

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

**KATEDRA TECHNOLOGIÍ A MĚŘENÍ**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**  
**Signálové propojení akustických komor**

**Vedoucí práce:**

**Ing. Jan Karel**

**2016**

**Autor:**

**Vojtěch Řehořík**

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
Fakulta elektrotechnická  
Akademický rok: 2015/2016

**ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**  
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Vojtěch ŘEHOŘÍK**  
Osobní číslo: **E12B0147P**  
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**  
Studijní obor: **Komerční elektrotechnika**  
Název tématu: **Signálové propojení akustických komor**  
Zadávající katedra: **Katedra technologií a měření**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Prostudujte možnosti signálového propojení akustických komor. Konkrétně bezodrazové a dozukové komory akustických laboratoří na KET.
2. Navrhněte způsob signálového propojení akustických komor.
3. Realizujte signálové propojení akustických komor a ověřte funkčnost.

Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího

Rozsah kvalifikační práce: 20 - 30 stran

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

**Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce.**

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Jan Karel**

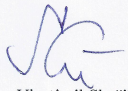
Regionální inovační centrum elektrotechniky

Datum zadání bakalářské práce: **15. října 2014**

Termín odevzdání bakalářské práce: **2. června 2016**

  
Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.  
děkan



  
Doc. Ing. Vlastimil Škočil, CSc.  
vedoucí katedry

V Plzni dne 15. října 2015

## **Anotace**

Předkládaná bakalářská práce pojednává o možnostech signálového propojení bezodrazové a dozvukové komory s akustickou laboratoří. Hlavním cílem této práce je navrhnout konstrukci a schéma propojení a následně jej realizovat. Takové propojení bude snadno ovladatelné a umožní nenáročnou změnu jeho konfigurace.

## **Klíčová slova**

Symetrické vedení, nesymetrické vedení, konektory, audio signál, audio kabel, signálové propojení

**Abstract**

The submitted thesis discusses the possibilities of a signal connection in a reverbation chamber and an anechoic room with an acoustic laboratory. The main aim of this thesis is to design a construction and a scheme of the connection and then bring it into effect. Such a connection will be easy to use and it will allow simple change its configuration.

**Key words:**

Ballanced line, unballanced line, connectors, audio signal, audio cable, signal connection

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské/diplomové práce, je legální.

.....  
podpis

V Plzni dne 28.5.2016

Vojtěch Řehořík

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Janu Karlovi za cenné rady, připomínky a vstřícné jednání během vedení práce

# Obsah

<b>Obsah</b> .....	<b>1</b>
<b>Seznam symbolů a zkratk</b> .....	<b>2</b>
<b>Úvod</b> .....	<b>3</b>
<b>1 Principy a možnosti vedení audiosignálu</b> .....	<b>4</b>
<b>1.1 Konektory</b> .....	<b>4</b>
1.1.1 XLR .....	4
1.1.2 Jack (TRS) .....	5
1.1.3 Kombo XLR-TRS.....	6
1.1.4 Tri-Start™ MIL-DTL AMPHEL D38999/26WH35AN(20FH35BN).....	6
1.1.5 Stage Box.....	8
<b>1.2 Ochrana proti nežádoucím vlivům</b> .....	<b>8</b>
1.2.1 Připojení stínění.....	9
1.2.2 Kroucený pár .....	10
1.2.3 Zemní smyčky.....	11
<b>1.3 Symetrické a nesymetrické vedení signálu</b> .....	<b>11</b>
1.3.1 Symetrické vedení signálu.....	12
1.3.2 Diferenciální zesilovač .....	13
1.3.3 Nesymetrické vedení signálu.....	13
1.3.4 DI box.....	14
1.3.5 Nesymetrické rozhraní na symetrické .....	15
1.3.6 Symetrické rozhraní na nesymetrické.....	15
<b>1.4 Fantomové napájení</b> .....	<b>16</b>
<b>1.5 Impedance</b> .....	<b>17</b>
<b>1.6 Bezodrazová a dozvuková komora</b> .....	<b>18</b>
<b>2 Propojení laboratoře s akustickými komorami</b> .....	<b>19</b>
<b>2.1 Bezodrazová komora</b> .....	<b>19</b>
2.1.1 Šasi.....	19
2.1.2 Propojení uvnitř stage boxu .....	22
<b>2.2 Dozvuková komora</b> .....	<b>23</b>
2.2.1 Šasi.....	23
2.2.2 Propojení uvnitř stage boxu .....	25
<b>2.3 Multipárový kabel Proel CMT24</b> .....	<b>26</b>
<b>Závěr</b> .....	<b>28</b>
<b>Seznam obrázků</b> .....	<b>29</b>
<b>Seznam literatury a informačních zdrojů</b> .....	<b>30</b>
<b>Přílohy</b> .....	<b>31</b>



## Seznam symbolů a zkratek

AWG.....	American wire gauge, označení vodičů dle jejich průřezu
C.....	Kapacita [F]
CMRR.....	Common Mode Rejection Ration, odstup signálu od rušení
dB.....	Decibel, měřítko podílu dvou hodnot
f.....	Frekvence [Hz]
Hz.....	Hertz, jednotka frekvence
IP67.....	Stupeň krytí: první číslo udává ochranu před vniknutím cizích částic, druhé stupeň krytí před vniknutím vody
L.....	Indukčnost [H]
RAL.....	Celosvětově uznávaný vzorník barev
RMS.....	Root Mean Square, efektivní hodnota
THD.....	Total harmonic distortion, zekreslení signálu
TRS.....	Jack nejvíce rozšířený konektor typu (TIP, RING, SLEEVE)
U.....	Rack Unit, racková jednotka, 1,75 inch (44.45 mm)
U.....	Elektrické napětí U [V]
XLR.....	Konektor používaný pro audiotechniku
X <sub>C</sub> .....	Kapacitní reaktance [ $\Omega$ ]
X <sub>L</sub> .....	Induktivní reaktance [ $\Omega$ ]
$\Omega$ .....	Ohm, jednotka elektrického odporu

## Úvod

Předkládaná práce je zaměřena na návrh a následnou realizaci signálového propojení akustické laboratoře s dozvukovou a bezodrazovou komorou. Cílem je navrhnout optimální způsob vzájemného propojení zařízení umístěných v komorách a laboratoři. Takové propojení umožňuje snadnou změnu jeho konfigurace a zároveň nedegraduje kvalitu signálů. Celý systém je navrhován tak, aby mohl být v budoucnu demontovatelný.

V první části je popsána teorie použitá pro návrh signálového propojení mezi jednotlivými zařízeními a možné způsoby jeho správného provedení. Druhá část je zaměřena na samotnou realizaci výsledného návrhu.

# 1 Principy a možnosti vedení audiosignálu

V této části je popsána základní teorie a možnosti vedení audio signálu, společně s okolními vlivy, které jej ovlivňují.

## 1.1 Konektory

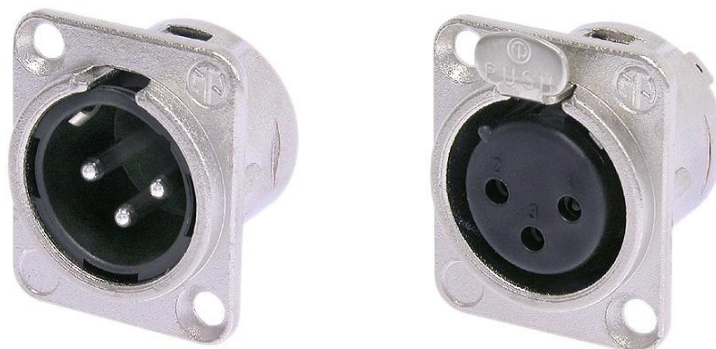
Konektory se používají k mechanickému a elektrickému propojení vodičů, které je opakovatelně rozebíratelné, převážně bez použití náradí. Skládají se z kontaktního systému, určujícího elektrické vlastnosti spojení a materiálu těla, jenž zajišťuje mechanickou pevnost a izolační vlastnosti. Existují konektory pro nesymetrické nebo symetrické vedení signálu, ale také konektory, jež je možné použít pro oba typy zapojení.

### 1.1.1 XLR

XLR konektor na obr. 1, jinými označením Cannon, má své uplatnění v profesionální praxi zvukové techniky. Používá se především pro symetrické vedení audio signálu. Má kruhový tvar a obsahuje 3 nebo více pinů. Zajišťuje pevnější spojení a vyšší mechanickou odolnost než konektor typu Jack..

U zásuvky i vidlice typu XLR jsou všechny tři kontakty očíslovány (čísla bývají vylisována v plastické hmotě, která uchycuje kontakty). 1, 2, 3 = X, L, R, přičemž X je zem, L je LIVE (živý, +, HOT) a R znamená RETURN (zpět, -, COLD). [1]

V dnešní době je tento konektor klíčovým prvkem při signálovém propojení mikrofonů a linkových úrovní. Lze jej také využít pro fantomové napájení kondenzátorových mikrofonů přímo z mixážního pultu (od 9 do 48 V), které je výhodnější a praktičtější než napájení z baterie. Ochranu před nechtěným vytržením zajišťuje u některých typů mechanická pojistka.



Obr. 1: XLR konektor (samec, samice) [2]

### 1.1.2 Jack (TRS)

Konektor TRS je všeobecně nejrozšířenější typ audio konektoru, jenž má široké využití ve spotřební elektronice díky své ceně a jednoduchosti provedení. Může být využit pro symetrické i nesymetrické vedení audio signálu. Provedení je stereofonní (3 kontakty) či monofonní (2 kontakty). Vyrábí se nejčastěji o velikostech průměru 2,5 mm, 3,5mm a 6,3 mm, jenž se používá v profesionální audiotechnice, znázorněn je na obr. 2.

Označení TRS vychází z počátečních písmen označení kontaktů: TIP – levý kanál v případě nesymetrického vedení u symetrického vedení HOT (+), RING – pravý kanál v případě nesymetrického vedení u symetrického vedení COLD (-), SLEEVE – zem. U monofonního konektoru jsou kontakty pouze dva – signál a zem. Pokud budeme chtít vést stereofonní signál symetricky, bude nezbytné použít stereofonní konektory dva, symetrické vedení levého a pravého kanálu.

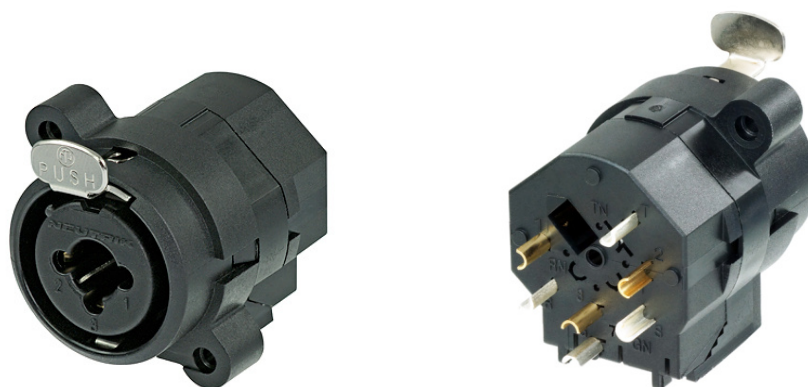


Obr. 2: Stereofonní, monofonní konektor typu Jack (samec) a Jack (samice) [3]

### 1.1.3 Kombo XLR-TRS

Speciálně navržený kombinovaný konektor na obr. 3 je vhodný pro symetrické vedení audiosignálu a používá se především kvůli úspoře místa. Lze do něj připojit konektor XLR nebo Jack. Ochranu proti nechtěnému vytržení zajišťuje pojistka, ale pouze při zapojeném XLR.

Pájecí kontakty na zadní straně jsou u kombinovaného konektoru vyvedeny odděleně. Zaleží, zda bude připojení přes Jack plnit stejný účel jako připojení přes XLR, pokud ano, kontakty se vzájemně propojí, Tip s pinem č. 2, Ring s pinem č. 3 a Sleeve s pinem č. 1. V případě, že bude Jack použitý pro jinou funkci než XLR, kontakty se budou pájet odděleně.



Obr. 3: Kombo XLR-TRS konektor [4]

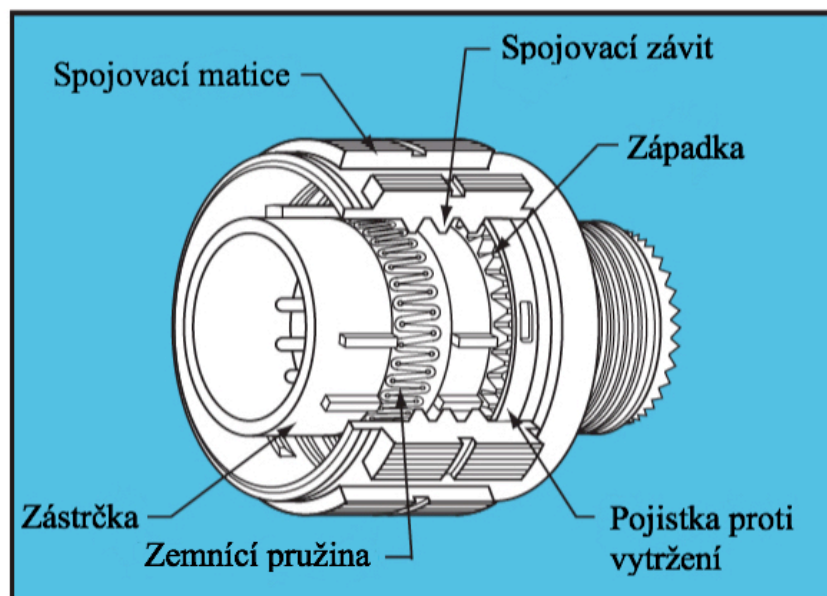
### 1.1.4 Tri-Start™ MIL-DTL AMPHEL D38999/26WH35AN(20FH35BN)

Na obr. 4 je kruhový konektor vyvinutý firmou Ampmelon, vhodný pro montáž do panelu. Je vyroben z odolné hliníkové slitiny, obsahuje až 100 pinů, jejichž rozmístění je popsáno v příloze 1. Dokáže pracovat v tepelném rozmezí - 65 °C až + 200 °C, je velice odolný proti vibracím a vlhkému prostředí, jeho stupeň krytí je IP67. Maximální možné operační napětí konektoru umístěného do slané vody je 900 V. Na obr. 5 je znázorněna zemní pružina, jež uzemňuje těla dvou konektorů během jejich spojování a rozpojování. Zároveň zvyšuje odolnost proti elektromagnetickému rušení. Ochrana proti elektrostatickému výboji je založena na principu Faradayovy klece, kdy je elektrický náboj soustředěn na povrchu konektoru, nikoliv uvnitř. Jako opatření proti nechtěnému vytržení je použit zámek

se závitem. Krimpovací piny zhotoveny ze slitiny mědi, vhodné pro průměr vodiče min. 28 AWG, max. 22 AWG, jsou pro lepší elektrické vlastnosti pokryty tenkou vrstvou zlata. Jednotlivé sloty, do kterých se zasouvají piny pomocí vkládací tyčinky, mají zámky, do kterých zapadají kruhové výřezy v pinech.



Obr. 4: AMPHEL D38999/26WH35AN (samec)/ D38999/20FH35BN (samice) [5]



Obr. 5 Řez konektorem AMPHEL D38999/26WH35AN [5]

### 1.1.5 Stage Box

Stage box je pevný obal, do kterého je umístěn určitý počet výše zmíněných konektorů (dle potřeby) a jeden vícepínový konektor, pomocí kterého jsou vedeny všechny signály přes multipárový kabel. Díky tomu je možné přenášet velký počet signálů na značnou vzdálenost za použití pouze jednoho kabelu. Na jeho konci se opět rozplete a osadí jednotlivými konektory, které mohou být umístěny do racku, nebo připojeny přímo do mixážního pultu.

Stage boxy jsou nejčastěji využívány na koncertech a při různých živých vystoupeních, kdy je třeba minimalizovat počet kabelů a měnit konfigurace mikrofonů a ostatních zařízení snadno a rychle. V neposlední řadě má díky svým výhodám uplatnění i v nahrávacích studiích. V prostorách fakulty bude využita jeho schopnost přenášet audio signály mezi akustickou komorou a laboratoří jedním kabelem.

## 1.2 Ochrana proti nežádoucím vlivům

Kabely používané pro vedení audio signálů jsou vystaveny elektromagnetickému rušení, díky kterému můžeme na výstupu zaregistrovat nekvalitní signál doprovázený signálem rušivým, proto je velmi důležité zvolit správný typ kabelu. Mikrofonní kabel musí být vždy stíněn, jelikož výstupní úroveň signálu mikrofonu je velmi malá (od  $10 \mu\text{V}$ ), a proto je náchylnější na elektromagnetická rušení. Takový kabel se skládá z jednoho, nebo dvou izolovaných středních vodičů. Jednožilový stíněný kabel je vhodný pro nesymetrické vedení signálu, pro symetrické vedení je nutné použít dvoužilový kabel. Ochranný gumový, či syntetický plášť elektricky izoluje, zajišťuje dobré mechanické vlastnosti a chrání vodiče před poškozením.

Dalším podstatným parametrem je kapacita kabelu, která se projevuje u vedení s vyšší impedancí. S narůstající délkou kabelu se zvětšuje také jeho kapacita (až stovky pF/m). Multipárový kabel Proel CMT24, jenž byl vybrán pro realizaci propojení, má velikost kapacity  $52\text{pF/m}$  při 1 kHz. Zároveň se zvyšuje hodnota útlumu při vyšších frekvencích. Výstupní impedance zařízení (např. mikrofon), by měla být nižší při použití delšího vedení.

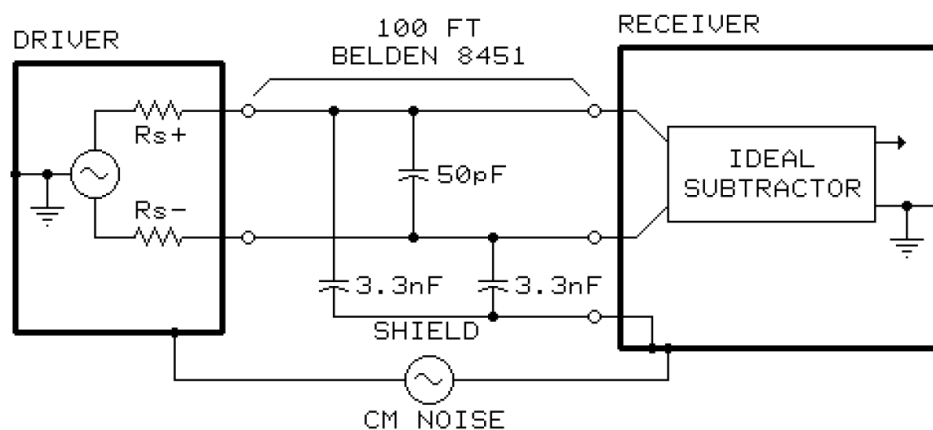
Odpor kabelu je vůči jeho impedanci zanedbatelný parametr a jeho hodnota se neuvádí. Pro minimalizaci rušivých signálů je vhodné dodržovat tyto základní zásady:

- co nejjednodušší a nejkratší dráha signálové cesty
- signálové a silové vedení se vede odděleně
- signálové kabely se vedou co nejdále od zdroje elektromagnetického rušení
- pro napájení audio zařízení se používá společná zásuvka, další spotřebiče (sporák, lednička, ...) připojujeme k jinému okruhu
- použití kvalitních konektorů a kroucených dvoužilových stíněných kabelů
- použití symetrického zapojení
- přechod mezi nesymetrickým a symetrickým vedením vždy přes transformátor
- nikdy nepřipojovat stínění pouze na straně přijímače

Největšího stupně ochrany docílíme dodržení všech výše zmíněných zásad. [6]

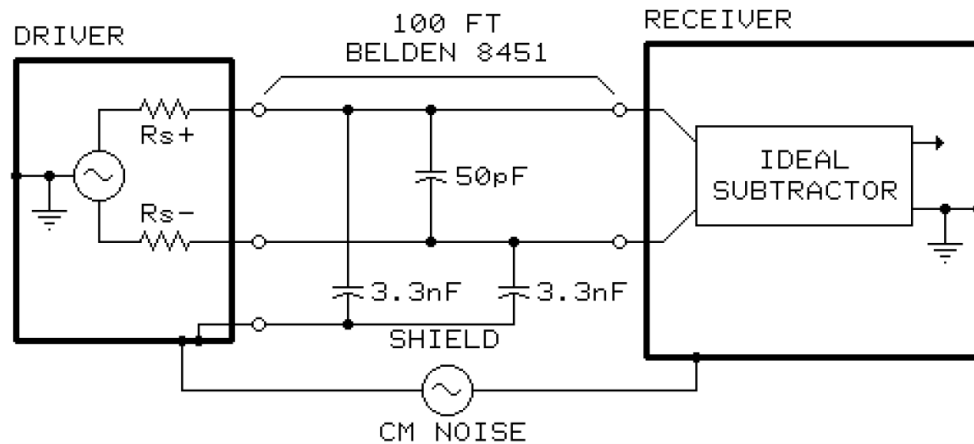
### 1.2.1 Připojení stínění

U symetrického vedení je hlavní zásadou nespojovat stínění se zemí pouze na straně vstupu, viz obr. 6. Odlišné kapacity na vedení způsobují narušení symetrie, jež má za důsledek, že stíněním začne protékat proud. Tento proud by měl být sveden zpět do výstupního zařízení. Pokud bude stínění uzemněno pouze ve vstupním zařízení, všechno, či část proudu se vrátí nedefinovanou cestou, která může vyvolat přeslechy, oscilaci a zkreslení. Proto by se stínění symetrických audio kabelů mělo vždy uzemňovat na výstupní straně, viz obr. 7, nehledě na to, zda je uzemněno i na straně vstupu.



Obr. 6 Připojení stínění na vstupní straně [6]





Obr. 7 Připojení stínění na výstupní straně [6]

### 1.2.2 Kroucený pár

Kroucený pár patří mezi symetrická vedení. Oba vodiče nesou užitečný signál, který je na nich vzájemně v protifázi. Signály, jež se nachází v obou vodičích ve stejné fázi, jsou vyvolány rušením. Koncové zařízení, např. diferenciální zesilovač na obr. 9, detekuje rozdíl mezi signály v protifázi, signály se stejnou fází se vzájemně vyruší. Pár je vytvořen pomocí pravidelně kroucených vodičů po celé jejich délce, díky tomu jsou v rovnocenné pozici. Při průchodu elektrického proudu vytváří kolem sebe vodič kruhové magnetické pole. Důvodem kroucení je vzájemná eliminace opačných magnetických polí vodičů a tím minimalizace přeslechů mezi ostatními páry. Dále dochází k omezení příjmu negativního elektromagnetického záření z okolí.

Stíněný kroucený kabel se používá ve snaze ještě více omezit elektromagnetické rušení. Stínění vytváří elektricky vodivou bariéru, která oslabuje okolní elektromagnetické vlny. Dále také funguje jako svod naindukovaných proudů, ale pouze při uzemnění na obou koncích vedení. V případě, že stínění neuzemníme správně, bude fungovat jako anténa a bude přijímat nežádoucí signály.

Kroucená dvojlinka se nejčastěji používá v telekomunikacích a počítačových sítích. Její výhody se ovšem také dají využít pro symetrické vedení audiosignálu, a proto je v profesionální audiotechnice nepostradatelná. [7]

### 1.2.3 Zemní smyčky

Při nevhodném propojení různých zařízení umístěných ve studiu může dojít k závažnému zhoršení jejich parametrů: odstup rušivých signálů (CMRR) a zkreslení (THD). Pokud se po propojení dvou a více přístrojů objeví nepříjemné rušení, zpravidla je způsoben zemními smyčkami.

Každý komponent zvukového systému vytváří svou vlastní interní zem, která je označovaná jako zem audiosignálu. Při propojování přístrojů prostřednictvím propojovacích kabelů může dojít ke vzájemnému spojení signálových zemí dvou zařízení. Zemní smyčky také mohou vznikat při vzájemném propojení zemí dvou přístrojů v jiném místě (např. při dotyku kovové šasi s upevňovacími lištami rackového stojanu, nebo spojení ve třetím vodiči linkového kabelu). V těchto případech se vytváří obvod, v němž může protékat proud ze země jednoho přístroje do druhého a nazpět. Proud zemní smyčky je nepříjemný v případě, kdy jím bude ovlivňován audiosignál.

Základní zásada, zabráňující vzniku zemních smyček, je připojení všech studiových zařízení, respektive jejich zemnicích cest na jednu zemnicí sběrnici (hvězdicový systém), která za normálních podmínek v bezporuchovém stavu nepřenáší žádný proud. Tato sběrnice musí být spojena se síťovou zemí, která je součástí elektrického rozvodu.

V neposlední řadě, je důležité respektovat, že existuje signálová zem (po které se přenáší signál) a také ochranná zem, spojená s kostrou (šasi) přístroje, sloužící jako svod rušivých signálů. Symetrické přístroje mají izolovanou signálovou zem od ochranné země. Nesymetrické přístroje mají signálovou a ochranou zem spojenou dohromady, nebo je použita plovoucí (floating) zem, u které je oddělená signálová zem od ochranného stínění. [8]

## 1.3 Symetrické a nesymetrické vedení signálu

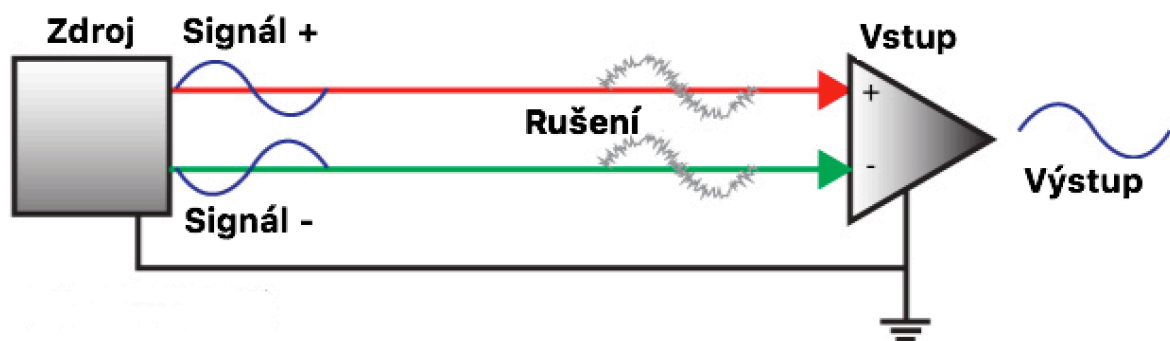
Základní rozdělení vedení audiosignálu je na symetrické, jež se používá především v profesionální zvukové technice a nesymetrické, se kterým se nejčastěji setkáváme ve spotřební elektronice.

### 1.3.1 Symetrické vedení signálu

Symetrické vedení signálu se nejvíce využívá k propojení audio zařízení, se záměrem odstranění okolních rušivých vlivů, jinými slovy CMMR. Při tomto typu propojení se využívá dvou kroucených středových vodičů, které jsou opletené ochranným stíněním, jež je ve vstupním zařízení propojeno se signálovou zemí a ve zdroji elektrického signálu s šasi, nebo signálovou zemí, ale nepřenáší žádný výstupní signál.

Základní podmínkou funkčnosti systému je, že vstupní i výstupní část musí být vybavena symetrickým rozhraním. Obr. 8 znázorňuje výstupní signál ze zařízení, jež se rozdělí do dvou vodičů, signály jsou vzájemně posunuty o  $180^\circ$ . Obě fáze, pozitivní (HOT), negativní (COLD), jsou pomocí středních vodičů přivedeny do vstupního zařízení (mixážní pult, předzesilovač), kde se nachází symetrický vstup (např. diferenciální zesilovač), který pootočí jednu fázi signálu o  $180^\circ$  ještě předtím, než se obě napětí sečtou dohromady. Jelikož jsou oba signály zkombinovány ve fázi, sčítají se, čímž se zdvojnásobí výsledná amplituda (o 6 dB větší než u nesymetrického vedení). Rušivé signály (interference) ovlivňují obě vnitřní žíly COLD a HOT stejným způsobem, neboť se nachází ve stejném fyzikálním prostoru. Po vstupu do symetrického vstupu dojde k otočení jedné fáze signálu o  $180^\circ$  a zachování pouze užitečného signálu, protože rušivé signály jsou před sečtením vzájemně v protifázi a mají stejnou úroveň, dohromady se tedy vyruší. [1]

Tolerance použitých součástek způsobuje, že vstup nikdy není symetricky dokonalý a nezávislý na frekvencích (menší účinnost odstranění interferencí při vyšších frekvencích), proto je důležité dodržování určitých zásad, např. co nejkratší signálová cesta, která není vedena v blízkosti síťových vedení, nebo zařízení obsahujících síťové transformátory.



Obr. 8: Symetrické vedení signálu [9]

### 1.3.2 Diferenciální zesilovač

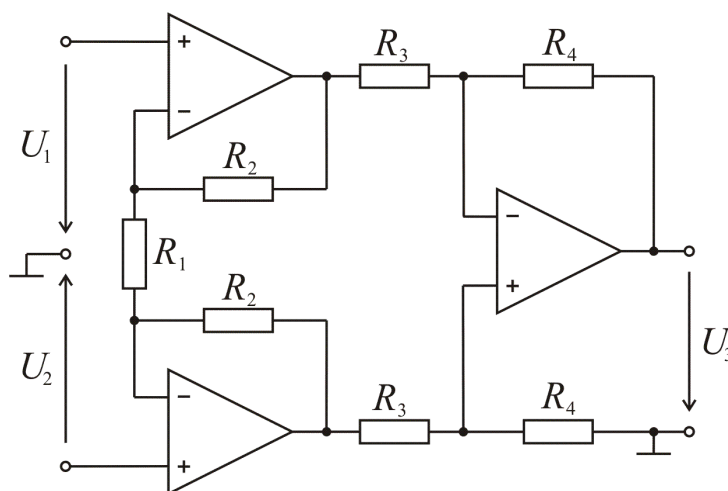
Jinými slovy rozdílový zesilovač, disponuje symetrickým vstupem s velkým odporem, který zajišťují dva napěťové sledovače, viz obr. 9. Skládá se z invertujícího a neinvertujícího vstupu, které jsou vztaženy k zemnímu potenciálu. Jeho úkolem je zesílit rozdílový signál (užitečný), jenž má na jednom vstupu opačnou fázi a signál soufázový na obou vstupech ve stejné fázi (vyvolaný rušením), co nejvíce potlačit.

Jeden z nejdůležitějších parametrů je činitel potlačení soufázového (rušivého) signálu, neboli CMRR (1), jehož charakteristická hodnota se pohybuje od 60 dB a výše.

$$CMRR = 20 \log \left( \frac{A_d}{A_{cm}} \right) [\text{dB}] \quad (1)$$

$A_d$  – úroveň rozdílového signálu

$A_{cm}$  – úroveň souhlasného signálu



Obr. 9: Dva napěťové sledovače a diferenciální zesilovač [10]

### 1.3.3 Nesymetrické vedení signálu

Při nesymetrickém vedení je využita pouze jedna vnitřní žíla a stínění. Ochranu proti rušivým vlivům tedy zajišťuje pouze kvalitní provedení stínění a vzniklé interference dále není možné odstranit. Oproti symetrickému vedení má nesymetrické pouze poloviční

amplitudu (o 6 dB nižší úroveň signálu). Všeobecně se nesymetrické vedení používá především ve spotřební elektronice, např. konektory typu Cinch a 3,5 mm Jack, bývá náchylnější na rušení. Pokud rušení není významné, lze dosáhnout lepšího odstupu užitečného signálu od šumu než u symetrického vedení.

#### 1.3.4 DI box

DI box, z anglického výrazu direct injection box, je zařízení sloužící k úpravě nízkofrekvenčního audiosignálu, vynalezené v 60. letech 20. století ve Spojených státech amerických. Typicky se používá v nahrávacích studiích, nebo při živých vystoupeních.

Hlavním důvodem používání DI boxů je jejich schopnost symetrizace signálu. Díky tomu se signál může vést na vysokou vzdálenost s poměrně malými signálovými ztrátami a výrazně se zvýší odolnost proti rušení, kterou zajišťuje symetrické vedení. V neposlední řadě DI box také galvanicky odděluje přechod z nesymetrického vedení na symetrické a tím signál zbaví nepříjemného brumu.

DI boxy se rozdělují na pasivní a aktivní. Pasivní se skládají z audio transformátoru, který konvertuje nesymetrický signál na symetrický. Jejich hlavní výhodou je, že nevyžadují baterie ani napájení, použití je proto snadné a vyznačují se mimořádnou spolehlivostí. Některé modely jsou schopny odpojit signálovou zem od přístrojové a díky tomu dokáží odstranit nepříjemné zemní smyčky.

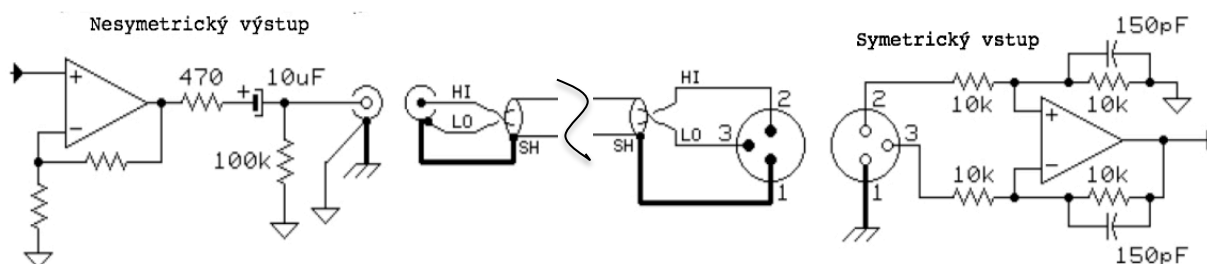
Aktivní DI boxy obsahují předzesilovač, díky němuž mohou vykazovat zisk, jsou více komplexní a všestrannější než pasivní. Ke svému chodu avšak potřebují zdroj energie, ten zajistí baterie, nebo napájení přímo ze sítě. Některé typy mohou fungovat na fantomové napájení, ale nejčastější kombinací je baterie s fantomovým napájením. Většina aktivních DI boxů je opatřena přepínači, jež zvyšují jejich univerzálnost. Do toho patří úprava výstupní úrovně signálu, možnost odpojení signálové země od přístrojové, selekce zdroje energie a výběr mezi mono, nebo stereo módem. [11]

### 1.3.5 Nesymetrické rozhraní na symetrické

V případě, že je nutný přechod z nesymetrického vedení na symetrické, vyskytne se hned několik problémů. Referenční hodnoty signálů jsou totiž rozdílné, u nesymetrického vedení 316 mV RMS, zatímco u symetrického 1,228 V. Tento rozdíl ale není těžké dorovnat, protože většina profesionální audio techniky má vstupy vybaveny úpravou gainu (zisku).

Signálové úrovně jsou nyní vyrovnané a přichází na řadu potlačení šumu. Široce používaný, jednoduchý a zároveň špatný způsob je připojení pomocí jednožilového stíněného vodiče z nesymetrického do symetrického rozhraní. Tento druh zapojení vede k nulovému potlačení šumu, které může symetrický vstup při správném propojení zajistit.

Použitím kroucené stíněné dvoulinky, jež je zobrazeno na obr. 10, lze zužitkovat výhodu symetrického vstupu, potlačení šumu. Stínění nyní funguje jako svod rušivých interferencí a tím chrání oba střední vodiče, jež jsou přivedeny na vstup. Pokud je jako vstup použit typický aktivní diferenciální zesilovač, potlačení šumu se zvýší o 30 dB. V případě, že je vstup vybaven DI-boxem, potlačení šumu může dosáhnout až 80 dB. Klasický direct box může zajistit útlum brumu při 60 Hz až 20 dB, ale na šum při 3 kHz nemá téměř žádný vliv. Kvalitní DI-box zvýší útlum brumu při 60 Hz téměř na 100 dB a šumu při 3 kHz až k hodnotě 65 dB.



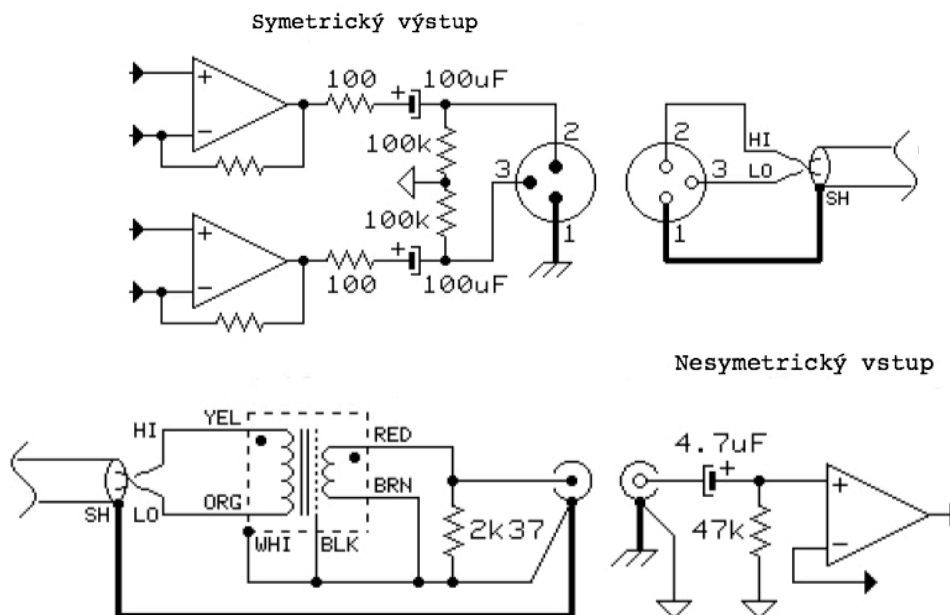
Obr. 10: Nesymetrické vedení na symetrické [6]

### 1.3.6 Symetrické rozhraní na nesymetrické

Rozdíly provozních úrovní signálů jsou zde opět nezanedbatelný problém. Na nesymetrické vstupy je nutné přivést signál 316 mV RMS, jen zřídka obsahují pasivní útlumový článek, a tak se dají snadno symetrickým výstupem přetížit. Nejsnadnější řešení by

bylo snížení výstupní úrovně ze symetrického rozhraní o 12 dB, ale tato úroveň signálu by byla nepoužitelná a ochrana před rušením by se degradovala.

Nejlepší řešení, zobrazené na obr. 11, je galvanické oddělení těchto rozhraní pomocí transformátoru. Snížení brumu při 60 Hz se pohybuje okolo 50 dB a šumu při 3 kHz maximálně na 20 dB. Použití kvalitního direct boxu zvýší odolnost před brumem při 60 Hz až na 105 dB a šumem při 3 kHz téměř na 75 dB.

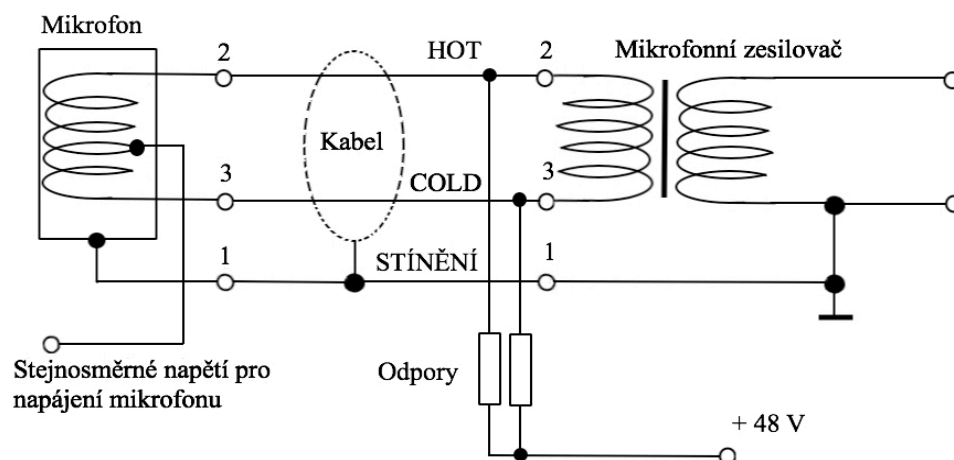


Obr. 11: Symetrické vedení na nesymetrické [6]

#### 1.4 Fantomové napájení

Při používání kondenzátorových mikrofonů je nutné pro jejich chod napájení z velmi měkkého zdroje, které udržuje náboj na deskách kondenzátoru. Napájení může zajistit baterie, ale mnohem výhodnější způsob je použití fantomového napájení, přímo z mixážního pultu, schéma zapojení je na obr. 12. Tato metoda lze použít pouze u mikrofonů se symetrickým zapojením. Stejnosměrné napětí (9V až 48V), jež je vztaženo k zemnicímu kontaktu (např. XLR pin 1), se vede dvěma středními signálovými vodiči z mixážního pultu až do samotného mikrofonu. Připojení dynamického mikrofonu na fantomové napájení by tento typ mikrofonu zničit nemělo, ale pouze v případě, že je zapojen symetricky a kmitací cívkou

neprotéká žádný proud. Pokud bude dynamický mikrofon zapojen nesymetricky a připojíme ho na fantomové napájení, bude kmitací cívkou protékat proud a hrozí jeho poškození, nebo nevratné zničení. [15]



Obr. 12: Fantomové napájení [1]

## 1.5 Impedance

Zařízení, které slouží k vytváření, nebo přijímání audio signálů, mají vždy určitou hodnotu výstupní a vstupní impedance, která se skládá z reálné a imaginární složky. Tato hodnota se měří na svorkách přístroje (impedance vnitřních obvodů) a je uvedena jako absolutní hodnota těchto složek. V ideálním případě má pouze ohmický tvar.

Dle imaginární složky může mít impedance kapacitní, nebo induktivní charakter. Pokud má impedance pouze reálnou složku, je ohmického tvaru a není frekvenčně závislá. V opačném případě je frekvenčně závislá se změnou velikosti reaktanční složky o 6 dB/oktáva.

Pokud imaginární složka nabývá záporných hodnot jedná se o impedanci kapacitního charakteru (2). Při zvyšování frekvence velikost impedance klesá.

$$X_C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} \quad (2)$$

Za případu, že je hodnota imaginární složky kladná, impedance je induktivního charakteru (3). Při zvýšení frekvence se zvýší také velikost impedance.



$$X_L = 2\pi \cdot f \cdot L \quad (3)$$

Rozdělení impedancí mikrofonů podle velikostí:

- Nízká impedance (méně než 600  $\Omega$ )
- Střední impedance (600  $\Omega$  - 10 000  $\Omega$ )
- Vysoká impedance (více než 10 000  $\Omega$ )

Mikrofony s vysokou impedancí jsou levnější, ale hodí se pouze pro krátké signálové cesty (5 m – 10 m), poté dochází k degradaci výsledného signálu. Proto jsou pro delší vzdálenosti preferovány mikrofony s nízkou impedancí.

## 1.6 Bezodrazová a dozvuková komora

Bezodrazová komora je místnost, která je akusticky upravena. Tato úprava je realizována osazením zdí, stropu a podlahy speciálními klínky z akusticky absorpčního materiálu. Tvar klínku je stabilizován průzvučným potahem, který také zabraňuje vypadávání minerálních vláken z porézního materiálu.

Komora umožňuje vytvořit volné akustické pole, tzn. akustické pole, ve kterém nedochází k odrazům, proto se zde mohou provádět měření s vysokou přesností (nedochází k jejich ovlivnění odraženým akustickým signálem). Díky tomu je zde možné měření hlukových parametrů různých zařízení (např. tichá výpočetní technika). Kromě toho se zde mohou dělat akustické testy reproduktorů a v neposlední řadě nahrávání zpěvu, či hudebních nástrojů. [12]

Dozvuková komora má na rozdíl od bezodrazové, vysokou odrazivost stěn a vyznačuje se přirozeným reverbem neboli ozvěnou. Tohoto jevu je docíleno uspořádáním odrazových ploch rozmístěných v celé místnosti tak, že dochází k odrazu většiny akustické energie zpět. Dozvuková komora umožňuje měření zvukové pohltivosti materiálů, měření akustického výkonu zdroje, nebo také kalibraci mikrofonů pro různá prostředí.

## 2 Propojení laboratoře s akustickými komorami

Základním požadavkem je propojení audio signálů z bezodrazové a dozvukové komory do akustické laboratoře. Spojení laboratoře s každou komorou je realizováno dvěma otvory o průměru cca 75 mm, díky tomu je možné oddělit síťové kabely od signálových a zamezit tak jejich vzájemnému negativnímu ovlivňování.

Původním záměrem bylo použití 32 párového kabelu, který by zajistil téměř 100% využití 100 pinového konektoru firmy Amphelon. Metr takového kabelu stojí téměř 1000 Kč a na univerzitě byla k dispozici dostatečná metráž 24 párového od firmy Proel, s označením CMT24, proto se přistoupilo k práci s ním, ačkoliv se počet konektorů ve stage boxech musel zredukovat.

Audiosignály jsou vedeny multipárovým kabelem, jenž je pro symetrické vedení nejvhodnější. Ten je složen z jednotlivých kabelů, každý z nich obsahuje dva izolované kroucené střední vodiče opletené ochranným stíněním se společnou izolací, jinými slovy páry. Tyto páry jsou opět kryty dalším stíněním a společnou izolací.

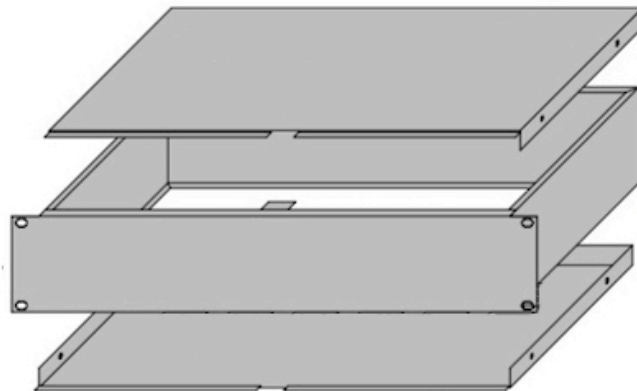
### 2.1 Bezodrazová komora

Do bezodrazové komory byl navrhnout stage box zobrazený v příloze 7, který je umístěn na ocelovou síť, jež pokrývá celou plochu komory a slouží zde jako „podlaha“. Síť a stage boxu musí být od sebe elektricky izolovány. Síť na sebe díky své velikosti a materiálu chytá rušivé signály z okolí, které by v případě vodivého spojení mohly negativně ovlivňovat audio signály vedené přes stage box. Výstupní úroveň signálu z mikrofonu začíná již od  $10 \mu V$ , tato nízká hodnota je velice náchylná i na malé rušení.

#### 2.1.1 Šasi

Šasi se nechala vyrobit firmou Revatech. Jako základ byla zvolena 19" skříň typ I (pod katalogovým označením RE 4003). Rozměry skříně jsou 3U × 19" (výška × šířka) a hloubka 200 mm, bez bočních úchyťů je šířka pouze 440 mm. Rám a čelní strana jsou

vyrobeny z ocelového plechu o tloušťce 1,5 mm. Vrchní a spodní krycí plech má tloušťku 1 mm a je také z ocelového plechu. Na celý povrch z vnější i vnitřní strany je nanesena prášková barva, černá strukturovaná, pod označením RAL 9005. Základní model skříně je na obr. 13.

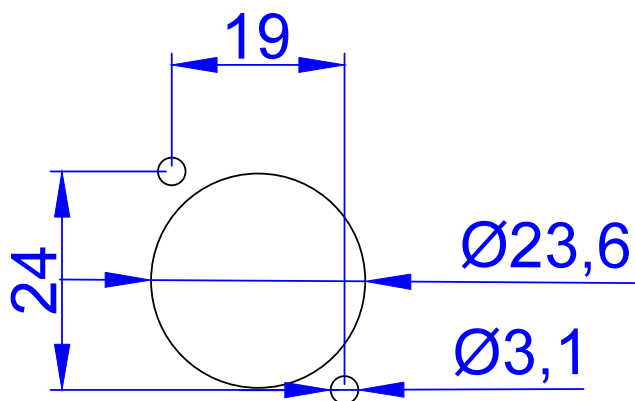


Obr. 13: 19" skříň typ I [13]

Vrchní plech je osazen konektory:

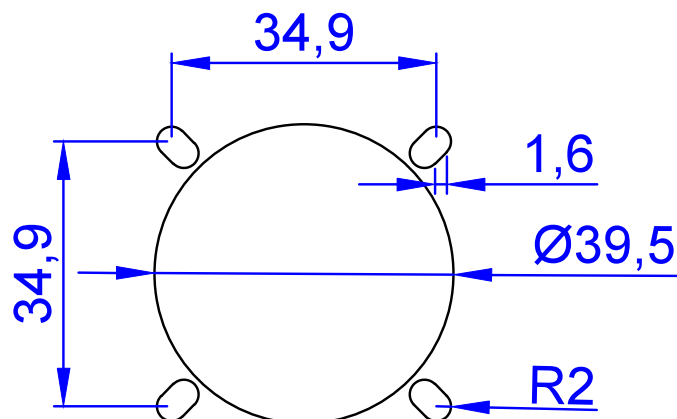
- 4 × XLR (obr. 1, XLR samice)
- 8 × XLR (obr. 1, XLR samec)
- 8 × TRS (obr. 2, TRS samice)
- 4 × Kombo XLR/TRS (obr. 3)

Všech 24 použitých konektorů od firmy Neutrik, určených pro montáž do panelu, se vyrábí v normalizovaném tvaru D. Společnost Revatech disponuje laserovým zařízením, které umožňuje vypalování otvorů na míru do jejich výrobků, dle zákaznickova přání. Po pečlivé konzultaci, s ohledem na konstrukční ohyby a přesahy uvnitř skříně, se do vrchního plechu nechalo vypálit všech 24 výřezů, které jsou nutné pro montáž konektorů typu D. Na obr. 14 je výkres výřezu pro jeden konektor typu D. Kompletní výkres šasi je v příloze 6.



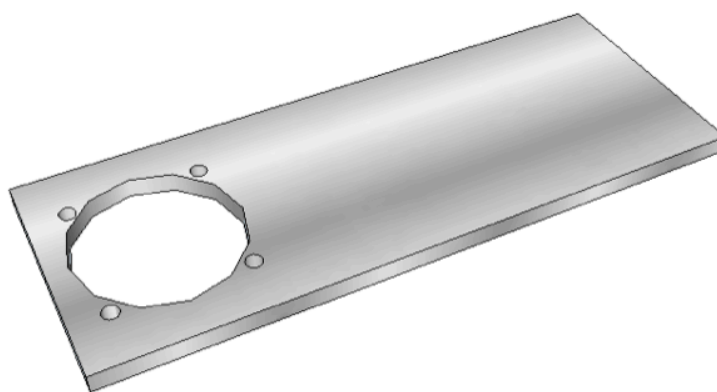
Obr. 14: Konektoru typu D, výřez do panelu (přední strana)

V dolní polovině čelního plechu je situován konektor Amphel D38999/20FH35BN (samice), pomocí kterého jsou vedeny audiosignály ze všech konektorů umístěných v horním plechu do multipárového kabelu. Otvor pro montáž konektoru Amphel D38999/20FH35BN je znázorněn na obr. 15 a byl také vypálen pomocí laseru.



Obr. 15: Konektoru Amphel (samice), výřez do panelu

Tento výřez také slouží jako základna pro výztuhu vrchního plechu stage boxu, u kterého docházelo k nadměrnému prohýbání, kvůli němuž by mohlo dojít k jeho trvalému poškození. Tento konstrukční doplněk je zhotoven z 5 mm silné hliníkové destičky, do které jsou vyvrtány totožné otvory jako pro uchycení Amphelu. Výztuha na obr. 16 je společně s konektorem upevněna 4 šrouby k zadní straně čelního plechu, podél kterého vede až k vrchnímu plechu, kterému tak vytváří podpěru.



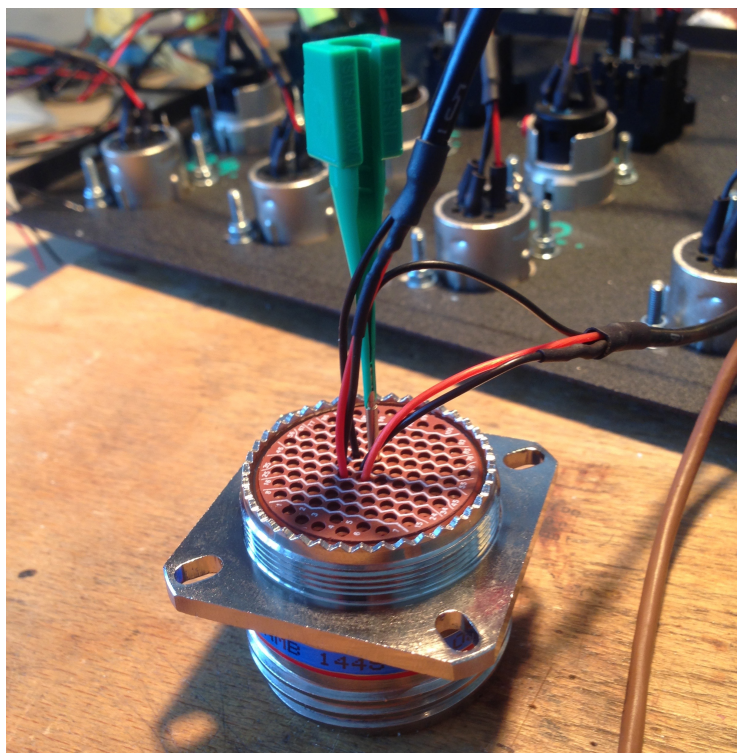
Obr. 16: Model podpěry vrchního plechu (bezodrazová komora)

Původním návrhem bylo vyztužení vrchního plechu pomocí spojovacího úhelníku. Toto konstrukční řešení by ale vyžadovalo vyvrtání nových otvorů do nalakované šasi. Ve snaze, co nejméně zasahovat do kompaktnosti konstrukce a zachování její estetiky, se přistoupilo k výše zmíněnému řešení.

### 2.1.2 Propojení uvnitř stage boxu

Signálové propojení jednotlivých konektorů, kterými je osazen vrchní plech, zajišťují stíněné dvoulinky, jež se získaly odříznutím a následným rozpletením částí multipárového kabelu Proel CMT24. Stínění, které chrání proti zkratu smršťovací bužírka, je společně s jednotlivými vodiči naletováno na pájecí piny vyvedené na zadních stranách konektorů. Všechny kontaktní části jsou elektricky izolované smršťovací bužírkou. Propojení pinů je následné: pin 1 (Ground) ke stínění, pin 2 (Tip) na červený vodič a pin 3 (Ring) na černý vodič. Pájecí piny jsou zasazené v plastu, a proto při dlouhém zahřívání během letování hrozí jejich uvolnění. Páry jsou číselně označeny na jejich izolaci podle konektoru, na který jsou naletovány (1–24).

Všech 24 stíněných dvoulinek je přivedeno do konektoru Amphenol D38999/20FH35BN. Na obr. 17 je spojení, které není realizováno letováním, nýbrž pomocí krimpovacích pinů Deutsch M39029/56-348, jež jsou pomocí vkládací tyčinky zasunuty 8,5 mm do těla konektoru. Rozmístění vodičů v konektoru bylo optimalizováno tak, aby co nejvíce kopírovalo polohy vodičů v multipárovém kabelu a montáž byla co nejsnazší. Schéma zapojení všech konektorů do jednotlivých pinů konektoru Amphenol D38999/20FH35BN je znázorněno v příloze 3. Krimpování je způsob trvalého spojení vodiče s pinem. Odizolovaný vodič je zasunut cca 3,6 mm hluboko do dutinky pinu, která je poté pomocí krimpovacích kleští Deutsch AMS22/1 rovnoměrně nevratně zalisovaná. Z důvodu prevence proti nechtěnému vytržení vodičů z pinů, byly všechny jejich konce před zalisováním pocínovány. Tento postup se aplikoval na obě vnitřní žíly každé dvoulinky. Protože stínění, chráněné smršťovací bužírkou, nešlo díky její vysoké adhezi efektivně zasunout do těla konektoru, musely se na jednotlivá stínění připájet samostatné vodiče opatřené piny. Použité piny jsou určeny pro průřez vodiče v rozmezí min. 28 AWG a max. 22 AWG, průřez vnitřních žil je 26 AWG. Pro zamezení vzájemného zkratu obnažených stíněních, jsou elektricky izolované pomocí smršťovací bužírky.



Obr. 17: Vkládání pinů pomocí tyčinky do konektoru Amphel (samice)

## 2.2 Dozvuková komora

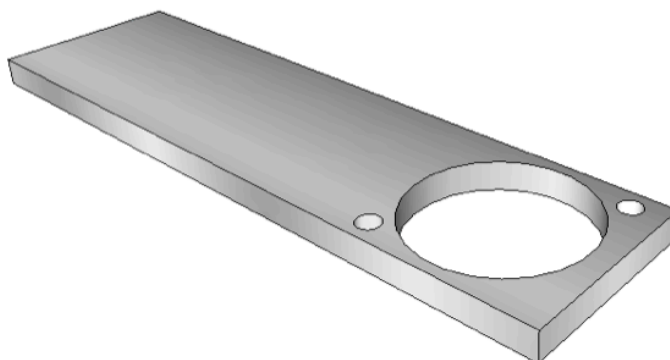
Do dozvukové komory byl navrhnout stage box zobrazený v příloze 7, který je pro jeho snadné využití a úspoře prostoru umístěn vpravo od vstupních dveří ve výšce 1,5 m nad zemí.

### 2.2.1 Šasi

Firma Revatech zhotovila šasi. Jako základ byla zvolena 19" skříň typ I (viz obr. 13), pod katalogovým označením RE 4004. Rozměry skříně jsou 4U × 19" (výška × šířka) a hloubka 200 mm, bez bočních úchyťů je šířka pouze 440 mm. Rám a čelní strana jsou zhotoveny z ocelového plechu o tloušťce 1,5 mm. Vrchní a spodní krycí plech má tloušťku 1 mm a je také z ocelového plechu. Na celý povrch z vnější i vnitřní strany je nanesena prášková barva, černá strukturovaná, pod označením RAL 9005. Do spodního plechu byly napevno připevněny dvě hliníkové konzole, díky kterým se stage box může přišroubovat na zeď. Z důvodu minimalizace vibrací se mezi šasi a konzole umístily podložky z pryže. Kompletní výkres šasi se nachází v příloze 5.

Vrchní plech je osazen konektory typu XLR (16 x samice), s číselným označením 1-16, do kterých budou zapojeny pevně instalované mikrofony, rozmístěné v dozvukové komoře. Předpoklad je, že toto zapojení se po jeho optimalizaci nebude příliš měnit. Z toho důvodu se konektory nacházejí ve vrchním plechu, jelikož mikrofonní kabely vedou od stropu, podél zdi a směrem dolů.

Čelní plech je v jeho středu osazen konektory 4 x XLR (samice) a 4 x TRS 6,3 mm (samice), pod číselným označením 17-24. Ty budou sloužit pro individuální potřeby, jejich umístění umožňuje snadný přístup a rychlou změnu zapojení. Všechny použité konektory firmy Neutrik, jež se nachází ve vrchním a čelním plechu, jsou v normalizovaném tvaru D (viz 14). Výřez pro konektor č. 21 také slouží jako základna, pro výztuhu vrchního plechu, u kterého, stejně jako u stage boxu v bezodrazové komoře, docházelo k příliš velkému prohýbání a hrozilo jeho poškození. Výztuha na obr. 18 je zhotovena z 5 mm silné hliníkové destičky. Kopíruje D tvar a je společně s konektorem spojena dvěma šrouby se zadní stranou čelního plechu, podél kterého vede až k vrchnímu plechu a vytváří mu podpěru.

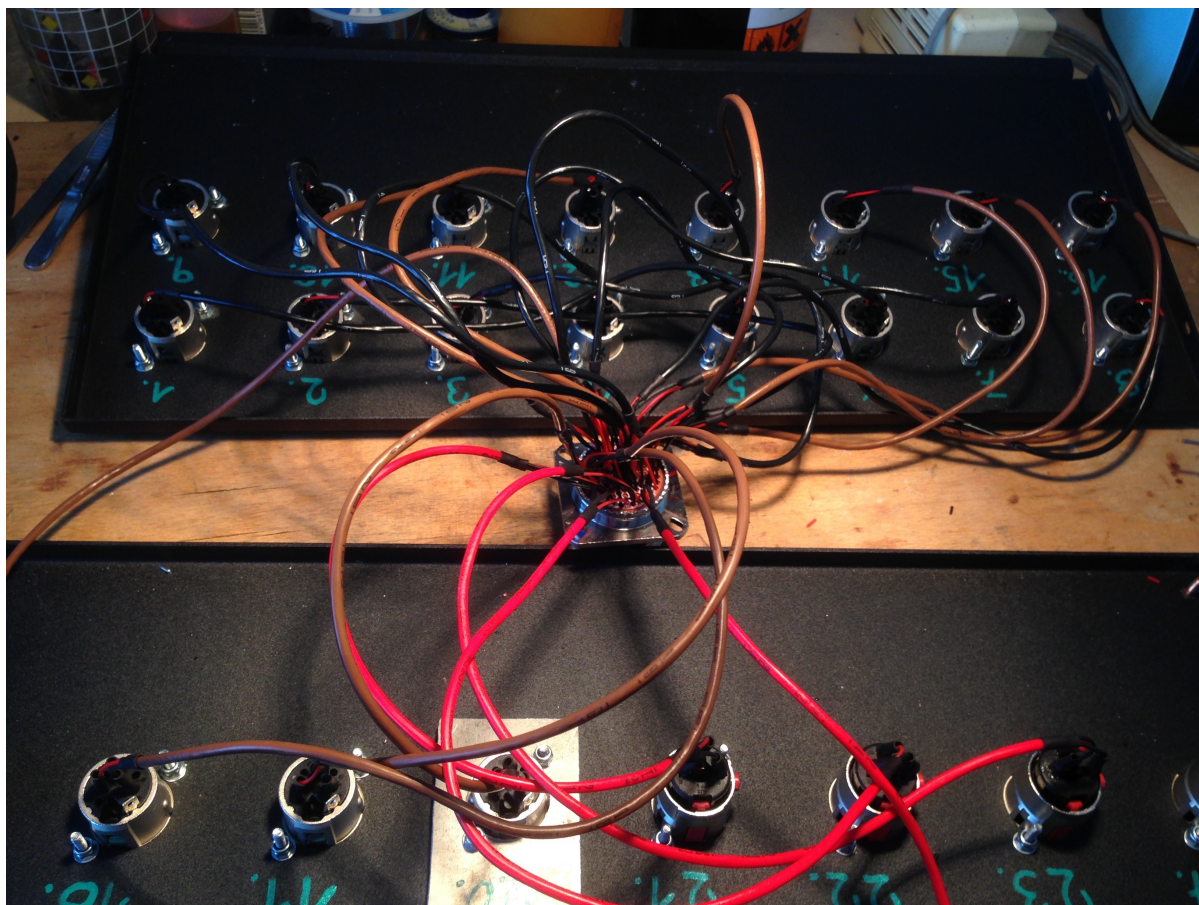


*Obr. 18: Model podpěry vrchního plechu (dozvuková komora)*

Uprostřed spodního plechu je situován konektor Amphenol D38999/20FH35BN (viz obr. 15), pomocí kterého jsou vedeny všechny audiosignály do multipárového kabelu. Díky jeho pozici se multipárový kabel vede od spodní části stage boxu, podél zdi do otvoru, který spojuje dozvukovou komoru s laboratoří.

## 2.2.2 Propojení uvnitř stage boxu

Signálové propojení jednotlivých konektorů zajišťují opět stíněné dvoulinky, jež byly získány odříznutím a následným rozpletením části multipárového kabelu Proel CMT24. Zapojení konektorů je totožné jako u stage boxu v bezodrazové komoře, pin 1 (Ground) ke stínění, pin 2 (Tip) na červený vodič a pin 3 (Ring) na černý vodič. Jediný rozdíl je v délce použitých kabelů, jež je zapříčiněna odlišnými rozměry šasi a tím, že jsou konektory osazeny tří plechy místo dvou (viz obr. 19). Na každé stínění musel být pro hladkou montáž naletován vodič, tento spoj je izolován smršťovací bužírkou. Jednotlivé dvoulinky jsou společně se stíněním odizolovány o cca 3,6 mm, pocínovány a následně osazeny krimpovacími piny Deutsch M39029/56-348. Na obr. 17 je znázorněno zasouvání pinů pomocí vkládací tyčinky 8,5 mm do těla konektoru Amphel D38999/20FH35BN. Schéma zapojení všech konektorů do jednotlivých pinů konektoru Amphel je znázorněno v příloze 4. Všechny obnažené kontaktní části jsou preventivně elektricky izolované pomocí smršťovací bužírky.



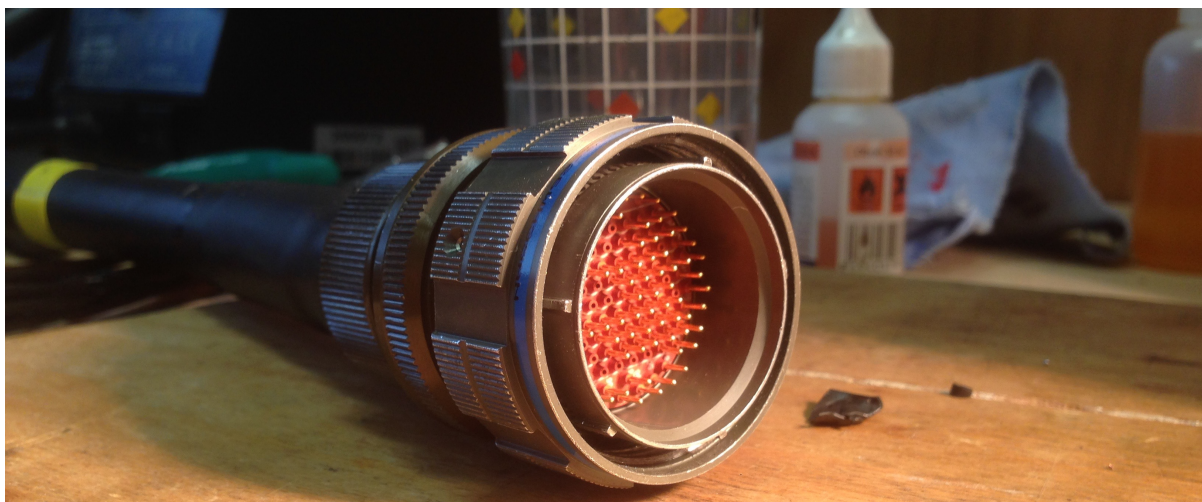
Obr. 19: Propojování stage boxu do dozvukové komory (vrchní a čelní plech)



### 2.3 Multipárový kabel Proel CMT24

Dva multipárové kabely Proel CMT24, jež vedou audiosignály z dozvukové a bezdrazové komory do akustické laboratoře jsou na svých koncích opatřeny konektory AMPHEL D38999/26WH35AN (viz obr. 20), které zajišťují spojení se stage boxy.

Z kabelu bylo odstraněno 70 mm hlavní izolace a bavlněné pásky. Stínění se rozpletlo a ohrnulo směrem zpátky od konce kabelu, aby ho bylo možné po montáži konektoru znovu použít. Jednotlivé páry byly odizolovány o cca 50 mm, Měděná část stínění byla odstraněna, zůstala pouze jeho pocínovaná část. Kvůli vysoké adhezi smršťovací bužírky izolující stínění jej nelze efektivně zasunout do těla konektoru, a proto se na něj musely naletovat vodiče. Tyto pájené spoje a zbytky z měděného stínění jsou také izolovány smršťovací bužírkou. Všech 72 vodičů bylo odizolováno o 3,6 mm a následně pocínováno, aby nedocházelo k jejich uvolnění z pinů Deutsch M39029/58-360, jež jsou na ně nakrimpovány. Vodiče připraveny tímto způsobem byly pomocí vkládací tyčinky zasunuty 8,5 mm do těla konektoru (viz obr. 21). Tabulka popisující zapojení jednotlivých vodičů párového kabelu do konektoru AMPHEL D38999/26WH35AN je v příloze 2. Odizolovaná část multipárového kabelu je omotána dvěma vrstvami vulkanizační pásky, přes kterou je natažené stínění (viz obr. 22). To je izolováno smršťovací bužírkou, jež také funguje jako mechanická podpora kabelu. Přes tuto izolaci je natažena druhá vrstva smršťovací bužírky, jež je uchycena do kabelové průchodky. Kabelová průchodka je součástí konektoru a zvyšuje tak kompaktnost a mechanickou odolnost kabelu. Tento postup se aplikoval na oba kabely. Kabely zapojené do stage boxů byly proměřeny multimetrem. Změřili se signálové cesty a možné zkratky mezi nimi. Obě měření dopadla pozitivně, nebyla nalezena žádná chyba.



Obr. 20: Multipárový kabel CMT24 osazen konektorem AMPHEL D38999/26WH35AN



*Obr. 21: Vkládání pinů do těla konektoru*



*Obr. 22: Vodiče chráněné vulkanizační páskou*

## Závěr

V první části textu byly popsány základní konstrukční prvky použité pro realizaci signálového propojení akustických komor: konektory, šasi a kabely. Dále jsou uvedeny teorie symetrického a nesymetrického vedení signálu a možné způsoby přechodu mezi těmito rozhraními. Naznačeny jsou principy a pravidla správného propojování audio zařízení a vedení audiosignálu s ohledem na okolní vlivy, jež ho mohou negativně ovlivňovat.

V druhé části je objasněna realizace návrhu audio propojení. Stage box použitý v bezodrazové komoře má 16 symetrických vstupů a 8 symetrických výstupů. To umožňuje připojení výstupních zařízení (např. mikrofon) a zároveň vstupních zařízení (např. reproduktor). Stage box není v komoře pevně instalován, jeho pozice je variabilní dle aktuálních požadavků. Stage box umístěný na zed' v dozvukové komoře disponuje 24 symetrickými vstupy. Díky své konstrukci a pozici umožňuje snadné připojení 16 pevně instalovaných mikrofonů a dalších 8 vstupních zařízení, na základě individuálních potřeb.

Dva multipárové kabely, které spojují stage boxy z akustických komor s laboratoří, jsou osazeny multipinovými konektory se stejnými schémata zapojení. V budoucnu je díky tomu v případě nutnosti možnost kabely, nebo stage boxy mezi sebou vyměnit.

Systémy do obou komor jsou navrženy tak, aby je bylo možné libovolně přenášet. Na základě jejich konstrukčnímu provedení je výhledově možná jejich úprava. Celkové náklady na projekt jsou popsány v příloze 8.

## Seznam obrázků

Obr. 1: XLR konektor (samec, samice) [2]

Obr. 2: Stereofonní, monofonní konektor typu Jack (samec) a Jack (samice) [3]

Obr. 3: Kombo XLR-TRS konektor [4]

Obr. 4: AMPHEL D38999/26WH35AN (samec)/ D38999/20FH35BN (samice) [5]

Obr. 5 Řez konektorem AMPHEL D38999/26WH35AN

Obr. 6 Připojení stínění na vstupní straně [6]

Obr. 7 Připojení stínění na výstupní straně [6]

Obr. 8: Symetrické vedení signálu [9]

Obr. 9: Dva napěťové sledovače a diferenciální zesilovač [10]

Obr. 10: Nesymetrické vedení na symetrické [6]

Obr. 11: Symetrické vedení na nesymetrické [6]

Obr. 12: Fantomové napájení [1]

Obr. 13: 19" skříň typ I [13]

Obr. 14: Konektoru typu D, výřez do panelu (přední strana)

Obr. 15: Konektoru Amphel (samice), výřez do panelu

Obr. 16: Model podpěry vrchního plechu (bezodrazová komora)

Obr. 17: Vkládání pinů pomocí tyčinky do konektoru Amphel (samice)

Obr. 18: Model podpěry vrchního plechu (dozvuková komora)

Obr. 19: Propojování stage boxu do dozvukové komory (vrchní a čelní plech)

Obr. 20: Multipárový kabel CMT24 osazen konektorem AMPHEL D38999/26WH35AN

Obr. 21: Vkládání pinů do těla konektoru

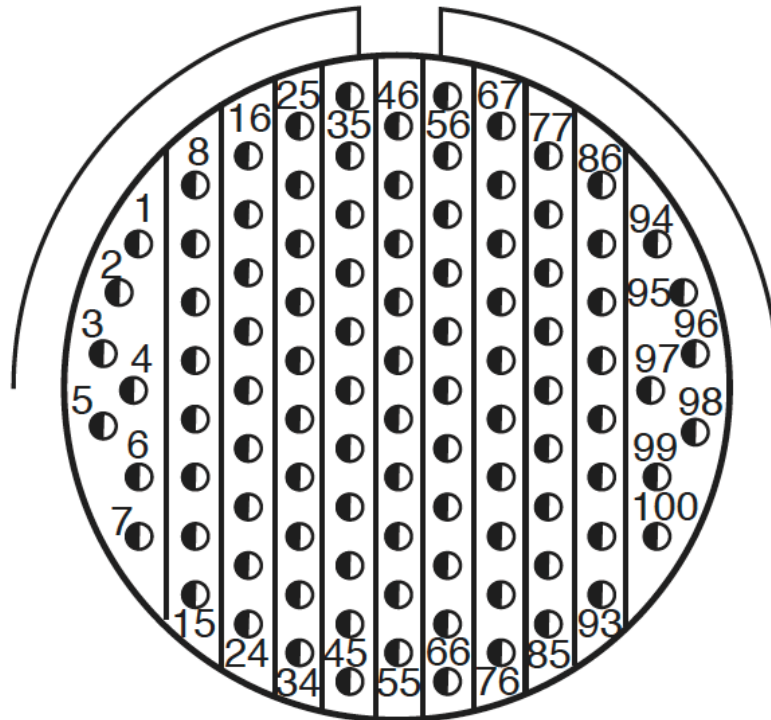
Obr. 22: Vodiče chráněné vulkanizační páskou

## Seznam literatury a informačních zdrojů

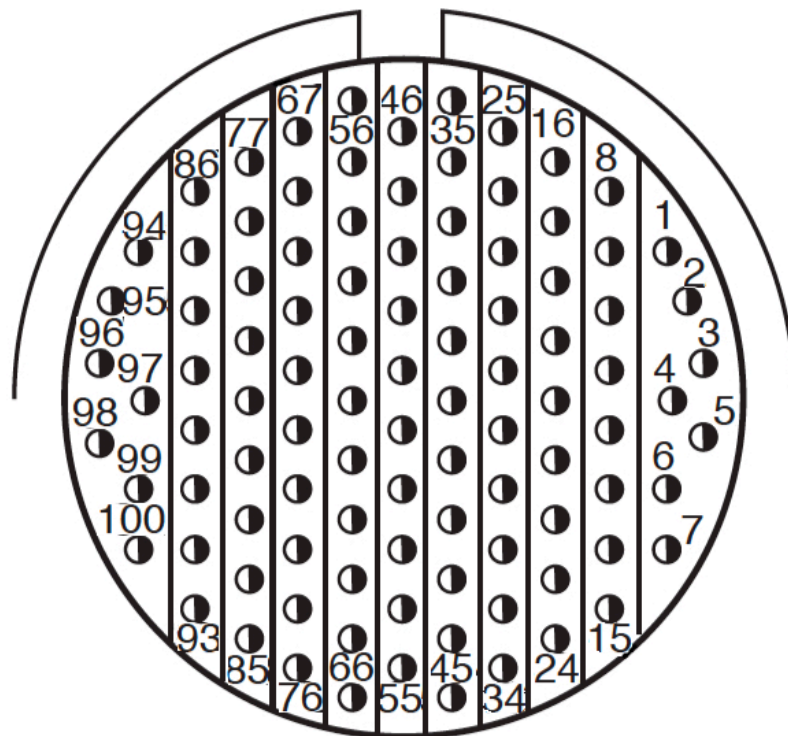
- [1] VLACHÝ, Václav. Praxe zvukové techniky. 3., aktualiz. a dopl. vyd. Praha: Muzikus, c2008, 297 s. ISBN 978-80-86253-46-6.
- [2] (Online převzatý obrázek)  
<http://www.neutrik.com/en/xlr/dl-series/nc3fd-l-1>
- [3] (Online převzatý obrázek)  
<http://www.neutrik.com/en/audio/plugs-and-jacks/locking-1/4-chassis-jacks/nj3fp6c>
- [4] (Online převzatý obrázek)  
<http://www.neutrik.com/en/xlr/combo-i-series/ncj6fi-s>
- [5] (Online převzatý obrázek)  
<http://uk.farnell.com/amphenol/d38999-26wh35an/connector-circular-size-23-100way/dp/1490932>
- [6] WHITLOCK, Bill. UNDERSTANDING, FINDING, & ELIMINATING GROUND LOOPS IN AUDIO & VIDEO SYSTEMS. 2005  
[http://www.aesatl.org/docs/Grounding\\_generic\\_seminar.pdf](http://www.aesatl.org/docs/Grounding_generic_seminar.pdf)
- [7] Cisco Systems, Inc.: Network Media Types  
<http://www.ciscopress.com/articles/article.asp?p=31276>
- [8] Rane Technical Staff. SOUND SYSTEM INTERCONNECTION. RaneNote: RaneNote 110. 2011,DOC 102907.
- [9] (Online převzatý obrázek)  
<http://electronicideas2.blogspot.cz/2015/09/good-explanation-of-balanced-and.html>
- [10] JdB Church Sound & Acoustics. Direct Boxes. 1997.  
<https://churchacousticsandsoundsystems.com/sound-system-discussions/direct-boxes/>
- [11] (Online převzatý obrázek)  
[https://cs.wikipedia.org/wiki/Zapojen%C3%AD\\_s\\_opera%C4%8Dn%C3%ADm\\_ zesilova%C4%8Dem](https://cs.wikipedia.org/wiki/Zapojen%C3%AD_s_opera%C4%8Dn%C3%ADm_ zesilova%C4%8Dem)
- [12] <http://www.bezodrazove-komory.cz/bezodrazove-komory.php>
- [13] (Online převzatý obrázek)  
<http://www.revatech.cz/src/katalog1/det18.htm>

## Přílohy

### Příloha 1 – Rozmístění pinů v konektoru Amphel



*D38999/20FH35BN (samice)*



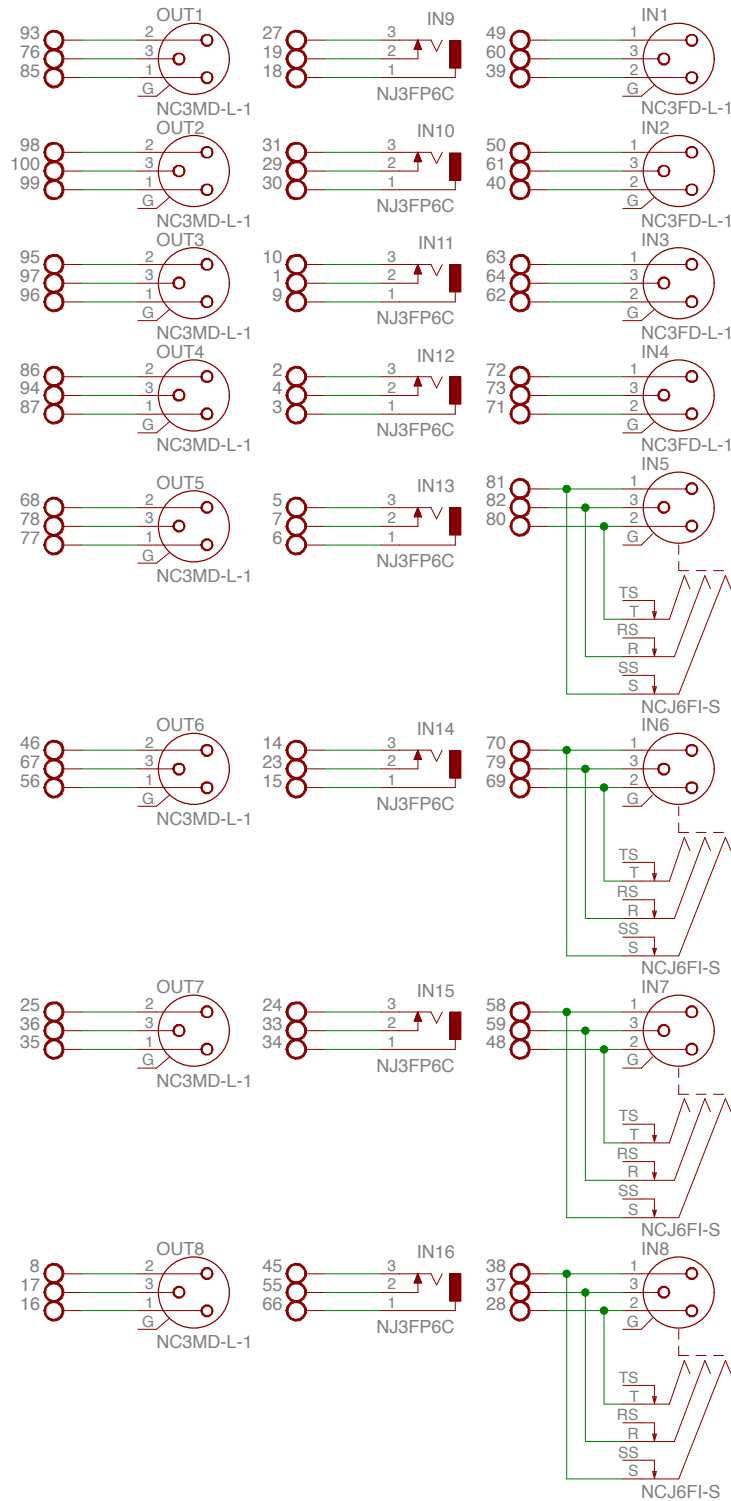
*AMPHEL D38999/26WH35AN (samec)*

## Příloha 2 – Tabulka propojení párového kabelu Proel CMT24 s konektorem AMPHEL D38999/26WH35AN (samec)

č. pinu	č. páru	označení vodiče
1	11	červený
2	12	černý
3	12	stínění
4	12	červený
5	13	černý
6	13	stínění
7	13	červený
8	24	červený
9	11	stínění
10	11	černý
11		
12		
13		
14	14	černý
15	14	stínění
16	24	stínění
17	24	černý
18	9	stínění
19	9	červený
20		
21		
22		
23	14	červený
24	15	černý
25	23	červený
26		
27	9	černý
28	8	červený
29	10	červený
30	10	stínění
31	10	černý
32		
33	15	červený
34	15	stínění
35	23	stínění
36	23	černý
37	8	černý
38	8	stínění
39	1	červený
40	2	červený
41		
42		
43		
44		
45	16	černý
46	22	červený
47		
48	7	červený
49	1	stínění
50	2	stínění

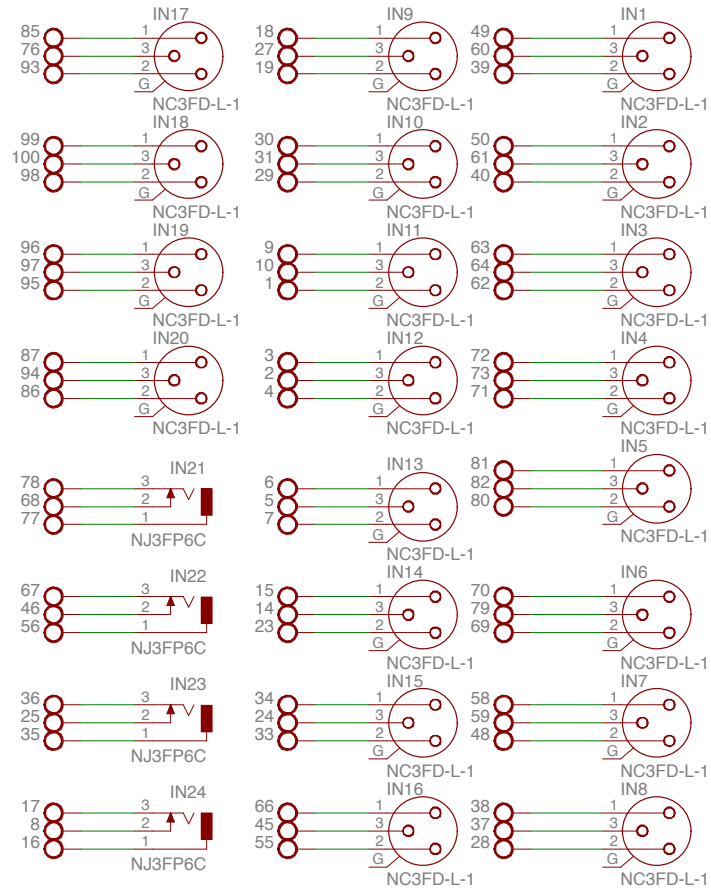
č. pinu	č. páru	označení vodiče
51		
52		
53		
54		
55	16	červený
56	22	stínění
57		
58	7	stínění
59	7	černý
60	1	černý
61	2	černý
62	3	červený
63	3	stínění
64	3	černý
65		
66	16	stínění
67	22	černý
68	21	červený
69	6	červený
70	6	stínění
71	4	červený
72	4	stínění
73	4	černý
74		
75		
76	17	černý
77	21	stínění
78	21	černý
79	6	černý
80	5	červený
81	5	stínění
82	5	černý
83		
84		
85	17	stínění
86	19	červený
87	20	stínění
88		
89		
90		
91		
92		
93	17	červený
94	20	černý
95	19	červený
96	19	stínění
97	19	černý
98	18	červený
99	18	stínění
100	18	černý

### Příloha 3 – Schéma propojení konektorů s piny konektoru Amphenol D38999/20FH35BN (bezodrazová komora)

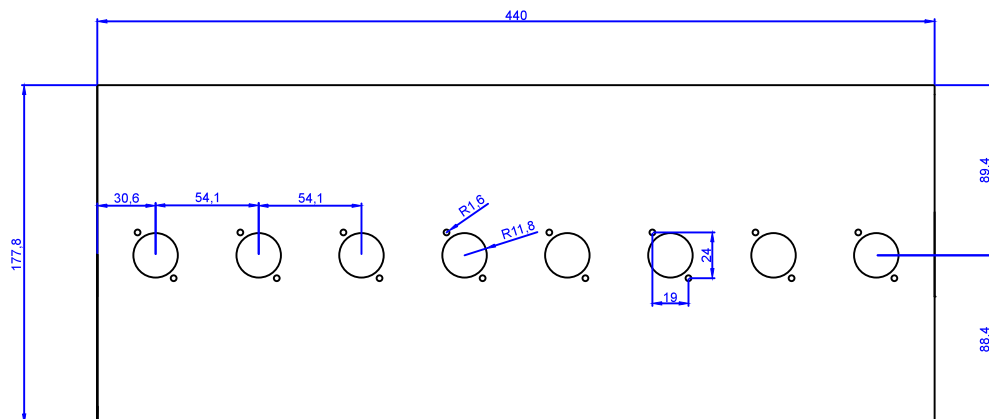




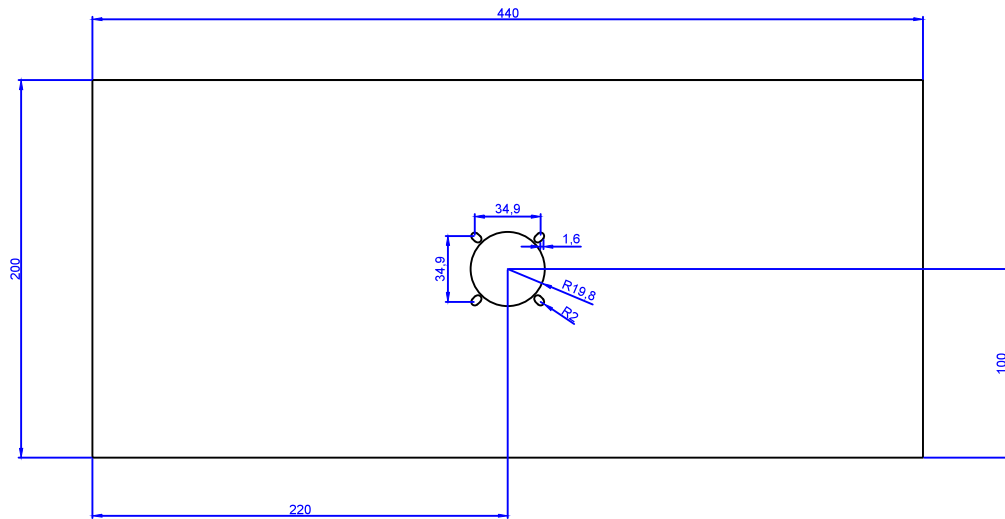
### Příloha 4 – Schéma propojení konektorů s piny konektoru Amphenol D38999/20FH35BN (dozvuková komora komora)



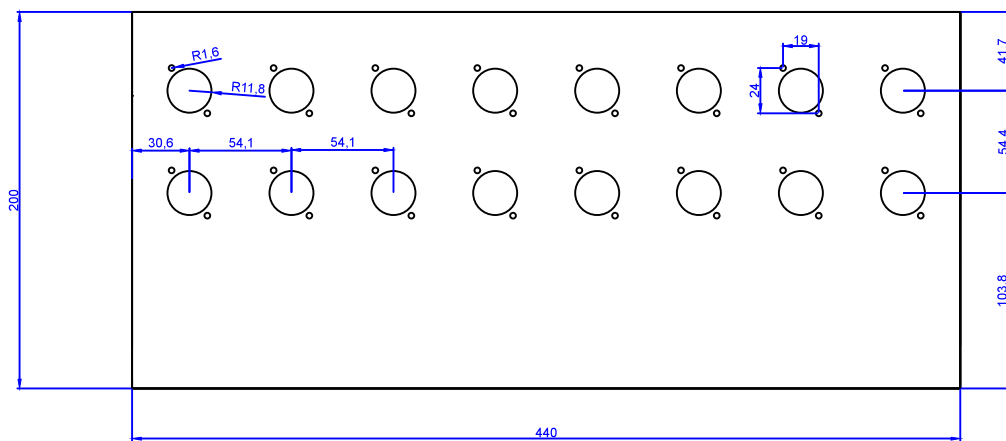
### Příloha 5 - Výkres stage boxu v dozvukové komoře



Čelní strana

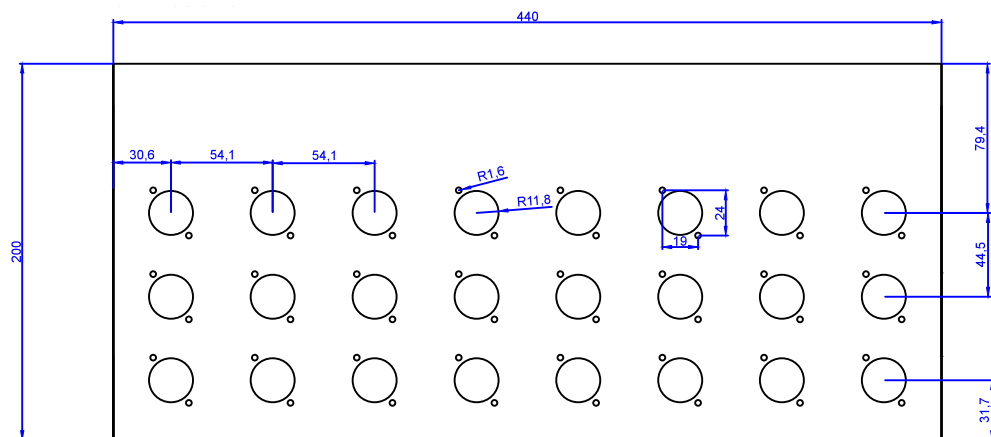


Spodní strana

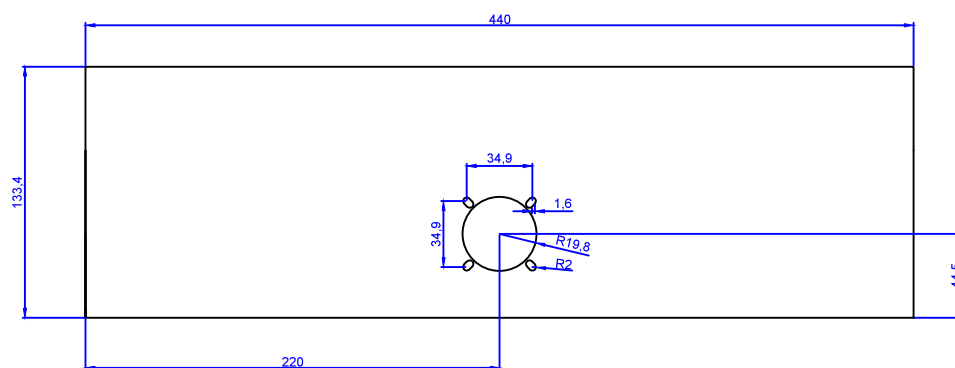


Vrchní strana

**Příloha 6 -Výkres stage boxu v bezdrazové komoře**

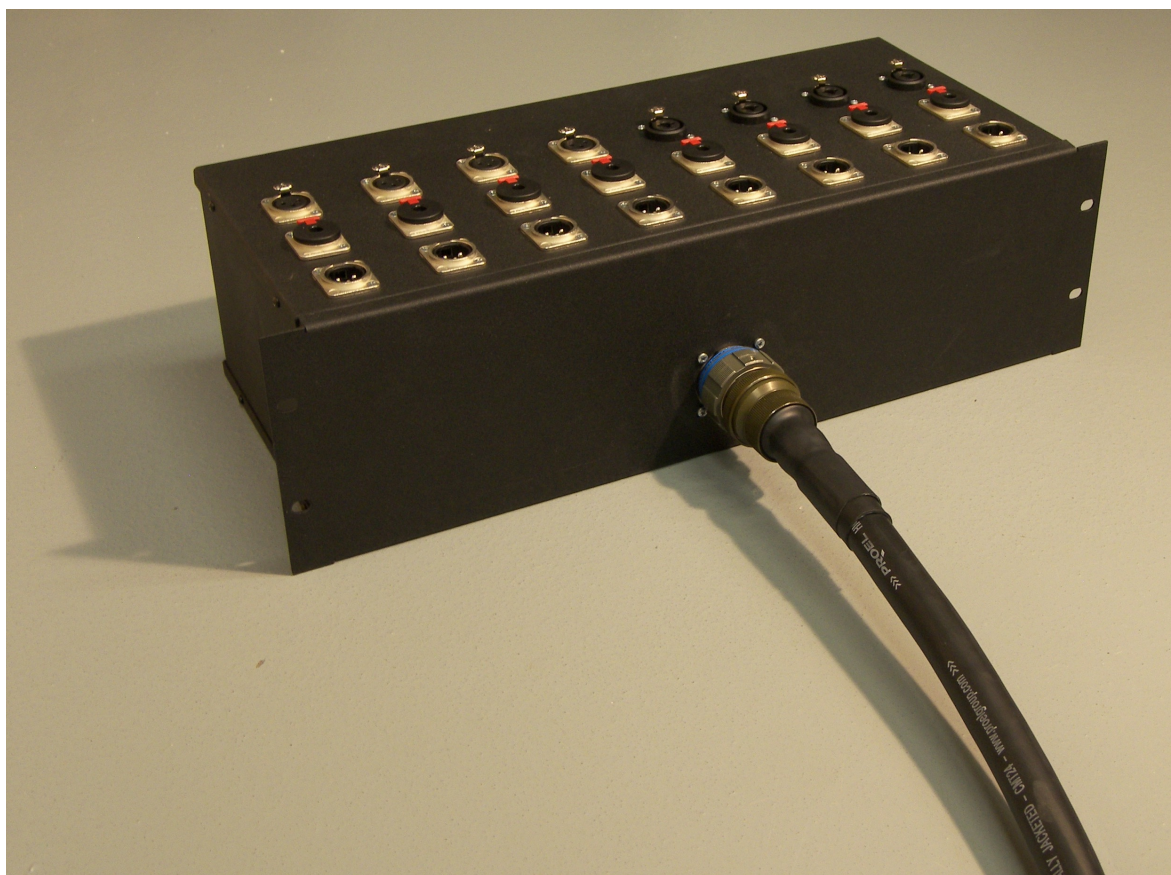


Vrchní strana

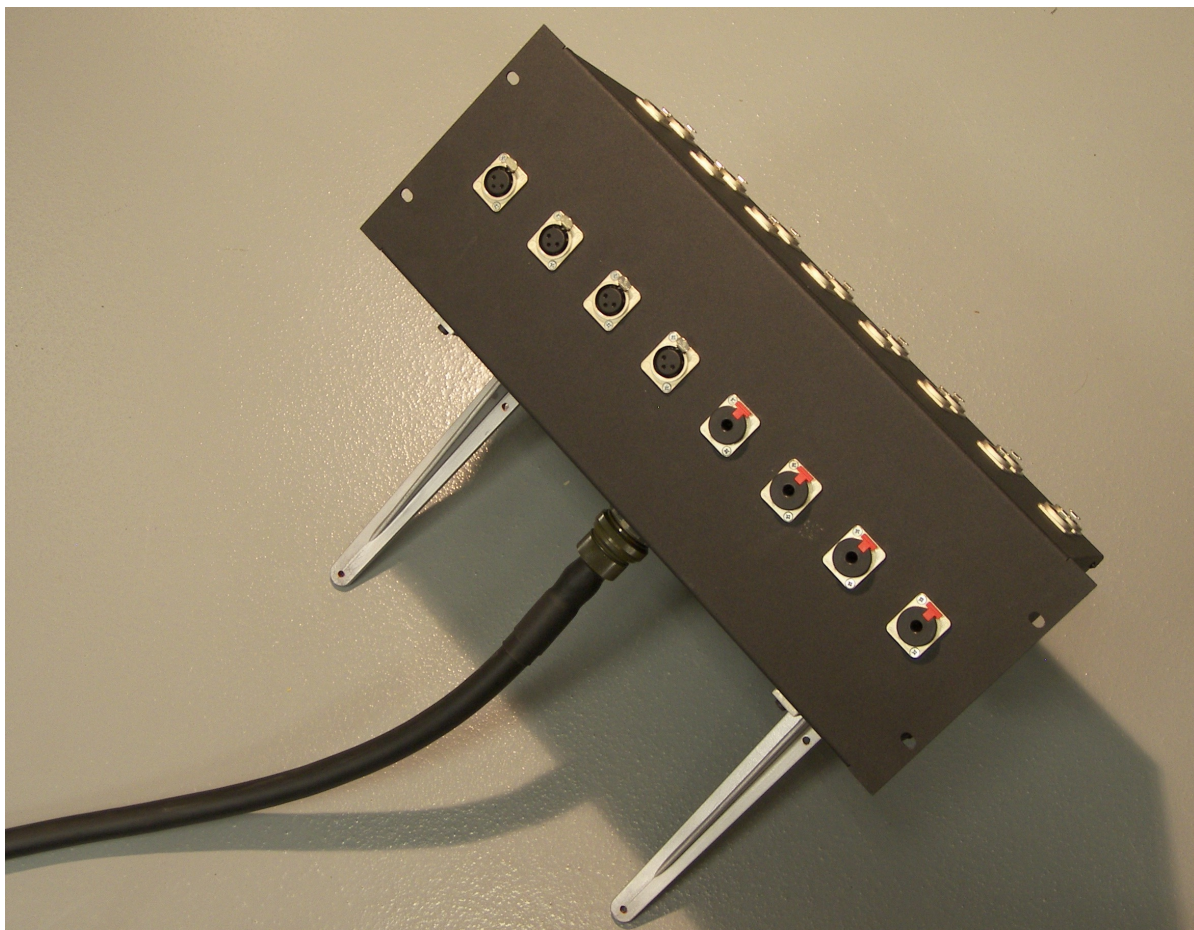


Čelní strana

## Příloha 7 – Stage boxy



Bezdrázová komora



Dozvuková komora

## Příloha 8 – Celkové náklady

Výrobce	označení	počet	cena za kus [Kč]
Neutrik	NC3MD-L-1	8	104
Neutrik	NC3FD-L-1	24	114
Neutrik	NJ3FP6C	12	156
Neutrik	NCJ6FI-S	4	71
Amphelon	D38999/26WH35AN	2	2613
Amphelon	D38999/20FH35BN	2	1760
Deutsch	M39029/58-360	72	4,5
Deutsch	M39029/56-348	72	14,3

Výrobce	označení	m	cena za m [Kč]
Proel	CMT24	25	570

Montážní materiály	[Kč]
	500

Skříně od Revatechu	[Kč]
	4500

Celkové náklady	35 074 Kč
-----------------	-----------