

Technické zajištění zvukové produkce z hlediska analogového a digitálního zpracování nízkofrekvenčního signálu

Pavel Horkel

Bakalářská práce
2013



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta multimediálních komunikací

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta multimediálních komunikací

Ústav animace a audiovize

akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Pavel HORKEL**
Osobní číslo: **K10162**
Studijní program: **B8209 Teorie a praxe audiovizuální tvorby**
Studijní obor: **Audiovizuální tvorba – Střih a zvuk**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **1. Teoretická část:**
Technické zajištění zvukové produkce z hlediska analogového a digitálního zpracování nízkofrekvenčního signálu.

2. Praktická část:
Audiovizuální dílo nebo tematický soubor audiovizuálních děl, délka minimálně 10 min., zvuková skladba

Zásady pro vypracování:

1. Teoretická část:

Rozsah práce: minimálně 15 normostran textu bez započítání obsahu, rejstříku a obrazových příloh.

Formální podoba: 1 ks v pevné vazbě s popisem na hřbetu i horní desce spolu s CD-R. Dále 2 ks práce, které mohou být v kroužkové vazbě. Práci je třeba rovněž odeslat do knihovny UTB Zlín v elektronické podobě ve formátu pdf.

Pokyny k vypracování: prostudujte a analyzujte dostupné materiály z profesního hlediska a formulujte závěry a získané vědomosti.

2. Praktická část: Výstupní dílo:

3 ks DVD ve formátu DVD-video (PAL) ságraficky upraveným bookletem

1 ks MiniDV SD/HD

1ks datového DVD obsahující: grafický návrh bookletu (PDF/AI, CMYK, 300dpi, texty v křivkách), návrh filmového plakátu formát 70 x 100cm (PDF/AI, CMYK, 300dpi, texty v křivkách),

1ks datového DVD obsahující: film ve formátu SD/HD váodpovídajícím datovém toku a kontejneru MPEG2 ve dvou verzích: 1) česká verze (české znění či titulky vypálené do obrazu), 2) anglická verze (anglické znění či titulky vypálené do obrazu).

Všechny odevzdávané materiály musí splňovat vnitřní technické normy UAAU pro odevzdávání prací a musí být řádně popsány (jméno, název, logo fakulty, formát, rozlišení). Součástí celé práce budou rovněž vyplněné a předané formuláře pro OSA, NFA, Prohlášení autora bakalářské práce a podklady pro katalog FMK UTB ve Zlíně.

Na samotném nosiči CD-R odevzdejte v minimálním počtu 10 kusů obrazovou dokumentaci praktické části závěrečné práce pro využití v publikacích FMK. Formát pro bitmapové podklady: JPEG, barevný prostor RGB, rozlišení 300 dpi, 250mm delší strana. Formáty pro vektory: AI, EPS, PDF. Loga texty v křivkách. V samostatném textovém souboru uveďte jméno a příjmení, login do portálu UTB, obor (ateliér), typ práce, přesný název práce v češtině i v angličtině, rok obhajoby, osobní mail, osobní web, telefon. Přiložte svou osobní fotografii v tiskovém rozlišení.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/umělecké dílo**

Seznam odborné literatury:

Grace, J. **Hudba a zvuk na počítači.**

Hůrka, M. **Když se řekne zvukový film.**

Vlachý, V. **Praxe zvukové techniky.** Praha : Muzikus, 2000. ISBN 80-86253-05-8.

Bláha, I. **Zvuková dramaturgie audiovizuálního díla.** Praha : AMU, 1995. ISBN 80-85883-04-X.

Vedoucí teoretické části:

MgA. Pavel Hruša

Ústav animace a audiovize

Vedoucí praktické části:

doc. Ing. Ján Grečnár, ArtD.

Ústav animace a audiovize


Datum zadání bakalářské práce:

30. listopadu 2012

Termín odevzdání bakalářské práce:

14. května 2013

Ve Zlíně dne 30. listopadu 2012


doc. MgA. Jana Janíková, ArtD.
děkanka

L.S.


MgA. Libor Nemeškal
ředitel ústavu

ABSTRAKT

V této bakalářské práci se budu zabývat zpracováním nízkofrekvenčního signálu v analogových a digitálních systémech zajišťující zvukovou produkci. Na vzájemných rozdílnostech se pokusím popsat principy funkcí a výhody či nevýhody obou systému.

Klíčová slova: zpracování zvukového signálu, mixážní pult, zvuková produkce, digitální signálový procesor

ABSTRACT

The bachelor thesis deal with the low frequency signal processing in analog and digital systems for live sound productions. I will try to describe principle of function and the pros and cons in their differences.

Keywords: sound signal processing, mix consoles, sound production, digital signal processor

Děkuji MgA. Pavlu Hrudovi za věcné připomínky a trpělivost při tvorbě této bakalářské práce.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	9
1 PŘENOSOVÝ ŘETĚZEC	10
1.1 ODPOSLECHOVÝ SYSTÉM	11
1.1.1 Řízení odposlechu od zvukaře	12
1.1.2 Samostatné monitorovací pracoviště.....	13
1.1.3 Odbočení zvukového signálu pro televizní přenos	14
2 ČÁSTI PŘENOSOVÉHO ŘETĚZCE	16
2.1 ELEKTROAKUSTICKÉ MĚNIČE	16
2.1.1 Elektrodynamický mikrofon	16
2.1.2 Elektrostatický mikrofon.....	16
2.1.3 Princip funkce reproduktoru	18
2.2 DISTRIBUCE SIGNÁLU	18
2.2.1 Symetrické vedení signálu	19
2.3 VSTUPNÍ ZESILOVAČ.....	19
3 ANALOGOVÉ ZPRACOVÁNÍ NÍZKOFREKVENČNÍHO SIGNÁLU V PŘENOSOVÉM ŘETĚZCI	21
3.1 ÚPRAVA ANALOGOVÉHO SIGNÁLU EKVALIZÉREM	21
3.1.1 Princip funkce analogového ekvalizéru	21
3.1.2 Parametrický ekvalizér.....	22
3.1.3 Grafický ekvalizér:.....	23
3.2 ÚPRAVA ANALOGOVÉHO SIGNÁLU POMOCÍ EFEKTU DOZVUKU	25
3.3 DYNAMICKÁ ÚPRAVA ANALOGOVÉHO SIGNÁLU	26
3.4 ZAPOJENÍ EXTERNÍCH EFEKTOVÝCH JEDNOTEK DO PŘENOSOVÉHO ŘETĚZCE	29
3.5 MIXÁŽNÍ PULT.....	29
3.6 VÝKONOVÁ SEKCE PŘENOSOVÉHO ŘETĚZCE A REPRODUKTOROVÉ SOUSTAVY	31
3.7 NÁCHYLNOST ANALOGOVÉHO ŘETĚZCE Z HLEDISKA ŠUMU.....	33
4 DIGITÁLNÍ ZPRACOVÁNÍ SIGNÁLU	35
4.1 PRINCIP ZPRACOVÁNÍ ANALOGOVÉHO SIGNÁLU DO DIGITÁLNÍ PODOBY	35
4.1.1 Funkce analogově digitálního převodníku	36
4.1.2 Vzorkování, vzorkovací frekvence	36
4.1.3 Aliasing	37
4.1.4 Kvantování	38
4.1.5 Latence – zpoždění.....	39
4.1.6 Časová synchronizace digitálních konzolí s ostatními přístroji:.....	39
4.1.7 Digitální synchronizace.....	40
4.2 ZPRACOVÁNÍ DIGITÁLNÍHO SIGNÁLU POMOCÍ DSP A ZVUKOVÉHO SOFTWARE	40
4.3 DIGITÁLNÍ MIXPULTY A ZVUKOVÝ PŘENOSOVÝ ŘETĚZEC	41
4.3.1 Monitoring od hudebníka	42
4.3.2 Digitální mixážní pult	44
4.3.3 Digitální distribuce signálu	45
4.3.4 Převod signálu na analogový pomocí D/A převodníku	46
5 ZÁVĚR	47

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	48
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	49
SEZNAM OBRÁZKŮ	50
SEZNAM PŘÍLOH.....	52

ÚVOD

Potřeba ozvučit kulturní akce ať už ve venkovních, nebo vnitřních prostorech se stále těší velkého zájmu. Neustálý vývoj ozvučovací aparatury přináší do tohoto odvětví nová řešení dle potřeb a náročnosti ozvučovaných souborů a ozvučovaného prostoru.

Samotný zvuk, jehož zdrojem je např. lidský hlas, blány bicí soupravy, kytarové aparáty apod. reprezentují zvukové vlny sestávající se z nepřetržitých změn v tlaku vzduchu. Tyto změny tlaku vytváří podélné mechanické vlnění, které působí na membránu mikrofonu, proto je možné zvuk pomocí mikrofonu snímat a zvukové vlny tak převést na elektrický signál. S takto převedeným zvukovým signálem je poté možno pracovat a pomocí zesilovačů, filtrů, přístrojů pro úpravu dynamiky apod. jej upravit a znovu reprodukovat.

S pokračujícím technickým pokrokem se tento elektrický signál také čím dál častěji převádí pomocí analogově-digitálního převodníku do toku dat, digitálně se upravuje a po opětovném převodu na analogový signál digitálně-analogovým převodníkem, distribuuje dále. Z hlediska zajištění zvukové produkce např. v podobě ozvučení koncertu provádí výše uvedené procesy mixážní pult, popř. digitální převodník a digitální signálový procesor. V této bakalářské práci se proto budu zabývat principy zpracování zvukového signálu z analogového a digitálního hlediska a na vzájemných odlišnostech se pokusím determinovat funkce a výhody, či nevýhody jednotlivých systémů.

1 PŘENOSOVÝ ŘETĚZEC

Zvuk ve formě elektrického signálu vstupuje do přenosového zvukového řetězce, kde je pomocí vodičů distribuován mezi jednotlivými komponenty. Jednotlivé komponenty jsou řazeny v sérii a elektrický signál tak postupně prochází skrz všechny zařazené prvky. To signalizuje určitou nevýhodu do série řazeného přenosového řetězce a tou je skutečnost, že výsledná kvalita zvuku bude vždy ovlivněna nejslabším článkem celého řetězce. Musíme proto dbát na výběr jednotlivých komponentů, propojovacích vodičů a omezit tak možné degradace signálu.

Nezákladnější přenosový řetězec určený pro zajištění zvukové produkce se skládá z elektroakustického měniče (mikrofonu), kabelů, mixážní a distribuční sekce signálu (mixážní pult), výkonové sekce (zesilovače) a reproduktorové soustavy. Dle typů a požadavků na ozvučení prostoru se tento řetězec rozšiřuje o další články, zejména odposlechovou - monitorovací sekci, efektové procesory, grafické ekvalizéry a různé variace reproduktorových soustav.



(obr 1. Základní ozvučovací řetězec)

1.1 Odposlechový systém

Při ozvučování živé kapely reprodukuje zvukový signál z hudebních nástrojů pomocí výkonové a reproduktorové soustavy směrem k publiku. Hudebníci jsou na pódiu mimo směr šíření zvuku z těchto reproduktorů. Jelikož bývá pódium velikých rozměrů a zvuky z jednotlivých nástrojů se mezi sebou dosti prolínají, mají hudebníci odposlechový monitor, do kterého si můžou nechat poslat signál z kteréhokoliv snímaného nástroje na pódiu. Samotný monitor, běžně nazýván jako odposlech je v podstatě reproduktorová skříň tvarem uzpůsobená k situování na pódiu vedle hudebníka. Skládá se většinou z výškového a středobasového reproduktoru, nebo širokopásmového reproduktoru. Podle typu jednotlivých provedení bývá zesilovač integrován uvnitř odposlechu a monitorovací signál je do něj přiveden stíněným kabelem. V profesionálním řešení je spíše použito externího zesilovače a zesílený signál, který již dosahuje vysokých hodnot proudu je od zesilovače k odposlechu veden silovými kabely. Každý odposlech má kromě vstupní zdířky, také výstupní konektor, který tak umožňuje paralelně propojovat více odposlechů do jedné monitorovací větve. Ozvučovací přenosový řetězec může mít několik variant provedení, liší se pak zejména v distribuci signálu k jednotlivým monitorům. Jednotlivé varianty a počet monitorů se volí dle nároků hudebního souboru, velikosti ozvučovaného prostoru a technických možností ozvučovacího systému, převážně dle počtu monitorovacích AUX výstupů na mixážním pultu.



(obr 2. Odposlechový reprobox s vestavěným zesilovačem)

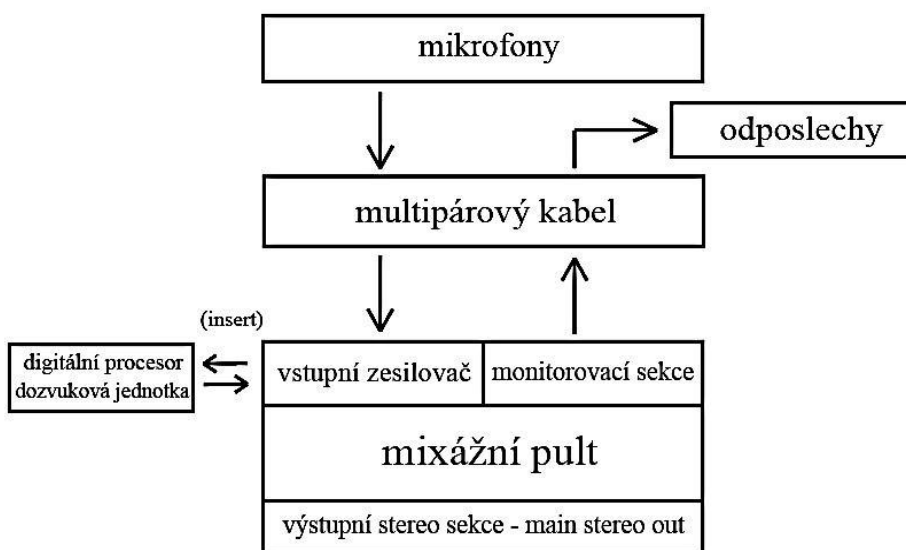
1.1.1 Řízení odposlechu od zvukaře

V této variantě vstupuje zvuk ve formě elektrických signálů z mikrofonů pomocí multipárového kabelu do mixážního pultu. V mixážním pultu jsou signály dle potřeby upraveny, smíchány a dále distribuovány na výstupní a monitorovací sekci.



(obr. 3. Multipárový kabel)

Monitorovací sekce je součástí mixážního pultu a zvukař tak řídí směřování jednotlivých nástrojů do jednotlivých odposlechových cest, pomocí potenciometru AUX na každé „šavli“ mixážního pultu. Počet odposlechových cest (výstupů AUX) závisí na provedení a technických parametrech mixážního pultu. Z monitorovacích výstupů mixážního pultu je odposlechový signál posílán zpět na pódium pomocí multipárového kabelu, který tak slouží nejen k distribuci signálu z mikrofonů do mixpultu, ale také k distribuci odposlechových signálů zpět na pódium k jednotlivým odposlechům.



(obr. 4 – přehledový diagram: řízení odposlechu od zvukaře)

Monitorovací sekce je tedy řízena přímo z mixážního pultu a zvukař dle komunikace s hudebníky směřuje jednotlivé nástroje k příslušným odposlechům.

1.1.2 Samostatné monitorovací pracoviště

V případě menších nároků kapel a malých pódii stačí provádět monitoring zvukař z hlavního mixážního pultu, který je tak centrálním mozkiem veškerého dění. V případě festivalů, open air koncertů a koncertů v halách, kde je již velká dálka mezi hlavním zvukařem a hudebníky, má monitorovací sekce samostatný mixážní pult a zvukaře, který se stará o monitoring na pódiu. Hlavní zvukař se tak může více soustředit na ozvučování prostoru a komunikace mezi ním a hudebníky v rámci nastavení odposlechových cest zbytečně neruší atmosféru koncertu. Monitorovací stanoviště je většinou umístěno na kraji pódia a zvukař zařizující monitoring bývá v daleko bližším spojení s kapelou, komunikace je tak daleko snazší. Monitorovací mixpult navíc umožňuje „vymíchání“ a úpravu signálu speciálně pro odposlechovou část, bez závislosti na ozvučovací sekci. Je tak daleko snadnější uzpůsobit zvuk jednotlivých nástrojů dle potřeb monitoringu.

Zapojení samostatného monitorovacího pracoviště do přenosového řetězce je realizováno pomocí rozdělovače tzv. splitteru. Splitter je zařízení, které se zařadí do signálové cesty a rozdělí signál na více odboček stejného signálu. Z první odbočky můžeme směřovat signál dále na vstup hlavního mixážního pultu skrz multipárový kabel. A z druhé odbočky splitteru vedeme signál na mixážní pult samostatného monitorovacího pracoviště. Provedení splitteru může být tzv. aktivní, nebo pasivní. Pasivní rozdělení signálů probíhá pomocí transformátorů, signál je tak galvanicky i impedančně oddělen a dle odboček na transformátoru může být přiveden na jeden a více výstupů. Je však nezbytné použít kvalitní transformátory s malým přenosovým zkreslením, to může být u levných splitterů někdy problém. Fantomové napájení je v tomto případě odděleno také, avšak většina pasivních splitterů dovoluje zapnout jeho přemostění a distribuci k mikrofonu, pokud by „fantom“ neprošel, bylo by potřeba zajistit jej dalším externím zařízením.

Aktivní splitter potřebuje síťové napájení a oproti pasivní verzi je osazen vstupními zesilovači, které je třeba příslušně nastavit. Samostatně dokáže distribuovat fantomové napájení a zesílení signálů před jejich rozbočením zaručuje bezztrátové rozbočení signálu.

Splittery mají také volbu galvanického oddělení země (GND), která dokáže vyřešit problémy při vzniku tzv. zemních smyček, které se projevují parazitním „brumem“ a mohou

vznikat v případě zapojení monitorovací mixpultu a hlavního mixážního pultu, či jiných v řetězci zapojených zařízení do rozdílných síťových okruhů.



(obr. 5. – aktivní splitter firmy Klark Teknik: přední strana)



(obr. 6. – aktivní splitter firmy Klark Teknik: zadní strana)

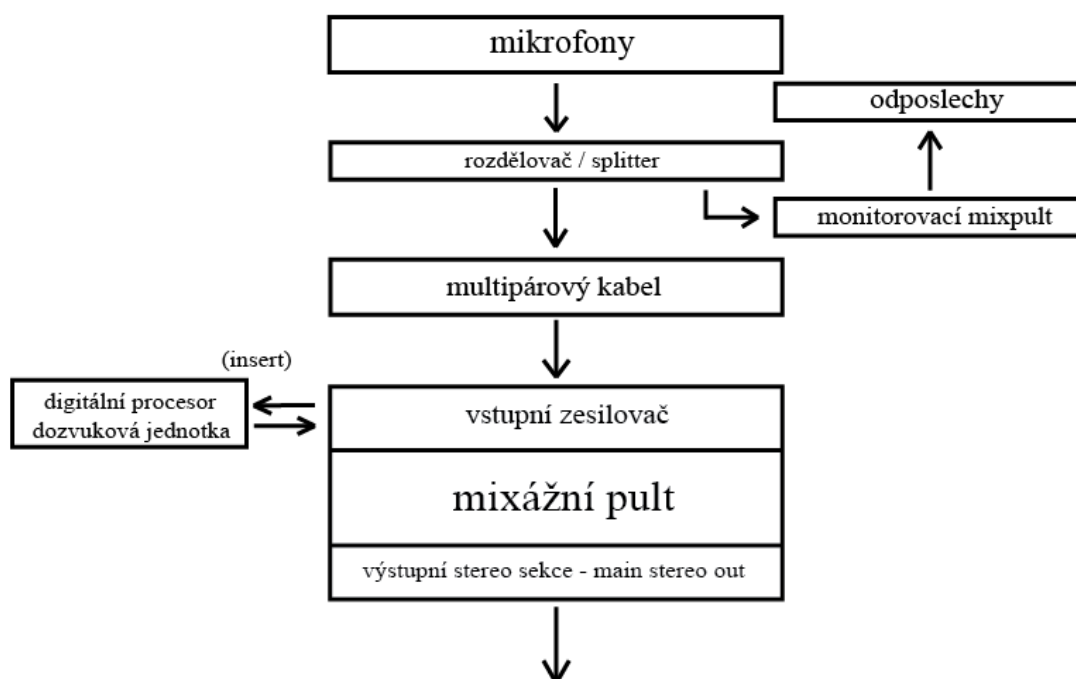
Funkce splitteru může být implementována také do monitorovacího mixpultu a umožňuje tak minimalizovat počet propojovacích kabelů. V takovém případě vstupuje signál z mikrofonů do monitorovacího mixážního pultu, kde je rozdělen a z jedné odbočky pokračuje do monitorovacího mixpultu, přitom je z druhé veden zpět na výstup a multipárovým kabelem k hlavnímu mixážnímu pultu.

1.1.3 Odbočení zvukového signálu pro televizní přenos

Na obrázku č. 4 je zobrazen aktivní splitter firmy Klark Teknik, který dovoluje trojí rozbočení signálu. Třetí odbočku je tak možno využít například pro odbočení zvukového signálu do odděleného zvukového pracoviště pro přímý televizní přenos koncertu, nebo jeho záznam. V takovém případě je signál rozdělen do třetí signálové cesty a putuje do samostatného mixážního pultu ke zvukovému mistrovi mixující zvukový signál na míru televiznímu přenosu, popř. za účelem záznamu koncertu. Pro ještě větší autenticitu prostředí mívá tento zvukový mistr umístěny také ruchové mikrofony v sále pro snímání potlesku a reakcí publika. Pokud by nebyl k dispozici splitter s třemi výstupy, bylo by možné pro zvukový záznam, nebo televizní přenos použít odbočení signálu z hlavního mixážního pultu pomocí zdírek direct out, které umožňují odbočení signálu za vstupním zesilovačem mixážního pultu. Toto řešení je ovšem amatérské, jelikož gainem mixážního pultu ovlivňujeme jak

signál mixážního pultu tak i tento odbočený výstupní signál, což může být celkem nevýhodné.

Existuje také řešení systémem s odděleným snímáním pro ozvučení a záznam, což představuje snímání každého zdroje zvuku dvěma mikrofony, jeden pak slouží pro ozvučení a druhý pro záznam. Výhoda tohoto způsobu z pohledu záznamu je zvukařova nezávislost na ozvučovací řetězci a svoboda volby jednotlivých typů mikrofonů pro záznam.



(obr. 7. Přehledový diagram – zapojení části přenosového řetězce se samostatným monitorovacím stanovištěm)

2 ČÁSTI PŘENOSOVÉHO ŘETĚZCE

2.1 Elektroakustické měniče

Pokud chceme pomocí elektronických zařízení zvukový signál zesílit, nebo jakkoliv upravit a poté reprodukovat, je potřeba jej převést na signál elektrický. K tomuto účelu se v praxi používají elektroakustické měniče, převážně dynamické a kondenzátorové mikrofony, popř. snímače elektromagnetické, piezosnímače a pro převod elektrického signálu zpět na signál akustický reproduktory.

Pro stručnost zde uvedu jen principy funkcí nejpoužívanějších elektroakustických měničů vztahující se převážně pro zvukovou produkci - ozvučení koncertu:

2.1.1 Elektrodynamický mikrofon

Zkráceně nazýván také dynamický mikrofon, je velmi hojně používaný pro zpěv, snímání kytarových aparátů a jednotlivých bubnů bicí soupravy. Vyznačuje se dostatečně širokým kmitočtovým pásmem, malým zkreslením, nízkým šumem a robustní konstrukcí. Jako mechanická část dynamického mikrofonu, na kterou působí akustický tlak, bývá použita membrána z lehkých, přitom pevných umělých materiálů. Na membránu je připevněna měděná cívka, která působením podélného zvukového vlnění kmitá v magnetickém poli permanentního magnetu. Tím se v cívce indukuje napětí a vzniká tak elektrický signál. Pro živou produkci jsou osvědčeným standardem například mikrofony firmy Shure SM 57 (rytmičák, kytarové aparáty, saxofon apod.) a Shure SM58 (zpěv a basové aparáty).



(obr. 8. Mikrofon Shure SM57)

2.1.2 Elektrostatický mikrofon

„Elektrostatický mikrofon bývá běžně označován jako kondenzátorový. V elektrostatickém mikrofonu tvoří membrána zachycující dopad podélného zvukového vlnění elektrodu kondenzátoru, v němž se kumuluje elektrický náboj. Druhou část kondenzátoru, k němuž

je připojeno stejnosměrné polarizované napětí - tzv. fantomové napájení, tvoří pevná elektroda. Změny akustického tlaku rozechvívají membránu, čímž se mění vzdálenost elektrod kondenzátoru a tedy i jeho kapacita. Zajistíme-li, aby se náboj při změně kapacity kondenzátoru nemohl rychle vyrovnávat, potom se při zmenšení kapacity kondenzátoru (zvětšení vzdálenosti membrány od pevné elektrody) zvětší napětí na kondenzátoru (považujeme-li náboj za konstantní). Požadavek pomalého vyrovnávání náboje při změně kapacity je zajištěn pomocí rezistoru, který zvýší vnitřní odpor zdroje polarizačního napětí.



(obr. 9. – Kondenzátorový mikrofon AKG 451B)

Náboj na kondenzátoru je možné získat buď pomocí zdroje stejnosměrného polarizovaného napětí (tzv. fantom), nebo pomocí elektretu - dielektrický materiál nesoucí permanentní elektrický náboj. Tento materiál je nanesen na jednu elektrodu a proto není zapotřebí zdroje polarizačního napětí.¹ Mikrofony s permanentním nábojem nazýváme elektretové mikrofony, většinou však mívají za elektretovou vložku zařazen zesilovací FET tranzistor a ten se bez napájení neobejde. Dle typu tranzistoru je napájení elektretových mikrofonů řešeno monočlánkem 1,5V popř. pomocí fantomového napájení.

„Elektrostatické mikrofony se vyznačují velkou výstupní impedancí, vyrovnanou frekvenční charakteristikou, vysokou citlivostí, malým zkreslením a vysokou stabilitou svých vlastností. Proto se používají ve studiové technice a pro měřicí účely.“² V praxi jsou pro ozvučování používány různé druhy „kondenzátorových“ mikrofonů a to převážně pro ozvučení bicí soupravy – overheady, zpěvy a snímání kytarových aparátů.

¹ Elektrostatický mikrofon. *Encyklopedie fyziky* [online]. 2013 [cit. 2013-05-16]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/388-elektrostaticky-mikrofon>

² Tamtéž

2.1.3 Princip funkce reproduktoru

Pokud pomocí mikrofону převedeme zvuk ve formě akustického tlaku na signál elektrický, upravíme jej a zesílíme, můžeme jej opět přeměnit na zvuk – podélné mechanické vlnění a to pomocí reproduktoru. Klasický elektrodynamický reproduktor funguje v podstatě na opačném principu jako elektrodynamický mikrofón. Na cívku pevně spojenou s membránou reproduktoru přivádíme zesílený elektrický signál, který na základě amplitudy a frekvence signálu indukuje měnící se elektromagnetické pole. Jelikož se cívka nachází v magnetickém poli permanentního magnetu reproduktoru, dochází k vzájemnému působení magnetických sil a membrána reproduktoru vyvolá svým kmitáním akustický tlak, který slyšíme jako zvuk. V praxi se dnes používají reproduktorové systémy, které kombinují reproduktory do různých sestav a umožňují tak pokrýt celé spektrum slyšitelného zvuku. O těchto sestavách se rozepíšu níže v samostatné sekci.



(obr. 10. – Středobasový elektrodynamický reproduktor)

2.2 Distribuce signálu

Pro distribuci signálu z mikrofónu se v praxi používají stíněné kabely s konektory XLR a symetrickým vedením, s jejich pomocí je analogový signál veden na vstupy předzesilovačů mixážního pultu, popř. zvukové karty a jiných zařízení pro zpracování zvuku. Tyto symetricky vedené kabely obsahují dva „aktivní“ vodiče, nazývané také HOT a COLD, které jsou obklopeny ochranným stíněním připojeným na kostru mikrofónu a zemnicí bod tzv. „zem“ vstupního zesilovače. Ochranného stínění se používá proto, že výstupní signál z mikrofónu je poměrně nízké úrovně a bývá proto náchylný na parazitní elek-

tromagnetické interference. Kvalitativně se profesionální kabely odlišují od svých „laciných“ kolegů zejména způsobem opletení ochranného stínění, velikostí průřezu kabelu a „aktivních“ vodičů a také materiálem použité izolace.

2.2.1 Symetrické vedení signálu

K redukci nežádoucích interferencí je používán sofistikovaný systém symetrického vedení. Výstupní signál je ještě v těle mikrofону většinou pomocí transformátoru rozdělen do dvou vzájemně obrácených fází, na tzv. pozitivní a negativní. Tyto fázově otočené signály jsou vedeny vodiči HOT (pozitivní) a COLD (negativní) na vstupní zesilovač zvukového zařízení, kde je jeden ze signálů pomocí transformátoru, nebo elektronického obvodu fázově otočen zpět a oba signály se sečtou. Pokud dojde během vedení kabelu k naindukování parazitního signálu, dojde k tomu na obou vodičích HOT a COLD vzájemně, tím že jeden ze signálů na vstupu zesilovače otočíme fázově zpět, parazitní signál se tak dostane do opačné fáze oproti parazitnímu signálu na druhém vodiči a dojde tak k jejich vzájemnému odečtení, kdežto „původní“ užitečný signál se přitom sečte. Tento důmyslný způsob vedení nám zaručuje poměrně vysokou odolnost kabelů vůči vnějšímu rušení (např. frekvence elektrické sítě 50Hz, signály mobilních telefonů apod.) a zajišťuje spolehlivý přenos elektrického signálu.

2.3 Vstupní zesilovač

Vstupní zesilovač je jedním z nejdůležitějších článků přenosového řetězce a to jak v případě analogového tak digitálního zpracování signálu. Pokud porovnáme analogové a digitální přístroje pro zpracování zvuku, jejich vstupní zesilovače pracují do téhle fáze na stejném principu zpracování signálu. Např. v mixážním pultu upravuje předzesilovač vstupní mikrofonní signál řádově desítky mV na potřebnou „linkovou“ úroveň cca 0,6V. Takto zesílený signál je již daleko více odolný proti rušení a předurčuje jej to k dalšímu účinnému zpracování v následujících sekcích analogového mixážního pultu. V případě digitálního mixpultu je tento linkový signál ideální pro další zpracování pomocí A/D převodníku.

Vstupní zesilovač tak bývá jedním z hlavních článků zvukového zařízení, určujících kvalitu a ovlivňující cenu celého přístroje. V profesionální praxi se pro konstrukci vstupních zesilovačů využívají nízkošumové operační zesilovače s co nejmenším harmonickým zkreslením. Každý výrobce si chrání své konstrukční řešení vstupního zesilovače a

s vývojem nových tranzistorů a nových operačních zesilovačů se snaží své produkty stále inovovat.

Na každém vstupním zesilovači profesionálního zvukového zařízení najdeme volbu vstupní citlivosti, většinou pomocí přepínače, nebo dvou vstupů (mic a line in). Vstupní citlivost volíme dle signálu připojeného na vstup. Signál z mikrofону dosahující nízké úrovně je třeba zesílit daleko více, než signál linkový, jehož zdrojem může být např. sampler. Můžeme si tedy vybrat mezi vstupní citlivostí určenou pro mikrofón (označovanou jako „mic“) a citlivostí určenou pro linkový signál (označovanou jako „line in“).



(obr. 11 - vstupní část zvukové karty motu896 s přepínačem vstupní úrovně mezi: line a mic)

Další důležitou součástí vstupního zesilovače je potenciometr zisku tzv. Gain, kterým nastavujeme ideální úroveň zesílení vstupního signálu. Správně nastavená „ideální“ úroveň signálu nezpůsobí zkreslení, limitaci vstupního zesilovače a přitom zaručí dostatečnou dynamiku signálu.

Nastavení zisku zesilovače provádíme dle vlastní úvahy, zkušeností, citlivosti mikrofónu a dynamiky vstupního signálu. K orientaci nám slouží stupnice potenciometru GAIN a také kontrola signálu na ručičkovém, nebo led peak-meteru. Vedle potenciometru GAIN najdeme také často funkci PAD, která nám umožňuje rychlé utlumení signálu o -12dB, využití najde například v případě nastavení vstupu na mikrofónní citlivost a současného připojení linkového signálu, kdy potřebujeme provést rychlý útlum na požadovanou hodnotu bez přebuzení vstupního zesilovače. Součástí vstupního zesilovače je také volba zapnutí fantomového napájení (tzv. fantom), dle typu a výrobce zařízení můžeme zapnout, či vypnout „fantom“ na každém vstupu zvlášť, nebo po skupinách. Fantomové napájení má většinou hodnotu 48V a slouží k napájení elektrostatických „kondenzátorových“ mikrofónů.

Z výše uvedeného textu vyplývá, že pokud chceme kvalitně zpracovávat analogový signál je potřeba zesílit jej na dostatečnou, převážně linkovou úroveň. Tato úroveň nám zaručí odolnost signálu proti parazitním interferencím, šumu, bezztrátovost signálu a správnou dynamiku pro jeho další úpravy a distribuci.

3 ANALOGOVÉ ZPRACOVÁNÍ NÍZKOFREKVENČNÍHO SIGNÁLU V PŘENOSOVÉM ŘETĚZCI

Zvukový signál převedený pomocí elektroakustického měniče na signál elektrický můžeme nazvat také signálem analogovým, ten je definován spojitou funkcí spojitého času, v tomto případě je charakterizován plynule se měnícím elektrickým napětím. Akustická vlna způsobí podélné mechanické vlnění a to se pomocí magnetu, membrány, cívky a elektromagnetické indukce přemění na elektrický, analogový signál.

3.1 Úprava analogového signálu ekvalizérem

Ekvalizérem nazýváme korekční obvod nebo zařízení, které slouží k úpravě frekvenční charakteristiky zvukového signálu zesílením či potlačením některých částí akustického spektra. Ekvalizér bývá často součástí mixážního pultu, nebo je konstruován jako samostatná jednotka ve standardizovaném rozměru 19“ palcového racku.

Jedno z prvních použití jednoduchého ekvalizéru bylo již počátkem 20. století, při korekci signálu lidského hlasu pro jeho účinný přenos telefonními linkami. S nástupem rádiového vysílání a příchodem nahrávacích studií v 70. letech se vývoj ekvalizérů posunul od jednoduchých pásmových propustí, k sofistikovanějším zařízením umožňující přesně nastavit zvýraznění námi požadované frekvence.

V praxi se ekvalizéry nejčastěji používají pro úpravu, zvýraznění lidského hlasu, zpěvu, ofiltrování nepotřebných frekvencí a úpravu výstupního signálu z mixážního pultu vzhledem k charakteru ozvučovaného prostoru. Běžně se omezují nízké frekvence při snímání kytarového reboxu mikrofonem, mluvenému slovu a zpěvu můžeme přidat na srozumitelnosti zesílením frekvencí kolem 2,5-4kHz a pomocí grafického ekvalizéru se většinou omezují nechtěné kmitočty způsobující např. zpětnou vazbu. Možností aplikovat ekvalizér je velké množství a úprava zvukového signálu ekvalizérem je jednou z nejpoužívanějších vůbec.

3.1.1 Princip funkce analogového ekvalizéru

Pro lepší znázornění si ekvalizér představíme jako samostatnou jednotku, do které posíláme zvuk v podobě elektrického signálu. Ten je upravován pomocí kombinace operačních zesilovačů a elektronických součástek (kondenzátory, cívky, rezistory) které tvoří rezonanční obvody (tzv. pásmové propusti) a frekvenčně tak ovlivňují zvukový signál.

Pokud zvyšujeme hlasitost zvukového signálu jako celku, zesilujeme tak signál v celém jeho frekvenčním pásmu, toto zesílení má tzv. vyrovnaný frekvenční průběh. Princip funkce ekvalizéru však spočívá v zesílení, nebo zeslabení jen vybraného frekvenčního pásma signálu.

Určujícím prvkem úpravy signálu v ekvalizéru je jeho strmost, která se udává v dB na oktávu. Oktávou rozumíme rozsah mezi dvojnásobným a polovičním kmitočtem požadované frekvence. Ve zvukové praxi mají jednoduché ekvalizéry např. pro úpravu výšek a basů pevně danou frekvenci a strmost 6dB/okt. popř. 12dB/okt, nastavovacím parametrem je poté jen volba zesílení, či zeslabení dané frekvence.

3.1.2 Parametrický ekvalizér

Ekvalizér dovolující nastavit strmost a frekvenci individuálně se nazývá parametrický, jeho hlavním parametrem bývá nastavení střední frekvence F , šířka oktávy často označována jako činitel jakosti Q udávající jeho strmost a hodnota Gain/Level, neboli poměr zesílení/útlumu dané frekvence. Parametrický ekvalizér najdeme velice často jako součást jednotlivých šavlí mixážního pultu, ale konstruuje se také jako samostatná jednotka do 19“ racku.



(obr. 12 – Výřez tří pásem samostatné jednotky parametrického ekvalizéru do 19“ racku)

V praxi se tento ekvalizér používá k redukci rušivých zvuků, například od akustické zpětné vazby, nebo k omezení síťového rušivého napětí naindukovaného do signálové cesty. „*Filtr pro odstranění takových parazitních zvuků se obvykle označuje jako notch a vlastně se jedná o hodně „ostrý“ parametrický ekvalizér (tedy s vysokým Q), který maximálně potlačuje pásmo frekvencí obsahujících rušivý zvuk. Filtr typu notch také umožňuje volit potlačení větší než obvyklých 15 nebo 18 dB/okt. Pro použití filtru typu notch je důležitá úvaha, že rušivý zvuk obvykle neleží jen v jednom frekvenčním pásmu, ale obvykle obsahuje i harmonické frekvence. Takže odstranění síťového brumu znamená nastavení prvního notch*

filtru nejen na 50 Hz síťové frekvence, ale zřejmě i dalšího filtru na 2. (častěji 3.) harmonickou frekvenci 100 (150) Hz“.³



(obr. 13 Solid state logic EQ 500 - klasický modul parametrického ekvalizéru určený k vestavění do míchací konzole s barevně rozlišenými frekvenční pásmy)

3.1.3 Grafický ekvalizér:

Grafický ekvalizér se skládá z několika pásmových filtrů nastavených pevně na určitou frekvenci, zapojených společně v jednom přístroji. Je tak možné přehledně nastavit frekvenční průběh v celém slyšitelném pásmu. Přístroj je osazen tahovými potenciometry a polohou jednotlivých nastavovacích prvků se při jeho nastavení vytváří jakýsi graf (proto také název grafický ekvalizér), tento graf umožňuje přehlednou orientaci při nastavování celého přístroje. „Jednotlivé filtry jsou naladěny buď po oktávách (cca 10 pásem), po půloktávách a nebo po třetioktávových intervalech (cca 27 pásem). Protože hudební

³ Tipy, triky, nastavení - Variace na téma "parametrický ekvalizér". *Muzikus* [online]. 2010 [cit. 2013-05-16]. Dostupné z: <http://www.muzikus.cz/pro-muzikanty-serialy/Tipy-triky-nastaveni-Variace-na-tema-parametricky-ekvalizer~18~brezen~201>

interval jedné oktávy je vždy dvojnásobkem dané frekvence, může vypadat uspořádání pásem oktávového ekvalizéru např. takto:

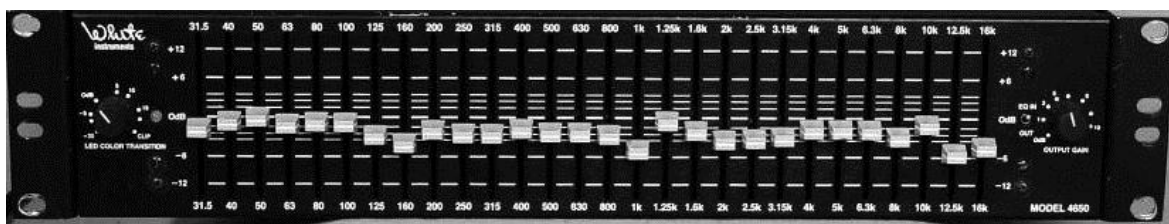
31 Hz, 63 Hz, 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz, 4 kHz, 8 kHz, 16 kHz

Pro lepší orientaci uvádím také frekvence třetinooktávového equalizéru o 30 pásmech:

25, 31.5, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800 Hz;

1, 1.25, 1.6, 2, 2.5, 3.15, 4, 5, 6.3, 8, 10, 13, 16, 20 kHz

Protože jednotlivá frekvenční pásma následují těsně za sebou, musí být v tomto případě šířka pásma jednotlivých filtrů mnohem užší než např. u oktávového ekvalizéru, aby nebylo příliš ovlivňováno pásmo sousedních frekvencí. Při konstrukci grafického ekvalizéru je důležité, aby se jednotlivá pásma překrývala takovým způsobem, aby byl frekvenční průběh relativně vyrovnaný při nastavení všech prvků do nulové polohy, nebo do stejné polohy zesílení či zeslabení. Stejně jako u otočných potenciometrů, které mívají někdy definovanou střední polohu (nulový stav) pomocí aretační drážky bývá i u grafických ekvalizérů často tento doplněk pro snadnější identifikaci „nuly“.⁴



(obr. 14 – Grafický ekvalizér s rozlišením 28 oktáv)

Grafických ekvalizérů se využívá např. pro vyvážení nedostatků reprosoustav, omezení rezonančních kmitočtů subwooferu a omezení nechtěných frekvencí v sále se špatnou akustikou. Z vlastních zkušeností můžu říct, že grafický ekvalizér zařazen na výstupu mixážního pultu je dosti nepostradatelná záležitost, jelikož některé sály kulturních domů mají velice špatně řešenou akustiku, ta se sice často lehce zlepší při větším počtu publika i tak je většinou potřeba omezit vybrané nízké tóny, které často způsobují nahoukávání mikrofonů a různou nesrozumitelnost lidově „zahuhlanost“ reproduktorové soustavy. Viz také nastavení ekvalizéru na obr. 14.

⁴ VLACHÝ, Václav. *Praxe zvukové techniky*. 2., aktualiz. vyd. Praha: Muzikus, c2000, s. 92. ISBN 80-86253-05-8.

3.2 Úprava analogového signálu pomocí efektu dozvuku

Abychom pochopili rozdíly mezi analogovým, a digitálním způsobem úpravy signálu popíšeme na následujících řádcích jednoduché efektové zařízení, které se používá k efektování signálu a funguje čistě na analogovém principu. Většinu podobných zařízení (magnetofonové echo apod.) již v dnešní době nahradily digitální efektové jednotky, které nabízejí nepřehlednou škálu efektů a jejich nastavení.

Jedním z nejpoužívanějších efektů již v počátcích prvních nahrávacích studií a živé zvukové produkce byl tzv. dozvuk neboli echo. Toto dozvukové zařízení bylo ve velkých studiích řešeno reálným snímáním zpoždění signálu mezi mikrofonom a reproduktorem vzájemně umístěných v dozvukové místnosti. Velikost místnosti a vzdálenost mezi mikrofonom a reproduktorem pak určovala efekt zpoždění. Vývoj prvních dozvukových zařízení však přinesl pružinové a páskové dozvukové efekty.

Pružinový dozvuk je jedním z přenosných zařízení, které se do dnešní doby montují např. do kytarových aparátů pro jejich specifický zvuk a analogový princip efektování zvuku. Princip funkce tohoto dozvukového přístroje spočívá v převodu signálu pomocí elektromagnetického budiče na pružinu, což pomocí elektromagnetické indukce způsobí rozkmitání pružiny. Následně se signál snímá pomocí elektromagnetického snímače na druhém konci pružiny. Tento přenos signálu skrz pružinu způsobí zpoždění signálu, které je přímo závislé na délce pružiny. Výsledný zpožděný signál se potenciometrem poměru dozvuku „domíchává“ k původnímu signálu a vytváří se tak efekt zpoždění signálu.

Kromě kytarových zesilovačů se již dnes tyto zařízení nepoužívají, plně je nahradily digitální efektové procesory jako je např. Lexikon PCM91. Tento přístroj nabízí až 450 přednastavených presetů různých dozvuků. Dokáže zpracovat signál v kvalitě 24bit / 48kHz. Samozřejmě je také možnost nastavení vlastních presetů a jejich a přenos pomocí paměťové karty.



(obr. 15. Digitální procesor - reverb Lexikon PCM91)

3.3 Dynamická úprava analogového signálu

Přístroj, jež umožňuje upravit dynamiku signálu se nazývá kompresor a využívá se pro úpravu signálu s velkou dynamikou. Děje se tak převážně u signálů při ozvučování bicí soupravy („kopák, rytmičák“), zpěvu, baskytarové linky apod. Profesionální analogové kompresory se vestavují do 19“ racku jako samostatné jednotky. Existuje mnoho typů a provedení kompresorů, liší se zejména konstrukcí a typem aktivních součástek a to od přístrojů sestavených výhradně z polovodičů až po elektronkové přístroje.

Princip funkce kompresoru:

„Centrálním mozkiem každého analogového kompresoru je elektronický obvod, který hlídá úroveň signálu a na základě nastavených parametrů rozhoduje o tom, jakým způsobem budou zásahy do dynamiky signálu probíhat. Řídící napětí z tohoto obvodu se převádí do zesilovače řízeného napětím (VCA=VOLTAGE CONTROLLED AMPLIFIER), kterým daný signál prochází. Převážná většina kompresorů odvozuje řízení dynamiky z určitého nastavitelného bodu, který se nazývá práh citlivosti (TRESHOLD). Až do této prahové úrovně, kterou si nastaví uživatel dle libosti, není signál procházející zařízením nijak ovlivňován. Po překročení prahu citlivosti (které je většinou možné kontrolovat na indikátoru) dochází k omezování signálové úrovně – o kolik a jak rychle, to už závisí na nastavení jednotlivých parametrů.“⁵

Kompresní poměr (RATIO) udává závislost úrovně výtupního signálu na úrovni signálu vstupního. *„Například při nastavení kompresního poměru 2:1 má překročení vstupní úrovně o 2dB nad nastavený práh citlivosti (TRESHOLD) za následek vzrůst úrovně na výstupu o 1dB, vzrůst úrovně na vstupu o 4db způsobí nárůst signálu na výstupu pouze o 2dB.“⁶* Pokud použijeme vyšší kompresní poměry a to zejména více jak 10:1, dynamiku signálu nad prahem citlivosti potlačíme úplně a takovému extrémnímu nastavení se říká limitace. Přístroj provádějící limitaci se nazývá Limitér, je to v podstatě kompresor s kompresním

⁵ VLACHÝ, Václav. *Praxe zvukové techniky*. 2., aktualiz. vyd. Praha: Muzikus, c2000, s. 199. ISBN 80-86253-05-8.

⁶ VLACHÝ, Václav. *Praxe zvukové techniky*. 2., aktualiz. vyd. Praha: Muzikus, c2000, s. 199. ISBN 80-86253-05-8.

poměrem $\infty:1$, „V praxi se již poměry vyšší než 10:1 považují za limitéry, jelikož nárůst vstupní úrovně o 10dB způsobí přírůstek výstupní úrovně pouze o 1dB.

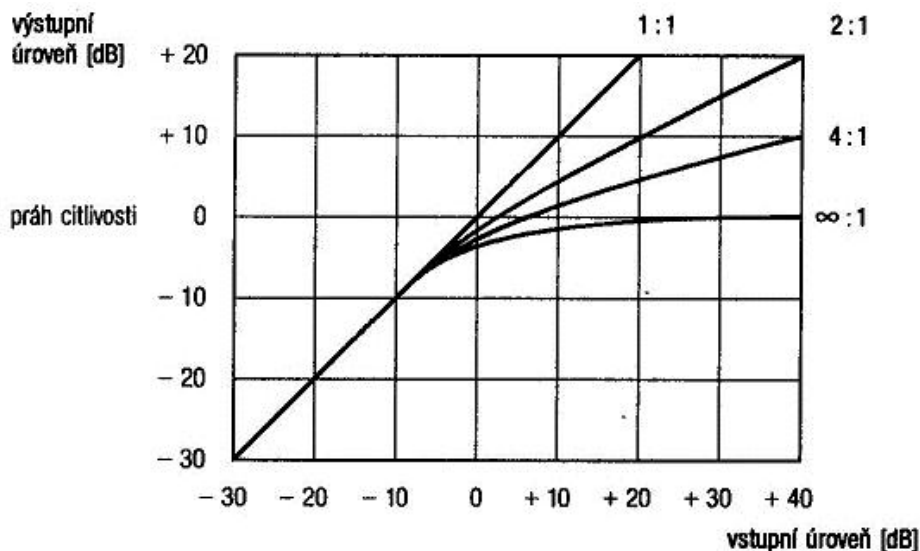
Většina běžně nabízených kompresorů nese název Kompresor/Limitér, znamená to, že je možné nastavit kompresní poměr na nízké i vysoké hodnoty a tudíž dosáhnout jak malé komprese, tak limitace. ⁷

Rozdíl v použití kompresoru a limitéru je celkem odlišný. Zatímco použitím kompresoru zvyšujeme průměrnou hlasitost signálu, limitér bývá použit spíše jako ochranný prvek vstupních zesilovačů proti přebuzení, který „zaručuje“ nepřekročení signálu nad určitou maximální úroveň. (využívá se toho zejména při digitálním záznamu, popř. v PA systémech). Pokud tedy nastavíme limitér jen pro omezení špičkových signálů, bude mít na výsledný zvuk minimální vliv, avšak pokud nastane extrémní situace nárůstu signálu – limitér zareaguje a tuto výchylku nepropustí.

V praktických aplikacích má většina modelů také funkci SOFT KNEE, tento název je odvozen podle charakteru reakce kompresoru nad prahem citlivosti. „U tohoto typu komprese se kompresní poměr nastavuje automaticky podle úrovně signálu – pro menší signály je kompresní poměr velmi nízký, při narůstání signálové úrovně se zvyšuje. Ovládání kompresoru při takovém nastavení je mnohem snazší, zvláště když je k dispozici automatické nastavení času reakce. Takto nastavené kompresory jsou oblíbené i pro měkký, příjemný zvuk, zejména při zpracování vokálů“.⁸

⁷ Tamtéž s. 199

⁸ VLACHÝ, Václav. *Praxe zvukové techniky*. 2., aktualiz. vyd. Praha: Muzikus, c2000, s. 201. ISBN 80-86253-05-8.



(obr. 16. - Závislost nárůstu výstupní úrovně na úrovni vstupní u funkce SOFT KNEE)

„Čas reakce – čas, který kompresor potřebuje na to, aby reagoval na vzrůst vstupní úrovně, se nazývá dobou náběhu (*ATTACK TIME*), a protože se pro různé účely hodí i různý způsob reakce, bývá nastavitelný od zlomků až po desítky milisekund.“

Další čas, který je možné na kompresoru nastavit, je tzv. čas doběhu (*RELEASE TIME*). Je to doba, kterou kompresor potřebuje k návratu do normálního stavu poté, co úroveň signálu klesne pod práh citlivosti. Ovládání tohoto času bývá v rozmetí jednotek, či desítek ms až do jedné sekundy a více.

Kromě náběhových a doběhových časů mívají některé modely možnost nastavení tzv. času držení (*HOLD TIME*), který zabraňuje kompresoru, aby vstoupil do fáze doběhu dříve než po předem nastavené době. ⁹

Nastavení náběhového a doběhového času je třeba dobře znát a umět jej nastavit. Pro každý typ signálu se totiž hodí různě nastavené časy doběhu a náběhu. „Neboť nevhodným nastavením dochází k nežádoucím efektům, které se projeví jako slyšitelné „pumpování“ či „dýchání“ vlivem prudkých změn v úrovni signálu.“ ¹⁰

⁹ VLACHÝ, Václav. *Praxe zvukové techniky*. 2., aktualiz. vyd. Praha: Muzikus, c2000, s. 202. ISBN 80-86253-05-8.

¹⁰ VLACHÝ, Václav. *Praxe zvukové techniky*. 2., aktualiz. vyd. Praha: Muzikus, c2000, s. 202. ISBN 80-86253-05-8.

3.4 Zapojení externích efektových jednotek do přenosového řetězce

Většina klasických mixážních pultů nabízí na každé „šavli“ frekvenční úpravu signálu pomocí ekvalizéru, pokud potřebujeme signál upravit externím přístrojem je potřeba zařadit jej do přenosového řetězce. K tomuto účelu má každý profesionální mixpult konektor INSERT. V praxi funguje tento konektor na principu stereofonního jacku 6,3mm na jedné a tzv. Ypsilon rozbočením na druhé straně kabelu. Vsunutím jacku do konektoru INSERT vyvede signál na výstupní jack Y kabelu, ten se připojí na vstup efektového zařízení a z výstupu tohoto zařízení putuje signál druhým (vstupním) kabelem zpátky na vstup INSERT. Dochází tak k sériovému napojení efektového zařízení do přenosového řetězce.



(obr. 17 - Tzv. Ypsilon kabel v provedení jack 6,3mm)

3.5 Mixážní pult

Jak již bylo výše zmíněno, elektrický signál vstupuje do mixážního pultu skrz vstupní zesilovač, kterým je zesílen na potřebnou úroveň. Signál je dále veden do směšovací/distribuční sekce na příslušnou větev mixážního pultu, lidově nazývanou „šavle“. Počet těchto šavlí je přímo úměrný počtu vstupů mixážního pultu. Hlavním řídicím prvkem každé šavle je volume fader, aneb tahový potenciometr řídící celkovou hlasitost dané šavle. Jednotlivé šavle dovolují upravit signál pomocí ekvalizéru, posílat jej do AUX výstupů, nastavovat panoramu signálu a funkcí SOLO poslouchat jen jedinou „šavli“. Potenciometr panoramy směřuje podle nastavení signál do levé, nebo pravé části výstupní, stereo sekce mixážního pultu. Výstupní signál z jednotlivých šavlí je za volume faderem posílán skrz sběrnici na tzv. mixážní zesilovač.



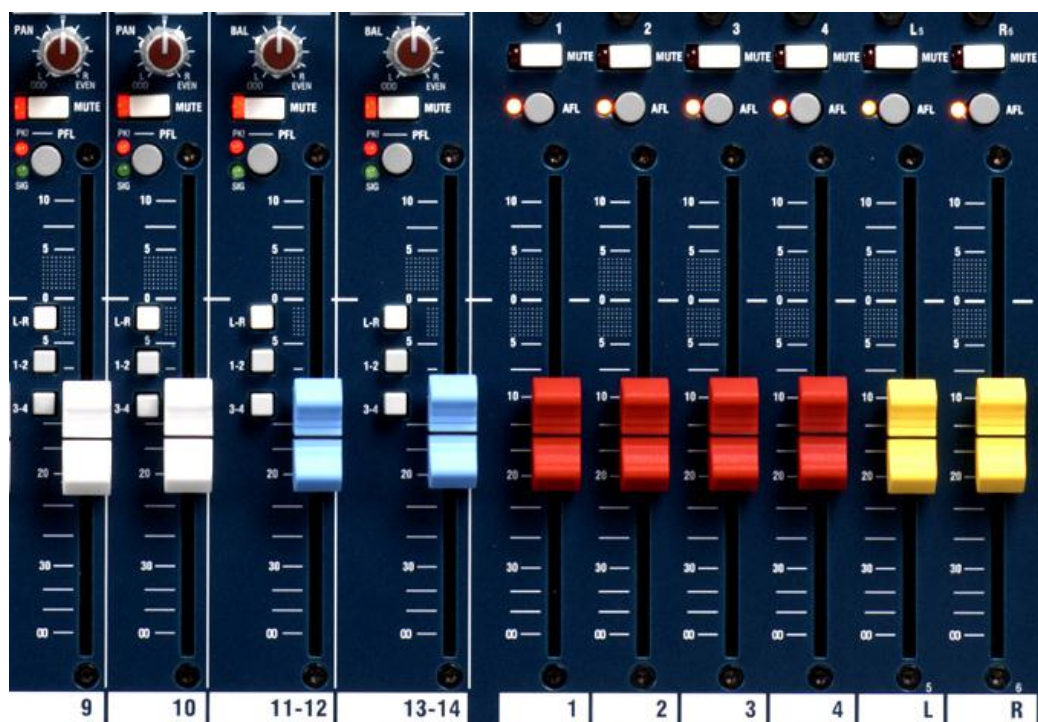
(obr. 18 – výřez části mixážního pultu s fadery, group tlačítka L-R, 1-2, 2-4, potenciometrem panoramy (PAN) a potenciometry AUX)

V mixážním zesilovači jsou jednotlivé signály smíchány na principu sečtení elektrických napětí a pomocí faderů řídicích hlavní výstupní hlasitost distribuovány na výstup mixážního pultu. Výše popsaný princip funkce mixážního pultu je velice zjednodušený a možností jak směřovat signál skrz mixážní pult je daleko více. Tyto možnosti se také liší dle jednotlivých typů a výrobců mixážních pultů. Zmíním zde však ještě jednu možnost směrování signálu a tou je funkce GROUP.

V místě volume faderu jednotlivých šavlí najdeme často přepínač GROUP, kterým můžeme směřovat signály na výstupní sekce tzv. groupy. Směrování signálu pomocí funkce group je velice výhodné. Dovoluje nám v podstatě sdružit signál např. ze všech mikrofonů sekce bicích nástrojů dohromady a jejich celkovou hlasitost pak ovládat jediným volume

faderem. Podobně si můžeme sdružit sekci zpěvu, kytar apod. Tato možnost zjednodušuje celkové nastavení úrovní a poměrů při mixáži.

Na každém mixážním pultu najdeme také dva nejdůležitější volume fadery, většinou po spané jako L a R. Jsou to dva tahové potenciometry řídící celkovou výstupní hlasitost pravého a levého výstupního kanálů mixážního pultu. U profesionálních pultů najdeme ještě také také fader M – mono, používaný pro výstupní sekci subbasů



(obr. 19 – vpravo výstupní fadery žluté barvy L, R a vlevo červené fadery jednotlivých group)

Mixážní pult je tedy v analogovém přenosovém řetězci jedním z hlavních prvků, pomocí kterého zvukař směřuje, řídí, upravuje a směšuje vstupní signály směrem k výkonové aparatuře. Stává se tak centrem veškerého dění a zpracování zvukového signálu.

3.6 Výkonová sekce přenosového řetězce a reproduktorové soustavy

Smíchaný a upravený signál je z výstupní sekce mixážního pultu přiveden stíněnými kabely k výkonovým zesilovačům, většinou bývá do výstupní signálové cesty zapojen také grafický ekvalizér, jímž můžeme upravit výsledný zvuk a potlačit nechtěné frekvence. Ještě před zesilovačem bývá zařazena vyhýbka (crossover), což je přístroj v podstatě fungující jako laditelná pásmová propust. Tato vyhýbka rozděluje signál dle potřeby na dvě až tři

pásma (basové, středobasové a výškové), která jsou již dále zesílena odděleně a poté silovými kabely přivedena na odpovídající sekci reproduktorové soustavy.

Vývoj reproduktorových soustav pro veřejné ozvučené tzv. P.A.(„public acces“) systému jde stále kupředu a jeho detailní popis by obsáhl celou bakalářskou práci. Proto zde uvedu zejména současné způsoby ozvučování prostoru.

Klasická reproduktorová soustava je složena z kombinace výškových, středobasových reproboxů a subbasové sekce zajišťující nízké frekvence. Tento systém plošného ozvučování vyzářuje zvukové vlny do celého prostoru, dle směru umístění, to může mít určité nevýhody. *„Při snaze o vykrytí prostoru za použití většího počtu běžných reproboxů (= bodový zdroj signálu) dochází k nekontrolovatelnému sčítání a odečítání fází zvuku (tzv. efekt „Comb Filtering“), což má zpravidla za následek frekvenčně nevyrovnaný zvuk v různých místech poslechového pole.“*¹¹



(obr. 20 - Klasický P.A. systém určený pro malé zvukové produkce, vrchní dva reproboxy tvoří středobasovou a výškovou sekci, pod nimi subbasové reproduktory pro přenos nízkých kmitočtů)

Tento nedostatek klasických reproboxů řeší systém **Line array** (tzv. přímkový zdroj signálu) což je závěsný systém ozvučení, který *„nevyužívá klasické reproboxy bodově vyzářující zvuk, ale jedná se o systém, který směřuje zvuk ve vertikální rovině, což dovoluje signálem dokonale vykryt požadovaný prostor libovolného tvaru a velikosti.*

¹¹ *Line array, závěsný systém* [online]. [cit. 2013-05-14]. Dostupné z: <http://www.line-array.cz/>



(obr. 21 - Středovýšková sekce systému line array)

K tomu se využívá efektu, kdy je větší množství zvukových měničů spojeno zvukovody tak, aby působily společně jako jediný zdroj zvuku. Line Array systémy tak díky řízenému vyzařování zaručují zcela vyvážený poslech v celém ozvučovaném prostoru.,¹²

„Výhodou Line Array systému je také nižší pokles akustického tlaku se vrůstající vzdáleností od zvukového zdroje. Teoreticky je pokles akustického tlaku oproti bodovému systému ozvučování až poloviční, tedy 3dB oproti 6dB s každým zdvojnásobením vzdálenosti od zvukového zdroje. Co to v praxi znamená? Stejně velký prostor ozvučíme Line Array systémem daleko menšího výkonu, než jaký bychom potřebovali u konvenčního bodového systému. Nespornou výhodou Line Array je i modulárnost systému a spojování jednotlivých komponent do libovolně velkých sestav pro konkrétní akci. S klasickými reproboxy není „nekonečné“ navyšování výkonu prakticky možné.“¹³

3.7 Náchylnost analogového řetězce z hlediska šumu

Analogové obvody musí být pečlivě navrženy a používány, aby se zabránilo vzniku nežádoucího šumu. Jde zejména o vedení signálových cest mimo napájecí části zařízení, stínění vodičů a jednotlivých zesilovacích obvodů, zemnicí body apod. Všechny obvody, kterými analogový signál prochází, mohou vytvářet určité malé množství šumu, které záleží pře-

¹² Line array, závěsný systém [online]. [cit. 2013-05-14]. Dostupné z: <http://www.line-array.cz/>

¹³ Make.cd. CO JE LINE ARRAY? [online]. 2012 [cit. 2013-05-16]. Dostupné z: <http://make.cd/clanek/109-co-je-line-arrayo>

vážně na kvalitě použitých elektronických součástek – operačních zesilovačů. Čím více analogových obvodů je v „sériovém“ řetězci zvukového zařízení zapojeno, tím větší je pravděpodobnost vzniku určitého množství šumu. Každý takový obvod může totiž nabrat parazitní signály např. z elektrického vedení, mobilních telefonů a dalších zdrojů. Platí zde tedy základní pravidlo analogového do série zapojeného řetězce – princip nejslabšího článku, který tak určuje kvalitu celého výstupního signálu.

Na rozdíl od analogových obvodů, kde je zvuk zpracováván jako elektrický signál, jsou digitální obvody méně náchylné k tomuto druhu rušení, protože signály jsou zpracovávány jako data, respektive čísla. Přenos digitálních dat je možno mezi jednotlivými komponenty daleko lépe kontrolovat a zaručit tak jeho bezchybnost. Jedinou výjimkou je analogový přenos signálu na vstupu a výstupů digitálního zvukového zařízení, kde jsou již data převedena zpět na elektrický signál.

4 DIGITÁLNÍ ZPRACOVÁNÍ SIGNÁLU

Jak jsem již výše uvedl, zpracování zvukového signálu pomocí analogového řetězce má své určité nevýhody, které plynou zejména z pravidla nejslabšího článku sériového analogového řetězce, který se vždy projeví na výsledné kvalitě zvukového signálu.

S miniaturizací prvních počítačů v 70. letech 20. století přišla také myšlenka pokusit se zpracovat zvukový signál digitálně. Vývojáře k tomu vedla zejména odolnost digitálního signálu proti rušení, vysoká spolehlivost přenosu dat s malým poměrem zkreslení a také představa „nekonečných“ možností jak zvuk v digitální podobě upravovat. Z počátku však bylo jasné, že omezená výpočetní kapacita prvních počítačů v 70. letech 20. století nebude moci konkurovat poměrně spolehlivému analogovému přenosu zvukového signálu v analogových zařízeních. Vývoj digitálních zařízení tak prošel poměrně dlouhou cestu, která až s rozvojem výkonných digitálních signálových procesorů naplno potvrdila správné úvahy ohledně nástupu digitálních zvukových zařízení.

4.1 Princip zpracování analogového signálu do digitální podoby

Digitálních zvukových zařízení vzniká nepřeberné množství, abych mohl lépe vystihnout podstatu zpracování signálu v těchto přístrojích, popíšu ji na příkladu digitálních mixážních pultů, které jsou v podstatě centrem řízení digitálně zpracovaného signálu při zvukové produkci. Níže popsané principy jsou však obecně platné pro většinu přístrojů zpracovávajících analogový zvukový signál do digitální podoby a zpět.

Zvuk ve formě elektrického signálu vstupuje do digitálního mixážního pultu na obvod vstupního zesilovače, který jej zesílí na potřebnou ideální úroveň cca $0,6V^{14}$. Takto zesílený elektrický signál je dále distribuován na vstup analogově digitálního převodníku (A/D), který jej převádí na signál diskrétní, digitální. Tento krok se anglicky nazývá „analog-to-digital-conversion“ (ADC).

Digitální mixpult dále pracuje se zvukovým signálem, jako tokem dat a zpracovává jej skrz digitálně signálový procesor (DSP) a počítačový software. Po zpracování a úpravě dat konvertuje digitálně analogový převodník (D/A) digitální tok dat zpět na elektrický, analogový signál. Anglicky „digital-to-analog-conversion“ (DAC).

¹⁴ Dle technických listů A/D převodníků (Datasheet Texas Instruments)

4.1.1 Funkce analogově digitálního převodníku

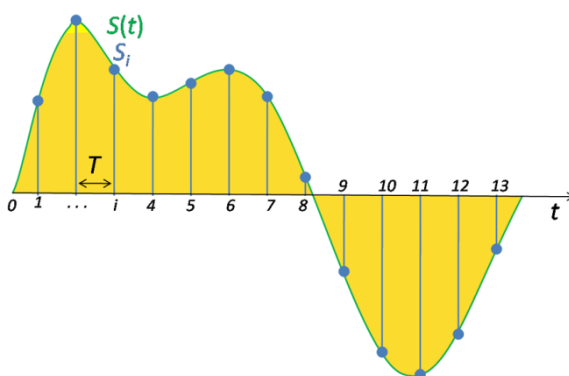
Analogově digitální převodník (A/D) je elektronická součástka určená pro převod analogového signálu na signál diskrétní (digitální). Důvodem tohoto převodu je umožnění zpracování původně analogového signálu na číslicových počítačích. Mezi nimi v současnosti převažují digitální signálové procesory DSP, které jsou vyrobeny přímo za účelem zpracování analogových signálů.

Převod spojitého signálu na diskrétní se skládá ze dvou fází. Vzorkování a kvantování signálu.

4.1.2 Vzorkování, vzorkovací frekvence

Pokud si představíme krátký úsek analogového signálu, mohli bychom jej do nekonečna zvětšovat a pozorovat tak jeho nejmenší detaily, jelikož mají počítače pouze konečnou kapacitu paměti a ani nejsou nekonečně rychlé, musíme se v praxi při A/D převodu omezit pouze na nezbytně nutné množství vzorků, které budeme dále zpracovávat.¹⁵

Vzorkování se provádí tak, že rozdělíme vodorovnou, časovou osu signálu na rovnoměrné úseky (T). Nyní můžeme z každého úseku odebrat jeden vzorek (S). Na první pohled jde vidět, že z původního signálu tak ztratíme mnoho detailů, jelikož místo spojitě čáry, kterou lze donekonečna zvětšovat dostaneme pouze množinu diskrétních bodů s intervalem odpovídajícím použité vzorkovací frekvenci.¹⁶ Čím vyšší bude vzorkovací frekvence, tím bude počet odebraných bodů větší a digitální signál tak bude obsahovat více informací.



(obr. 22 - Vzorkovaný spojitý signál s jednotlivými odebranými vzorky)

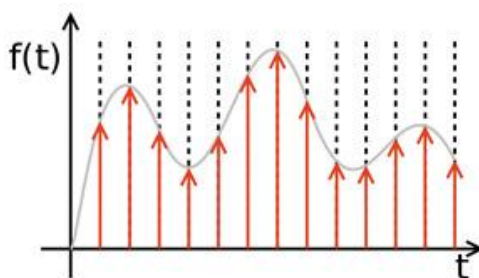
¹⁵ Stopařův průvodce digitálním zvukem - 2. díl. *Audiozone* [online]. 2013 [cit. 2013-05-17]. Dostupné z: <http://www.audiozone.cz/recenze/stoparuv-pruvodce-digitalnim-zvukem-2-dil-t18556.html>

¹⁶ Tamtéž

Vzorkování se anglicky nazývá (SAMPLING). Frekvence vzorkování, počet vzorků za jednu vteřinu (tzv. sample rate) definuje počet vzorků za jednotku času (obvykle za 1 sekundu) načítaných ze spojitého analogového signálu při jeho přeměně na diskrétní signál.

4.1.3 Aliasing

Abychom mohli digitalizovaný signál úspěšně převést zpět na signál analogový, je potřeba dodržet základní pravidlo dle Nyquistova teorému, které říká, že „*dokonalá rekonstrukce signálu je možná pouze tehdy, pokud je vzorkovací frekvence větší než dvojnásobek maximální frekvence vzorkovaného signálu, neboli když Nyquistův kmitočet (polovina vzorkovací frekvence) je vyšší než nejvyšší frekvence vzorkovaného signálu.*“ Při použití nižší vzorkovací frekvence se po převodu zpátky na analogový signál mohou v důsledku tzv. aliasingu objevit ve výsledném signálu kmitočty, které v původním signálu nebyly a poškodit jej. Například pokud maximální kmitočet signálu je 20 kHz, je nutné použít vzorkovací frekvenci vyšší než 40 kHz. Aliasingu se dá zabránit jedině takzvaným antialiasing filtrem, což je dolní propust zařazená před převodníkem. Ta nedovolí frekvencím vyšším než je Nyquistova frekvence vstoupit do převodníku. Provedení takové dolní propusti není zdaleka tak jednoduchý úkol jak by se mohlo zdát. Potřebujeme totiž filtr s velmi vysokou strmostí, který bude nad požadovaný kmitočet ořezávat nechtěné pásmo a zároveň s vlastností co nejnižšího útlumu v okolí kritické frekvence (poloviny vzorkovací frekvence), která již musí být propuštěna. Parametry a způsob provedení tohoto filtru jsou jedním z dalších určujících prvků kvality profesionálních A/D převodníků.



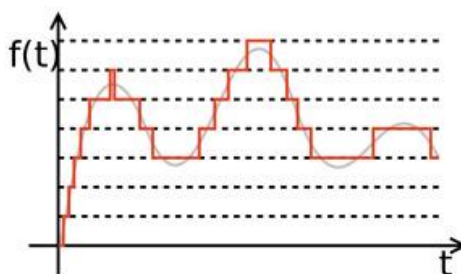
(obr. 23 – vzorkovaný signál)

Lidské ucho je schopno slyšet v rozmezí cca 16Hz – 20kHz, výrobci zvukových A/D převodníků však vstupní signál omezují až nad 22kHz, například zvukové mixážní pulty firmy Soundcraft jsou schopny zpracovat signál v rozmezí 20Hz – 22kHz při vzorkovací frekvenci 48kHz a 24bit.

Jelikož již běžně dostupné digitální signálové procesory dosáhly dostatečného výpočetního výkonu, u většiny profesionálních A/D převodníků se proto používá vzorkovací frekvence 48kHz, která zajišťuje dostatečné množství původní informace signálu pro jeho věrnou reprodukci zpět.

4.1.4 Kvantování

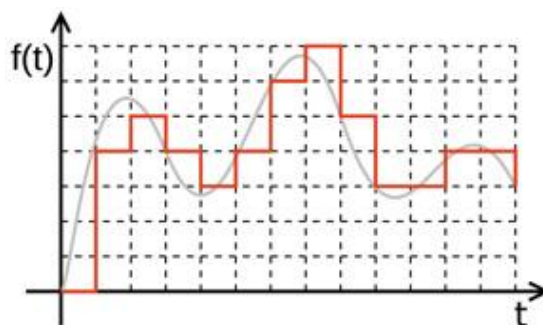
Vzhledem k tomu, že počítače a další zařízení dále zpracovávající digitální signál umí vyjádřit pouze čísla s omezenou přesností, je potřeba navzorkované hodnoty upravit i na svislé ose. Protože se hodnota vzorku dá vyjádřit pouze po určitých kvantech, nazýváme tuto fázi A/D převodu kvantování.



(obr. 24 - kvantovaný analogový signál)

Abychom mohli určit, jaké hodnoty má po kvantování nabývat určitý vzorek, je potřeba rozdělit prostor kolem jednotlivých hodnot na toleranční pásy. Kterémukoliv vzorku, který padne do daného tolerančního pásu, je při kvantování přiřazena daná hodnota. Jak je vidět, kvantované hodnoty se ve většině případů liší od skutečných navzorkovaných hodnot. Velikost kvantizační chyby je vzdálenost mezi kvantovanými a původními navzorkovanými body.¹⁷

¹⁷ Stopařův průvodce digitálním zvukem - 1. díl. *Audiozone* [online]. 2013 [cit. 2013-05-16]. Dostupné z: <http://www.audiozone.cz/recenze/stoparuv-pruvodce-digitalnim-zvukem-1-dil-t18487.html>



(obr. 25 – červeně značený výsledný digitalní signál)

4.1.5 Latence – zpoždění

Obvody, které v digitálním mixpultu převádějí zvukové signály na binární kód, způsobují zpoždění signálu, tzv. Latenci. Doba zpoždění závisí na typu A/D převodníku a jeho nastavení. Obvykle bývá zpoždění ve výši 10 milisekund (tisícin sekundy) nebo více. Taková hodnota zpoždění může působit zanedbatelně, ovšem při živém hraní, nebo monitoringu hudebníku, se toto zpoždění střetává s hudebním rytmem. Samotní hudebníci mohou být zmateni a to v případě, kdy se hudebník snaží vzájemně hrát a poslouchat se ve svém monitoru, do kterého je poslán jeho signál s malým zpožděním způsobeným A/D převodníkem. Technologický vývoj však pokračuje stále dopředu a v dnešní době již nejlepší převodníky dosáhly tak malé hodnoty zpoždění, že je zanedbatelná. Analogové mixážní pulty mají z tohoto hlediska výhodu, zpracovávají totiž zvuk okamžitě a zpožděním netrpí.

4.1.6 Časová synchronizace digitálních konzolí s ostatními přístroji:

Pokud chceme propojit digitální mixážní pult s jakýmkoliv dalším přístrojem jako je rekordér, DAW či jiné systémy je nezbytné všechny přístroje vzájemně synchronizovat. *"Všechny digitální mixážní pulty, které počítají s nějakou formou automatizace by měly umět vysílat časový kód, v opačném případě může být DMP řízen např. Multitrackového rekordéru, nebo z DAW. V obou případech je nezbytné propojit oba systémy synchronizačním kabelem (MIDI, SMPTE) a správně aktivovat synchronizační režim na obou přístrojích. Synchronizace vyžaduje, aby byla zařízení natrvalo spojena "Přístroj, který vysílá synchronizační signál – informaci o aktuální pozici, je označován jako MASTER (řídící),*

zatímco všechna ostatní zařízení které jsou tímto signálem řízeny – se nazývají SLAVE (podřízené).“¹⁸

4.1.7 Digitální synchronizace

Digitální synchronizace (WORDCLOCK) je synchronizační kód odvozený od vzorkovací frekvence umožňující nastavit správné fungování digitálních obvodů uvnitř vzájemně propojených přístrojů. Většinou se jeden digitální přístroj nastavuje jako řídící – MASTER a ostatní pracují jako podřízené tzv. SLAVES. Digitální synchronizaci je třeba správně nastavit, zapojit a používat. I když se může zdát, že některé přístroje, které nejsou nastavené na společný WORDCLOCK pracují správně. Pokud např. všechny přístroje pracují v režimu interní wordclock synchronizace budou zřejmě spolupracovat bez problému do chvíle určité nesrovnalosti – poté dojde ke špatnému zpracování digitálních dat a narušení kvality zvuku např. zasekáváním zvuku.

Je-li v systému propojeno několik digitálních přístrojů, je nezbytné je synchronizovat z jednoho MASTER zdroje jediné vzorkovací frekvence (přístroj je přepnut na interní smplovací frekvenci). Ostatní spolupracující přístroje mají aktivovaný režim EXTERNAL WORCLOCK a jsou tak nastaveny jako SLAVES – přijímají externí vzorkovací frekvenci MASTER přístroje. Při zapínání přístrojů by se měl nejprve zapnout MASTER a poté až jimi synchronizované přístroje.¹⁹ Digitální synchronizace WORDCLOCK je většinou realizován pomocí koaxiálního rozhraní.

4.2 Zpracování digitálního signálu pomocí DSP a zvukového software

Digitální signálový procesor (DSP) je mikroprocesor, jehož návrh je optimalizován pro algoritmy používané při zpracování digitálně reprezentovaných signálů. Zvuk ve formě dat vstupuje z A/D převodníku do DSP jednotky, která je řízena softwarem určeným pro úpravu zvukových signálů v digitální podobě. Úprava zvuku ve formě dat představuje obrovské množství početních operací, které musí DSP vykonat. Operace, které DSP vykonává, jsou řízeny speciálně navrženým softwarem pro úpravu zvuku. Ovládání tohoto softwa-

¹⁸ VLACHÝ, Václav. *Praxe zvukové techniky*. 2., aktualiz. vyd. Praha: Muzikus, c2000, s. 121. ISBN 80-86253-05-8.

¹⁹ VLACHÝ, Václav. *Praxe zvukové techniky*. 2., aktualiz. vyd. Praha: Muzikus, c2000, s. 121-122. ISBN 80-86253-05-8.

ru je již otázkou provedení jednotlivých zařízení. Na digitálním mixážním pultu jsou to veškeré „tlačítka a knoflíky“, nebo také rozhraní dotykového displeje mixážního pultu.

4.3 Digitální mixpulty a zvukový přenosový řetězec

Vývoj digitálních konzolí se od 70. let 20. století rozvinul v obrovské odvětví přístrojů s mnoha funkcemi. Digitální způsob úpravy zvuku umožnil implementovat původně analogové externí zařízení jako grafické ekvalizéry, kompresory apod. přímo do mixážního pultu v podobě softwarových pluginů, které upravují zvuk ve velice dobré kvalitě stejně jako jejich analogoví předchůdci a zachovávají přitom kompaktnost zařízení.

Použití digitálního mixpultu pro ozvučení koncertu může přinést mnoho ušetřené práce a to zejména minimalizací potřebných kabelů pro propojení systému. Takovým nejelegantnějším řešením, které přinesl vývoj digitálních mixpultů je oddělený systém řízení tzv. (snake) jak jej nazývá výrobce Allen & Heath. Mikrofonní signál je v tomto případě již na pódiu přiveden na tzv. „Main audio rack“ což je centrální mozek veškerého dění digitálního systému „snake“. Tento přístroj převede elektrický signál A/D převodníky na data a zpracovává je na svém DSP procesoru. Toto zpracování a veškeré směrování signálu je řízeno pomocí digitálního mixpultu, který však v tomto případě funguje již čistě jako řídicí kontroler a je propojen s „main audio rackem“ jediným ethernetovým kabelem Cat5 (v praxi se však pro zálohu vedou alespoň dva kabely). Hlavním rozdílem tohoto systému „snake“ oproti analogovému mixpultu je tedy to, že audiosignály nejsou fyzicky vedeny na mixážní pult, zpracovány a posílány zpět do reprosoustavy na pódium, ale zpracovávají přímo na pódiu v „Main audio racku“, kde jsou po zpracování DSP jednotkou převedeny D/A převodníky zpět a distribuovány do výkonové sekce a reprosoustavy.



(obr. 26 - Main audio rack Allen & Heath GLD-AR2412 s 24vstupy a 12 výstupy)

Digitální systémy nám všeobecně nabízejí velkou kompaktnost a většinou také rozšiřitelnost jednotlivých modulů, v případě Main audio racku na obr. 24 můžeme dle potřeby pomocí konektoru EXPANDER připojit dodatečný modul a rozšířit tak přístroj o další vstupy a výstupy. Co se týče monitoring je v tomto případě fyzicky prováděn v „Main audio racku“ a řízen digitálním mixpulem jako kontrolerem, externím monitorovacím stanovištěm pomocí druhého digitálního mixpultu a nebo samotným hudebníkem.

4.3.1 Monitoring od hudebníka

Main audio rack Allen & Heath GLD-AR2412 umožňuje také řízení monitoringu samotným hudebníkem. Tento sofistikovaný systém je čím dál tím oblíbenější. Samozřejmostí je tedy to, že se hudebník naučí monitorovací konzoli ovládat a bude jí rozumět. Slouží k tomu jednoduchá uživatelská konzole ME-1.²⁰ Výhodou je také to, že kontrolu nad monitoringem neztrácí ani zvukař za digitálním mixpulem a může tak kdykoliv řízení monitoringu převzít. Těchto konzolí může být k „Main audio racku“ připojeno více a každý hudebník si tak může řídit svůj odposlech dle jeho vlastního uvážení.



(obr. 27 – konzole ME-1 určená pro osobní monitoring řízený hudebníkem)

²⁰ Viz. Příložené video na cd-r „1_řízení monitoringu hudebníkem“



(obr. 28 - Main audio rack spolu s kontrolerem – digitálním mixážním pultem, fialovou čarou naznačen způsob propojení obou přístrojů pomocí Cat, modře pak konektor pro monitoring hudebníkem)



(obr. 29 - Allen & Heath GLD-80 digitální mixážní pult - kontroler)

4.3.2 Digitální mixážní pult

V případě výše uvedeného systému Allen & Heath „snake“²¹ funguje mixážní pult jako externí kontroler celého systému, na trhu jsou však nabízeny i systémy které na první pohled fungují podobně jako klasický analogový mixážní pult, kdy je elektrický signál veden pomocí multipárového kabelu na jednotlivé vstupy mixážního pultu, ovšem uvnitř přístroje probíhá vše na bázi digitálního zpracování zvuku. Tyto konzole nabízejí také dle svého provedení připojení externích převodníků přes ethernetový kabel a zapojení systému podobně jako výše uvedený „snake“. Je již poté na zvukaři jakou možnost vedení signálu zvolí.

Uvnitř digitálního mixpultu je již vše řízeno digitálně a signál je zpracováván jako binární kód. Zaručuje to jeho stálou kvalitu a vysokou odolnost proti rušení, nárustu šumu apod. Samotné úpravy signálu ať již frekvenčního, nebo dynamického charakteru probíhají také digitálně v rámci vestavěných softwarových programů, které řídí úpravu dat v DSP procesoru. Těchto programů (pluginů) je vyvíjeno veliké množství a existuje tak možnost jejich aktualizace. Většinou se tak děje pomocí USB vstupu umístěného v digitální konzoli, každý výrobce se však snaží dodržovat tzv. uzavřený systém těchto pluginů, který zajišťuje stabilitu celého digitálního mixpultu. Znamená to skutečnost, že uvedené pluginy jdou aktualizovat jen ověřeným firmwarem přímo od samotného výrobce.

Velkou výhodou digitálních konzolí je možnost jejich automatizace a uložení všemožných nastavení. V rámci zvukové zkoušky se tak může kapela nazvučit a celé nastavení mixážního pultu uložit do tzv. presetu. Tyto presety je možné také přenášet na USB klíči a mít jich uloženo v podstatě nekonečně mnoho. Ve srovnání s analogovým mixážním pultem, kdy si tento „preset“ zaznamenával zvukař na papír, je tato skutečnost jednoznačnou výhodou digitálních mixpultů.

Velmi zajímavou novinkou je možnost bezdrátového řízení digitální konzole řady iLive Allen & Heath pomocí dotykového přenosného zařízení – iPadu. Do přístroje iPad se nainstaluje program od tzv. iLive MixPad, který umožní bezdrátovou komunikaci mezi iPadem a mixážní konzolí. Na iPadu si tak můžeme zobrazit jednotlivé šavle a upravovat signál

²¹ Viz. Příložené video na cd-r „3_digitální mixážní pult Allen & Heath GDR 80“

pomocí graficky propracovaných ekvalizéru apod.²² Možnosti těchto zařízení jsou opravdu velké a odvíjí se převážně dle softwarového vybavení přístroje.²³ Zmíním se zde ještě o další možnosti a tou je napojení digitální konzole na osobní počítač, který také dle nainstalovaných aplikací může plně převzít kontrolu nad digitálním mixážním pultem a řídit mix např. ze vzdáleného pracoviště, děje se tak pomocí propojení mixpultu a počítače ethernetovým kabelem.

4.3.3 Digitální distribuce signálu

Propojení mixážního pultu a externích AD/DA převodníků realizuje každý výrobce dle svého systému. Zatímco v systému „snake“ se používá ethernetového standardu pro řízení externí jednotky – signály se zde ani v digitální podobě nepřenášejí, stačí nám k tomuto propojení jeden standardní kabel **CAT5** nazývaný také ethernetový kabel, podle svého primárního účelu propojování počítačových sítí. Co se týče přímého přenosu dokáže jediný kabel přenést 64 kanálů v kvalitě 24-bit/48 kHz PCM audio spolu s řídicím signálem.²⁴

Pro samotný přenos digitálního signálu, např. mezi digitálním mixážním pultem a externím digitálním nahrávacím zařízením bylo vyvinuto několik dalších protokolů.

AES/EBU „Standard stereofonního (dvoukanálového) přenosu digitálního zvuku AES3. Z hlediska využití pro více stop je nutné paralelní nasazení tohoto standardu. Běžnou výbavou nebo možností rozšíření mnoha digitálních pultů je pak implementace AES/EBU formátu v kombinaci po čtyřech, tedy pro celkový počet osmi kanálů na jednom konektoru D-Sub 25. Více stop lze dosáhnout větším použitím těchto vstupních nebo výstupních konektorů na pultu a zvukovém rozhraní pro záznam.“²⁵

MADI V současné době nabízí tento standard možnost přenosu 64 kanálů. K přenosu se využívá optického, nebo koaxiálního kabelu. Tento protokol se stal velice oblíbeným a obsazují jej do svých zařízení firmy jako: RME, Solid State Logic, DiGiCo, Euphonix (dnes Avid), Lawo, Studer, Yamaha atd.

²² Viz. Příložené video na cd-r „2_řízení mixážního pultu pomocí ipad“

²³ Viz příložené video „1_řízení mixážního pultu pomocí ipad“ na cd-r disku

²⁴ Ethersound. *Ethersound* [online]. 2012 [cit. 2013-05-15]. Dostupné z: <http://www.ethersound.com/technology/overview.php>

²⁵ Jak nahrát živý koncert. *Audiozone* [online]. 2013 [cit. 2013-05-15]. Dostupné z: <http://www.audiozone.cz/recenze/jak-nahrat-zivy-koncert-1-dil-t19067.html?sid=d36ad4ecd6bfca8dfc17583b9e44a164>

4.3.4 Převod signálu na analogový pomocí D/A převodníku

V digitálních konzolích, nebo jejich externích převodnicích jsou tedy zvukové signály zpracovávány ve formě dat, tyto data jsou pomocí softwarem řízených DSP procesorů upravena, probíhá zde například i samotné smíchání signálů avšak na bázi početních operací, a poslána na digitálně-analogový převodník (D/A). Tento převodník je elektronická součástka zajišťující převod diskrétního, nespojitého signálů na signál spojitý, analogový ve formě elektrického napětí. Pokud si představíme vstupní elektrický signál, jeho konverzi do digitální podoby a zpětný převod na signál elektrický, mluvíme zde o tzv. rekonstrukci signálu.

Princip rekonstrukce probíhá zjednodušeně tak, že digitální signál řídí přepínač, který pomocí přepínání jednotlivých rezistorů vytváří změny referenčního napětí, které se pomocí součtového zesilovače na výstupu projeví jako spojitý analogový, elektrický signál. Tento signál je dále veden stíněnými kabely k výkonovým zesilovačům a reprosoustavě.

5 ZÁVĚR

Zajištění zvukové produkce jen pomocí analogových mixážních pultů a dalších analogových zařízení je stále funkčním řešením. Výhoda těchto systémů je zejména výhodná cena u low-end přístrojů, poměrně jednoduchá opravitelnost jednotlivých komponentů, spolehlivost a často přehlednost a jednoduchost ovládání. Toto řešení najde nadále využití převážně při ozvučování menšími konzolemi nenáročných koncertů a všude tam, kde je již nějakou dobu celý systém zabudován – hudební kluby apod. Z hlediska mobilních řešení a poměrné kompaktnosti při ozvučování mají digitální systémy jednoznačně své výhody, oproti analogovému řešení. Další klady pak spočívají v poměrné přehlednosti a grafickém zobrazení prováděných úkonů (úprava signálu ekvalizací, dynamiky apod.) na displeji digitální konzole. Velikých výhod a možností co se monitoringu odposlechových cest týče a také vysoké zvukové kvality a menší náchylnosti k indukovaní brumů, šumu apod. Zranitelnost digitálních systémů je jedině v jejich možné kompaktní poruchovosti. Pokud totiž dojde v digitálním mixážním pultu k větší poruše, přestane často fungovat celá konzole a znemožní tak provoz celé zvukové produkce. Opravitelnost, nebo rychlá výměna poškozeného komponentu je pak daleko dražší a náročnější operací, než by tomu bylo u analogového systému. I přesto mají systémy na principu digitálního zpracování signálu velikou budoucnost a již dnes jsou naprostým standardem při ozvučování všech velkých hudebních událostí.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

GRACE, R. *Hudba a zvuk na počítači*. Praha, 1999, 292. ISBN 80-716-9519-X.

VLACHÝ, Václav. *Praxe zvukové techniky*. 2., aktualiz. vyd. Praha: Muzikus, c2000, ISBN 80-86253-05-8.

SVOBODA, ŠTEFAN. *Reproduktory a reproduktorové soustavy*. SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1976. ISBN 04-503-83

WEBOVÉ STRÁNKY

Elektrostatický mikrofon. *Encyklopedie fyziky* [online]. 2013 [cit. 2013-05-16]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/388-elektrostaticky-mikrofon>

Tipy, triky, nastavení - Variace na téma "parametrický ekvalizér". *Muzikus* [online]. 2010 [cit. 2013-05-16]. Dostupné z: <http://www.muzikus.cz/pro-muzikanty-serialy/Tipy-triky-nastaveni-Variace-na-tema-parametricky-ekvalizer~18~brezen~201>

Line array, závěsný systém [online]. [cit. 2013-05-14]. Dostupné z: <http://www.line-array.cz/>

Make.cd. *CO JE LINE ARRAY?* [online]. 2012 [cit. 2013-05-16]. Dostupné z: <http://make.cd/clanek/109-co-je-line-arrayo>

Ethersound. *Ethersound* [online]. 2012 [cit. 2013-05-15]. Dostupné z: <http://www.ethersound.com/technology/overview.php>

Jak nahrát živý koncert. *Audiozone* [online]. 2013 [cit. 2013-05-15]. Dostupné z: <http://www.audiozone.cz/recenze/jak-nahrat-zivy-koncert-1-dil-t19067.html?sid=d36ad4ecd6bfca8dfc17583b9e44a164>

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

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Tzv. takzvaně

Apod. A podobně

Popř. popřípadně

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr 1. Základní ozvučovací řetězec

Obr 2. Odposlechový reprobox s vestavěným zesilovačem

Obr. 3. Multipárový kabel

Obr. 4. Přehledový diagram: řízení odposlechu od zvukaře

Obr. 5. Aktivní splitter firmy Klark Teknik: přední strana

Obr. 6. Aktivní splitter firmy Klark Teknik: zadní strana

Obr. 7. Přehledový diagram – zapojení části přenosového řetězce se samostatným monitorovacím stanovištěm

Obr. 8. Mikrofon Shure SM57

Obr. 9. Kondenzátorový mikrofon AKG 451B

Obr. 10. Středobasový elektrodynamický reproduktor

Obr. 11. Vstupní část zvukové karty motu896 s přepínačem vstupní úrovně

Obr. 12 Výřez tří pásem samostatné jednotky parametrického ekvalizéru do 19“racku

Obr. 13. Solid state logic EQ 500 - klasický modul parametrického ekvalizéru

Obr. 14. Grafický ekvalizér s rozlišením 28 oktáv

Obr. 15. Digitální procesor - reverb Lexikon PCM91

Obr. 16. Závislost nárůstu výstupní úrovně na úrovni vstupní u funkce SOFT KNEE

Obr. 17. Tzv. Ypsilon kabel v provedení jack 6,3mm

Obr. 18. Výřez části mixážního pultu s fadery, group tlačítka

Obr. 19. Výstupní fadery mixážního pultu

Obr. 20. Klasický P.A. systém

Obr. 21. Středovýšková sekce systému line array

Obr. 22. Vzorkovaný spojitý signál s jednotlivými odebranými vzorky

Obr. 23. Vzorkovaný signál

Obr. 24. Kvantovaný analogový signál

Obr. 25. Výsledný digitalní signál

Obr. 26. Main audio rack Allen & Heath GLD-AR2412

Obr. 27. Konzole ME-1 určená pro osobní monitoring řízený hudebníkem

Obr. 28. Main audio rack spolu s kontrolerem

Obr. 29 Allen & Heath GLD-80 kontroler

SEZNAM PŘÍLOH

DATOVÉ CD-R

- Obrázky mixážních pultů
- Video ukázka řízení monitoringu hudebníkem „1_řízení monitoringu hudebníkem“
- Video demonstrace ovládání mixpultu pomocí iPadu „2_řízení mixážního pultu pomocí iPad“
- Video ukázka digitálního mixážního pultu „3_digitální mixážní pult Allen & Heath GDR 80“