin häiriötäisyys on siis 96 desibeliä (16-bittiä). Tämä kuulostaa paljolta, mutta siinä piilee yksi suuri asia, joka vaikuttaa digitaalisen audion laatuun. Yksi 16-bittinen näyte jakaantuu kahteen 8-bittiseen tavuun, joista ensimmäisellä on $65\,536 - 256 = 65\,280$ arvoa (16-bittisen näytteen kaikki arvot – 8-bittisen näytteen arvot = 16-bittisyvyyden ensimmäisen 8-bittisen tavun arvot) ja jälkimmäisellä tavulla on taas 256 eri arvoa. Tämä tarkoittaa sitä, että digitaalisen audion suurin tarkkuus (resoluutio) kasautuu dynamiikka-alueen yläpäähän, siis lähelle suurinta tasoa, joka on digitaalisessa maailmassa 0 dBFS (decibels Full Scale). Eli jos äänitetään 16-bittisyvytydellä ja signaalin taso on yli -48 dBFS, voi digitaalisella audiolla olla kymmeniä tuhansia eri arvoja, kun taas alle -48 dBFS olevalla signaalilla voi olla vain muutamia satoja eri arvoja. (Laaksonen 2006, s 72.)

Nyt siis tiedämme, että digitaalinen signaali on siis numeraalinen mallinnus analogisesta signaalista, jossa näytteenottotaajuus kertoo kuinka monta näytettä otetaan analogisesta signaalista sekunnissa (eli voidaan ajatella horisontaalisesti). Näytteenottosyvyys taas kertoo kuinka monta eri arvoa tällä digitaalisella signaalilla voi olla dynamiikka-alueita kuvaavassa suunnassa (eli voidaan ajatella vertikaalisesti), sekä kuinka suuri hyötysignaali-kohinasuhde (signal-to-noise-ratio) digitaalisella audiolla on. (An introduction to Digital Audio, JISC Digital Media.)

Yksi 16-bittinen näyte (sample) muodostuu kahdesta 8-bittisestä tavusta. Kun analoginen signaali muutetaan digitaaliseen muotoon analog-to-digital muuntimella, näytteenottosyvyys sekä näytteenottotaajuus määräävät kuinka monta näytettä otetaan per sekunti analogisesta signaalista. Mitä enemmän näytteitä otetaan, sitä yhteneväisempi ja tarkempi mallinnus saadaan analogisesta signaalista aikaiseksi. Suuret näytteenottotaajuudet vievät tietenkin enemmän tilaa kovalevyllä, jolle data tallennetaan. Tallennustilan määrä tietyllä näytteenottotaajuudelle voidaan laskea kaavalla: (An introduction to Digital Audio, JISC Digital Media.)

Tässä on esimerkiksi CD-normin tallennus tilavaatimus per sekunti:

näytteenottotaajuus x kanavamäärä x yhden näytteen tavujen määrä

$$44100 \times 2 \text{ (kaksi kanavaa)} \times 2 \text{ (kaksi tavua per yksi 16-bittinen näyte)} = 176\,400 \text{ Bytes} \\ \approx 0,18 \text{ MB}$$

$$\text{eli minuutti vaatii } 60 \times 0,18 \text{ MB} \approx 10,8 \text{ MB}$$

$$\text{ja tunti taas puolestaan } 60 \times 10,8 \text{ MB} \approx 648 \text{ MB}$$

Näytteenottotaajuus, sekä näytteenottosyvyys vaikuttavat myös siihen, kuinka nopeaa siirtokaistaa vaaditaan. Tämä tekijä ei suoranaisesti vaikuta esimerkiksi CD:n kuunteluun esimerkiksi CD-soittimelta, mutta se vaikuttaa siihen kuinka laadukasta audiota voidaan esimerkiksi lähettää digitaalista siirtoväylää pitkin, tai vaikka kuunnella netistä. Tämä voidaan myös selvittää laskukaavalla: (An introduction to Digital Audio, JISC Digital Media.)

näytteenottosyvyys x näytteenottotaajuus x kanavamäärä = b/s

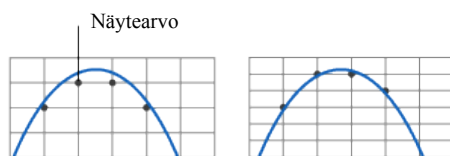
Esimerkiksi CD-normin siirtonopeus

$$16 \times 44100 \times 2 = 1\,411\,200 \text{ b/s} \\ = \text{n. } 1,4 \text{ Mb/s}$$

Digitaalisen audion kaksi laatutekijää ovat näytteenottotaajuus, joka määrittää korkeimman kuultavan taajuuden toistettavassa audiossa, sekä näytteenottosyvyys, joka puolestaan määrittää audion dynamiikka-alueen (voimakkaimman ja hiljaisimman äänen). CD:n normi näytteenottotaajuus on 44,1 kHz, mikä tarkoittaa sitä, että teoreettisesti korkein kuultavin taajuus on 22,05 kHz. Tämä johtuu siitä, että korkeimmalle kuultavalle taajuudelle (siis sen kokonaiselle syklille) on oltava kaksi näytettä. Yksi positiiviselle puoliaallolle ja yksi negatiiviselle puoliaallolle. Jos tätä korkeampia taajuuksia näytteistetään (digitalisoidaan), alkaa muodostumaan anti-aliaksia, jotka ovat siis niin kutsuttuja riitasointuja. Nämä riitasoinnut muodostuvat matalammalle taajuudelle, kuin niiden alkuperäinen aiheuttaja. Esimerkiksi 23 kHz signaali muodostaa 17 kHz taajuudelle häiriösignaalin. Tästä ongelmasta päästään eroon alias-suotimella, jolla suodatetaan pois taajuudet, joita ei voida muuntaa digitaaliseksi.

Tämä prosessi tapahtuu siis analog-to-digital-muuntimessa ennen kuin analoginen audio digitoidaan, ja se on PCM-muunnoksen ensimmäinen aste (tulosuodin). Kyseessä on siis alipäästösuodin (low pass-filter), jolla suodatetaan pois hyötykaistaa korkeammat taajuuudet. Syy miksi CD:n näytteenottotaajuus on suurempi kuin suurin taajuus minkä ihminen voi kuulla on se, että alias-suotimelle pitää olla tilaa suodattaa pois hyötykaistaa korkeammat taajuuudet, ilman että audion korkeimmat taajuuudet vaimenevat tarpeettomasti. Toinen filtti on digital-to-analog muuntimessa. Koska korkeimmille taajuuksille on vain kaksi näytettä per sykli, muuntajan ulos tuleva analoginen signaali muodostuu kanttimaiseksi ja muodostaa harmonista säröä. Tästä säröstä päästään eroon lähtösuotimella, jolla suodatetaan pois harmoniset kerrannaiset. (Laaksonen 2006, 66 – 69.)

Kvantisointi tarkoittaa analogisesta signaalista mitatun arvon pyöristämistä lähimpään digitaalisen asteikon lukuarvoon (engl. quantization). Karkeana esimerkkinä voisi olla; jos analoginen signaali olisi 1.15 V, niin A/D-muunnin pyöristäisi sen arvoon 1 voltti, jos tämä olisi lähin mahdollinen arvo (kuva 9). Tätä ilmiötä kutsutaan kvantisointivirheeksi (engl. quantizing error, tai rounding error), joka aiheuttaa kohinaa voimakkailla äänentasoilla ja särön tyyppistä ääntä hiljaisilla tasoilla. Voimakkailla äänentasoilla kohina on laaja-alaista ja muistuttaa analogisten laitteiden pohjakohinaa (tällöin käytetään nimeä kvantisointikohina), ja hiljaisilla tasoilla se muistuttaa analogisten laitteiden ylioheutumisvärinää (tällöin käytetään nimitystä kvantisointisärö). (Digital audio, Apple; Laaksonen 2006, 83 – 87.)



KUVA 9. Vasemman puoleinen kuva näyttää analogisen aaltomuodon, sekä näytearvojen paikat. Oikean puoleinen kuva esittää näytearvoihin pyöristettyä signaalia. Kvantisointisärö muodostaa harmonisia kerrannaisia ja aiheuttaa säröä hyötysignaaliin. (Kuva: <https://documentation.apple.com>)

Kvantisointivirheen aiheuttamasta säröstä päästään eroon käyttämällä linearisointikohinaa (engl. dither) äänitteen loppuprosessissa. Dither on erityisesti suunniteltua kohinaa, joka korvaa kvantisoinnista johtuneen särön. Dither-kohina moduloi vähiten merkitsevää bittiä ja tällä tavalla korvaa kvantisointisärön. Tätä ilmiötä harvemmin kuulee (yksi syy on nykyisten populaarimusiikin tallenteiden

masteroimisprosessissa, missä äänite "lytätään" ja sen tasot ovat lähellä 0 dBFS koko ajan), mutta ditheriä on hyvä käyttää "vakuutuksena" äänitteen loppuprosessissa. (Digital Show & Tell, Xiph.org.)

Analogisen audion muuntaminen digitaalseksi noudattaa seuraavaa järjestystä:

- Suodatus (tulosuodatus aka alias-filtter, sekä lähtösuodatus)
- Näytteistys (analoginen signaali muutetaan numeroarvojen jonoksi)
- Kvantisointi (jokainen mitattu näyte pyöristetään lähimpään digitaalisen asteikon numeroarvoon)
- Binaarimuunnos (äskeisten prosessien tuloksena saatu signaali muutetaan numeroarvoiksi. (Laaksonen 2006, 70.)

Tämän jälkeen analoginen signaali on muutettu digitaalseksi audioksi. Pakkaamatonta digitaalista audio-formaattia kutsutaan lineaariseksi PCM:i (linear pulse-code-modulation). Audiosekvensserit (Pro Tools, Cubase jne), käyttävät wrappereita (digitaalisia audioformaatteja), jotka ovat esimerkiksi wav (waveform audio format) ja aiff (audio interchange file format). Nämä tiedostomuodot ovat siis säiliöitä tälle pakkaamattomalle digitaaliselle datalle. Wav ja aiff ovat yhteen sopivia Windows, Macintosh ja Linux käyttöjärjestelmissä. Wav ja aiff myös käyttävät little-endian tavujärjestystä, joten oikeastaan ne ovat sama asia, mutta käyttävät eri päätettä. Yksi ero on siinä, että aiff pystyy tallentamaan metadataa, jota wav formaatti ei pysty. European Broadcast Union on tehnyt wav-formaattiin parannuksen, joka on Broadcast Wave Format (BWF). Se pystyy tallentamaan metadataa ja on yhteensopiva aikaisemman Wav formaatin kanssa. Kyseistä BWF-formaattia käyttää esimerkiksi Pro Tools ja Cubase. (An introduction to Digital Audio, JISC Digital Media.)

4.4 32-bit floating point

Kolmas nykyään käytetty bittisyvyys on 32-bit floating point. Se antaa teoreettisesti 1680 desibelin dynamiikka-alueen. Vaikka A/D-muuntimet toimivat yleensä 24-bittisinä, niin tiettyjä hyötyjä saadaan 32-bit floating point:n formaatin käyttämisestä. Moniraitaohjelman (kuten Pro-Tools) projektin pyörittäminen kyseisellä bittisyydellä antaa lisää yliohjausvaraa (head room) projektin sisällä. Esimerkiksi audiosuite-

liitännäisten prosessoinnissa se helpottaa yliohjauksen vaaraa. Kuvissa 10 – 15 esitän kuinka signaalin prosessointiin vaikuttaa kyseinen bittisyvyys. (Pro-Tools 10: Benefits of 32-bit floating point audio, Ask Audio.)



KUVA 10. Pro-Tools-projekti ja tiedosto ovat bittisyvyydeltään 32-bit floating point. Tiedosto on analysoitu Gain audiosuite-liitännäisellä ja sen huiput ovat -4,5 dBFS. (Kuva: Jarno Valkonen)



KUVA 11. Tiedoston tasoa on nostettu Gain audiosuite-liitännäisellä niin paljon, että sen huiput ovat leikkaantuneet. (Kuva: Jarno Valkonen)



KUVA 12. Tiedoston taso on laskettu takaisin Gain audiosuite-liitännäisellä ja huiput ovat palautuneet normaaleiksi. 24-bit fixed point-bittisyvyydellä tämä ei onnistu. (Kuva: Jarno Valkonen)



KUVA 13. Pro-Tools-projekti ja tiedosto ovat bittisyvyydeltään 24-bit fixed point. Tiedosto on analysoitu Gain audiosuite-liitännäisellä ja sen huiput ovat -4,5 dBFS. (Kuva: Jarno Valkonen)



KUVA 14. Tiedoston tasoa on nostettu Gain audiosuite-liitännäisellä niin paljon, että sen huiput ovat leikkaantuneet. (Kuva: Jarno Valkonen)



KUVA 15. Tiedoston taso on laskettu takaisin Gain audiosuite-liitännäisellä ja huiput ovat yhä leikkaantuneet. Tiedoston taso on vain laskenut. (Kuva: Jarno Valkonen)

32-bit floating point lisää näytteiden määrää ja antaa muutamia etuja signaalin prosessoinnissa, kuten äsken nähdyn esimerkin ilmentämän moniraitaohjelman sisäisen prosessointivaran, ja poistaa Audiosuite-liitännäisten tarpeettoman linearisointikohinan (dither), sekä sisäisen prosessoinnin aiheuttamat kvantisointivirheet. Signaalin

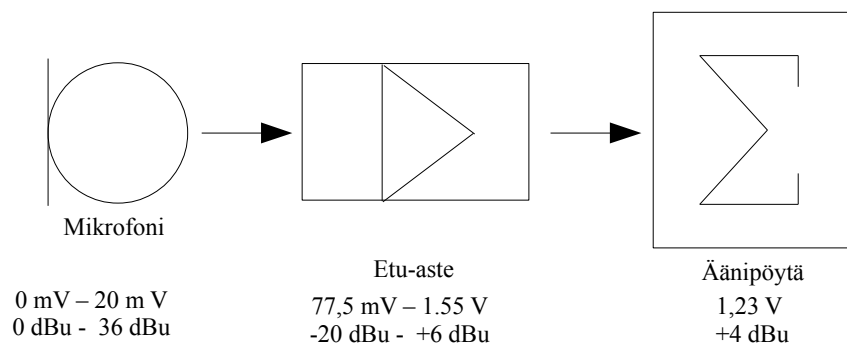
prosessointi laitteen sisällä helpottuu, koska sitä ei ylioahjaa niin helposti. Esimerkiksi Soundcraft-valmistajan Vi1-mikseri käyttää 32-bit floating point-näytteenottosyvyyttä sisäisessä prosessoinnissa. (Pro-Tools 10: Benefits of 32-bit floating point audio, Ask Audio; Soundcraft Vi1 user guide, Soundcraft.)

5 SIGNAALITASOT

Äänitekniikassa sähköisesti siirrettävien signaalien tasot voidaan jakaa kolmeen pääluokkaan. Nämä ovat mikrofonitasoinen, linjatasoinen, sekä kaiutintasonen signaali. Jokaisella laitteella on oma nimellistaso, jolla se pystyy toimimaan. Joten tämän takia on hyvä tietää millä tasolla operoidaan, jotta ei hukuta hyötysignaalia laitteen pohjakohinoihin, tai yliaja signaalia särölle sen sisäänmenossa.

5.1 Mikrofonitasoinen signaali

Mikrofonien tuottama jännite on suhteellisen matala. Dynaamisten mikrofonien tuottamat jännitteet ovat muutamia millivolteja ja kondensaattorimikrofonit tuottavat joitain kymmeniä millivolteja. Mikrofonien tuottama matalajännite nostetaan esimerkiksi äänipöydän etu-asteessa linjatasoiseksi, jotta kyseisen laite pystyy sitä käsittelemään (kuva 16). On mahdollista että mikrofonin signaali säröytyy etu-asteessa ennen kuin sitä on vahvistettu (gain) yhtään. Tällöin voi mikrofonista itsestään, tai äänipöydästä laittaa vaimennus-kytkimen päälle (pad). Tämä laskee signaalin tasoa esimerkiksi -20 desibeliä, jolloin signaali saada säröytymättömänä sisään ja voidaan nostaa järkevälle tasolle. (Laaksonen 2006, 97.)



KUVA 16. Signaalitasoja. (Kuva JarnoValkonen)

5.2 Linjatasoinen signaali

Linjatasoista signaalia käyttävät esimerkiksi äänipöydät, dynamiikkaprosessorit, efektilaitteet. Mikrofonisignaalin ja linjatasoisensignaalin jakaa karkeasti testitaso 77,5 mV (Heiduska 2006 – 2013). Linjatasoisia signaaleita on käytössä kahdenlaisia.

Ammattilaitteissa linjatasoinen signaali on yleensä välillä 77,5 mV (-20dBu) – 1,55 V (+6 dBu), mutta korkeampiakin tasoja on käytössä, kuten 2,18 V (+9 dBu). Yleisin käytössä oleva nimellistaso on kuitenkin +4 dBu:a (1,23 V) ja lähes kaikissa linjatasoisia signaaleja käsittelevissä ammattilaisaudiolaitteissa tämä on nimellistaso. Tämä ei tarkoita sitä, etteikö kalusto pystyisi käsittelemään korkeampia signaalitasoja. Useimmat ammattilaitteet pystyvät käsittelemään esimerkiksi +20 - +22 dBu tasoja. Yleinen toimintataso on sovittu siksi, että audiosignaalin siirtotiessä pyritään yhdenmukaisuuden vuoksi pitämään signaali näissä lukemissa. (Blomberg & Lepoluoto 1992 - 2005, 112; Laaksonen 2006, 98.)

Toinen linjatasoinen signaali on -10dBV, joka on niin sanotusti puoliammattilaistaso. Tämä taso on käytössä useimmissa hifi-laitteissa. Yleensä myös näiden laitteiden ulostulot ovat balansoimattomia ja käyttävät RCA-liittimiä. Jos näitä laitteita halutaan kytkeä ammattiaudiolaitteiden linjasisääntuloihin, niin niihin on olemassa Aphex-merkkisellä valmistajalla linjamuuntimia. Aphexin 124A-linjamuuntimella signaali voidaan vahvistaa ammattilaistasolle, balansoida, sekä muuntaa sen impedanssi linjasisääntuloihin sopivaksi. Toinen tapa on käyttää tapaukseen modifioitua kaapelia. (Blomberg & Lepoluoto 1992 - 2005, 112; Laaksonen 2006, 98.)

5.3 Instrumenttitasoinen signaali

Tämä signaalitaso on mikrofoni- ja linjatasoisen signaalin välillä. Karkeasti sanoen noin -20 dBu (77,5 mV). Instrumenttitasoista signaalia tuottavat esimerkiksi sähkökitara ja sähköbasso. Jos halutaan kytkeä esimerkiksi sähkökitaran suorasignaali äänipöytään, niin mikrofoni etu-asteen väliin on kytkettävä DI-boxi (direct inject-box). Tämä muuntaa kitaran korkea-impedanssisen signaalin matala-impedanssiseksi ja korkea jännitteisen signaalin matala jännitteiseksi, joka sopii mikrofoni etu-asteelle. Jotkut instrumentit, jotka omaavat aktiivimikrofonit, tuottavat korkeamman jännitteen kuin passiiviset versiot. Myös ne tarvitsevat toimiakseen ulkoisen virtalähteen, joka on yleensä 9 voltin paristo (Heiduska 2006 – 2013.)

5.4 Kaiutintason signaali

Linjatasoinen signaali vahvistetaan tehovahvistimella kaiutin-tasoiseksi, joka sitten toistetaan tämän jälkeen kaiuttimista. Kaiutintasoiset signaalit ovat tätä kokoluokkaa (Blomberg & Lepoluoto 1992 - 2005, 112.):

20 V = + 28 dBu (Suomessa harvinainen)

25 V = + 30 dBu (Suomessa harvinainen)

50 V = + 36 dBu (Suomessa melko harvinainen)

70 V = + 39 dBu (Suomessa yleisin)

100 V = + 42 dBu (Suomessa yleinen)

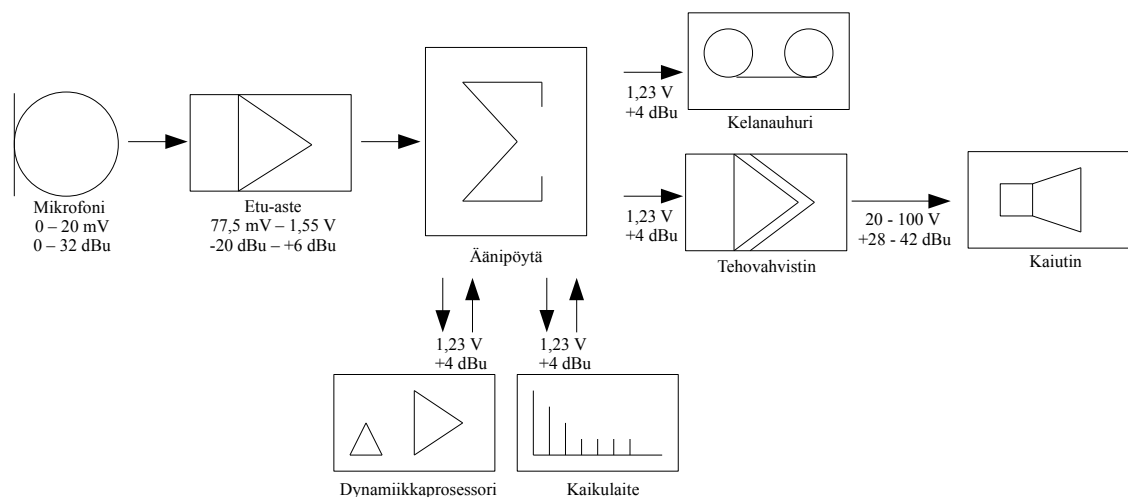
Kaiutintason signaali on sen verran voimakas, että se ei enää ole kovin häiriöaltis. Mutta jos esimerkiksi saliäänen äänipöytä on kytketty eri sähköihin kuin vahvistimet, niin voi näiden välille tulla maapotentiaali ero, mikä aiheuttaa häiriöitä linjoissa.

6 KÄYTETTÄVÄT LAITTEET

Analogitekniikassa ja digitaalitekniikassa äänen käsittelyssä tehdään asioita samalla periaatteella, mutta molemmat tekniikat poikkeavat toisistaan huomattavasti. Kummankin tekniikan eroavaisuuksia käydään seuraavaksi läpi.

6.1 Analogiset laitteet

Analoginen signaali on siis vaihtojännitettä ja se on alati muuttuvaa, eli vastakohta asialle, jolla on rajoitettu määrä arvoja tietyllä alueella (kuten digitaalitekniikassa). Seuraavaksi käsitellään analogisia laitteita, joilla signaalia käsitellään (kuva 17). (Laaksonen 2006, 98.)



KUVA 17. Signaalipolku mikrofonilta kaiuttimelle ja esimerkkejä signaalitasoista matkan aikana. (Kuva: Jarno Valkonen)

6.1.1 Mikrofoni (sähköakustinen muunnin)

Mikrofoni muuntaa ilmanpaineen vaihtelut (äänen) sähköiseksi vaihteluksi, joka kuljetetaan mikrofonikaapelia pitkin etuasteelle, jossa signaali vahvistetaan linjatasoiseksi. Mikrofoneja on monentyyppisiä, mutta ne voidaan jakaa karkeasti kahtia sähköisen

toimintaperiaatteensa mukaan; dynaamisiksi mikrofoneiksi tai kondensaattorimikrofoneiksi. (Blomberg & Lepoluoto 1992 - 2005, 33 – 40.)

Dynaamisen mikrofonin toimintaperiaate perustuu sähkömagneettiseen induktioon. Mikrofonin kalvo on kiinnitetty johtokelaan, joka liikkuessaan kestopagneetin muodostamassa magneettikentässä, saa aikaan ilmanpaineen vaihteluita vastaavaa vaihtojännitettä. Tällä periaatteella tehdyt dynaamiset mikrofonit ovat kestäviä ja sietävät suuriakin äänenpaineita. Toinen dynaaminen mikrofonityyppi on nauhamikrofoni. Se ei sisällä johtokelaa, vaan kestopagneetin välissä on taiteltu nauha. Koska siihen ei ole kiinnitetty ”painavaa” kela, sen taajuus- ja vaihevaste on erittäin hyvä, mutta miinuspuolena se on myös herkkä hajoamaan. (Blomberg & Lepoluoto 1992 - 2005, 33 – 40.)

Kondensaattorimikroni toimii muuttuvan kapasitanssin perusteella (sähkövarauksen ja systeemin osien välisen sähköpotentiaalieron suhteen perusteella). Tässä mikrofonissa on myös kalvo, mutta sitä ei ole kiinnitetty kelaan, vaan se on sijoitettu lähelle takalevyä. Tällöin ne muodostavat yhdessä ilmaeristeisen kondensaattorin, jonka kapasitanssi vaihtelee eristävän ilmakerroksen paksuuden vaihtelun mukaan. Tämä mikrofoni tarvitsee käyttöjännitteen (Phantom +48-jännite) toimiakseen. Kun kalvon ja takalevyn välille kytketään tasainen polarointijännite, yhdistelmän vaihteleva kapasitanssi aiheuttaa tasajännitteen moduloitumisen kalvon vastaanottaman ilmanpaineen vaihteluiden (äänen) aiheuttaman värähtelyn tahdissa. Kondensaattori mikrofonin tuottama jännite on erittäin matala, joten mahdollisimman lähelle mikrofonin kapselia sijoitetaan impedanssisovitettu esivahvistin. Esivahvistin on joko FET-operaatiovahvistimilla, tai putkivahvistimilla toteutettu. Tarkoituksen on tarjota mikrofonin kapselille erittäin suuri sisäänmeno impedanssi, sekä matala impedanssi taas mikrofonin ulostulolle. (Blomberg & Lepoluoto 1992 - 2005, 33 – 40.)

6.1.2 Etuaste (esivahvistin)

Etuasteelle tuleva signaali vahvistetaan linjatasoiseksi, jotta sitä pystytään käsittelemään esimerkiksi äänipöydässä ja muissa dynamiikkaprosessoreissa, sekä efektilaitteissa. Etuasteita on transistori- sekä putkimallisia, jotka eroavat tekniikaltaan ja äänenlaadultaan toisistaan, mutta tarkoitus on sama. Etuasteet voivat vahvistuksen lisäksi mahdollisesti

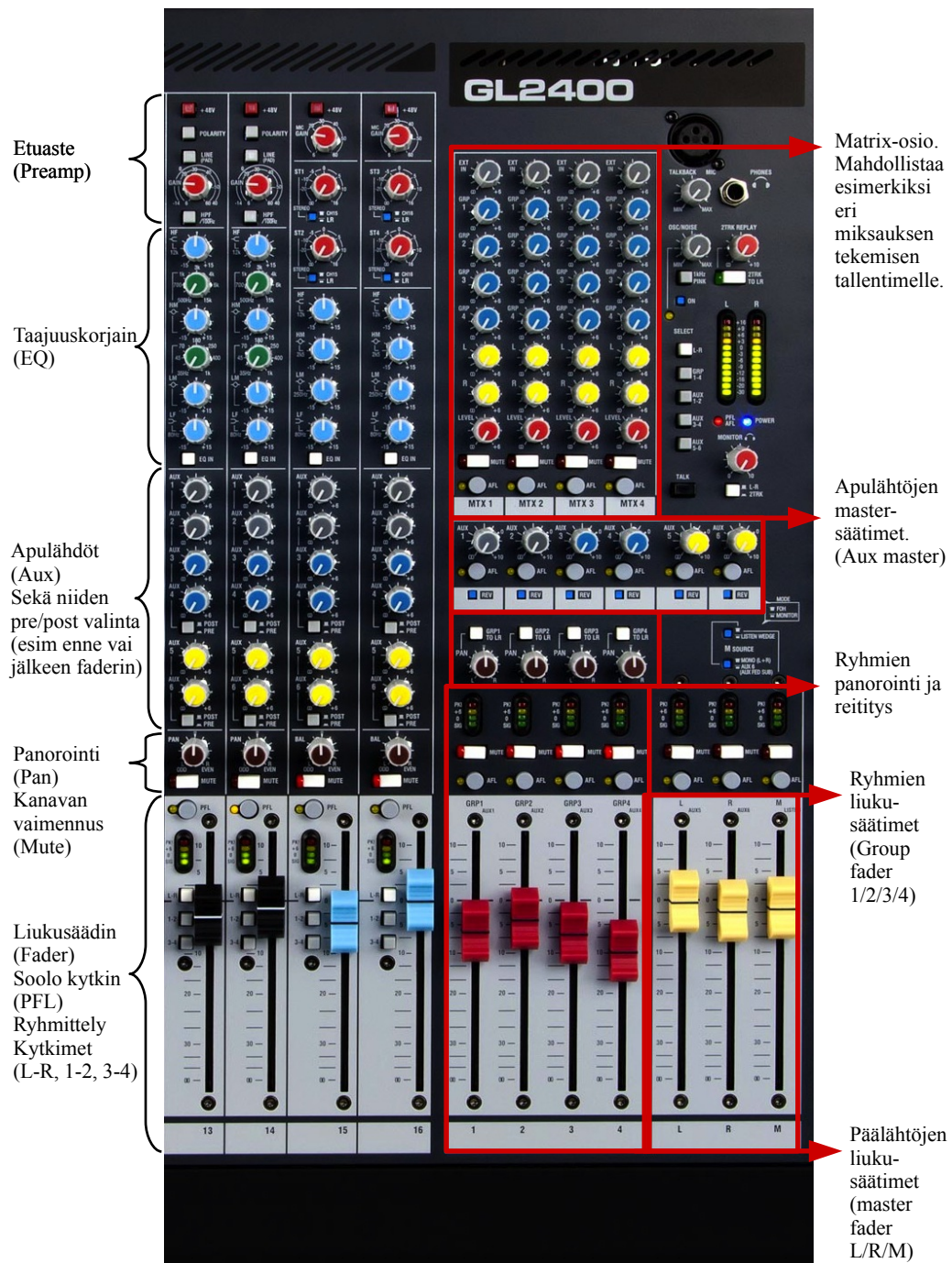
sisältää vaiheenkäännön (engl. phase tai polarity. Tällä voidaan kääntää signaalin polariteetti, eli vaihe), vaimennuskytkimen (pad), sekä ylipäästösuotimen (high-pass filter). Kuvassa 18 on näkyvät kyseiset toiminnot. Jos etuaste sisältää taajuuskorjaimen (EQ), dynamiikkaprosessorin (comp/gate) ja muita signaalin prosessointi välineitä, kutsutaan näitä kanavalohkoiksi (engl. channel strip). (Blomberg & Lepoluoto 1992 - 2005, 40.)



KUVA 18. Allen&Heath valmistajan GL2400 äänipöydän kanavan etuasteosio. Siinä on esillä perinteiset ominaisuudet, kuten phantom-virransyöttö (+48V), vaiheenkääntö (Polarity), signaalin vaimennus ja sisääntulon valinta (Line/Pad), vahvistuksen säätö (Gain) ja Ylipäästösuodin (HPF). (Kuva: www.allen-heath.com)

6.1.3 Äänipöytä (mikseri)

Äänipöytä koostuu useista eri kanavista, jotka yleensä sisältävät mikrofoni etu-asteen, linjasisääntulon (line input), taajuuskorjaimen (equalizer, EQ), apulähdöt (auxiliar send, AUX), äänilähteen panoroinnin (pan, määrätään äänen sijoittumista stereokuvassa) ja kanavan lähtötason liukusäätimen (fader). Taajuuskorjaimella säädetään signaalin taajuusvastetta, eli voidaan esimerkiksi laskea matalia taajuuksia suhteessa korkeisiin. Liukusäätimellä määritetään äänipöydässä eteenpäin lähtevän signaalin taso. Äänipöydässä voidaan summata monen eri mikrofoniin signaali, sekä kytkeä siihen erilaisia dynamiikkaprosessoreita ja efektilaitteita. Ulkoisten prosessoreiden, sekä äänipöydän nimellistaso on +4 dBu, joka on ammattiaudiolaitteiden toimintataso. Tästä signaali voidaan kuljettaa esimerkiksi tehovahvistimelle, jolla signaali vahvistetaan kaiutin-tasoiseksi, tai sitten tallentaa se esimerkiksi kelanauhurille. (Laaksonen 2006, 116-117.)



KUVA 19. Kuvassa on Allen&Heath valmistajan GL2400 äänipöydän sisääntulevia kanavia. Kaksi mono-kanavaa (mustat säätimet), kaksi stereo-kanavaa (siniset säätimet). Master osio, eli uloslähtevien kanavien säätimet. Ryhmä säätimet (group channels, punaiset säätimet) ja päälähdöt (master faders, keltaiset säätimet). (Kuva: www.allen-heath.com)

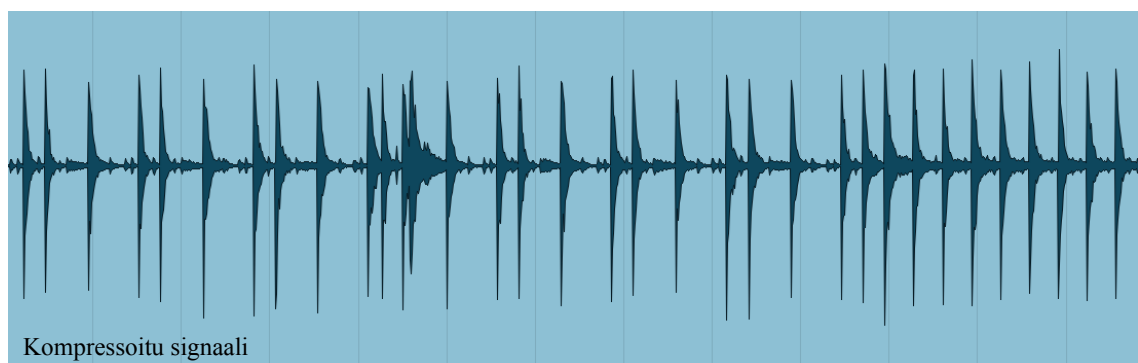
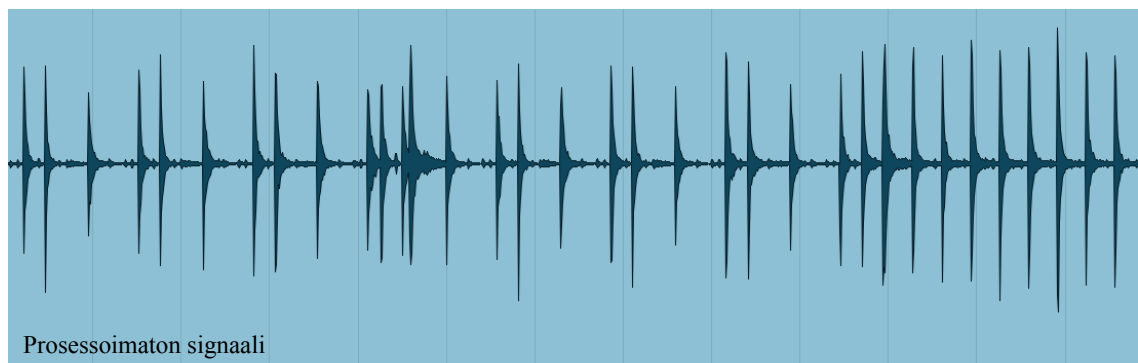


KUVA 20. Allen&Heath valmistajan GL2400 äänipöydän sisäänmenoja (inputs) ja ulostuloja (outputs). Näiden lisäksi löytyy pöydän insert-pisteitä, johon dynamiikkaprosessorit kytketään. Myös lähes keskeltä kuvaa löytyy apulähdöt (aux 1 - 6), joita käytetään esimerkiksi efektien (delay, reverb jne) syöttöihin. (Kuva: www.allen-heath.com)

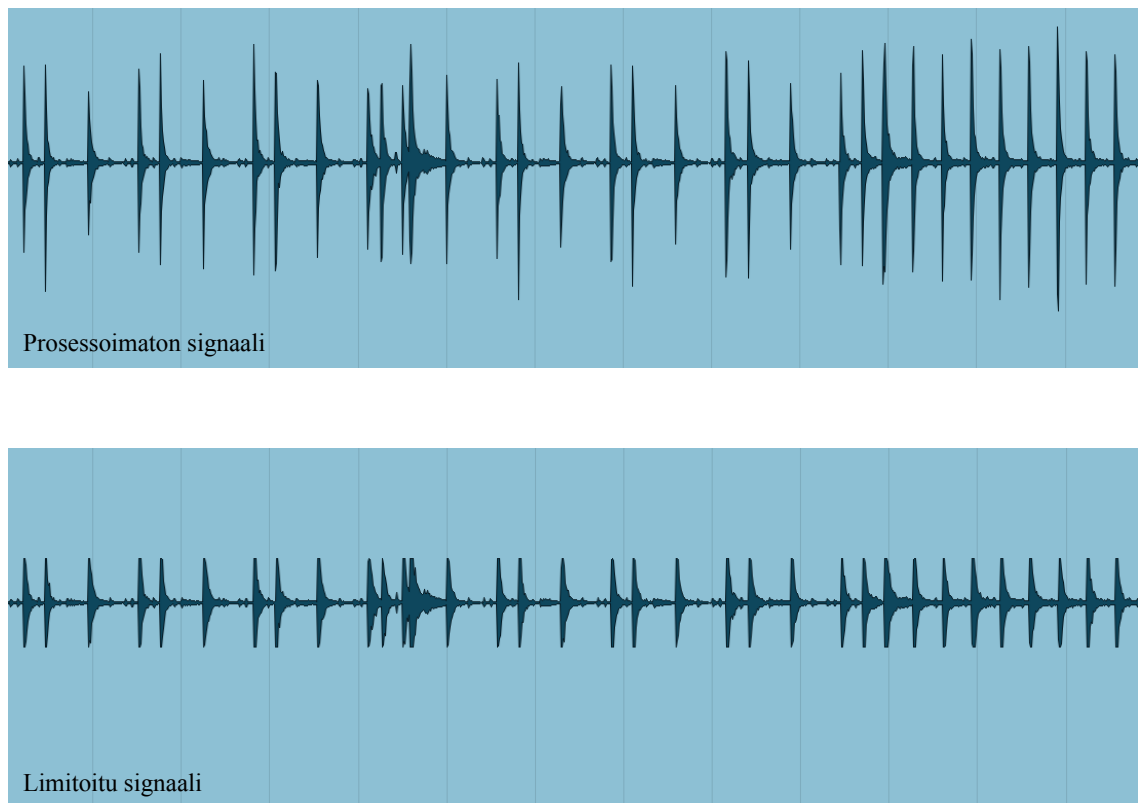
Kuvan 19 master-osioissa on ylälaidasta alkaen matrix-osio, jolla voidaan tehdä erillisiä miksausia esimerkiksi tallentimelle, kuten PA:lle. Niiden alapuolella on apulähtöjen (aux) master-säätimet, jotka pitää olla auki, kun näitä lähtöjä käyttää, koska ne vaikuttavat kaikkien apulähtöjen signaalin tasoon. Seuraavaksi on ryhmälähtöjen reititys (ohjataan kyseinen ryhmä päälähtöihin vai ei) ja panorointi (esimerkkinä jos ajaa rumpuja stereona ryhmän 1-2 kautta, niin nämä ryhmät tulee olla panoroitu vasemmalle [ryhmä 1] ja oikealle [ryhmä 2]). Äänipöydän monitoriosiossa (Console Monitor) on kuulokeulostulo, mahdollisuus ajaa signaaligeneraattoria eri ulostuloihin, sekä ohjata talkback-mikrofoni eri ulostuloihin, joista näkyy esimerkki kuvassa 20. 2-track in/out osiota voidaan käyttää esimerkiksi kytkemään jokin tallennin tai CD-soitin äänipöytään. Kyseistä äänipöytää voidaan käyttää saliaänimikserinä (FOH), tai monitorimikserinä. Se on kytkimellä valittavissa; kumpaan tarkoitukseen pöytää halutaan käyttää ja sen ominaisuudet muuttuvat tämän valinnan myötä huomattavasti. (GL2400 User guide 2005, Allen&Heath.)

6.1.4 Dynamiikkaprosessori

Äänipöydän insert-pisteisiin voidaan kytkeä erilaisia dynamiikkaprosessoireita, jotka muokkaavat audiosignaalia. Nämä prosessorit muokkaavat nimensä mukaan signaalin dynamiikkaa, eli amplitudia, siis sen tasoa. Kompressorit ovat dynamiikkaprosessorit (kuva 25), jonka tarkoitus on kompressoida signaalia pysymään tiettyjen arvojen sisällä. Jos signaalin taso nousee esimerkiksi +4 dBu:n tasolle ja kompressorin raja (threshold) on asetettu 0 dBu:n tasoon, sekä sen arvo (ratio) on 1:2 (eli yhden suhde kahteen), signaali kompressoituu. Tämä tarkoittaa että ilman kompressorit, signaali taso olisi siis +4 dBu:a ja kompressorin ollessa välissä, signaali nousee vain +2 dBu:n. Kompressorit siis supistaa dynamiikkaa. Tällä saadaan pidettyä äänilähteiden voimakkuusvaihtelut kurissa. Eli jos esimerkiksi laulaja laulaa todella kovaa ja myös todella hiljaa, niin saamme tämän dynamiikka-alueen kapeammaksi (kuva 21). Toinen kompressorit vastaava dynamiikkaprosessori on limiterit, joka toimii pääperiaatteeltaan kuin kompressorit, mutta omaa 1:∞ arvon (yhden suhde äärettömään). Tämä tarkoittaa sitä, että se "pysäyttää" signaalin kokonaisuudessa siihen rajaan (threshold), mihin se on asetettu (kuva 22). (Blomberg & Lepoluoto, 2005, 80 - 83).

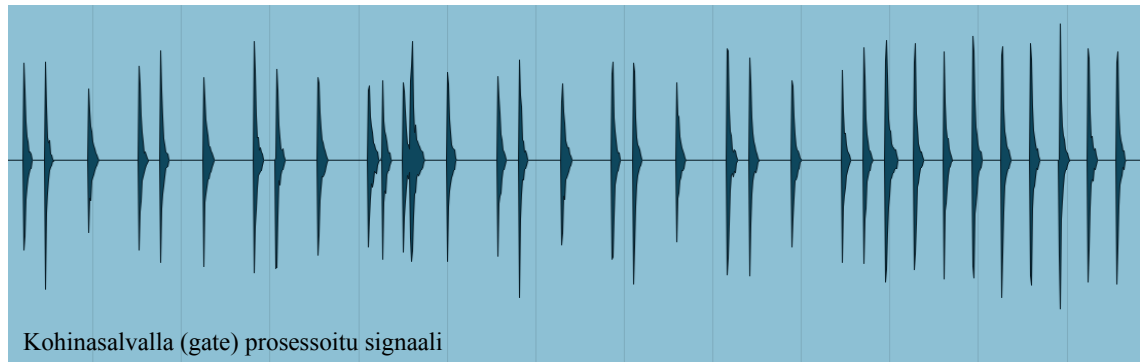
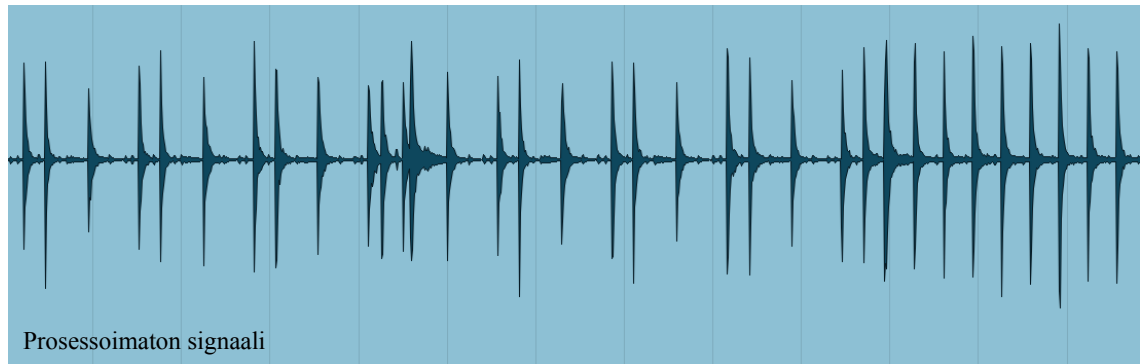


KUVA 21. Prosessoimaton ja kompressorilla prosessoitu signaali. (Kuva: Jarno Valkonen)

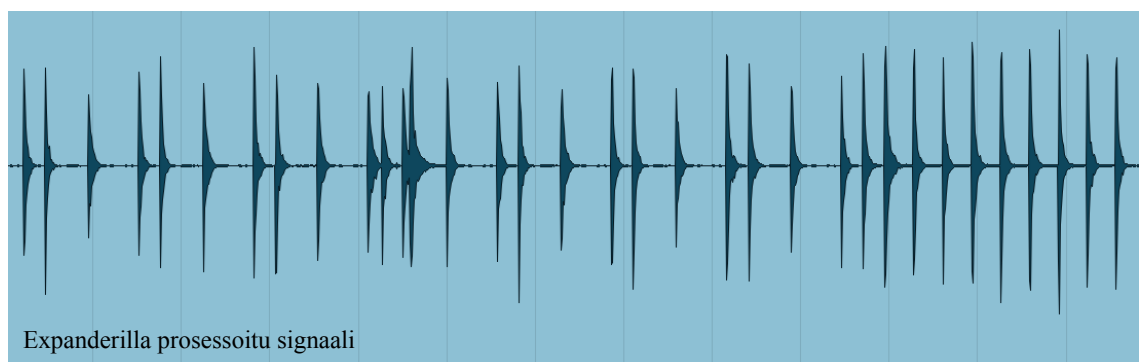
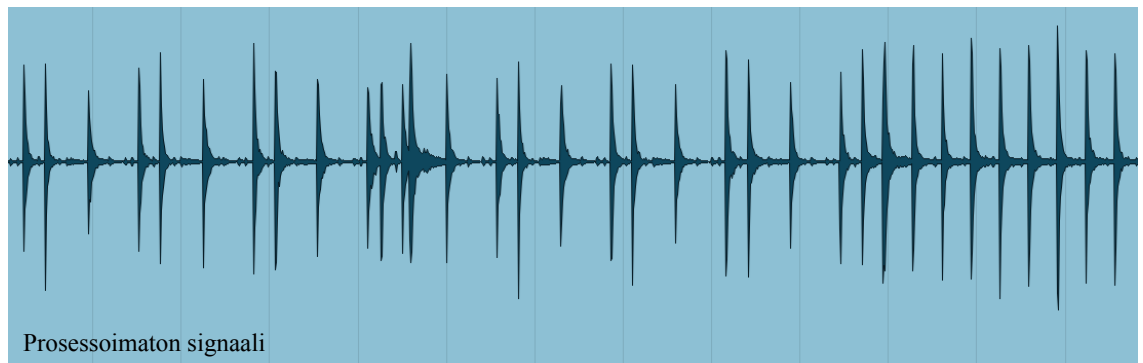


KUVA 22. Prosessoimaton ja limitoitu signaali. (Kuva: Jarno Valkonen)

Kolmas dynamiikkaprosessori on kohinasalpa (gate). Tämän laitteen on tarkoitus katkaista signaalin kulku, kun se alittaa sille asetetun rajan (threshold). Jos kohinasalvan rajaksi on asetettu -20 dBu, niin aina kun signaali on tätä arvoa pienempi, signaali ei kulje läpi ja kanava on niin sanotusti mykkä. Tätä käytetään esimerkiksi rumpujen lähimikrofoneissa, jos halutaan poistaa muista rumpusetin osista tuleva vuoto esimerkiksi tom-tom rumpujen mikrofonista (kuva 23). Kohinasalpaa (gate) vastaava prosessori on ekspanderi. Tämä tekee saman asian kuin kohinasalpa, mutta vain lievempänä. Se ei katkaise kokonaan signaalin kulkua, vaan vaimentaa signaalia sille asetetun raja-arvon alapuolelta (kuva 24). Dynamiikka-prosessorit kytketään analogisissa (sinänsä myös digitaalisissa) insert-pisteeseen, joka ottaa signaalin äänipöydästä etu-asteen jälkeen. (Blomberg & Lepoluoto, 2005, 83 – 84.)



KUVA 23. Prosessoimaton ja kohinasalvalla prosessoitu signaali. (Kuva: Jarno Valkonen)



KUVA 24. Prosessoimaton ja expanderilla prosessoitu signaali. (Kuva: Jarno Valkonen)

Dynamiikkaprosessoreita (kuva 25) voidaan myös ohjata ulkoisella signaalilla. Tätä ominaisuutta kutsutaan nimellä sivuketju (engl. side chain). Tällä ominaisuudella saadaan esimerkiksi kompressor kompressoimaan jotain haluttua signaalia silloin, kun toinen signaali soi (esimerkiksi sillä voidaan ohjata kompressoria vaimentamaan kitararaitoja silloin kuin laulaja laulaa).



KUVA 25. Kaksikanavainen compressor/limiter/gate.

(Kuva: <http://tatendaudio.files.wordpress.com>)

6.1.5 Efektilaitteet

Toisin kun dynamiikka-prosessorit, efektilaitteet kytketään äänipöytään apulähtöjen (aux-output) kautta ja palautetaan takaisin pöydän kanaviin. Tämä johtuu siitä, että koko signaalia ei haluta prosessoida efektilaitteen läpi, vaan lähettää signaali efektilaitteelle ja palauttaa efektoitu ääni takaisin äänipöytään, jossa voimme miksata efektiä suoran signaalin joukkoon. Efektilaitteita on esimerkiksi erilaiset kaiku- ja kaiuntalaitteet (reverb, echo) ja viivelaitteet (delay). (Blomberg & Lepoluoto, 2005, 85 – 87.)

6.1.6 Tehovahvistin

Äänipöydästä lähtevä linjatasoinen signaali vahvistetaan tehovahvistimella kaiutintasoiseksi. Kaiutintasoinen signaali on useita kymmeniä voltteja. Kaiutin muuntaa sähköiset vaihtelut takaisin ilmanpaineen vaihteluiksi, eli akustiseksi ääneksi. Kaiutin toimii siis kuin mikrofoni, mutta vain toisin päin.

(Blomberg & Lepoluoto, 2005, 41.)

6.1.7 Kelanauhuri

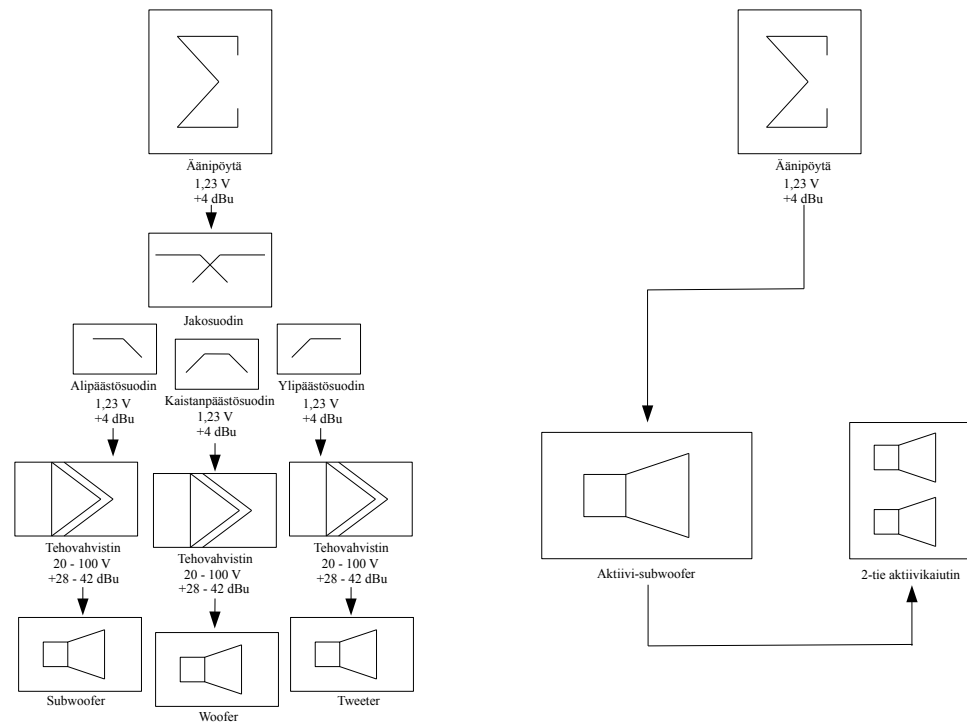
Kelanauhurilla voidaan tallentaa audiosignaali nauhalle. Nauhurin äänityspäähän johdetaan tallennettava audiosignaali, joka magnetisoidaan nauhalle. Nauhurin toistopää synnyttää taas nauhalle magnetisoidut vaihtelut takaisin sähköiseksi vaihteluksi. (Blomberg & Lepoluoto, 2005, 94.)

6.1.8 Kaiutin

Mikrofoni muuntaa ilmanpaineen vaihtelut (äänen) sähköiseksi vaihteluksi, niin kaiutin puolestaan tekee päinvastoin. Kaiutin muuntaa sähköiset vaihtelut ilmanpaineen vaihteluksi. Studiokäytössä olevat kaiuttimet ovat yleensä aktiivisia 2-tie kaiuttimia. Aktiivikaiutin tarkoittaa sitä, että siihen on asennettu oma vahvistin. Passiivikaiuttimiksi kutsutaan kaiuttimia, jotka kytketään ulkoiseen vahvistimeen. 2-tie tarkoittaa sitä että siinä on kaksi elementtiä, jotka toistavat yhdessä koko audiokaistan. (Laaksonen 2006, 230, 250 – 255.)

Koska kaiuttimien pitää pystyä liikuttamaan suuria ilmamääriä, niin siksi eri taajuusalueille on jaettu omat elementit. Korkeita taajuuksia toistavaa elementtiä kutsutaan diskanttielementiksi (engl. tweeter), matalia taajuuksia toistavaa elementtiä kutsutaan bassoelementiksi (engl. woofer). Kaiuttimen sisään on rakennettu jakosuodin, joka jakaa audiokaistan molemmille kaiuttimille. On myös olemassa erikseen koteloituja kaiuttimia, jotka on tarkoitettu bassoalueen vahvistamiseen. Näitä kaiuttimia kutsutaan alabassokaiuttimiksi (engl. subwoofer), joita on saatavilla sekä passiivi- että aktiivimalleina. (Laaksonen 2006, 250 – 255.)

Konserttikäytössä järjestelmät ovat yleensä 3-tie järjestelmiä. Kaiuttimet voivat olla passiivikaiuttimia, joita jokaista ryhmää (tweeters, woofers, subs) ajetaan omilla vahvistimilla. Vahvistimille kaistan jakaa 3-tie jakosuodin. Pienemmät klubi PA-järjestelmät voivat koostua aktiivikaiuttimista, joihin on sisälle rakennettu vahvistimet, sekä jakosuotimet.



KUVA 26. Kaksi kaiutinjärjestelmää. (Kuva: Jarno Valkonen)

Oikean puoleisessa kuvassa olevassa aktiivibassokaiuttimessa on tässä tapauksessa jakosuodin, kuten myös 2-tie kaiuttimessa. Esimerkkinä voisi olla JBL:n EON500 aktiivisarja.

6.1.9 Jakosuodin

Kaiutinelementtien fyysisten rajoitusten takia ja vaadittavan äänenpaineen takia, ne eivät pysty yksinään toistamaan koko audiokaistaa. Tarvitaan siis jakosuodin (kuva 27). Jakosuotimen tehtävä on jakaa audiokaista erillisille kaiuttimille niiden toistettavaksi. 2-tie kaiuttimiin on sijoitettu jakosuodin, joka jakaa audiokaistan diskanttielementille ja bassoelementille. PA-järjestelmät ovat yleensä 3-tie järjestelmiä. Jakosuotimia on esimerkiksi 2-tie, 3-tie ja 4-tie mallisia. 2-tie jakosuodin sisältää ali- ja ylipäästösuotimen. Sillä voidaan jakaa subwooferille sekä kaiutinkaapille, joka sisältää bassokaiuttimen ja diskantin; omat kaistat jotka ne toistavat. Muistetaan että kaiutinkaappi, sisältäen diskantin- ja bassokaiuttimen, omaa myös jakosuotimen. 3-tie jakosuodin taas jakaa audiokaistan kolmeen osaan. Se sisältää alipäästö-, kaistanpäästö-,

sekä ylipäästösuotimet. Tällöin ala-, keski-, sekä ylä-äänikaiuttimille on omat tehovahvistimet, jotka sitten vahvistavat jakosuotimen tuottamat linjatasoiset signaalit kaiutintasoisiksi. Jakosuotimia on sekä analogisina että digitaalisina versioina. (Blomberg & Lepoluoto 2005, 69 – 72.)



KUVA 27. Kaksikanavainen kolmialueinen analoginen jakosuodin.

(Kuva: <https://www.scmsinc.com>)

6.1.10 DI-boxi (Direct-inject box)

DI-boxia (Direct-inject box) käytetään korkea-impedanssisten balansoimattomien instrumentti- ja linjasignaalien muuntamiseen balansoiduksi, sekä myös mikrofoni-tasoiseksi, jolloin sen ulostulo voidaan kytkeä äänipöydän etu-asteeseen. DI-boxeja on passiivi-, sekä aktiiviversioina. Passiivisessa DI-boxissa impedanssin muuntaminen ja signaalin balansoiminen toteutetaan muuntajalla, joka tarjoaa elektronisen erotuksen sisäänmenon ja ulostulon välillä. Siinä on myös mahdollisuus erottaa maa-johdin (ground lift-kytkimellä) siihen kytketyn laitteen ja äänipöydän välillä, jolloin siihen kytketyn laitteen ja äänipöydän välillä ei ole galvaanista yhteyttä. Hyvät audio-käyttöön tarkoitetut muuntajat ovat kalliita, joten DI-boxien välillä on suuria hintaeroja ja äänenlaadussa on huomattavia eroja. (White 2002b.)

Aktiivisissa DI-boxeissa on myös mahdollisesti muuntaja, mutta koska hyvät muuntajat maksavat, ovat ne usein elektronisesti balansoituja. Tyypillinen muuntajaton aktiivinen DI-boxi (kuva 28) käyttää vähintään kahta operaatiovahvistinta toteuttaakseen “kelluvan” balansoidun ulostulon. Mutta toisin kuin muuntajallinen versio, se ei tarjoa täyttä galvaanista erotusta. Kuitenkin ne sisältävät ground-lift kytkimen, jolla saadaan maa-johdin erotettua DI-boxin ja äänipöydän välillä. Aktiivielektroniikka vaatii virtaa toimiakseen ja se toteutetaan joko patterilla tai sitten johtamalla phantom jännite (+48V) äänipöydästä DI-boxiin. Aktiivinen DI-boxi tarjoaa sen suunnittelijalle joustavuutta sisään tulevien signaalien suhteen. (White 2002b.)



KUVA 28. Radial valmistajan aktiivinen DI-boxi. (Kuva: www.soundonsound.com)

6.1.11 Ristikytkentäpaneeli (Patchbay)

Ristikytkentäpaneelija (kuva 29) käytetään audiotekniikassa helpottamaan eri laitteiden kytkemistä toisiinsa. Koska teknisten laitteiden sisään - ja ulostuloliittimet ovat yleensä laiteräkkien takana, on helpompaa tuoda nämä liittimet ristikytkentäpaneelilla käden ulottuville. Kaikkia studion liitäntöjä ei ole tarpeen kiinnittää ristikytkentäpaneeliin, mutta tietyt asiat on hyvä olla käden ulottuvilla kuten: (White 1998 ja 1999.)

- Linja sisäänmenot (Line inputs)
- Insertti pisteet (Insert points)
- Apu lähdöt (Aux sends)
- Apu lähtöjen paluut (Aux returns)
- Moniraitatallentimen sisään - ja ulostulot
- Efektien ja dynamiikkaprosessorien kytkennät

Ristikytkentäpaneelien sisäisiä kytkentöjä on erilaisia. Yleisimmät ovat *normalisoimaton* (non-normalised), *puoli-normalisoitu* (semi-normalised) ja *normalisoitu* (normalised). (White 1998 ja 1999.)

Normalisoimaton kytkentä tarjoaa vain sisään- ja ulostulot paneelin etuosaan. Sitä voidaan käyttää esimerkiksi ulkoisten efektien sekä muiden ulkoisen laitteiston, kuten etu-asteiden kytkemiseen systeemiin. (White 1998 ja 1999.)

Puoli-normalisoitu ristikytkentäpaneeli on kytketty siten, että sen takaosan naarasliittimet ovat kytkeytyneet yhteen, ellei paneelin etuosan alempaan riviin ole

kytketty liitintä. Signaali siis kulkee kokoajan läpi. Tässä systeemissä signaali ei katkea jos ylempään riviin on kytketty liitin. Silloin ristikytkeäpaneeli luo ikään kuin Y-kaapelin, jolla voidaan kuunnella esimerkiksi siihen tulevaa signaalia, tai jakaa se johonkin toiseen paikkaan. (White 1998 ja 1999.)

Normalisoitu toimii samalla tavalla kuin *puoli-normalisoitu*, mutta katkaisee signaalin kun toiseen etupaneelin naarasliittimeen kytketään urosliitin. *Normalisoitua* ja *puoli-normalisoitua* systeemiä voidaan käyttää esimerkiksi tilanteissa joissa signaali halutaan kulkevan samaa reittiä, jos siihen ei ole kytketty mitään välille. Näitä tilanteita on silloin, kun kytketään ristikytkeäpaneeliin esimerkiksi kovalevytallentimen ulostulot ja miksauspöydän linjasisäänmenot, tai jos kytketään ristikytkeäpaneeliin insert-pisteet (miksauspöydän insert-pisteissä käyttävät myös samanlaista kytkentää, kuin normalisoidut ristikytkeäpaneelit). (White 1998 ja 1999.)

Ristikytkeäpaneeleja on useilla eri liittimillä, ja siksi kannattaakin ottaa selvää mitä liittimiä pitää käyttää. Esimerkiksi 6,35 mm plugeja on kahta mallia (A-gauge ja B-gauge), ja nämä liittimet eivät toimi toisilleen tarkoitetuissa paneeleissa. On myös ristikytkeäpaneeleja, jotka käyttävät 4,4 mm kokoisia B-gauge-plugeja. XLR-liittimillä olevia ristikytkeäpaneeleja on myös, ja niitä voidaan käyttää esimerkiksi siihen, että voidaan päästä käsiksi useampaan soittotilaan yhdestä studiosta. Usein XLR-paneeleit ovat siis mikrofoniinjoja varten, jotta niitä voidaan kytkeä eri soittotiloihin. Yksi huomioon otettava seikka on myöskin se, että jos miksauspöydän etu-aste on kytketty plugi-liittimillä varustettuun ristikytkeäpaneeliin, niin kytkentöjä ei kannata tehdä phantom-virran ollessa päällä. Kytettäessä urosplugi naarasplugiin, saadaan aikaan hetkellinen oikosulku ja tämä voi aiheuttaa vahinkoa etu-asteelle (White 1998 ja 1999.)



KUVA 29. Neutrik -valmistajan ristikytkeä paneeli.

(Kuva: <http://www.politusic.com>)

Ghielmetti -valmistajalla on myös ristikytkentäpaneeli, jota voidaan käyttää sekä analogisen että digitaalisen audiosignaalin kytkennöissä (kuva 30). Näitä paneeleja löytyy esimerkiksi Helsingin musiikkitalosta. Pääperiaatteeltaan ne toimivat kuten muutkin ristikytkentäpaneelit, mutta jos alempaan riviin ei ole kytketty normalisointipalikkaa, niin paneeli on normalisoimattomassa tilassa. Kun taas normalisointipalikka on kytketty, ristikytkentäpaneeli on puoli-normalisoidussa tilassa. Ghielmetti käyttää 4-napaisia kaapeleita (kuten GMK 313/90d), joista kolme toimii signaalin kuljettamiseen ja neljäs on polarisaationapa, joka ei omaa sähköistä toimintaa (Ghielmetti digital/analogue patch panel overview, Canford).



KUVA 30. Ghielmetti -valmistajan ristikytkentäpaneeli.

(Kuva: www.thomann.de)

6.1.12 Muita analogisia laitteita

Analogisella tekniikalla tarkoitetaan laitteita, jotka käsittelevät vaihtojännitettä, joka on alati muuttuvaa, eikä sisällä ennalta määrättyjä arvoja. Eli se eroaa digitaalisesta tekniikasta, jossa on porrastettuja arvoja, joiden mukaan aaltomuoto lasketaan. Tämä ei tarkoita sitä, että digitaalinen audiosignaali olisi ”kanttimaista” tullessaan kaiuttimesta, vaan sitä että sillä on tietty määrä arvoja, joiden mukaan tuotetaan vaihtojännite esimerkiksi tietokoneen äänikortin D/A-muuntimelta aktiivikaiuttimille. Kuten aiemmin mainittu, analoginen signaali ei sisällä porrastettuja arvoja, sekä se on tarkka jäljitelmä alkuperäisestä signaalista. Tosin analogisilla prosessoreilla, kuten kompressorilla, voidaan alkuperäistä signaalia muokata paljon, minkä jälkeen se eroaa alkuperäisestä signaalista. Oma määritelmäni analogiselle olisi tuo porrastettujen arvojen puuttuminen.

Muita analogisia laitteita, joita tulee vastaan, ovat esimerkiksi aktiivi/passiivi ”splitterit” (näillä voidaan jakaa yhdestä lähteestä tuleva signaali useampaan lähteeseen), linjamuuntimet (muunnetaan esimerkiksi -10 dBV balansoimaton linjasignaali +4dBu tasoiseksi balansoiduksi signaaliksi (esim Aphex 228), erilliset mikrofoni etu-asteet (Neve 1073), kanavalohkot (Avalon 737sp), C-kasettisoittimet, LP-soittimet jne.

6.2 Phantom-jännite (+48V)

Kuten aiemmin mainittu, kondensaattori-mikrofonit vaativat erillisen käyttöjännitteen (polarisaatiojännitteen, phantom-jänniteen). Tämä käyttöjännite otetaan joko äänipöydän virtalähteestä, äänipöytään sijoitetusta erillisestä phantom-virtalähteestä tai mikrofoniiin sijoitettavasta patterista. Phantom-jännite johdetaan 2-napaisen mikrofonikaapelin + ja – johdinta pitkin. Phantom-virran paluujohtimena käytetään mikrofonikaapelin suojaa, eli maajohdinta. Jos taas maajohdin katkeaa, niin kondensaattori mikrofoni lopettaa toimintansa. Phantom -jännitteen johtaminen dynaamiseen mikrofoniiin ei vahingoita mikrofonia, mutta jos mahdollista, niin sitä suositellaan välttämään. (Blomberg & Lepoluoto 1992 - 2005, 137-138.)

Phantom -virran käyttämistä nauhamikrofoneille ei suositella, koska se ei ensinnäkään ole tarpeellista, sekä se saattaa vahingoittaa mikrofonia. Phantom -virta ei vahingoita nauhamikrofonia, jos se laitetaan päälle mikrofonin ollessa kytkettynä ja jos kaikki johdot sekä kytkennät ovat kunnossa. Mutta jos phantom -piiri menee oikosulkuun, esimerkiksi + navan ja maan koskettaessa toisiaan, niin mikrofoni näkee jännitteen, joka aiheuttaa nauhan venymisen. Tämä aiheuttaa muun muassa taajuusvasteen muuttumista ja nauhan liikkumista kokonaan pois magneettikentästä. Tällainen tilanne tulee esimerkiksi kytkettäessä mikrofoneja ristikytkentätaulussa TRS -liittimillä. Tällöin phantom-jännite joutuu hetkeksi oikosulkuun, joka saattaa vahingoittaa nauhamikrofonia. Yleisestikin mikrofoneja kytkettäessä tulisi phantom -virta laittaa päälle vasta kun kaikki kytkennät olisi tehtynä, oli kyseessä mikrofonityyppi mikä hyvänsä. (Ribbon Mics and Phantom Power, Royer Labs.)

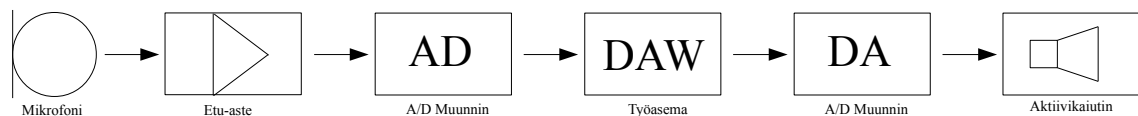
6.3 Digitaaliset laitteet

Digitaaliset laitteet käsittelevät analogisen signaalin (sähköisen vaihtelun) sijasta numeraalisia arvoja, jotka ovat mallinnus analogisesta signaalista. Nykyään signaalia voidaan käsitellä lähes tulkoon sen alusta loppuun digitaalisena. Ainoat laitteet analogiset laitteet signaaliketjussa voivat äärimmäisessä tapauksessa olla mikrofoni, etu-aste ja toisessa päässä vahvistin, sekä kaiutin. Muuten voimme kuljettaa signaalia digitaalisena. Kun analogisessa audiossa kytketään laitteita toisiinsa, on tärkeää tietää esimerkiksi signaalintaso ja sen siirtymiseen vaikuttavat asiat kuten impedanssi.

Digitaalisessa tekniikassa tulevat taas esille asiat, kuten näytteenottotaajuus, bittisyvyys, word-clock (sanakello, pitää laitteet samassa tahdistuksessa) esimerkiksi.

6.3.1 A/D muunnin ja D/A muunnin (A/D, D/A converter)

Ensimmäinen askel analogisesta signaalista digitaaliseen tapahtuu A/D -muuntimella. Muunnin muuntaa sähköiset vaihtelut numeraaliksi arvoiksi. D/A-muunnin tekee saman asian, mutta vain päinvastoin. A/D-muunnin voi olla erillinen laite, kuten Apogeen Symphony I/O (joka on myös samalla D/A-muunnin), joka kytketään koneeseen PCI-kortin välityksellä. A/D ja D/A -muunnin on yleensä asennettu äänikorttiin (kuten RME:n fireface 800), jolloin samassa paketissa on muun muassa mikrofoni etu-asteet. A/D-muuntimen muuttama signaali voidaan tallentaa esimerkiksi tietokoneella olevalle moniraitaohjelmalle (engl. multi-track recording software), kuten Pro-Tools, Cubase, Reaper jne. A/D ja D/A -muuntimet löytyvät myös digitaalisista äänipöydistä. (Digital audio converters, TweakHeadz Labz.)



KUVA 31. Esimerkki AD/DA ketjusta. (Kuva: Jarno Valkonen)

6.3.2 Digitaalinen äänipöytä (digital mixer)

Digitaalisuus on mahdollistanut erilaisten prosessoreiden laittamisen pieneen tilaan, verrattuna analogiseen maailmaan. Jos halutaan esimerkiksi käyttää dynamiikka prosessoreita analogisessa äänipöydässä, niin yleensä nämä ovat erilisiä laitteita, jotka kytketään pöydän insert-pisteeseen. Digitaalisissa mikserissä on useimmiten mukana taajuuskorjaimen lisäksi perinteiset dynamiikkaprosessorit, sekä efektilaitteet. Digitaalisen pöydän vahvuus analogiseen verrattuna on se, että paljon tavaraa mahtuu pieneen tilaan, ja siihen saa tallennettua valmiita asetuksia, kuten esimerkiksi EQ-, dynamiikka-, sekä liukusäädinten asetuksia (kuva 32). Näillä voi tallentaa esimerkiksi kappalekohtaisia asetuksia esiintymistilanteissa. Heikkoutena voidaan pitää joidenkin mikserien hankalaa käyttöä, koska pienellä näytöllä on paljon asiaa, ja asetusten muuttamiseksi joutuu liikkumaan valikoissa. Toisaalta uudet digitaaliset äänipöydät,

kuten Avid-yhtiön Venue sarjan D-show-äänipöytä, ovat suhteellisen helppokäyttöisiä. Hankaluus yleensä piilee siinä, että eri valmistajien digitaaliset äänipöydät toimivat jokainen suhteellisen eri tavalla. Kun taas analogiset mikserit noudattavat enemmän samanlaista logiikkaa keskenään. (Choosing a mixer, TweakHeadz Labz.)



KUVA 32. Allen&Heath -valmistajan GLD-80 digitaalinen äänipöytä. (Kuva: www.allen-heath.com)

6.3.3 Äänikortti (engl. audio interface)

Kuten aiemmin sanottu, äänikortti voi sisältää mikrofonin etu-asteiden lisäksi, A/D ja D/A muuntimet, sekä mahdollisesti sekalaisen sarjan liitäntöjä erilaisille audio-signaaleille. Äänikortteja on monenlaisia, mutta yleensä niissä on joku näistä kolmesta liittimestä, jolla ne kytketään tietokoneeseen. Yleisimmät ovat USB- sekä, Firewire-liitäntäisiä. On myös olemassa PCI-kortilla kytkettäviä äänikortteja (kuten MOTU:n 2408mk3). Yksi liitäntä on tullut uudistuksena noiden kolmen lisäksi. Se on Thunderbolt -liitin, jota käyttää esimerkiksi Focusriten Saffire-sarjan äänikortit (toimii firewire-to-thunderbolt-adapterilla). Äänikortit ovat helppoja liikutella ja niillä pystyy tallentamaan suhteellisen vaivattomasti moniraitamateriaalia paikoissa, joissa tämä ei muuten välttämättä onnistuisi (studion ulkopuolella siis). Äänikortteissa on eroja laadun, sekä liitäntöjen suhteen (kuva 33). (RME 800 fireface overview, RME-Audio; How to intelligently buy the best audio interface for your home studio, TweakHeadz Labz.)

Esimerkkinä RME:n Fireface 800-äänikortin liitäntöjä:

- 4 x XLR-liittimet mikrofoni etu-asteelle
- 8 x Naaras-plugi-liittimet linjaulostuloille
- 8 x Naaras-plugi-liittimet linjasisäänmenoilte
- 1 x Naaras-plugi-liitin instrumentti sisäänmenolle
- 2 x Naaras-BNC-liitin word-clock-aikakoodille
- 3 x Naaras-BNC-liitintä WTC ja LTC aikakoodeille
- 4 x TOSLINK-liitintä optiselle ADAT-liitäntäväylälle
- 2 x Naaras-RCA-liitintä S/PDIF digitaaliselle audiolle.
- 2 x DIN-liitintä midi-väylälle
- 2 x Firewire 800-liitintä tietokoneeseen kytkemistä varten
- 2 x Firewire 400-liitintä tietokoneeseen kytkemistä varten



KUVA 33. RME Fireface 800-äänikortti. (Kuva: <http://www.rme-audio.de>)

6.3.4 Työasemat (digital audio workstation, DAW)

Työasemat ovat tietokoneistettuja laitteita, joille voidaan audiota tallentaa, muokata ja siirtää haluttuun muotoon. Esimerkkinä Tascam -valmistajan X48 integroitu työasema, jolla voidaan tehdä aikaisemmin mainitut toiminnot. Koska tietokoneet ja niiden väliset siirtoväylät ovat kehittyneet tehokkaammiksi, niin nykyään useimmiten työasemat koostuvat Windows-, tai OS X-käyttöjärjestelmällä toimivista tietokoneista, joilla on äänenkäsittelyohjelma (esimerkiksi Pro-Tools, Cubase, Logic, Digital Performer). Näille ohjelmille voidaan tallentaa moniraitamateriaalia esimerkiksi tietokoneeseen asennettavan äänikortin välityksellä (kuten RME:n Fireface 800). Näitä järjestelmiä voidaan käyttää tietokoneen näppäimistöllä ja hiirellä, tai sitten ostamalla siihen ulkoinen kontrolleri (esimerkiksi Mackie Controller Universal Pro). Aiemmin Avid-yhtiön Pro-Tools-ohjelma vaati saman yhtiön kalustoa (engl. hardware) jotta sitä pystyi käyttämään, mutta nykyään sekin on luopunut tästä toimintamallista. Pro-Tools versiosta 9 lähtien ohjelmaa on voinut käyttää kolmannen osapuolen laitteiden kanssa.

Rajoituksena on kuitenkin raitamäärät, joita voi käyttää enemmän Avidin HD hardwaren kanssa. Aikaisemmin Pro-Tools-ohjelmaa pystyi käyttämään vain Avid-yhtiön laitteiden kanssa. (Laaksonen 2006, 376 – 380.)

Äänenkäsittelyohjelmissa ääntä käsitellään erilaisia liitännäisiä (plug-ins), joilla voidaan ääntä muokata samalla periaatteella, kuin analogisissa ja digitaalisissa äänipöydissä. Liitännäiset ovat esimerkiksi dynamiikkaprosessoreita ja efektilaitteita, joita sijoitetaan ohjelman kanavien insertn -pisteisiin. Äänenkäsittelyohjelmien "mikserit" on tehty vastaamaan jossain määrin analogista maailmaa, jotta käyttäjän on helpompi ymmärtää kyseistä ohjelmaa ja sen toimintaa. (Laaksonen 2006, 381, 385.)

6.3.5 Digitaaliset tallentimet

Työasemien lisäksi digitaalista audiota on mahdollista tallentaa esimerkiksi kovalevytallentimilla (engl. Multitrack hard disk recorder), kuten Fostexin D108, jolle pystytään tallentamaan 8 erillistä raitaa. Toinen moniraitaformaatti on ADAT (Alesis digital analog tape). ADAT nauhurit tallennusalusana Super VHS-kasetteja, joita käytetään VCR-nauhureissakin. ADAT-nauhurit siis tallentavat digitaalista audiota analogiselle nauhalle. Myös DAT-tallenin (digital analog tape) käyttää analogista nauhaa digitaalisen audion tallenukseen, mutta kasetit ovat huomattavasti pienempiä ja pystyvät tallentamaan kaksi erillistä raitaa (R-DAT voi tallentaa kuutta raitaa 32-bittisellä näytteenottosyvyydellä). (White 1998; D-108 Owner's manual, Fostex.)

6.3.6 Muita digitaalisia laitteita

Digitaalisiksi laitteiksi voidaan määritellä laitteet, jotka prosessoivat signaalia digitaalisesti, kuten esimerkiksi TC Electronicsin M300 digitaalinen efektiprosessori. Vaikka kyseinen laite pystyy vastaanottamaan ja lähettämään analogista signaalia, niin sen prosessointi tapahtuu digitaalisesti. Kyseinen laite pystyy myös lähettämään ja vastaanottamaan digitaalista signaalia S/PDIF-väylää pitkin. S/PDIF on siirtoväylä, jolla pystytään siirtämään digitaalista audiota esimerkiksi äänikortin ja efektiprosessorin

välillä. Toinen TC Electronicsin digitaalinen prosessori on Finalizer. Se on masterointi prosessori, jossa on mallista riippuen erilaisia toimintoja, kuten esimerkiksi monialuekompressori, taajuuskorjain. Siinä on analogisten liitäntöjen lisäksi kolme erilaista digitaalista väylää. S/PDIF, EAS/EBU, sekä JIS F05-liittimillä toteutettu ADAT-väylä (ei pidä sekoittaa ADAT-nauhuriin). (Robjohns 2002c; Finalizer Express owner's manual 1998, TC Electronic.)

7 MIDI (Musical Instruments Digital Interface)

Midi on digitaalinen protokolla (standardi), jonka avulla voidaan tallentaa esimerkiksi soittotapahtuma ja siirtää se toisen laitteen toistettavaksi. Se on kehitetty 80-luvun alkupuolella ja sen tarkoitus oli saada digitaaliset sähkösoittimet kommunikoimaan keskenään. Midillä on useita käyttötarkoituksia, kuten esimerkiksi sekvenssointi (musiikin moniraitatallennus midimuodossa), laitteiden kuten äänipöytien tai tehostelaitteiden muistipaikkojen ohjaus, sekä tahdistus esimerkiksi audiotallentimien ja ulkoisten sekvenssien välillä midiakoodilla (engl. MTC = Midi Time Code). General Midi on normi, jolla on määritetty tietyt soittimet tietyille paikoille syntetisaattorissa (jotka siis noudattavat GM-normia). Esimerkiksi paikalla yksi on piano. Midi kytkennät tehdään perinteisesti kaapelilla, jossa on päissä 5-nastainen DIN-liitin, mutta nykyään useat laitteet pystyvät siirtämään miditietoa USB- tai firewire-väylää pitkin. (Laaksonen 2006, 392 – 394; Part 2: MIDI Cables & Connectors, MIDI manufacturers association.)

8 MITTAROINTI

Audiosignaalin tasoa tarkastellaan erilaisilla mittareilla, jotka omaavat erilaisen ballistiikan (nousu- ja laskuaika). Näiden mittarien lukemia on hyvä osata tulkita ja tietää niiden eroavaisuudet, jotta esimerkiksi laitteiden yhteen liittäminen olisi helpompaa.

VU-mittari (Volume Unit-mittari.) on ollut alusta saakka äänituotannon mukana ja on vieläkin suuresti suosittu. Kyseinen mittari omaa hitaan nousuajan (noin 300 ms) ja siksi näyttää paremminkin mitattavan audiosignaalin tehollisen arvon (RMS = root means square), kuin signaalin todelliset huippuarvot. Nämä huippuarvot voivat olla noin 13 – 16 dB korkeampia, kuin mitä mittari näyttää. Siksi tämä mittari on hyvä tulkitessa esimerkiksi ohjelman kokonaisäänekkyyttä tai erillisten raitojen äänekkyyttä verrattuna toisiinsa. Mittari omaa asteikon – 20 VU:a aina +3 VU:en, ja 0 VU:a on tässä tapauksessa +4 dBu:a (1,23V). (Robjohns 2000.)

Robjohns (2000) kirjoittaa, että PPM-mittari (Program Peak Meter) on nopeammalla ballistiikalla toteutettu mittari, jolla havaitaan transientit paremmin ja voidaan huomata helpommin ohjelman säröyttävät transientit. Näitä huippuarvomittareita on erilaisilla asteikoilla ja hieman erilaisilla ballistiikoilla toteutettuna (kuten type 1, type 2, N9 jne). Esimerkiksi nousuaika PPM N9 (Nordic scale) mittarissa on 5 ms ja laskuaika on 1,7 sekuntia/20 dB ja skaala on -42 dBu - +12 dBu (3,0837 V). Koska analogisessa maailmassa lyhyet yliohtautumiset eivät pilaa analogista signaalia, kuten ne tekevät digitaalimaailmassa, voi näiden analogisten mittareiden nousuaika olla pidempi ja niiden ei tarvitse "huomata" nopeimpia transientteja. (Robjohns 2000.)

Digitaalimaailmassa tarvitaan nopeampia mittareita, jotta signaali ei vahingossakaan pääsisi säröytymään. Digitaalisen signaalin korkein mahdollinen taso on 0 dBFS (jonka alapuolella olevat arvot ovat negatiivisia) ja tämän jälkeen signaali säröytyy. On olemassa sample-peak-mittari ja true-peak-mittari, joihin digitaalisessa audiossa törmää. Sample-peak-mittari ei ole niin tarkka kuin true-peak-mittari, koska audion näytteistys ei aina osu aaltomuodon huippukohtaan, joten syntyy vaihesiirtymää, ja audion oikea huipputaso saattaa olla jopa 3 desibeliä korkeampi mitä mittari näyttää. True-peak mittari ei mittaa pelkästään näytteiden (engl. samples) tasoa, vaan yli-näytteistää (up-

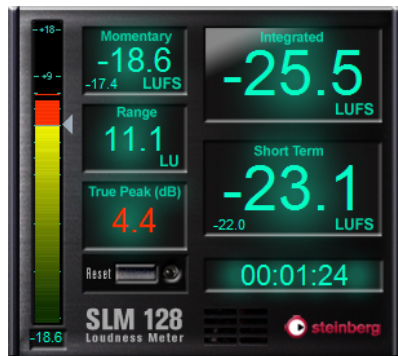
sampling, tai over-sampling) signaalia, joten se pystyy paljastamaan näytteiden välisetkin piikit. (Loudness Explained, TC Electronic.)

True-sampling-mittarin ja sample-peak-mittarin voi tunnistaa toisistaan esimerkiksi tekemällä DAW-projektin (esimerkiksi Pro-Toolsilla) 48 000 Hz-näytteenottotaajuudella ja mittaamalla 12 000,1 Hz taajuista siniaaltosignaalia. Ylimääräinen 0,1 Hz:n taajuus aiheuttaa siirtymää signaalissa suhteessa näytteistyskelloon (engl. sampling clock) yhden kokonaisen syklin kymmenen sekunnin välein, jolloin siirtymä on helppo havaita. Sample-peak-mittarissa signaalin taso vaihtelee, kun true-peak-mittarin taso pysyy samana. (About Audio Meters, Apple.)

Digitaalisen audion ja analogisen audion mittareiden välillä ei ole suoraa suhdetta esimerkiksi Nordic PPM-mittarin ja digitaalisen asteikon välillä (dBFS). A/D ja D/A muuntimet voidaan kalibroida laitekohtaisesti vaikka siten, että kyseinen etuaste pystyy toimimaan hyvällä signaalitasolla ja moniraitaohjelmalle tallentuu signaali myös hyvällä tasolla. Esimerkiksi jos etuasteen suurin antama taso on +14 dBu, niin etuasteen VU-mittarin voisi säätää (jos sellainen löytyy) näyttämään 0 VU:n tason (mitattuna 1 kHz siniaallolla) siten, että se näyttää moniraitaohjelmassa -14 dBFS. (Price 2004.) Valmistajien kuten Digidesignin sivuilta löytyy ohjeita heidän omien laitteidensa kalibrointiin. Vaikka digitaalinen asteikko ei välttämättä ole suoraan verrattavissa esimerkiksi PPM-mittarien asteikkoihin, niin kuitenkin standardeja on tehty, jotka määrittävät tietyn suhteen dBFS:n ja dBu:n (jännitearvojen) välille. Euroopassa EBU on asettanut standardiksi, että 0 dBu (0,775 V), on -18 dBFS. Tällöin EBU:n standardoimien PPM-mittarien huipputasot (mukaan lukien transientit, jotka pääsevät näiden mittareiden ohi), ovat vielä muutaman desibelin dBFS-asteikon nollan alapuolella. Amerikassa SMPTE (Society of Moving Pictures and Television Engineers) on taas standardoinut on 0 dBu:n – 20 dBFS:ään. Ohjekirjan tutkimista suositellaan silti, koska kiveen kirjoitettua standardia ei ole, ja esimerkiksi Soundcraft valmistajan Vi1-sarjan digitaalipöydän nimellistaso on +4 dBu:a (kuten muissakin ammattitason laitteissa), mutta dBFS-asteikossa kyseinen taso on -18 dBFS. (Robjohns 2000a, 2000b; Soundcraft Vi1 user guide 2010, Soundcraft.)

EBU:n R128-standardi on tuonut äänitekniikkaan uuden mittaustavan, joka käyttää suhteellista mittayksikköä (jonka alunperin kehitti TC Electronics) LU (Loudness Unit) ja absoluuttista LUFs (loudness unit full scale). Tämä mittaustapa on K-painotettu

(engl. K-weighted. Ottaa huomioon enemmän korkeita taajuuksia kuin matalia) ja sillä on tarkoitus mitata ohjelman keskinäistä äänekkyyttä eikä piikkitasoja, eli se toimii esimerkiksi vastaavanlaisesti kuin VU-mittari. Tällä pyritään pääsemään eroon ohjelmien keskinäisistä äänekkyyseroista, sekä palauttamaan dynamiikka takaisin äänityöhön, koska enää audion hyper-kompressoiminen ja rajoittaminen ei tuota haluttua hyötyä. Mittayksiköt joita LU-mittari käyttää ovat LUFS (Loudness Unit Full Scale) ja LU (Loudness Unit). LUFS on absoluuttinen asteikko ja vastaa dBFS-asteikkoa (eli 1 LUFS = 1 dBFS), kun taas LU on suhteellinen asteikko (0 LU = -23 LUFS EBU:n 128-standardin mukaan). Ohjelmien keskimääräisen äänekkyystason tulisi olla -23 LUFS:a. Tämä ei tarkoita etteikö ohjelmassa voisi olla voimakkaampia äänentasoja, vaan sitä että ohjelmien välinen vaihtelu saataisiin kuriin ja dynamiikan käyttö olisi harkitumpaa, sekä että sitä ylipäätään olisi materiaalissa. (Loudness Explained, TC Electronic.)



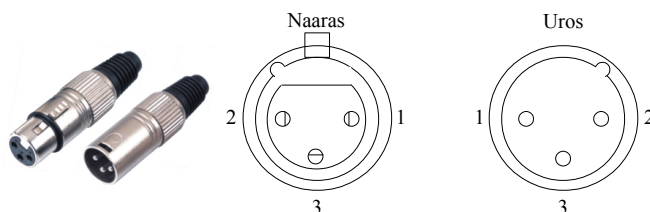
KUVA 34. Steinberg valmistajan Loudness-mittari.
(Kuva: <http://static.kvraudio.com>)

9 LIITTIMET

Audiolaitteiden kytkemisessä käytettävien liittimien ja kaapeleiden perusteella voidaan arvioida kuljetettavan signaalin tasoa, sekä onko se balansoitu vai ei, mutta itsestään selvyytensä sitä ei kannata pitää. XLR-kaapeli voi kuljettaa mikrofonia signaalia, tai sitten balansoitua linjatasoista signaalia. Myös TRS-plugi voi kuljettaa balansoitua linjatasoista signaalia, tai sitten kaksikanavaista linjatasoista signaalia (stereo-signaalia), joka ei ole balansoitu. Erilaisia liittimiä ja niiden käyttöä käydään läpi seuraavaksi.

9.1 XLR-liitin

Yleisin symmetrisen analogisen (balansoidun) linjan liitintyyppi on XLR-liitin (kuva 35). Kyseinen liitin on kolminapainen ja ne ovat merkitty numeroilla yhdestä kolmeen. Signaali kulkee navoissa 2 (+ eli kuuma) ja 3 (- eli kylmä), ja 1-napa on maadoitusjohtimelle. Tämä kytkentä-malli on yleisin, mutta vastaan voi tulla laitteita joissa 3-napa on kuuma ja 2-napa kylmä (kuten Klark Teknikin DN500-kompressorin). Tämän takia on hyvä tarkistaa asia, jotta ei tule tahattomia vaihenkääntöjä signaalitiessä. Vaikkakin XLR-liittimiä käytetään usein symmetristen analogisten mikrofoni- ja linjasignaalien kuljettamiseen, niin niitä käytetään myös digitaalisen AES/EBU-väylän liittiminä. Audiotekniikassa yleensä urosliitin on signaalitien lähtevässä päässä (output) ja naarasliitin taas tulopäässä (input). XLR-liittimen kuljettama signaali voi olla myös balansoimaton (kuten Maxcom BBE:n kompressorin ulostulot). Kytkettäessä laitteita toisiinsa on otettava huomioon balansointi tyyppi (tai balansoimaton), koska erilaiset balansoinnit vaativat erityyppiset kytkennät, jos niitä liitetään esimerkiksi balansoimattomaan järjestelmään. (Laaksonen 2006, 105, 141; DN500 Plus Series Technical Specifications, Klark Teknik; Maxcom manual, BBE Sound.)

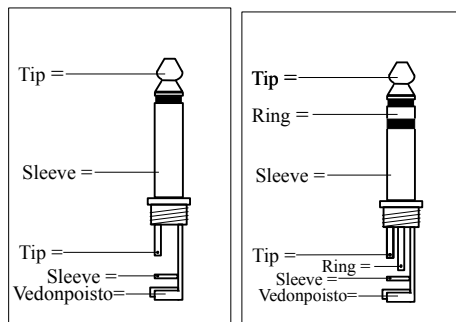


KUVA 35. Naaras ja uros XLR -liittimet.

(Kuva: <http://www.nbaudio.com> ja Jarno Valkonen)

9.2 Plugi

Plugeja on monenlaisia malleja, mutta audiossa yleisimmin tavattavat ovat 6,35 millimetrisiä A-Gauge TS-liitimiä (mono-plugeja) tai TRS-liittimiä (stereo-plugeja). TS-liittimet kuljettavat epäsymmetristä linja- tai instrumenttitasoista signaalia ja TRS-liittimet kuljettavat yleensä joko symmetristä linjasignaalia, tai sitten niitä voidaan käyttää esimerkiksi epäsymmetrisenä kuulokeliittimenä. Kuvassa 36 näkyy stereo- ja mono-plugi ja niiden eri osien kuljettamat signaalit ja maatto. Yleisesti tavattavia plugeja on 6,35 millimetrisiä ja 3,5 millimetrisiä. Kannettavat kodinelektronikka-laitteet kuten älypuhelimet, kannettavat CD-soittimet käyttävät 3,5 millisiä TRS-plugeja ja niiden kytkemiseksi ammattikalustoon on saatavilla erilaisia johtoja, kuten 3,5 mm TRS-plugi, jonka toisessa päässä on kaksi uros XLR-liitintä tai sitten kaksi TS-plugia. TRS- ja TS-urosplugeille on vastakappaleina TRS- ja TS-naarasplugit. On myös plugityyppi, B-Gauge, jota käytetään sille tarkoitetuissa kytkentätauluissa. Se tunnetaan myös nimillä GPO plug, phone plug, military phone plug. Ulkonäöltään se on melkein samanlainen kuin TRS-plugi; sitäkin on kahta eri kokoa 6,35 mm ja 4,4 mm, mutta ne eivät toimi muissa kuin niille tarkoitetuissa vastakkaisissa liittimissä. Tästä syystä on tärkeää tietää, kummalle plugi tyyppille ristikytkentäpaneeli on tehty; onko se A-Gauge vai B-Gauge liittimelle. (Laaksonen 2006, 104)



KUVA 36. TS-plugi ja TRS-plugi, sekä niiden osat.

(Kuva: Jarno Valkonen)

9.3 Speakon

Speakon liittimiä (kuva 37) käytetään yleensä kytkettäessä päätevahvistimia kaiuttimiin PA-järjestelmissä. Speakon tyyppejä on kaksi, neljä, tai kahdeksan napaisia (NL2, NL4 ja NL8). Kyseinen liitin on lukkiutuva, kestävä eikä vaadi kolvausta, koska johtimet ruuvataan kiinni liittimeen. Se myös kestää suurien virtamääriä (30A). Järjestelmästä riippuen, Speakonien kytkennät vaihtelevat. Yleisin Speakon-liitin on NL4 ja tavallisin tapa, jolla se kytketään "standardi" kaiuttimeen, on käyttää kaksi johtimista kaiutin kaapelia (esimerkiksi 2x2,5mm), jonka johtimet kytketään NL4:n +1 ja -1 napoihin. +2, sekä -2 jätetään kytkemättä. Nämä asiat kannattaa kuitenkin tarkistaa ohjekirjasta, koska poikkeavuuksia on. EAW:n SBX220-subwooferi kytketään käyttäen +2 ja -2 napoja. Myös järjestelmä itsessään vaikuttaa miten liittimet kytketään. Jos kaiuttimia ajetaan bi-ampina (ala-, sekä ylä-äänikaiuttimille omat vahvistin kanavat), kytketään Neutrikin ohjeiden mukaan +1, -1 navat ala-äänikaiuttimille ja +2, -2 navat ylä-äänikaiuttimille. Kytkennät siis vaihtelevat riippuen onko vahvistin sillattu (bridged mono), stereo, vai ajetaanko kaiuttimia bi-, tri- vai quad-ampina, sekä riippuen myös valmistajan tavasta tehdä kaiuttimet. Joten ohjekirjan lukeminen uuteen järjestelmään tutustuessa kannattaa. (Speakon Connectors, Electronics 2000; SBX220 Product Information, EAW; Assembly instruction – speakON system, Neutrik.)



KUVA 37. Uros Speakon liitin.

(Kuva: <http://www.parts-express.com>)

9.4 RCA

Koaksiaali RCA-liitin (phono connector) on yksi yleisimpiä epäsymmetrisistä liittimistä (kuva 38). Yleisimmin se löytyy kodinelektroniikasta, kuten CD- ja LP-soittimista, sekä mikserien Tape-in ja Tape-out liitännöistä. Sen kuljettama signaali on niin kutsuttua puoliammattilaistasoa, eli -10dBV (0,316 V). Kyseistä liittintä käytetään myös kuljettamaan digitaalista S/PDIF signaalia. Tällöin käytettävän kaapelin impedanssin on

oltava 75 ohmia. Jos puoliammattilaislaitteita kytketään ammattikalustoon, niin on hyvä käyttää esimerkiksi linjamuuntimia (esimerkiksi apex 288), jotta saadaan -10dBV:n signaali nostettua +4dBu tasolle. (Laaksonen 2006, 102).



KUVA 38. Uros RCA-liitin.

(Kuva: <http://www.showmecables.com>)

9.5 Banaaniliitin ja naparuuvi

Banaaniliittimiä ja naparuuveja näkee useimmiten kodinelektronikkalaitteissa ja niihin törmää harvemmin ammattiaudiossa (kuva 39). Kyseisiä liittimiä on aikanaan käytetty (ja käytetään osaksi vieläkin) esimerkiksi vahvistimissa, kaiuttimissa, mittalaitteissa, signaali generaattoreissa. Naparuuviin voidaan kiinnittää banaaniliitin, tai sitten vaikka pelkkä paljas kuorittu johto. Näiden tehon kesto on 15 ampeerin luokkaa, mutta halvemmat liittimet eivät tätä välttämättä kestä. Yhden kanavan kuljettamiseen tarvitaan kaksi banaaniliitintä (ja myös tietenkin kaksi johdinta). Ne eivät kuljeta + sekä – johdinta yhdessä liittimessä, kuten esimerkiksi RCA ja mono-plugi, vaan pelkästään +, tai – johtimen. Sama pätee naparuuviin. (Banana plugs guide, Sewelldirect.)



KUVA 39. Banaaniliitin.

(Kuva: <http://www.kenable.co.uk/>)

9.6 BNC-liitin (Bayonet Neill-Concelman)

BNC-liitin on koaksiaalinen liitin, jota käytetään monissa elektronisissa kytkennöissä, kuten audio-, video- ja radiotekniikassa (kuva 40). Kyseinen liitin pystyy käsittelemään korkeita radiotaajuuksia aina 3GHz:n asti ja kestää jännitteitä aina 500 voltista alaspäin. Sitä käytetään myös lentoelektronikassa ja korkeatasoisissa analogisissa tietoliikenneverkoissa sen erittäin pienen signaalihäviön vuoksi. BNC-liitintä käytetään yleensä 75 ohmin koaksiaalisen kaapelin kanssa. Esimerkiksi monikanava-audio väylä MADI käyttää tätä analogista kaapelia digitaalisen monikanavaäänänen kuljettamiseen. RME:n sivuilla sanotaan, että MADI-signaalia siirrettäessä kyseisellä kaapelilla, suurin pituus tulisi olla 100-metriä. Myös digitaalisten audiolaitteiden tahdistukseen käytettävä Word Clock (sanakello), käyttää laitteiden kytkemisessä toisiinsa BNC-kaapelia. (Janssen, Bayonet Neill-Concelman Connector; MADI info center, RME.)



KUVA 40. Uros BNC-liittimet.

(Kuva: <http://www.kenable.co.uk>)

9.7 Moninapaliittimet (Multipin connectors)

Joskus on tarvetta siirtää monta linjaa yhdellä kaapelilla. Silloin on käytössä moninapakaapeli (multicore cable), johon on kytketty moninapaliitin (multipin connector). Nämä liittimet sisältävät kymmeniä nastoja ja niillä voidaan kytkeä useita linjoja yhdellä liittimellä (kuva 41). Näitä on useita eri malleja ja yksikään ei ole saavuttanut johtoasemaa (kuten esimerkiksi XLR-liitin). Esimerkkejä näistä liittimistä Amphenol-valmistajan MP62-liittimet, sekä Harting-valmistajan liittimet, joita live-käytössä näkee. Moninapaliittimiä on paljon ja monenlaisiin tarkoituksiin. D-liittimet ovat moninapaliittimiä, joita käytetään esimerkiksi tietokoneissa ja moniraitatallentimissa. D-sub 15-liitin on tuttu tietokoneen näytöistä ja D-sub 25-liitintä käyttää Tascam-valmistajan X-48mkII-kovalevytallennin. (Laaksonen 2006, 105; X-48mkII Owner's Manual, Tascam.)



KUVA 41. Uros ja naaras moninapaliittimet. (Kuva: www.whirlwindusa.com)

9.8 5-pinninen DIN-liitin

Midi protokolla käyttää 5-pinnistä DIN-liitintä (kuva 42) midi-informaation siirtoon (USB- ja firewire-väylän lisäksi). Alun perin kyseinen liitin kehitettiin analogisten audiolaitteiden kytkemiseen, kuten stereonauhureiden ja vahvistimien yhteen liittämiseen. Sitä käytetään myös muissa yhteyksissä. DIN-liittimiä löytyy myös useampi pinnisinä. (Part 2: Midi Cables & Connectors, MIDI Manufacturers Association.)



KUVA 42. Uros ja naaras

5-pinniset DIN liittimet.

(Kuva: <http://www.kenable.co.uk>)

10 KAAPELIT

Eri tyyppiset signaalit vaativat erilaiset kaapelit niitä kuljettamaan. Esimerkiksi vahvistinsignaali on matalaimpedanssista ja korkeajännitteistä, kun taas instrumentti-signaali on matalajännitteistä ja korkeaimpedanssista. Signaalin tyyppistä riippuen valitaan sille sopiva johto sitä kuljettamaan.

10.1 Mikrofonikaapeli

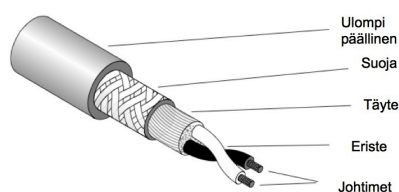
Mikrofonit käyttävät kolmejohtimista kaapelia signaalinsa kuljettamiseen. Yhdessä johtimessa kulkee kuuma (+) signaali, toisessa johtimessa kylmä (-) signaali ja kaapelin suojaa käytetään maatonna, ja se toimii myös phantom-jännitteen paluujohtimena (kuva 43). Mikrofonikaapeli koostuu siis kahdesta johtimesta, niiden eristeistä, täytteestä, suojasta ja ulkoisesta kumipäällysteestä. Ammattiaudiossa mikrofonitasoinen signaali on jännitteeltä matala (esim 0-20mV), sekä virta joka siinä kulkee on alle 10 mikroampeeria ja tehoa siinä on vähemmän kuin yksi mikrowatti. Näistä lukemista voidaan päätellä, että ei tarvita paljon kuparia signaalin kuljettamiseen, paitsi erittäin pitkissä kaapelivedoissa. Suuri osa mikrofonikaapeleista käyttää 24 AWG (0,52mm) paksuisia johtimia. Nämä johtimet koostuvat pienemmistä säikeistä (esimerkiksi 7 kertaa 32 AWG), jotta mikrofonikaapeli kestäisi paremmin taivuttelua ja kovaa käsittelyä. (Understanding the microphone cable, Pro Co Sound.)

Kaapelin johtimet kieritetään toistensa ympäri, jolloin johtimet ovat lähempänä toisiaan. Tämä parantaa häiriösuojausta (CMRR) ja niihin indusoituvat häiriöt ovat yhtenäisempiä. Myös parikierto auttaa kumoamaan johdinten aiheuttamat magneettiset häiriöt. Kun kaksi polariteetiltään vastakkaista, mutta muuten identtistä signaalia kieritetään yhteen, kumoavat niiden aiheuttamat magneettikentät toisensa. Johtimet muodostavat yhdessä myös "antennin", joka kerää magneettisia häiriöitä esimerkiksi loisteputkista, voimavirtalinjoista, konserttien valoista. Mitä suurempi aukko johtimien välillä, sitä isompi antenni on. Minimoimalla johdinten välinen etäisyys, vähennetään häiriöitä, joita kaapelin suoja ei pysty estämään. Kuuman ja kylmän johtimen eristeenä käytetään esimerkiksi polyeteeniä ja polypropeenia, joka kestää kuumuutta jolle suoja altistuu kaapelia juotettaessa liittimeen. Kaapelissa käytetään usein täytettä siksi että sen muoto saadaan pyöreäksi. Tämä helpottaa kaapelin käsittelyä ja parantaa ulkonäköä. Mikrofonikaapelin suoja vähentää häiriöitä (kuten radiotaajuisia-, magneettisia-, sekä

elektrostaattisia häiriöitä) ja sitä myös käytetään maajohtimena. (Understanding the microphone cable, Pro Co Sound.)

Kolme yleisintä suojan mallia on punottu suoja, spiraalinen suoja ja foliosta tehty suoja. Jokaisella on omat heikkoutensa ja vahvuutensa. Punottu suoja on kestävä, mutta se on kallis valmistaa, sekä taivuteltaessa sen peittoalue voi vaihdella 97% ja alle 50% välillä. Tämä saattaa olla kriittistä radiotaajuisten häiriöiden kannalta. Spiraalinen suoja on halvempi valmistaa ja sen käsittelyominaisuudet ovat hyvät, mutta kaapelin venyessä siihen tulee myös aukkoja, jotka mahdollistavat häiriöiden indusoitumisen. Foliosuoja takaa pinta-alan puolesta 100% kattavuuden, mutta se ei kestä kovaa käsittelyä. Kuminen päällinen pitää koko paketin kasassa. (Understanding the microphone cable, Pro Co Sound.)

Mikrofonikaapelit ovat tavallisesti siis kolmijohtimisia (suoja mukaan laskettuna), mutta myös viisijohtimista versiota (suoja mukaan laskettuna) on tavattavissa. Tämä kaapelin star-quad-kaapeli, jossa on kaksi kieritettyä johdinta kieritettynä toisiinsa (siis muodostavat yhteensä 4 johdinta). Kahden johtimen käyttö per signaali (kaksi + signaalin ja kaksi – signaalin kuljettamiseen) parantaa elektromagneettisten häiriöiden suojausta jopa 20 desibeliä, sekä se puolittaa kaapelin induktanssin, mikä parantaa korkeiden taajuuksien siirtymiseen. (Understanding the microphone cable, Pro Co Sound)



KUVA 43. Mikrofonikaapelin rakenne.

(Kuva: www.procosound.com)

10.2 Instrumenttikaapeli

Instrumenttikaapeli kuljettaa monen tasoista signaalia, aina muutamista millivolteista jopa kymmeneen volttiin. Myös lähtöpään impedanssi vaihtelee muutamista kymmenistä aina tuhansiin ohmeihin. Kaapeli koostuu johtimesta, joka kuljettaa

signaalia äänilähteeltä, johtimen eristeestä (polyeteeniä, polypropeeni), ja suojasta joka toimii myös signaalin paluureittinä täydentäen sähköisen piirin (kuva 44). Nämä komponentit erottavat toisistaan elektrostaattinen suoja (sähköjohtava muovi), joka vähentää käsittelyääniä, ja koko pakettia suojaa kuminen päällyste. (Understanding the instrument cable, Pro Co Sound.)

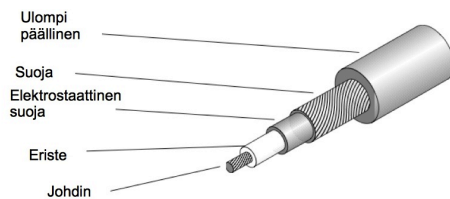
Instrumenttikaapelin johtimen paksuuden määrä kaksi seikkaa. Ensimmäinen niistä on se, että kaapelin halkaisija tulee olla noin 6,3 mm jotta se sopii mono-plugi-liittimeen ja toinen seikka on se, kuinka kestäväksi kaapeli halutaan. Kaapelin kuljettama virta on jotain milliampeereja, joten johtimen paksuudella ei ole signaalin laadulle suurta merkitystä. Tyypillisesti johtimen paksuudet ovat näissä kaapeleissa välillä 18 – 24 AWG (1,02mm – 0,51mm), jotka koostuvat 32 – 34 AWG:n säikeistä. (Understanding the instrument cable, Pro Co Sound.)

Seikka, joka vaikuttaa signaalin laatuun huomattavasti, on kaapelin kapasitanssi. Kapasitanssi ja lähtöpään impedanssi muodostavat yhdessä alipäästösuotimen, joka voi saada soittimen kuulostamaan tunkkaiselta ja mutaiselta. Mitä matalampi kapasitanssi, sen paremmin korkeatkin taajuudet kulkevat signaalitien päästä päähän ja sen kirkkaammalta soitin kuulostaa. Kitara omaa korkean lähtöimpedanssin korkeilla taajuuksilla mikrofoniensa induktiivisen luonteensa vuoksi, joten pitkiä kaapeleita käytettäessä kadotetaan korkeita taajuuksia signaalista. Tämän takia kitarakaapelit olisi hyvä pitää esimerkiksi 5 – 7 metrin pituisina. Tämän asian kannalta true-by-pass ohituksen omaavat kitarapedaalit eivät ole hyvä juttu, koska pedaali sisältää aktiivielektroniikkaa, ja se muuntaa signaalin impedanssia huomattavasti pedaalin ollessa päällä. Kun tämä taas polkaistaan kiinni, niin true-by-pass ohittaa kitarapedaalin aktiivielektroniikan ja signaalin impedanssi muuttuu huomattavasti. Tämä vaikuttaa kitaran korkeisiin taajuuksiin huomattavasti ja sen soundi muuttuu erittäin paljon ei toivotulla tavalla. Sähköpianot, samplerit, mikserit ja muut linjatasoiset laitteet, jotka omaavat matalan lähtöimpedanssin, voivat kuljettaa signaalia monia kymmeniä metrejä ongelmitta. (Understanding the instrument cable, Pro Co Sound.)

Instrumenttikaapelin elektrostaattinen suoja vähentää kaapelin käsittelystä tulevia häiriöitä. Koaksiaalisen kaapelin johdin, eriste ja suoja muodostavat kondensaattorin (kondensaattorilla on kyky varastoida energiaa), joka alistuessaan kovalle käsittelyllä (astutaan päälle, tai osuessaan kovaa maahan) vapauttaa jännitettä. Tämä kuuluu sitten

vahvistimesta pamahduksena. Elektrostaattisella suojalla on kyky "varastoida/imeä" tämä käsittelystä tullut jännite ja siten vähentää käsittelyäänä. (Understanding the instrument cable, Pro Co Sound.)

Kaapelin eriste, päällinen ja suoja toimivat samalla tavalla kuin mikrofonikaapelissa, ja kaapelin suojassa käytetään yleensä vaihtoehtoisesti kolmea samaa suojaustyyppiä. Koska instrumenttikaapeli on epäsymmetrinen (epäsymmetriset linjat eivät voi pysty käyttämään CMRR-häiriönsuojausta, eli kaikki matkalla indusoituvat häiriöt vahvistuvat hyötysignaalin myötä). Jotta magneettiset häiriöt (kuten 50Hz, tai 60Hz) minimoitaisiin, tulee kaapelin olla mahdollisimman suora, eikä sen tule muodostaa turhia lenkkejä; kuten ylimääräinen johto käärittynä kasaan, tai pyöritettynä kuljetuslaatikon kahvaan. (Understanding the instrument cable, Pro Co Sound.)



KUVA 44. Instrumenttikaapelin rakenne.

(Kuva: www.procosound.com)

10.3 Kaiutinkaapeli

Se, kuinka paksu kaiutinkaapelin täytyy olla, määrittää lähtöimpedanssi, kaapelin pituus ja miten paljon tehoa voidaan menettää. Näiden suhteeseen vaikuttaa jännite, resistanssi (vastus), virta ja teho. (Understanding the speaker cable. Pro Co Sound.)

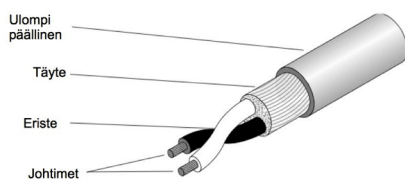
Kaiutinkaapelin tehtävä on siirtää virtaa päätevahvistimelta kaiuttimille. Toisin kuin instrumentti- ja mikrofonikaapeli, joissa kulkee virtaa muutamia milliampeereja, kaiutinkaapeli kuljettaa esimerkiksi 3 ampeeria. Resistanssi rajoittaa virran kulkemista. Esimerkiksi 16 ohmia vastusta vasten vahvistin kuljettaa virtaa puolet vähemmän, kuin mitä se kuljettaa 8 ohmin vastusta kohti. Mitä pienempi poikkipinta-ala johtimella on, sitä enemmän se vastustaa virran kulkua. Joka tapauksessa kaiutinkaapeli aiheuttaa tehohäviötä signaalissa. Esimerkiksi 15 metrin kaiutinkaapeli, jonka poikkipinta-ala on 3,26 mm, aiheuttaa tehohäviötä signaalille 0,76%, kun lähtöimpedanssi on 4 ohmia.

Kun taas 15 metrin kaapeli, jonka poikkipinta-ala on 0,81 mm, aiheuttaa tehohäviötä 7,74%. (Understanding the speaker cable. Pro Co Sound.)

Kaapelien pituus ja poikkipinta-ala myös vaikuttaa ilmiöön nimeltä *damping factor*. Kyseinen termi tarkoittaa vahvistimen kykyä hallita kaiuttimen liikettä. Tämä ilmiö tulee esille varsinkin perkussiivisessa materiaalissa, kuten basso, rummut jne. Tukeva ja puhtaan kuuloinen bassontoisto on yleensä merkki hyvästä damping factorista. Lähtöimpedanssi vaikuttaa myös siihen kuinka pitkää kaapelia voidaan käyttää. Esimerkiksi 200 damping factorin omaavalla vahvistimella on 4 ohmin lähtöimpedanssi ja 3,61 mm poikkipinta-alan omaavalla kaapelilla 15-metrin vedon jälkeen on damping factor enää 39. Kun taas 16 ohmin lähtöimpedanssilla ja muuten samoilla arvoilla damping factor on 156. (Understanding the speaker cable. Pro Co Sound.)

Matalan impedanssinen ja kaiutintasonen signaali minimoivat häiriöt kaiutinlinjoissa, joten niissä ei yleensä ole samanlaista suojaa, kuten on mikrofoni- ja instrumentti-kaapeleissa. Tilanteissa, joissa mikrofoni- ja kaiutinkaapeli kulkevat pitkiä matkoja rinnan, on hyvä kuitenkin käyttää suojattua kaiutinkaapelia. Alueille missä on erittäin vahvoja radiotaajuisia häiriöitä, saattaa häiriöt kuitenkin päästä tunkeutumaan kaiutinkaapeleihin. Suurissa asennuksissa, joissa vedetään kaapelit johtavan putken sisään, saadaan hyvä suojaus radiotaajuisia-, sekä elektromagneettisia häiriöitä vastaan. (Understanding the speaker cable. Pro Co Sound.)

Kaiutinkaapelin on siis hyvä olla mahdollisimman lyhyt ja omata suuri poikkipinta-ala (kuva 45). Tästä syystä vahvistimet sijoitetaan yleensä lähelle kaiuttimia, koska linjatasoista signaalia pystytään kuljettamaan pitempiä matkoja ilman haittoja. Tällöin vältetään tehohäviöitä, eli saadaan enemmän laitteista irti ja tarkempi basson toisto. (Understanding the speaker cable. Pro Co Sound.)



KUVA 45. Kaiutinkaapelin rakenne. (Kuva: www.procosound.com)

10.4 Digitaaliset audio-kaapelit

Digitaalista audiota voidaan kuljettaa valona optista kuitukaapelia pitkin, sekä sähköisesti kuparia pitkin periaatteessa samalla tavalla kuin analogista audiota. Analogisen digitaalisen signaalin kuljettamiseen käytettävien kaapeleiden impedanssilla on merkitystä ja kannattaa aina käyttää formaatin vaatimaa kaapelia. Vaikka signaali siirtyisikin vääränlaisella kaapelilla, niin signaalin siirtotien pituus ainakin lyhenee ja muuttuu epävarmemmaksi. Tämä johtuu siitä, että kantiaaltainen digitaalinen signaali "pyöristyy" kaapelin aiheuttaman vastuksen takia ja vastaanottava laite ei tunnista signaalia kunnolla. Tämän aikaansaa jitteriksi (aikapohjan huojunnaksi) kutsuttu ilmiö, joka aiheuttaa epämääräisyyttä stereokuvassa, matalien tasojen kohinaa sekä räpsyjä audiossa. Myös optisesti kuljetettu digitaalinen audio kärsii pitkistä kaapelivedoista, koska kaapelissa kulkeva valo "hajoaa" kaapelissa (light dispersion), eikä signaali ole enää niin tarkkaa (eli valoa tai täysin pimeää). (Digital Interfacing 2007; Laaksonen 2006, 146.)

Esimerkiksi Audio Engineering Society (AES) standardia Multichannel Audio Digital Interfacea (MADI) kuljetetaan joko koaksiaalista kaapelia (BNC-liittimillä), Cat-5 (verkkokaapelia, joka käyttää RJ-45-liitintä), tai optista kuitua pitkin. Myös S/PDIF on kaksi kanavainen kuluttajataso digitaalisen audion standardi, jota kuljetetaan joko koaksiaalisella 75 ohmisella kaapelilla, jonka liittiminä käytetään RCA-liittimiä. Tästä on myös optinen versio, joka käyttää JIS F05-liitintä ja optista kuitukaapelia. Tämä kaapeli tunnetaan yleisemmin nimityksellä ADAT-kaapeli tai Toslink-kaapeli. (Digital Interfacing 2007.)

Toinen kaksi kanavainen digitaalinen ammattiaudioon suunniteltu standardi on AES/EBU (tai AES3), jonka kuljettamiseen käytetään 110 ohmista kierreparikaapelia ja liittiminä käytetään XLR-liittimiä. Kuten symmetrisessä audiossa, niin tässäkin formaatissa suoja kytketään 1-pinniin ja 2-, sekä 3-pinnit kuljettavat differentiaalisignaalia. AES (Audio Engineering Society) päivitti vuonna 1995 AES3-standardia ja muokkasi sitä niin, että sitä pystyttiin kuljettamaan 75 ohmisella koaksiaalisella kaapelilla ja liittiminä toimi BNC-liittimet. Uutta versiota kutsutaan nimellä AES3-id, ja tällä järjestelmällä pystytään kuljettamaan digitaalista signaalia noin 1000-metriä, kun aikaisempi versio sallii noin 100-metrin vedot. (Digital Interfacing 2007.)

10.5 Optinen valokuitukaapeli Toslink (Toshiba Link)

Optinen Toslink-kaapeli kuljettaa digitaalista audiota ja sitä käytetään kodin elektroniikassa sekä ammattiaudiossa (kuva 46). Samaan käyttöön suunniteltuja kaapeleita on muillakin valmistajilla, mutta Toshiba oli ensimmäinen joka esitteli tämän kaapelin markkinoille. Siksi usein kaikkiin optisiin kaapeleihin, jotka käyttävät JIS F05-liitintä, viitataan nimellä Toslink-kaapeli. Ammattiaudiossa optisella Toslink-kaapelilla siirretään Alesis-valmistajan alunperin ADAT-nauhureihin suunnittelema ADAT "lightpipe" interface. Kyseinen interface on suunniteltu kuljettamaan kahdeksan kanavaa 24-bittistä 48 kHz:n audiota. Jotta korkeampia näytteenottotaajuuksia voitaisiin käyttää, Sonorus-yhtiö muokkasi alkuperäistä optista formaattia. S/MUX-formaatti (lyh. Sample multiplexing) vaihtaa kanavamäärän näytteenottotaajuuksien määrän. Eli voidaan äänittää kahdeksan kanavaa 48 kHz:n näytteenottotaajuudella, neljä 96 kHz:n taajuudella, tai kaksi 192 kHz:n taajuudella. Useat valmistajat, jotka käyttävät optista ADAT-väylää, tukevat S/MUX interfacen laajennusta. Toslink-kaapelia käytetään myös kuljettamaan digitaalista S/PDIF-standardia. (Digital Interfacing 2007.)



KUVA 46. Valokaapeli JIS F05-liittimillä.

(Kuva: <http://www.scan.co.uk>)

11 SÄHKÖOPPI

Audiosignaali on vaihtovirtaa ja siihen vaikuttaa sähköiset ilmiöt kuten impedanssi, kapasitanssi, resistanssi ja reaktanssi. Riippuen signaalin jännitteen tasosta, laitteiden tulo- ja lähtöimpedanssista, sekä virran määrästä, nämä ilmiöt vaikuttavat siihen eri tavalla.

11.1 Impedanssi

Impedanssi on vaihtovirtavastus, joka vaikuttaa audiosignaalin (vaihtojännitteen) kulkuun. Audio elektroniikassa jännitteen amplitudi vaihtelee ja liikkuu positiivisen/negatiivisen syklin välillä. Tällöin virralla on myös vaihtelevia amplitudeja, sekä vaihteleva suunta myös. Tämä tunnetaan vaihtovirtapiirinä (AC circuit). Patterissa jännite on tasainen (jos ei oteta huomioon sen vähentymistä), eli kyseessä on tasavirtapiiri (DC circuit). (Robjohns 2003.)

Kun on tarkoituksena siirtää tehoa kahden pisteen välillä, kuten signaali päätevahvistimilta kaiuttimille, niin sisääntulon ja ulostulon impedanssien tulisi olla samat. Myös jos nämä kaksi pistettä ovat fyysisesti kaukana toisistaan, niin välissä olevan kaapelin tulisi omata myös sama impedanssi. (Robjohns 2003.)

Impedanssien sovittaminen ei taas ole hyvä asia esimerkiksi silloin, kun halutaan siirtää jännitettä tehokkaasti, ja tämä on tilanne äänitysstudioissa. Jos impedanssit ovat samat (esimerkiksi 600 ohmia) lähtö- ja tulopäässä, niin signaalin jakaminen useampaan pisteeseen aiheuttaa jännitteen putoamista/häviötä. Esimerkiksi kun 600 ohmin lähtöimpedanssista ajetaan ulos 0 dBm tasoista signaalia ja se haaroitetaan kahteen sisäänmenoon, joiden impedanssi on 600 ohmia, niin näiden laitteiden mittarit näyttävät -6dBm. (Robjohns 2003.)

Kun laitteita kytketään toisiinsa, niin sisäänmenon impedanssin olisi syytä olla ainakin kymmenen kertaa suurempi, kuin ulostulo impedanssi. Jos ulostulon impedanssi on esimerkiksi 150 ohmia ja se kytketään kahden laitteen sisäänmenoon, joiden impedanssi on 30 kOhmia, niin näiden laitteiden yhteinen impedanssi on 15 kOhmia. Tämä ei tiputa jännitteen tasoa oikeastaan ollenkaan laitteiden välillä, kuten impedanssisovitus tekee.

Jännite tippuu noin 0,04 desibeliä, mutta tätä eroa tuskin kukaan huomaa. Tätä tapaa kutsutaan termillä jännitesovitus (voltage matching). (Robjohns 2003.)

Mikrofoni-etuasteiden tuloimpedanssi on noin kymmenen kertaa suurempi, kuin mikrofonista tulevan lähtöimpedanssi. Näissä laitteissa on hyvä pitää tuloimpedanssi suhteellisen alhaisena (yleensä välillä 1.5 – 3 kOhmia), koska resistorit tuottavat ääntä kun virta kulkee niistä läpi. Mitä korkeampi vastus, sitä enemmän ääntä. (Robjohns 2003.)

Kitaroiden mikrofonit ovat induktiivisempia kuin kapasitiivisimpia, johtuen mikrofoneista kielten alla, ja ne ovat erittäin resistiivisiä kuparilangan suuresta määrästä johtuen (normaalisti noin 10 kOhmia). Tämän takia kitara etu-asteiden ja DI-boxien sisäänmeno impedanssit ovat erittäin suuria (minimissään noin 470 kOhmia, mutta moni yli 1 MegaOhmin ja tätäkin suurempia). (Robjohns 2003.)

Jos halutaan kytkeä neljä kahdeksan ohmin kaiutinta siten, että niiden yhteiseksi impedanssiksi saadaan myös kahdeksan, niin joudutaan kytkemään niitä kaksi sarjaan (impedanssi $8 + 8 = 16$ ohm) ja sitten nämä kahden sarjat rinnakkain ($16/2 = 8$ ohm) ja näistä yhteensä saadaan kokonaisimpedanssiksi 8 ohmia. Vaikka yksi kaiutin saakin vähemmän tehoa tässä systeemissä, niin yhteenlaskettu teho on melkein sama. Hyvä puoli tässä on myös se, että yksi kaiutin voi olla halvempi, koska sen tarvitsee tuottaa vähemmän tehoa. Lisäksi kartioiden yhteenlaskettu pinta-ala on suurempi ja tämä parantaa systeemin basson toistoa. (Laaksonen 2006, s 52 - 53)

11.2 Kuulokkeet

Kuulokkeiden impedanssin määrittää äänikelan suunnittelu; kuinka monta kierrosta kuparialankaa, minkä paksuista jne. Impedanssi vaikuttaa kuulokkeiden tuottamaan äänenpaineeseen, kuten myös magneetin vahvuus, sekä monet muut asiat. Paras tapa vertailla kuulokkeiden herkkyyttä, on verrata niiden tuottamaa äänenpainetta (SPL) tietyllä teholla (mW) ajettaessa. Esimerkiksi Sennheiserin HD600 kuulokkeet tuottavat 1 milliwatin teholla ajettuna 97 desibelin äänenpaineen (dB/mW). Myös vahvistimen suunnittelulla on suuri merkitys kuulokkeiden tuottamaan maksimi äänenpaineeseen. (Robjohns 2003.)

Kuulokkeita voidaan jakaa impedanssinsa puolesta kolmeen eri ryhmään. Broadcast-käyttöön, ammattilaiskäyttöön, sekä ne joita käytetään kannettavien laitteiden (iPhone, mp3-soitin) kanssa käytettäviin. (Robjohns 2003.)

Broadcast-kuulokkeet omaavat hyvin suuren impedanssin (esimerkiksi 1.5 kOhmia – 2.0 kOhmia). Tämä on siksi, että ne voidaan kytkeä esimerkiksi kiinniristikytkentätauluun (patchbay), ja kuunnella signaalia kuormittamatta sitä aiheettomasti ja tiputtamatta signaalin tasoa juurikaan. (Robjohns 2003.)

Ammattilaiskäyttöön suunnitellut kuulokkeet ovat yleensä 150 ohmia – 600 ohmia. Korkeampi impedanssi antaa muutamia äänenlaadullisia etuja kuulokkeisiin. Tällöin äänikelassa voi olla useampi kierros kuparia, mikä antaa kuulokkeille paremmat motoriset ominaisuudet ja parantaa kuulokkeiden äänentoistoa. Korkeampi impedanssi vaatii myös vähemmän virtaa ja tämä vähentää säröä monella tapaa. Myös kuulokkeet sietävät paremmin erilaisia kuulokevahvistimien impedansseja, sekä pitkiä kaapeleita. (Robjohns 2003.)

Kannettaviin laitteisiin suunnitellut kuulokkeet omaavat impedanssilukeman välillä 8 – 32 ohmia. Tämä siksi koska kannettavien laitteiden vahvistimilla oleva jännitevarasto on rajallinen (patterit) ja jotta saataisiin vähällä virralla enemmän äänenpainetta, täytyy kuulokkeiden impedanssien olla hyvin pieni. Tällöin säästetään kannettavan laitteen akun/pattereiden kestoja. (Robjohns 2003.)

11.3 Putkivahvistimet

Nykyaikaiset putkivahvistimet eivät hajoa, vaikka niihin ei olisi kytketty kaiutinta kiinni, mutta silti tätä ei suositella. Monet vanhemmat putkivahvistimet eivät tätä kestä. Vintage-putkivahvistimet hajoavat, jos niihin ei ole kytketty mitään kiinni ja niihin syötetään signaalia. Tämä johtuu tavasta, jolla niiden ulostulo on suunniteltu. Se aiheuttaa niin sanotut ”heijastuneet” impedanssit. Putkivahvistimissa on ulostulomuunnin, joka muuntaa putkilta tulevan korkean impedanssin matalaksi impedanssiksi, minkä kaiutin vaatii. Vahvistimen putkien piiri vaatii yleensä impedanssin väliltä 5 kohmia-10 kohmia, kun taas kaiutin on noin 4 – 16 ohmia. Muunnin ”heijastaa” kaiuttimelta tulevan impedanssin muuntimen läpi ja muuntaa sen

ulostulevan kuorman impedanssin kaiuttimelle sopivaksi. Jos kaiutin ei ole kytketty mihinkään, niin se näkee kaiuttimen impedanssin (esimerkiksi 8 ohmia) nyt äärettömänä kuormana ja heijastaa tämän äärettömän kuorman takaisin putkille. Ääretön kuorma taas vaatii äärettömän virran, ja kun signaalia tulee sisään, hajottaa tämä vahvistimen putket tai muita osia siitä. (Robjohns 2003.)

11.4 Audiomittarit, video ja digitaalinen audio

Audiomittarit omaavat erittäin korkean impedanssi siksi, että niitä voidaan kytkeä signaaliketjuun ilman signaalin tason juurikaan muuttumatta. Yleensä niissä on kuitenkin valittavana 600 ohmin kuorma, jos mitataan jotain laitetta, joka on impedanssisovitettu. Tämä siksi, koska mikä tahansa muu kuorma sotkisi mittaustuloksen täysin. (Robjohns 2003.)

Videokalustossa yleinen ohmiluku 75 ohmia; tämä on impedanssisovitusjärjestelmä. Mutta koska joskus on tarvetta kytkeä yhden ulostulon perään enemmän laitteita kuin yksi, niin sen voi tehdä kytkemällä laitteet sarjaan, ja pistämällä viimeiselle laitteelle 75 ohmin terminointi, muiden laitteiden ollessa korkea impedanssisia. Tällöin ulostulo luulee ajavansa vain yhtä laitetta. (Robjohns 2003.)

S/PDIF on myös impedanssisovitusjärjestelmä. Sen ominaisimpedanssi on myös 75 ohmia. Eli lähtö, tulo, sekä johdon impedanssien on oltava 75 ohmia. (Robjohns 2003.)

Word-clock järjestelmä on myös 75 ohminen ja sen ketjuttamiseen laitteiden valmistajat ovat ottaneet saman lähestymistavan kuin videopuolen valmistajat. Eli muut laitteet ketjussa ovat korkea impedanssisia ja ketjun viimeinen laite takaa 75 ohmin terminoinnin. (Robjohns 2003.)

AES/EBU on järjestelmä, jossa taas kuljetaan 110 ohmilla. Tämäkin on impedanssisovitusjärjestelmä, jossa lähtötaso tuntuu olevan erittäin terve, ja se kestää enemmän impedanssin epäsovitusta kuin s/pdif, video, tai word clock. Sen pystyy jakamaan suoraan jopa neljään eri lähteeseen ja se toimii oikein hyvin. Tällaisen passiivisen jaon huono puoli on siinä, että jos yksi vastaanottavista laitteista irrotetaan, terminoimaton pää heijastaa signaalia takaisin lähtöpäähän ja tekee tuhoja lähtevälle

signaalille, mikä estää muiden vastaanottavien tahojen saamaan selkeää signaalia, jotta ne voisivat käsitellä. (Robjohns 2003.)

11.5 Kapasitanssi:

Kondensaattori on komponentti, jota käytetään esimerkiksi vahvistimissa muun muassa varaamaan sähköä itseensä. Kondensaattori koostuu kahdesta johtimesta, jotka on erotettu toisistaan materiaalilla, joka ei johda sähköä. Instrumenttipiuha täyttää nämä vaatimukset hyvin, koska siinä on kaksi johdinta erotettuna eristeellä ja mahdollisesti myös elektrostaattisella suojalla. Kondensaattorin (engl. capacitor) mittaus-yksikkö on kapasitanssi (engl. capacitance). Kapasitanssin mittayksikkö on faradi. Johdolla on aina kapasitanssi, joka ilmoitetaan picofaradi-asteikolla (pF) per metri. Eli esimerkiksi instrumenttikaapelin kapasitanssi voisi olla 40 pF/metri. (Aroluoma 2013; Laaksonen 2006, 51.)

Reaktanssi on yhteisnimitys kapasitanssille ja induktanssille, joka muodostaa impedanssin kanssa alipäästösuotimen piirissä. Kapasitanssilla on suurempi merkitys pienitehoisissa laitteissa, kuten mikrofoneissa, sähköisissä instrumenteissa ja mikserissä. Kun taas induktanssi vaikuttaa enemmän suuritehoisissa kaiutinlinjoissa. (Laaksonen 2006, 51.)

Matalaimpedanssisissa mikrofonilinjoissa kapasitanssin vaikutus on huomattavasti pienempi kuin esimerkiksi sähköisten instrumenttien ja niiden vahvistimien välisessä kytkennöissä. Audio System Groupin Jim Brownin tekemässä testissä, hän totesi 50 – 150 metrin mikrofonilinjojen aiheuttavan korostumista noin +3dB:ä 15 kHz alueella, sekä -3dB leikkaantumista noin 30 kHz:n alueella noin 300 metrin kaapeleissa. Tulokset hieman vaihtelivat mikrofonista ja sen tyypistä riippuen. Dynaamiset mikrofonit kärsivät enemmän ylätaajuuksien häviötä kuin kondensaattori-mikrofonit. Linjatasoisten laitteiden kapasitanssista johtuvat haitat ovat huomattavasti pienempiä. Jim Brownin testissä laitteiden, joiden ulostuloimpedanssi on yhtä suuri tai pienempi kuin 100 ohmia, kärsivät noin 600 metrin vedoilla ylätaajuuksien häviöstä noin -0,5dB:ä 20 kHz:n alueella. Eli kovin huomattavaa häviötä linjoissa ei ollut. Laitteet, joiden ulostuloimpedanssi oli 600 ohmia, kärsivät suuresta ylätaajuuksien häviöstä. 150 metrin vedolla häviötä ylätaajuuksille tuli noin -3dB:ä 16 kHz:n alueelle, kun sitä ajettiin

korkeaimpedanssiseen sisäänmenoon. Kun sisäänmenon impedanssi muutettiin 600 ohmiin, niin ylätaajuuksien häviö muuttui -1,5 dB:ä 20 kHz:n. Tämä taas aiheuttaa 6 dB:n häviön yliohjausvarassa, koska laitteen antotaso putoaa impedanssisovituksen johdosta. (Brown, The Effects of Cable in Signal Quality.)

Kapasitanssin vaikutus korkea impedanssisissa sähköisissä instrumenteissa on suuri. Esimerkiksi sähkökitaran instrumenttikaapeli vaikuttaa sen ylätaajuuksiin sekä kyseisen laitteen toiminta-alueeseen. Jokaisella kitaramikrofonilla on oma alueensa, jota ne toistavat, sekä tietty taajuus (engl. resonant peak) jota ne toistavat muita taajuuksia enemmän. Karkeasti tämä taajuus liikkuu 2000 – 5000 Hz:n alueella. Mitä korkeampi instrumenttipiuhan kapasitanssi on, sitä alemmas siirtyy kyseisen mikrofonin toiminta-alue ja mitä matalampi kapasitanssi, sitä lähempänä mikrofonin toiminta-alue pysyy alkuperäistä paikkaansa. Korkea kapasitanssi myös leikkaa ylätaajuuksia, joten mitä korkeampi kapasitanssi, sitä alemmaa ylätaajuudet leikkaantuvat. Tämä ei tarkoita sitä, että matalampi kapasitanssinen instrumenttikaapeli olisi välttämättä paras vaihtoehto. Joistakin sähkökitaroista voidaan esimerkiksi haluta laskea ylätaajuuksia korkea kapasitanssilla johdolla. Myös on hyvä muistaa että impedanssi ja reaktanssi (kapasitanssi ja induktanssi) vaikuttavat keskenään, eli jos jotain muuttaa, niin se vaikuttaa toiseen. (Aroluoma 2013.)

12 SYMMETRINEN SIGNAALITIE JA BALANSOINTI

Signaalitie voi olla symmetrinen tai epäsymmetrinen. Epäsymmetrinen audiovirtapiiri sisältää kaksi johdinta, jotka ovat signaalijohdin ja maajohdin. Maajohdin kytkee kaapelin suojan laitteen runkoon, sekä toimii myös signaalin paluujohdina. Hyviä ominaisuuksia tässä systeemissä on yksinkertainen ja halpa rakenne, mutta taas sen häiriösietokyky on huomattavasti huonompi. (Ivers, *Balanced and Unbalanced Connections*, Presonus.)

Symmetrinen audiovirtapiiri sisältää taas kolme johdinta, jotka ovat kuuma (+), kylmä (-) ja maatto (engl. ground). Vastaanottavan laitteen sisäänmeno havaitsee signaalin näiden kahden johtimen välillä. Maajohdin ei kuljeta symmetrisessä järjestelmässä signaalia, vaan sen tarkoitus on suojata signaalia häiriöiltä, ja sen tulisi olla kiinnitetty laitteen runkoon. Symmetrinen signaali ilmenee siis kahden johtimen (+ ja -) välillä, jotka liitetään invertoivaan tulovahvistimeen (engl. differential amplifier) laitteen sisäänmenossa. Kuumassa johtimessa signaalia kuljetetaan myötävaiheessa, mutta kylmässä sama signaali kuljetetaan napaisuudeltaan käännettynä vastavaiheessa. Invertoiva tulovahvistin kääntää kylmän johtimen signaalin vaiheen, jolloin se voidaan summata kuuman johtimen signaaliin. Jos kaapeliin on indusoitunut häiriöitä matkalla, ovat nämä häiriöt molemmissa johtimissa samanvaiheisia. Tämä tarkoittaa sitä, että kun invertoiva tulovahvistin kääntää kylmän johtimen vaiheen muuttaen hyötysignaalin myötävaiheiseksi kuuman johtimen kanssa, kääntyy häiriöiden vaihe taas vastavaiheiseksi toisiinsa nähden, ja invertoivan tulovahvistimen summatessa signaalit kumoutuvat häiriöt. Tätä kutsutaan yhteismuotovaimennukseksi, joka on englanniksi *Common Mode Rejection* (CMMR). Symmetrisillä linjoilla voidaan siirtää herkkiä mikrofonitasoisia signaaleja pitkiä matkoja häiriöttömänä. Termiä symmetrinen ja balansoitu käytetään vaihtelevasti keskenään, vaikka niiden välillä on selvä ero. Audiovirtapiiri on symmetrinen, jos se sisältää kaksi signaalijohdinta ja erillisen maaton. Balansoinnin määritelmä on taas se, että symmetrisen virtapiirin molempien napojen impedanssi tulee olla sama yhteiseen vertailupisteeseen nähden, joka on yleensä maajohdin. Tämä on tärkeä ymmärtää, koska signaalin ei välttämättä tarvitse ilmetä molemmissa johtimissa (+ ja -), jotta yhteismuotovaimennus (CMMR) toimisi. Tämä asia selvitetään hieman myöhemmin. Balansointityyppejä on erilaisia ja niiden tietäminen auttaa laitteiden kytkemisessä, sekä balansoimattomien laitteiden

kytkemisessä systeemiin, jos tällainen tarve tulee. (Laaksonen 2006, 99 – 102; Ivers, *Balanced and Unbalanced Connections*, Presonus.)

12.1 Muunninbalansoitu ulostulo (transformer balanced output)

Aikana, jolloin suurin osa audiolaitteista toimi putkilla ja transistorilaitteet olivat vasta olleet muutamia vuosia olemassa, olivat kaikki balansoidut ulostulot (engl. balanced outputs) muunninbalansoituja. Muunninbalansointi eristää signaalijohtimet maasta (engl. ground) signaalin symmetroidumisen lisäksi, sekä muuttaa putkietuasteiden korkea impedanssisen ja korkea jännitteisen signaalin matala impedanssiseksi ja matala jännitteiseksi, mikä sopii useimpien laitteiden sisäänmenoihin. Eli tässä tapauksessa molemmat johtimet kuljettavat hyötysignaalia. Hyvät muuntimet ovat kalliita ja tämä on hintavin tapa balansoida ulostulo. Tästä huolimatta jotkut laitteet käyttävät muunninbalansointia, koska se värittää signaalia halutulla tavalla. (Ivers, *Balanced and Unbalanced Connections*, Presonus.)

Jos haluaa kytkeä muunninbalansoidun epäsymmetriseen linjaan, niin pitää kylmäjohdin (-), sekä maajohdin (engl. ground) kytkeä yhteen (tämä toteutuu helposti kytkemällä TS-plugi TRS-naarasliittimeen). Jos näin ei tehdä, niin mahdollisesti tuloksena on heikkosignaali, jossa ei ole bassoa. Tämä tapahtuu siksi, että maaton kytkentä, jonka balansoimaton linja tarvitsee toimiakseen, tapahtuu ainoastaan kapasitiivisen vuodon kautta (siis jos muunninbalansoitu ulostulo kytketään epäsymmetriseen sisäänmenoon). Muuntimia käytetään myös esimerkiksi erottamaan yhteen liitetyt laitekokonaisuudet toisistaan (kuten esimerkiksi PA-järjestelmä ja ulkotuotantoauto), sekä muuntamaan epäsymmetriset (engl. unbalanced) liitännät balansoiduiksi. (Ivers, *Balanced and Unbalanced Connections*, Presonus.)

12.2 Elektronisesti balansoitu ulostulo (electronically balanced output)

Elektronisestibalansoiduista ulostuloista on muutamia erilaisia versioita. Yksi versio käyttää kahta operaatiovahvistinta (engl. op amp), joista toinen ajaa kuumaan johtimeen myötävaiheista signaalia ja toinen on invertoiva (engl. inverting), joka ajaa kylmään johtimeen vastavaiheista signaalia. Operaatiovahvistimet eivät välttämättä kestä sitä, että niiden ulostulot kytketään oikosulkuun, joten ei kannata liittää maattoa (engl.

ground) ja kylmää johdinta (-) yhteen, jos haluaa kytkeä sen epäsymmetriseen sisäänmenoon, vaan jättää kylmäjohdin kellumaan (eli ei kytke sitä mihinkään). Tällä kytkennällä menettää 6 dBu:a. Eli jos balansoitu lähtö on kykeneväinen antamaan maksimissaan +24dBu:a, niin tämän kytkennän jälkeen suuri saatava jännite tulee olemaan +18dBu:a. (Ivers, Balanced and Unbalanced Connections, Presonus.)

Toista elektronisestibalansoitua kutsutaan termillä ”cross-coupled” tai ”servo” balansoitupiiri. Tämän tyyppinen linja käyttää yleensä kolmea operaatiovahvistinta, sekä toimittaa täyden jännitteen, vaikkakin kylmäjohdin (-) olisi kytketty yhteen maaton (engl. ground) kanssa. Näin täytyykin tehdä, jos tällä tavalla elektronisestibalansoitu ulostulosta kytketään balansoimattomaan. Kun kylmäjohdin liitetään maattoon, niin tämä kytkee invertoidun sekä invertoimattoman ulostulon sarjaan, joka säilyttää signaalin tason. (Ivers, Balanced and Unbalanced Connections, Presonus.)

12.3 Maakompensoitu lähtöaste (Single-ended balanced/impedance balanced)

Yksi tapa tehdä balansoimaton ulostulo on kytkeä signaali ainoastaan maaton (engl. ground) ja kuuman johtimen (+) välille (kuten balansoimattomassa audiopiirissä). Vastus, joka on yhtä suuri kuin kuumaa johdinta ajavan operaatiovahvistimen vastus, on kytketty maaton ja kylmän johtimen (-) välille. Tämä täyttää balansoidun ulostulon vaatimukset, mikä tarkoittaa että lähtöimpedanssin kuuman ja kylmän johtimen välillä täytyy olla identtiset. (Ivers, Balanced and Unbalanced Connections, Presonus.)

Vaikka kylmässä johtimessa ei kulje signaalia, siihen indusoituvat häiriöt samalla tavalla kuin muissakin balansoiduissa järjestelmissä, jotka taas kumoutuvat differentiaalivahvistimen kääntäessä ja summatessa signaali kuuman johtimen signaaliin. Tätä järjestelmää kutsutaan usein termeillä ”impedance balanced” tai ”single ended balanced”. Tämä on helpoin ja halvin tapa tehdä balansoitu lähtö. (Ivers, Balanced and Unbalanced Connections, Presonus.)

12.4 Kuinka tunnistaa balansointi

Jos ulostulo on muunninbalansoitu, niin luultavasti valmistaja kehuu sitä ohjekirjassa. Jos siinä lukee *balanced/unbalanced*, niin se on luultavasti maakompensoitu (engl.

single-ended). Helpoiten tämän tunnistus onnistuu sillä (jos ulostulo on plugi), että kytket kuulokkeet ($\frac{1}{4}$ jack-plug) ulostuloon ja pysähdyt ensimmäisen naksahduksen kohdalla. Tällöin olet kytkenyt tip-osan plugista (eli vasemman kuulokkeen) ring-osaan. Jos ääntä ei kuulu, niin silloin kyseessä on maakompensoitu ulostulo. Työntämällä liitin loppuun asti ääni kuuluu vain toisesta kuulokkeesta, koska toisessa johtimessa ei kulje hyötysignaalia. (Ivers, Balanced and Unbalanced Connections, Presonus.)

Jos saman kuuloketempun tekee elektronisestibalansoidun (engl. servo balanced) ulostulon kanssa, niin kuulet toisesta kuulokkeesta ääntä ensimmäisellä naksahduksella, sekä molemmista kuulokkeista, kun työnät plugin loppuun asti. Tällöin puolien pitäisi olla myös vastavaiheessa. (Ivers, Balanced and Unbalanced Connections, Presonus.)

13 SUOJAMAADOITUS JA HÄIRIÖNPOISTO

Vikavirtatilanteessa esimerkiksi elektronisten laitteiden metalliset kotelot voivat tulla jännitteisiksi ja suojamaadoituksella on tarkoitus tarjota vikavirralle hallittu reitti purkautua maahan, sen sijaan että se kulkisi ihmisen läpi maahan. Häiriönsuojaus liittyy kiinteästi maadoituksiin ja oikeaoppiset maadoitusjärjestelmät, sekä jo olevassa olevien rakenteiden käyttö ovat olennainen osa häiriönsuojausta. Tyypillisimpiä häiriönlähteitä ovat verkkojännitteen kautta systeemiin pääsevät signaalihäiriöt, jotka voivat tulla esimerkiksi tehoelektroniikan aiheuttamista kytkentäpiikeistä ja tehomoottoreista (kuten samassa verkossa olevat keittiön laitteet). (Poikonen 2012.)

Häiriöiden *resistiivinen kytketyminen* tarkoittaa sitä, että häiriölähteen ja vastaanottavan tahon välillä on fyysinen sähköinen yhteys. Esimerkiksi pienten keikkapaikkojen sähköpistokkeet audiolaitteille voivat olla kytkettynä hyvin lähelle keittiönlaitteistojen kanssa, ja tällöin näiden laitteiden aiheuttamat häiriöt voivat tulla kuultavaksi audiolaitteistossa. Myös esimerkiksi kotistudiot, jotka ovat kerrostalossa, voivat saada häiriöitä esimerkiksi hissistä. Tässä tapauksessa suojaerotusmuuntajalla voidaan verkkohäiriöiden vaikutuksia pienentää, mutta koska suuri tehoisten suojaerotus-muuntajien hinnat ovat usein huomattavia, niin se ei sovi oikein suurin laitteistoihin. Tärkeää olisi saada audiolaitteistolle oma sähkönsyöttö mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, mielellään suoraan sähkökeskuksesta. (Poikonen 2012.)

Maasilmukat ovat audiotekniikassa yksi yleisimmistä vastaantulevista häiriöistä, jonka aiheuttavat resistiiviset kytkennät. Maasilmukat aiheutuvat maadoitusjärjestelmien potentiaalieroista eri maadoituspisteiden välillä. Maadoituskaapelilla on myös oma impedanssinsa pituusyksikköä kohden, ja kaapelien eri pituudet vaikuttavat tähän potentiaaliin, ellei potentiaalintasausta ole tehty esimerkillisesti. Tämä tarkoittaa sitä, että kun kaksi laitetta kytketään eri maadoituspisteisiin, joiden potentiaalit ovat eri, alkaa laitteiden välillä kulkea tasausvirtoja, jotka aiheuttavat häiriöitä (50 Hz verkkohurinaa). Esimerkkitalanne maasilmukan aiheuttaman häiriön syntymisestä on kitaran kytkeminen vahvistimen lisäksi DI-boxilla (Direct Inject-box) esimerkiksi äänipöytään. DI-boxin ja äänipöydän välillä käytetään balansoitua audiokaapelia (maa/suoja ei kuljeta hyötysignaalia), mutta kitaran ja DI-boxin välillä käytetään balansoimatonta instrumenttikaapelia (jonka maatto/suoja kuljettaa signaalin paluuvirtaa). Kun äänipöytä ja kitaravahvistin ottavat sähkönsä eri paikoista, ja

maadoituspisteet ovat eri, pääsee laitteiden välillä tasausvirrat kulkemaan, ja balansoimattoman kitarakaapelin takia kytkeytymään audiojärjestelmään. Maasilmukka voidaan katkaista DI-boxin *Ground lift*-kytkimellä, jolloin galvaanista yhteyttä ei kahden maapisteen välillä ole ja tasausvirrat ei kulje. (Poikonen 2012.)

Yksi tapa päästä maasilmukoista eroon on tehdä laitekokonaisuuden maadoitus tähtimäisesti, jolloin pyritään siihen, että maadoituskokonaisuus ei muodosta missään vaiheessa suljettua piiriä. *Tähtipistemaadoitus* (single point ground) menetelmän häiriönsietokyky radiotaajuuksilla on huono, koska maadoitusjohtimet kulkevat pitkiä matkoja ja kaapelien kokonaisimpedanssi kasvaa suureksi (varsinkin isoissa järjestelmissä), jolloin radiotaajuuksilta tulevien häiriöiden mahdolliset häiriövirrat nousevat suuriksi. Jos tässä järjestelmässä maasilmukka pääsee syntymään, niin yleensä se poistetaan katkaisemalla maajohtimen galvaaninen yhteys toisesta päästä. Tämä poistaa ongelman hetkellisesti ja samalla tekee järjestelmän sisälle antennin, joka huonontaa järjestelmän häiriönsietokykyä entisestään korkeilla taajuuksilla. Paras tapa olisi poistaa/pienentää maasilmukoiden aiheuttamien tasausvirtojen kulkua tasaamalla laitteiden välisiä potentiaalieroja laittamalla vaikka näiden laitteiden välille erillinen potentiaalintasausjohdin, tai ideaalitapauksessa sijoittaa nämä laitteet samalle johtavalle materiaalille ja kytkä laitteiden suojakuoret toisiinsa. (Poikonen 2012.)

Kapasitiivisia häiriöitä voi siirtyä audiosignaaliin esimerkiksi voimavirtakaapelin aiheuttamasta sähkökentästä. Näitä häiriöiden vaikutuksia voidaan minimoida esimerkiksi asentamalla eri teholuokkien kaapelit mahdollisimman kauaksi toisistaan. Kaapelit voidaan myös asentaa johtavasta materiaalista valmistettuun putkeen, joka on maadoitettu. Tällöin johtava putki vastaanottaa häiriöt ja nämä kulkeutuvat oikeaoppisesti maahan. (Poikonen 2012.)

Induktiiviset häiriöt ovat yleisiä audiotekniikassa ja niiltä suojautuminen on verraten hankalaa. Verkkovirran jatkuvan muutostilan luonteesta johtuen, se synnyttää sähkömagneettikentän ja tämä aiheuttavaa induktiivisia häiriöitä audioteknisissä laitteissa ja kaapeleissa. Verkkovirtakaapeleissa kulkeva jännite on suurta verrattuna mikrofonaapeleissa kulkevaan signaaliin ja induktiivisten häiriöiden kytkeytyminen on yleistä. Yksi keino on kasvattaa välimatkaa kaapeleiden välillä, sekä käyttää parikierrettyä kaapelia signaalin siirtoon (tämä toimii vain balansoidussa signaalin siirrosta). Ihminen ja luonto aiheuttavat sähkömagneettista säteilyä, jonka spektri on

laaja ja voidaan jakaa karkeasti kahteen luokkaan; leveäkaistaiseen ja kapeakaistaiseen. Leveäkaistaista aiheuttavat esimerkiksi laitteet, jotka toimiessaan muodostavat kytkentäpiikkejä, eli yleisesti kipinöitä aiheuttavat laitteet. Kapeakaistaista aiheuttavat taas radiolähettimet ja tutkat. Jos *maasilmutka* ongelma on ratkaistu irrottamalla maajohtin toisesta päästä, on systeemiin tehty antenni, joka vastaan ottaa häiriötä radiotaajuuksilta, sekä myös leveäkaistaista häiriötä. (Poikonen 2012.)

Maadoitus on siis yksi iso osa häiriönpoistoa ja toimiva maadoitusjärjestelmä takaa häiriöttömämmän sekä hiljaisemmän laitekokonaisuuden. Kuitenkin on joskus tarve liittää täysin balansoituun järjestelmään balansoimattomia laitteita, kuten esimerkiksi DJ-mikseri jonka ulostulo on usein RCA-liitin. Tällöin on hyvä käyttää kaapelia, jonka balansoimattoman RCA-liittimen tippu on kytketty XLR-liittimen 2-napaan ja RCA:n suoja on kytketty 3-napaa (johon normaalisti kytkettäisiin balansoidun signaalin – vaihe) ja XLR-liittimen 1-napaan kytketään kaapelin suoja (kuva 47). Tällöin vastaanottava laite näkee DJ-mikserin kelluvana balansoituna laitteena. Tällä tavalla onnistutaan ehkäisemään balansoidun järjestelmän maadoituskaapeleissa kiertävien virtojen kytkeytyminen balansoimattoman järjestelmän piiriin ja sieltä sitten takaisin balansoituun järjestelmään. Tämä kompromissi tietenkin vähentää häiriösuojausta radiotaajuuksilla. Paras tapa olisi kytkeä nämä balansoimattomat laitteet suojaerotusmuuntajalla balansoituun systeemiin. Tällöin balansoimattomalla laitteella ei ole suoraa galvaanista yhteyttä balansoituun järjestelmään. (Poikonen 2012.)



KUVA 47. Kaapeli jolla balansoimaton laite kytketään balansoituun järjestelmään.

(Kuva: www.rane.com)

Myös laitteiden kytkennät ja rakenne vaikuttaa siihen kuinka hyvä suoja niillä on sähkömagneettisia häiriöitä vastaan. Laitteisiin joissa on metallinen suojakotelo, tulisi kytkeä XLR-kaapelin maadoitusjohdin aina ensiksi laitteen suojakoteloon, josta se sitten kytkettäisiin signaalimaan. Muovikuorisiin laitteisiin, joita mainostetaan ammattikäyttöön, tulisi suhtautua varauksella. Näiden kotelo ei suojaa laitteen piirejä sähkömagneettisilta häiriöiltä. Eli sähkömagneettisia häiriöitä (EMI, electromagnetic interference) kutsutaan myös radiotaajuisiksi häiriöiksi (RFI, radio-frequency interference) häiriöiden ollessa radiotaajuuksilla (3 kHz – 300 Ghz). Niitä aiheuttaa

mikä tahansa luonnollinen tai tehdasvalmisteinen asia, joka aiheuttaa nopeasti muuttuvia sähköisiä virtoja. Näitä asioita ovat matkapuhelimet (G1, G2 mallit enemmän kuin 3G ja 4G puhelimet), FM-radio, Wi-Fi, sähköverkko, loisteputket jne. Oikeaoppisella maadoituksella ja balansoidulla järjestelmällä pystytään suojautumaan näiltä hyvin. (Poikonen 2012.)

14 TEKNISEN TIEDON KÄYTTÖ ÄÄNITYKSISSÄ

Viimeisenä käyn vielä läpi oman teknisen toteutukseni bändi-äänityksissä studioolosuhteiden ulkopuolella. Kerron rumpu- ja bassoäänitysten kokoonpanon, koska muiden asioiden tallennus tehtiin samalla tavalla.

14.1 Laitelista

Käytössäni olleet laitteet mikrofoneja ja ständejä lukuun ottamatta:

1. MacBook Pro
2. LaCie Rugged-kovalevy
3. MOTU Traveler mk3-ulkoinen firewire äänikortti
4. Behringer Ultragain ADA 8200 adat audio interface
5. SPL Track One-kanava
6. Edirol UA-25-ulkoinen USB äänikortti
7. Digidesign MBox2-ulkoinen USB äänikortti
8. Behringer XENYX 1202-mikseri
9. Sidekick-passiivinen DI-boxi.
10. Adam a3x-monitorit
11. Sennheiser HD-25-kuulokkeet
12. Sennheiser HD-600-kuulokkeet
13. Beyerdynamic DT 770-kuulokkeet

14.2 Laitteiden kytkeminen

Äänityspaikkana oli vanhan koulun luokkahuone, jota äänitettävä bändi käyttää treenikämpänä. Rakensin äänityskaluston viereiseen huoneeseen ja rummut olivat luokkahuoneessa. Kaiutinkuuntelulla en tehnyt juuri muuta kuin kuuntelin äänitettyjä ottoja koko porukalla. Itse äänitysratkaisut tein kuulokkeilla.

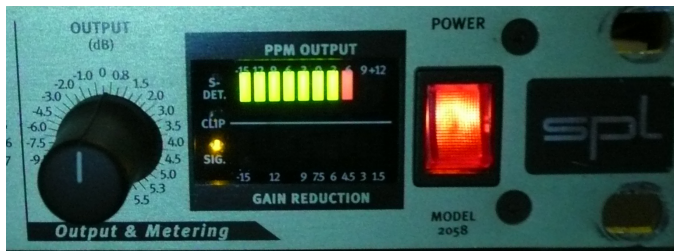
MacBook Pro toimi tallennusalustana ja moniraitaohjelmiana käytin Pro-Tools 10. Äänikorttina toimi MOTU:n Traveler mk3, jonka omalla CueMix DSP-mixerillä tein

viiveettömän kuuntelun soittajalle ja soittajan kuulokekuuntelun hoiti Behringerin Xenyx 1202-mikseri, jossa soittaja sai itse vaikuttaa kuulokekuunteluunsa. Mikrofonilinjoja tallennusta varten sain lisää Behringerin ADA 8200-etuasteella. Koska MOTU:n äänikortissa ei ole kuin yksi kuulokeulostulo, jonka tarvitsin itseäni varten, käytin Digidesignin Mbox2:sta kuulokevahvistimena. Kääntämällä Mbox2:n mix-potentiometri vasempaan äänilaitaansa, kuuntelee laite suoraa sisään tulevaa signaalia ja tällä tavalla sain MOTU:sta ajettua erillisen ”tuottajan” kuuntelun. Myös tarvitsin kaksi kanavaa lisää soittajan ja ”tarkkaamon” väliseen kommunikointiin, koska kaikki mikrofonilinjat olivat jo käytössä äänitystä varten. Joten tein vastaavanlaisen kytkennän Edirolin UA-25-äänikortilla, jolloin sain käyttöön lisää kaksi etuastetta, jotka kytkin MOTU:n linjasisääntuloihin (kuva 48).

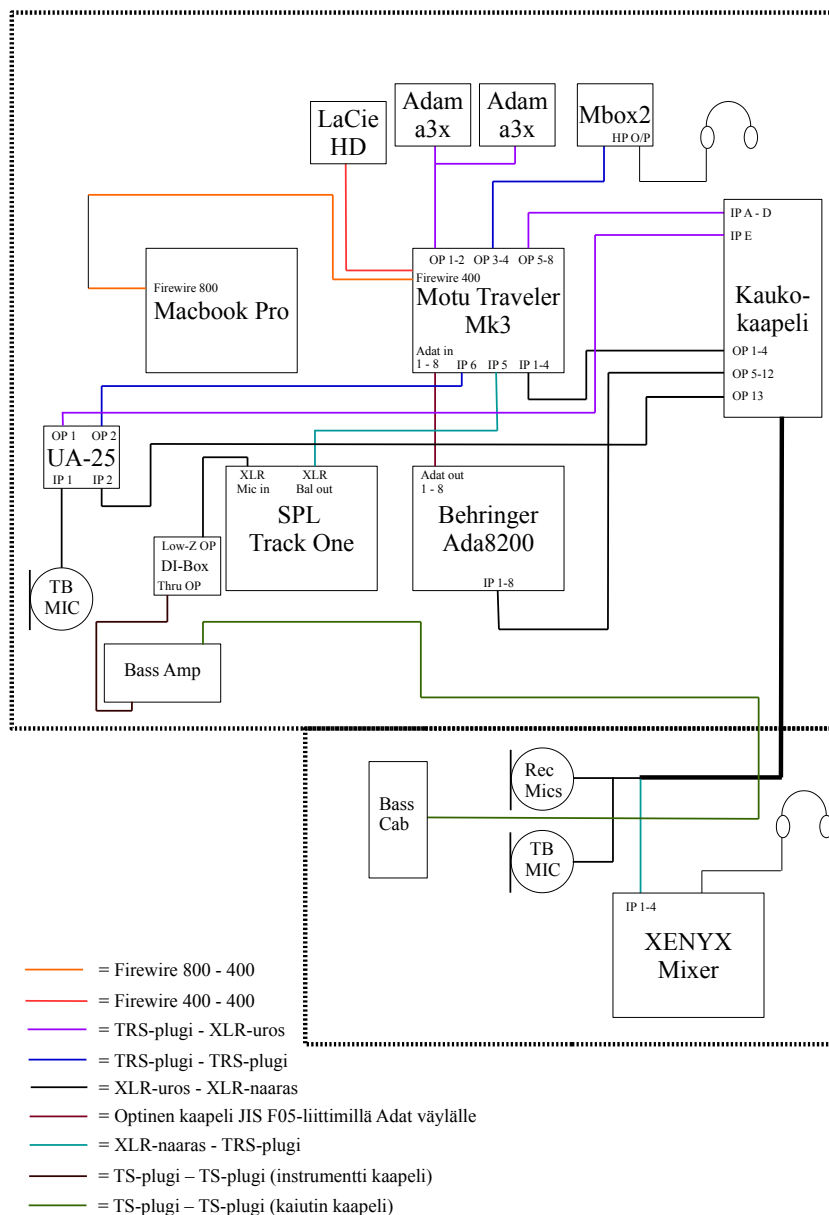
Ainut kalibroitava laite äänikorttia varten oli SPL:n Track One-kanava (kuva 49). Laitteen suurin antama taso on +20 dBu, mutta säädin laitteen siten, että laitteen mittarin mukaan +6 dBu oli tallentavassa ohjelmassa (ja äänikortissa) -6 dBFS (kuva 55). Mielestäni oli helpompaa käsitellä tallennettavaa signaalia laitteessa, kun sen piikit olivat maksimissaan +9 dBu:n luokkaa ja tällöin tallentavan ohjelman signaalin taso oli hyvä. Huomattava asia on että kalibroin vain sisääntulokanavan, enkä ulostuloa.



KUVA 48. Pro-Toolsille tallentuvan signaalin taso.
(Kuva: Jarno Valkonen)



KUVA 49. SPL:n PPM-mittarin ulostulon taso (+6 dBu).
(Kuva Jarno Valkonen)



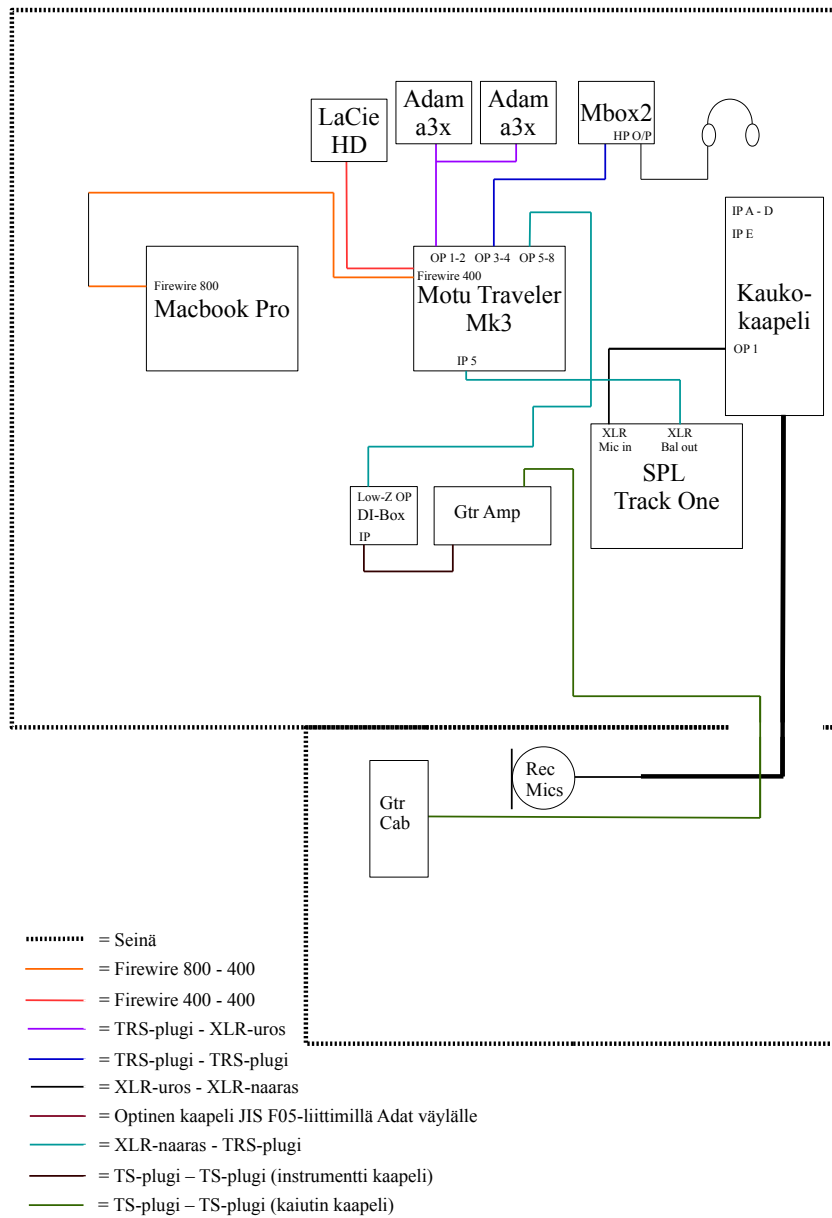
KUVA 50. Graafinen malli äänityssession kytkennöistä. (Kuva: Jarno Valkonen)

Äänitykset sujuivat hyvin, eikä ongelmia laitteiden kanssa ollut. Kuten aikaisemmin todettu, äänityspaikkana toimi vanha koulu. Voimavirtaa ei löytynyt rakennuksen niistä osista joihin meillä oli avaimet, joten sähköt oli otettava maadoittamattomasta pistorasiasta. Häiriöitä ei kuitenkaan laitteisiin tullut ja kaikki laitteet (kuten kahvinkeitin) otettiin irti muista pistorasioista, jotta niitä ei vahingossakaan tulisi. Kaikki linjat laitekokonaisuudessa oli balansoituja, paitsi DI-boxin ja basson välinen kytkentä TS-plugi instrumenttikaapelilla. Koska sähköt olivat otettu samasta pisteestä, hurinoita ei järjestelmään syntynyt, eikä maattoakaan tarvinnut erottaa ground lift-kytkimellä.



KUVA 51. ”Tarkkaamo” kasattuna. (Kuva: Pekka Marttinen)

Ainoa isompi ero kytkennöissä tapahtui, kun ajoin jo äänitetyn kitaran suoransignaalin (DI-signal) uudestaan kitaravahvistimen läpi ja äänitin vahvistetun signaalin uudestaan (kuva 52). Tämän tein siksi koska halusin sekoittaa kahta erilaista kitarasaundia keskenään. Termi kyseiselle tapahtumalle on reamppaus (engl. reamp). Siinä ajetaan aiemmin äänitetty linjatasoinen signaali laitteelle (kuten Radialin ProRMP), joka muuntaa linjasignaalin takaisin instrumenttitasoiseksi ja muuntaa myös impedanssin sopivammaksi kitara-vahvistimelle. Tähän samaa prosessiin voi käyttää myös passiivista DI-boxia, kuten itse tein. Seuraavassa kuvassa näkyy kytkennät. (How to Reamp: Getting Out of the Box, Puremix Advanced Audio Tutorials.)



KUVA 52. Reamppaus kytkentä. (Kuva: Jarno Valkonen)

15 POHDINTA

Seuraavaksi pohdintaa opinnäytetyöstäni ja sen tekemisen prosessista. Myös siitä miksi koen kyseisen tiedon hyödylliseksi ja kuinka se on auttanut minua äänialalla työskentelyssä.

15.1 Opinnäytetyön tekeminen

Äänialalla on nykypäivänä käytössä paljon tekniikkaa ja näiden laitteiden hallitseminen vaatii tietoa käyttäjältään. Tekniikan saralla liikkuu paljon ”perintätietoa”, joka ei aina välttämättä ole teoreettisesti oikeaa, vaikka laite tai asia saattaisikin toimia näiden tietojen perusteella, niin syy miksi, voi olla väärä. Tämän takia opinnäytetyöni tekemisprosessi on ollut erittäin hidasta, koska olen törmännyt ristiriitaisiin tietoihin luotettavissakin lähteissä ja näiden tietojen selvittäminen on vienyt paljon aikaa. Se on myös syy miksi tein tämän opinnäytetyön; halusin lisätä tietämystäni äänialan perusasioissa, sekä saada teoreettista tietoa siitä, miksi jotkut asiat tehdään niin kuin ne tehdään. Tekemisprosessin aikana ymmärsin entistäkin paremmin sen, miksi laitteiden käyttöohjeisiin ja teknisiin tietoihin paneutuminen kannattaa, vaikka aiemman teoreettisen tiedon perusteella osaisitkin laitetta käyttää. Tämä teos kattaa vain murto-osan teknisestä tiedosta ja niistäkin vain perusasioita. Mutta mielestäni perusasiat on hyvä pitää mielessä, jotta ei tulisi ohitettua esimerkiksi vikatilanteita selvittämättä niitä tai tulisi käytettyä laitteita siksi, koska niitä nyt vain sattuu olemaan käytettävissä. Varsinkin jälkimmäiseen olen usein syllistynyt opiskeluideni aikana.

15.2 Teoreettisen tiedon soveltaminen

Teoriatiedon hallitseminen ei korvaa käytännön tietoa ja osaamista. Töiden tekemisen oppii vasta itse töitä tehdessä ja yleensä teoreettisten faktojen ääneen puhumisella saa enemmänkin koulupojan mainetta niitettyä, kuin kunniaa tai arvostusta. Omassa työskentelyssä teoreettisen tiedon hallitseminen on kuitenkin auttanut joutuessani uusiin tilanteisiin ja auttanut ongelman ratkaisussa. Se on myös auttanut asioiden suunnittelussa ja mahdollisimman pitkälle viemisessä, mikä nopeuttaa asioita esimerkiksi tilanteessa, joissa asiakas on paikalla. Yksi suuri apu on myös siinä että pystyy ymmärtämään erilaisia termejä toisen henkilön kanssa toimiessa, koska laitteilla sekä kaapeleilla tuntuu

olevan yhtä paljon erisnimiä kuin rakkaalla lapsella. Esimerkiksi kolmejohtimista 6,3 mm uros TRS-plugeilla varustettua kaapelia voidaan kutsua vaikkapa termeillä stereo-plugikaapeli, tai balansoituplugikaapeli. Nimellähän ei ole niinkään väliä, kunhan oikeat kaapelit ja asiat lähtevät hyllystä mukaan, mutta tämä edellyttää nimien ja termien ymmärtämisen.

Laitteiden käyttöohjeiden ja teknisten tietojen tulkitsemisessa on myös suurta apua, jos tietää teoriasta. Silloin ei myöskään tule niin helposti laitevalmistajan, tai jonkun toisen tahon huijatuksi. Kun ymmärtää mitkä asiat vaikuttavat signaalin laatuun, niin ei välttämättä käytä suuria summia rahaa kaapeleihin, tai roikota niitä irti lattiasta paremman äänenlaadun toivossa. Äänialalla työskentely ei vaadi välttämättä suurta teorian tunte-
musta, mutta siitä ei todellakaan ole haittaa. Varsinkin jos toimii monella eri äänityön eri osa-alueella, niin teoreettisen tiedon määrä mielestäni korostuu ja välttämättä ei tarvitse oppia hommia täysin ”kantapään kautta”. Omissa töissäni se on auttanut myös siihen, että voin keskittyä olennaiseen, koska tiedän laitteiden toimivan odotetulla tavalla. Jos ongelmia ilmenee, niin pystyn käymään signaaliketjua mielessäni läpi ja aloittamaan sitä kautta ongelman ratkaisua.

LÄHTEET:

About audio meters. Apple: Final Cut Pro 7 user manual nettiartikkeli. Luettu 14.11.2013

<https://documentation.apple.com/en/finalcutpro/usermanual/index.html#chapter=54%26section=1%26tasks=true>

An introduction to Digital Audio. JISC Digital Media nettiartikkeli. Luettu 20.01.2014
<http://www.jiscdigitalmedia.ac.uk/guide/an-introduction-to-digital-audio>

Aroluoma, K. 02.11.2013. Kapasitanssi. Backstage custom-sounds nettiartikkeli. Luettu 20.3.2014

<http://backstage.custom-sounds.com/tutoriaalit/kapasitanssi>

Audio Cable & Wiring. 2002. Sound on Sound nettiartikkeli. Luettu 22.06.2013.

<http://www.soundonsound.com/sos/jan02/articles/faq0102.asp>

Banana plugs guide. Sewelldirect online store. Luettu 10.01.2014

<http://sewelldirect.com/articles/HTG-Banana-Plugs.aspx>

Brown J. The Effects of Cable in Signal Quality. Audio Systems Group nettiartikkeli.

Luettu. 20.3.2014. <http://audiosystemsgroup.com/CableCapacitance.pdf>

Blomberg E & Lepoluoto A. 2005. Audiokirja. Audiotekniikkaa ammattilaisille ja kehittyneille harrastajille. Verkkojulkaisu. <http://ari.lepoluo.to/audiokirja/>

Choosing a mixer. TweakHeadz Labz nettiartikkeli. Luettu 16.09.2013.

<http://tweakheadz.com/choosing-a-mixer-p3/>

Cyrus J H. 2006-2013. What does “line level” mean? Ovnilab nettiartikkeli. Luettu

11.08.2013. <http://www.ovnilab.com/articles/linelevel.shtml>

Decibels explained. 1994. Sound on Sound nettiartikkeli. Luettu 09.09.2013.

http://www.soundonsound.com/sos/1994_articles/feb94/decibels.html

Digital audio. Apple: Soundtrack pro 3 user manual nettiartikkeli. Luettu 06.09.2013
<https://documentation.apple.com/en/soundtrackpro/usermanual/index.html#chapter=B%26section=2%26tasks=true>

Digital Show & Tell. Xiph.org. Katsottu 07.09.2013
<http://xiph.org/video/vid2.shtml>

Digital audio and video file formats. 2009. State Records. Luettu 11.11.2013
<http://www.records.nsw.gov.au/recordkeeping/advice/designing-implementing-and-managing-systems/digital-audio-and-video-file-formats>

Digital audio converters. TweakHeadz Labz. Luettu 12.09.2013.
<http://tweakheadz.com/digital-audio-converters/>

DN500 technical specifications. Klark Teknik käyttöopas. Luettu 09.09.2013
<http://www.klarkteknik.com/dn500series-tech-data.php>

D-108 Owner's manual. Fostex käyttöopas. Luettu 17.08.2013.
http://www.fostexinternational.com/docs/downloads/pdfs/d108_owners_manua.pdf

Finalizer express user's manual. TC Electronic käyttöopas. Luettu 12.09.2013
www.tcelectronic.com/media/216656/tc_electronic_finalizer_express_manual_english.pdf

GL2400 User guide. 2005. Allen&Heath käyttöopas. Luettu 29.10.2014
http://www.allen-heath.com/media/gl2400ug_ap5597_2.pdf

Ghielmetti digital/analogue patch panel overview. Canford nettikauppa. Luettu 10.7.2014
http://www.canford.co.uk/Products/45-922_GHIELMETTI-673.113.900.05-ASF-1X-32AV-3-1-LA-M-Blueline-with-designation-strips-and-lacing-bar

How to intelligently buy the best audio interface for your home studio. TweakHeadz Labz nettiartikkeli. Luettu 16.09.2013.

<http://tweakheadz.com/how-to-intelligently-buy-the-best-audio-interface-for-your-home-studio/>

How to Reamp, Getting Out of the Box. Puremix Advanced Audio Tutorials nettiartikkeli. Luettu 31.10.2014.

<http://www.puremix.net/blog/how-to-reamp-getting-out-of-the-box.html>

Ivers M. Balanced and Unbalanced Connections. Presonus nettiartikkeli. Luettu 25.10.2013.

<http://www.presonus.com/news/articles/balanced-unbalanced>

Janssen, C. Bayonett Neill-Concelman Connector (BNC-connector). Techopedia nettiartikkeli. Luettu 10.01.2014.

<http://www.techopedia.com/definition/727/bayonet-neill-concelman-connector-bncconnector>

Laaksonen J. 2006. Äänityön kivijalka. Ammattiaudiotekniikka, sen teoria, perinteet ja nykytila. Helsinki: Idemco Oy

Loudness Explained. TC Electronic nettiartikkeli. Luettu 09.10.2014

<http://www.tcelectronic.com/loudness/loudness-explained/>

MADI Info center. RME valmistajan sivut. Luettu 13.2.2014.

http://www.rme-audio.de/en_products_madi_center.php?page=content/products/en_products_madi_center

Maxcom technical specifications. BBE sound inc. Käyttöohje. Luettu 09.09.2013.

<http://www.bbesound.com/products/compressors-crossovers/maxcom.aspx>

Robjohns H. 1998. All about patchbays. Sound on Sound nettiartikkeli. Luettu 10.7.2014. <http://www.soundonsound.com/sos/mar98/articles/patchbays.html>

Robjohns H. 1999. Patchbays. Sound on Sound nettiartikkeli. Luettu 10.7.2014
<http://www.soundonsound.com/sos/dec99/articles/patchbay.htm>

Robjohns H. 2000a. Interfacing analogue & digital equipment. Sound on Sound nettiartikkeli. Luettu 12.09.2013
<http://www.soundonsound.com/sos/may00/articles/digital.htm>

Robjohns, H. 2000b. Metering. Sound on Sound nettiartikkeli. Luettu 14.11.2013
<http://www.soundonsound.com/sos/jun00/articles/metring.htm>

Robjohns H. 2002c. TC Electronics M300. Sound on Sound nettiartikkeli. Luettu 20.06.2013. <http://www.soundonsound.com/sos/jun02/articles/tcelec300.asp>

Robjohns H. 2003. Understanding impedance. Sound on Sound nettiartikkeli. Luettu 18.06.2013
<http://www.soundonsound.com/sos/jan03/articles/impedanceworkshop.asp>

Robjohns H & White P. 2005. Getting Started With Capacitor Mics. Sound on Sound nettiartikkeli. Luettu 15.06.2013.
<http://www.soundonsound.com/sos/mar05/articles/condensers.htm>

Robjohns H. Digital interfacing. 2007. Sound on Sound nettiartikkeli. Luettu 09.04.2014. <http://www.soundonsound.com/sos/feb07/articles/interfacing.htm>

Pro Tools Reference guide. Avid. Luettu 02.03.2014.
<http://www.avid.com/static/resources/us/documents/ProToolsReferenceGuide.pdf>

Pro-Tools 10: Benefits of 32-bit floating point audio. Ask Audio nettiartikkeli. Luettu 31.10.2014
<http://www.askaudiomag.com/articles/pro-tools-10-the-benefits-of-32-bit-floating-point-audio>

Part 2: MIDI Cables & Connectors. MIDI Manufacturers Association nettiartikkeli. Luettu 30.10.2014.

http://www.midi.org/aboutmidi/tut_midicables.php

Phantom Power and Ribbon Mics. Royer Labs nettiartikkeli. Luettu 09.08.2014

<http://www.royerlabs.com/phantompower.html>

Phase De-mystified. 2008. Sound on Sound nettiartikkeli. Luettu 31.10.2014.

<http://www.soundonsound.com/sos/apr08/articles/phasedemystified.htm>

Poikonen, S. 2012. Analogisen audiotekniikan häiriösuojaus. Maadoitus-, kytkentä- ja kaapelointimenetelmät. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Price, S. 2004. Calibrating Pro Tools. Sound on Sound nettiartikkeli. Luettu 02.03.2014

<http://www.soundonsound.com/sos/feb04/articles/protoolsnotes.htm>

RME Fireface 800 technical specifications. RME valmistajan sivut. Luettu 16.09.2013.

http://www.rme-audio.de/en_products_fireface_800.php

Soundcraft Vi1 user guide. 2010. Soundcraft käyttöopas. Luettu 14.10.2013.

http://www.soundcraft.com/products/product_extra.aspx?pid=176&eid=112

Speakon Connector. Electronics 2000 käyttöopas. Luettu 03.02.2014

<http://www.electronics2000.co.uk/pin-out/speakon.php>

The classic analogue mixer. TweakHeadz Labz. Luettu 16.09.2013.

<http://tweakheadz.com/choosing-a-mixer-p4/>

Understanding microphone cables. Pro Co Sound engineering division nettiartikkeli.

Luettu 10.08.2013

<http://www.procound.com/download/whitepapers/Understanding%20Microphone%20Cables.pdf>

Understanding instrument cables. Pro Co Sound engineering division nettiartikkeli.

Luettu 11.08.2013

<http://www.procound.com/download/whitepapers/Understanding%20Instrument%20Cables.pdf>

Understanding speaker cables. Pro Co Sound engineering division nettiartikkeli. Luettu 11.08.2013

<http://www.procosound.com/download/whitepapers/Understanding%20Speaker%20Cables.pdf>

Werrbach D. 2004. Aphex 228 Owner's manual. Aphex käyttöohje. Luettu 25.01.2014

http://www.aphex.com/resources/pdf/Aphex_228_OM.pdf

White P. 1998. Alesis ADAT XT20. Sound on Sound nettiartikkeli. Luettu 11.12.2013

<http://www.soundonsound.com/sos/may98/articles/adatxt20.html>

White P. 2002a. Mixdown formats. Sound on Sound nettiartikkeli. Luettu 07.09.2013

<http://www.soundonsound.com/sos/apr02/articles/mixdown.asp>

White P. 2002b. Using DI boxes. Sound on Sound nettiartikkeli. Luettu 01.07.2013

<http://www.soundonsound.com/sos/jun02/articles/diboxes.asp>

X-48MKII. Tascam Owner's Manual. Tascam käyttöopas. Luettu 24.10.2013

http://tascam.com/content/downloads/products/687/e_x-48mk2_om_va.pdf

KUVALÄHTEET:

KUVA 7. Phase cancellation.

http://media.soundonsound.com/sos/apr08/images/phase03trace_1.jpg

KUVA 8. Graphical presentation of bit depth.

https://documentation.apple.com/en/soundtrackpro/usermanual/Art/L00/L0048_BitGraph.png

KUVA 9. Graphical presentation for quantization.

https://documentation.apple.com/en/soundtrackpro/usermanual/Art/L00/L0049_BitDepth1.png

KUVA 18. Allen&Heath GL2400 Front.

<http://www.allen-heath.com/ahproducts/gl2400/>

KUVA 19. Allen&Heath GL2400 Front.

<http://www.allen-heath.com/ahproducts/gl2400/>

KUVA 20. Allen&Heath GL2400 Rear

http://www.allen-heath.com/media/GL2400-4-24_Back_CloseUp_2800.jpg

KUVA 25. DBX 166XL Compressor/Limiter/Gate

<http://tatendaudio.files.wordpress.com/2011/08/7.jpg>

KUVA 27. DBX-234CL 2/3/4-way crossover

<https://www.scmsinc.com/uploads/ecomm/234xlfronta.jpg>

KUVA 28. Radial J48 active DI-box

http://www.soundonsound.com/sos/oct07/articles/qa1007_3.htm

KUVA 29. Neutrik NYS-SPP L1 Patchbay

<http://www.politusic.com/wp-content/uploads/2012/01/neutrik-audio-patchbay.jpg>

KUVA 30. Ghielmetti ASF 1x32 av 3/1 SA G 323

http://www.thomann.de/gb/ghielmetti_asf_1x32_av_3_1_sagas_323.htm

KUVA 32. Allen&Heath GLD-80

<http://www.allen-heath.com/ahproducts/gld-80/>

KUVA 33. RME Fireface 800

http://www.rme-audio.de/en_products_fireface_800.php

KUVA 34. SLM 128-Loudness Meter

<http://static.kvraudio.com/i/b/slm128.jpg>

KUVA 35. Female and male XLR connector

<http://www.nbaudio.com/uptupian%5C20081112121317.jpg>

KUVA 37. Speakon male connector

http://www.parts-express.com/Data/Default/Images/Catalog/Original/092-190_HR_0.jpg

KUVA 38. RCA male connector

<http://www.showmecables.com/>

KUVA 39. Banana plug

<http://www.kenable.co.uk/images/bananaplugred.jpg>

KUVA 40. BNC male connector

http://www.globalelectronics.ge/files/siteimage/BNC_male_to_RCA_female_CCTV_Connector.jpg

KUVA 41. Amphenol Multipin connector

http://whirlwindusa.com/media/uploads/amphenol_face_150_452x256.jpg

KUVA 42. 5-pin DIN-connector

<http://www.kenable.co.uk/images/psg00904.jpg>

KUVA 43. Microphone cable. Kuva otettu Pro Co Soundin Cable anatomy 1:
Understanding microphone cables.

<http://www.procosound.com/download/whitepapers/Understanding%20Microphone%20Cables.pdf>

KUVA 44. Instrument cable. Kuva otettu Pro Co Soundin Cable anatomy 1:
Understanding instrument cables.

<http://www.procosound.com/download/whitepapers/Understanding%20Instrument%20Cables.pdf>

KUVA 45. Speaker cable. Kuva otettu Pro Co Soundin Cable anatomy 1:
Understanding speaker cables.

<http://www.procosound.com/download/whitepapers/Understanding%20Speaker%20Cables.pdf>

KUVA 46. Optical cable

<http://static.scan.co.uk/images/products/1349700-a.jpg>

KUVA 47. Rane corporation connecting un-balanced to balanced.

<http://www.rane.com/note110.html>