

## Propojování zvukových systémů

- **Zemní smyčky – příčina vzniku a prevence**
- **Propojení symetrického a nesymetrického vedení**
- **Správné zapojení kontaktů a kabelů**
- **Země šasi (kostra) versus zem signálu**

## ÚVODEM

Původní podoba tohoto článku vznikla již v roce 1985 a jeho obsah je stále považován za jednu z našich nejdůležitějších referenčních prací. Jeho obliba pramení z neustále se opakujících problémů se zapojováním audiozařízení – se všemi typy podivných šumů, brumů, bzučení, pískání apod. — a to nehovoříme o extrémních finančních, fyzických a psychických nákladech. S vývojem technologie je naprosto nezbytné, aby neustálé zdokonalování probíhalo i v oblasti propojování elektronických zařízení. V audioprůmyslu došlo od roku 1985 ke zdokonalení mnoha věcí, ale propojování k nim bohužel nepatří. Asociace Audio Engineering Society (AES) se pokouší o jistou nápravu a pracuje na dokumentu shrnujícím doporučené postupy při propojování audiozařízení. Filozofie firmy Rane se nese v duchu „raději se přizpůsobit než nařizovat.“ Tento dokument obsahuje návrhy změn v externím propojování, které by měl v ideálním případě provádět pouze zaškolený technický personál. Bezpečnostní předpisy vyžadují, aby z důvodu provozní bezpečnosti nedošlo k zásahu do originálního zemnění dodávaného z výroby. Odpovědnost za náhodné ani následné škody není poskytována. *(Jinými slovy, neupravujte zapojení kabelů a nezkoušejte vlastní verzi zemnění, dokud přesně neporozumíte typům výstupu a vstupu, které hodláte propojit).*

Technické oddělení Rane

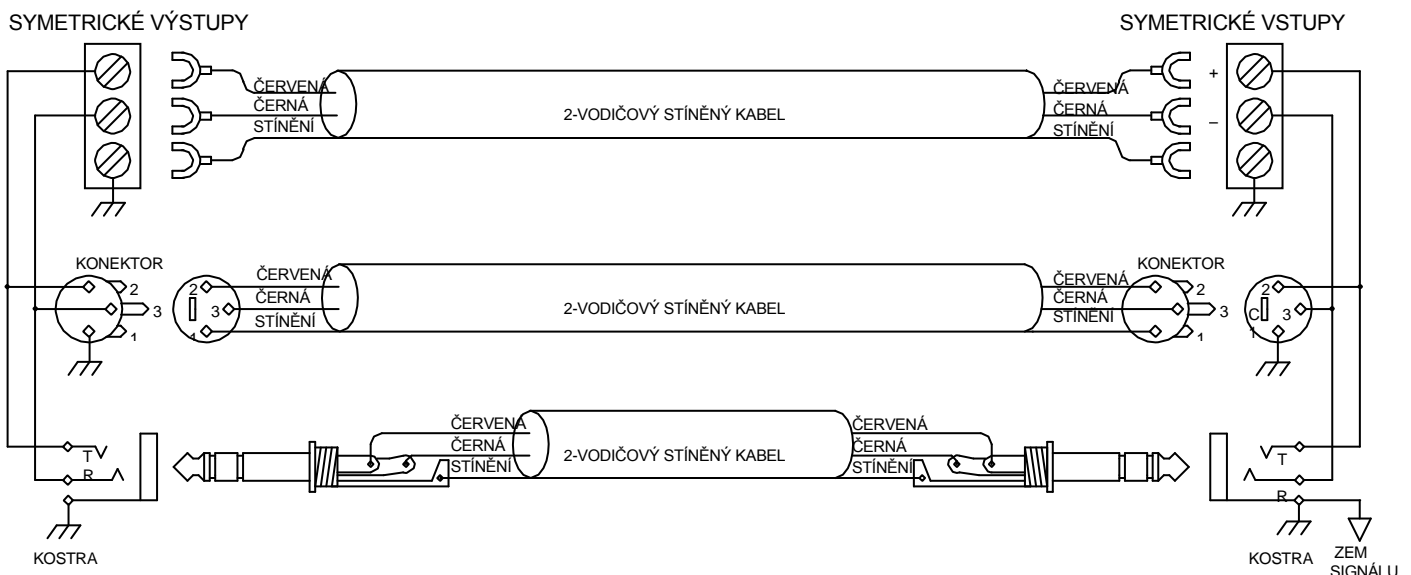
Příručka Rane č.110  
© 1985, 1995 Rane Corporation

## ZEMNÍ SMYČKY

Téměř všechny typy rušení jsou způsobeny přímo zemními smyčkami, zemněním nebo jejich nedostatky. Pro jejich efektivní odstranění je důležité, abychom porozuměli příčinám, které brum zemnění způsobují. Každý komponent zvukového systému vytváří svou vlastní interní zem. Tuto obvykle označujeme jako zem *audiosignálu*. Při propojování přístrojů prostřednictvím propojovacích kabelů může dojít ke vzájemnému spojení signálových zemí dvou zařízení. Zemní smyčky mohou vznikat také při spojení zemí dvou přístrojů v jiném místě: ve třetím vodiči linkového kabelu, při dotyku kovového šasi s upevňovacími lištami rackového stojanu, apod. V těchto případech se vytváří obvod, v němž může v uzavřené „smyčce“ protékat proud ze země jednoho přístroje do druhého a nazpět. Odhalení přítomnosti tohoto proudu vytvářejícího brum není snadné—jedná se o dobu, kdy proud prochází zemí audiosignálu brumícího přístroje. Ve skutečnosti prochází malý rušivý proud každým propojovacím kabelem (úplné potlačení těchto proudů není zcela možné). Pokud váš systém používá správná a *výhradně* symetrická propojení, která jsou sama o sobě vynikajícím prostředkem k potlačení zemních smyček a dalších rušivých proudů, pouhá přítomnost proudu zemní smyčky není důvodem k poplachu. Symetrické propojení bylo vyvinuto kvůli zvýšení odolnosti vůči těmto rušivým proudům, které nelze nikdy zcela eliminovat. Proud zemní smyčky je nepříjemný v situaci, kdy jím bude ovlivněn audiosignál.

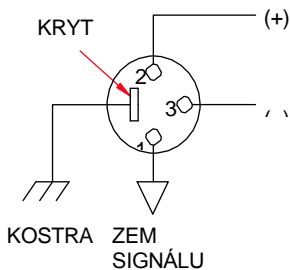
Bohužel, mnoho výrobců symetrického audiozařízení navrhuje interní zemnění nesprávně a vyrábí tak symetrická zařízení, která nejsou vůči rušivým proudům v kabeláži imunní. Tato skutečnost je důvodem, proč má symetrické připojení někdy špatnou pověst.

Druhou příčinou špatné pověsti symetrického připojení jsou ti uživatelé, kteří si myslí, že se připojením nesymetrického zařízení k „vynikajícímu“ symetrickému zařízení situace zlepší. To je omyl. Symetrické zapojení je s nesymetrickým nekompatibilní. Rušivé proudy zemních smyček jsou obsaženy i v krátkých kabelových přívodech zcela nesymetrických systémů (domácí audio). Proudů v nesymetrických systémech však nikdy nedosahují intenzity, aby ovlivnily zvuk do té míry, že by se jednalo o rušení. Kombinace symetrického a nesymetrického zařízení je však zcela jiná káva, protože symetrické a nesymetrické propojení je skutečně *nekompatibilní*. Závěr tohoto článku uvádí několik praktických doporučení pro všechna tato propojovací schémata. Potenciál nebo napětí, které je příčinou průtoku rušivých proudů obvodem, vzniká mezi nezávislými zeměmi jednoho nebo několika přístrojů v systému. Impedance tohoto obvodu je nízká, a i když je napětí rovněž nízké, proud je díky panu Ohmovi (bez jehož pomoci bychom tyto problémy neměli) vysoký. Ke změření impedance ocelového šasi nebo rackových lišt by byla potřeba ohmmetr s vysokou rozlišovací schopností. Máme totiž na mysli tisíce Ohmu, takže pokus o změření těchto hodnot by nám jistě nepomohl. Myslíme si, že bychom vás na to měli upozornit.

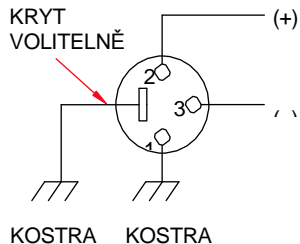


Obr. 1a: Správné zapojení.

### BĚŽNÝ (ŠPATNÝ) POSTUP



### DOPORUČENÝ POSTUP (NOVĚJŠÍ ZASADY RANE)



Obr. 1b: Doporučený postup.

### ABSOLUTNĚ NEJLEPŠÍ POSTUP

Použijte symetrická vedení a *stínění kabelu na obou koncích připojte ke kovové konstrukci šasi* (v místě kde vstupuje do šasi).

Symetrická vedení vyžadují tři samostatné vodiče, dva z nich přenášejí signál (+ a -) a jeden představuje stínění (viz obr. 1a). Stínění chrání citlivé audio linky před rušením. Přenos bez brumu vám může *zaručit* (ano, *zaručit*) pouze symetrické propojení. Vždy použijte kroucený párový kabel. Kostra spojená se stíněním na obou koncích také *zaručuje* nejlepší možnou ochranu před vysokofrekvenčním rušením (RFI) a dalšími typy rušení [neonové reklamy, stmívače].

Na tomto tématu pracuje Výbor pro normalizaci (SC-05-05), který je součástí asociace AES. Výboru předsedá Neil Muncy<sup>1</sup>, elektroakustický konzultant a zkušený veterán, autor úspěšných realizací z oblasti návrhu systémů. Neúnavně cestuje po světě, poskytuje semináře a šíří informace o správném propojování profesionálních audiozařízení<sup>2</sup>. Objasňuje, jak je absurdní, abyste si nakoupili audiozařízení několika různých výrobců, koupili standardní kabeláž, přišli domů, vše zapojili a očekávali, že to bude hrát bez brumu a šumu. *Systém Plug and play (Zapoj a hraj)*. Bohužel, v tomto případě téměř nikdy, bez ohledu na znalosti a zásady nerušeného připojení zjištěné a zdokumentované během *šedesáti let* (podrobné informace viz Doporučená literatura).

Omezuje se na používání symetrických vedení, výhradně a bez výjimky. Ano, za tímto účelem byly vyvinuty. A navíc se předpokládá, že *spojíte stínění kabelu s konstrukcí šasi, v místě kde do něj kabel vstupuje a na obou koncích* (podrobnosti k „oběma koncům“ později).

Protože standardní kabely XLR mají stínění na obou koncích spojeno s kontaktem 1 (pláště spojeny nejsou, není to nutné), znamená to, že u zařízení používajícího 3-pólové konektory typu XLR musí být spojen kontakt 1 s konstrukcí (obvykle se mluví o kostře) — nikoli se zemí audiosignálu, jak je to nejčastější.

Nepoužití *země signálu* je nejradikálnější odchylkou od běžné profesionální audiopraxe. Hledáte nějaký argument o její oprávněnosti? Neexistuje. **To je ta správná cesta k dosažení výsledku.** Tak proč se audiozařízení nedodává zapojené tímto způsobem? Ale ano, některé se dodává a od roku 1993 je to větší.

Proto společnost Rane začala vyrábět některé výrobky se symetrickými vstupy a výstupy, u nichž je kontakt 1 spojen s kosterou. A proč tak nepostupuje každý výrobce? Protože život není jednoduchý, některé věci se obtížně mění a vždy se bude používat nějaké zařízení, které bylo vyrobeno dříve, než se začaly uplatňovat zásady správného zemnění. Nesymetrické zařízení představuje další problém: je všude, snadno dostupné a levné. Jsou to všechny ty konektory RCA (cinche) a monofonní jacky 6,3 mm vyskytující se na zařízení spotřební elektroniky; efektové smyčky a inzertní body na mixážních pultech; signálových procesorech; poloprofesionálních digitálních a analogových rekordérech; počítačových kartách; mixážních pultech, apod. Na několika dalších stránkách naleznete tipy na úspěšné zapojení nesymetrického zařízení. Pokud je nesymetrické zařízení připojeno „naslepo“ k plně symetrické jednotce, spustí se brum a nežádoucí reakce, jejichž řešení bude vyžadovat zvláštní opatření.

### DALŠÍ NEJLEPŠÍ SPRÁVNÝ POSTUP

Nejrychlejší, nejtíšší a nejspolehlivější metodou symetrického a nesymetrického propojení je **oddělení všech nesymetrických propojení pomocí transformátoru**. Viz obr. 2.

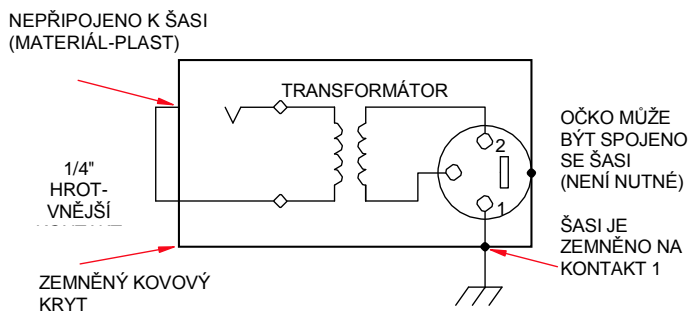
Nástroje potřebné k tomuto úkolu dodává mnoho výrobců, včetně společnosti Rane. S dotazem na dostupné možnosti se obraťte na svého audioprodejce.

Cílem těchto adaptérů je možnost použití *standardních kabelů*. Při použití oddělovacích transformátorů není úprava zapojení kabelů nutná. Tímto způsobem lze úspěšně propojit prakticky jakékoli dvě audiozařízení, bez nebezpečí vzniku nežádoucího brumu a šumu.

Další možnost potřebného oddělení nabízí *direct box*. Původně byl takto pojmenován kvůli konverzi vysokoimpedančního vysokoúrovňového výstupu elektrické kytary na nízkoimpedanční a nízkoúrovňový vstup mixpultu. Toto využití umožňovalo přímé připojení hráče do pultu. Nyní se tímto výrazem označuje jakýkoli box určený ke konverzi nesymetrického vedení na symetrické.

### NESYMETRICKY

### SYMETRICKY



Obr. 2: Oddělení pomocí transformátoru

## POSLEDNÍ NEJLEPŠÍ SPRÁVNÝ POSTUP

**Pokud není oddělení transformátorem možné, poslední řešení představují speciálně zapojené kabely.** Zásadou je zde zabránit proudění stínících proudů do jednotky, jejíž zemnicí zapojení vytváří zemní smyčky (brum) v audiocestě (většina audiozařízení).

Pravdou je, že připojení obou konců stínění je teoreticky nejlepší cestou k propojení zařízení — i když to předpokládá, že propojené zařízení má správně provedené interní zemnění. Protože většina zařízení *není* interně správně zemněna, připojení obou konců stínění se často nepoužívá, protože pokud by se použilo, obvykle by nastalo rušení. Běžným řešením těchto problémů s brumem a bzukotem je odpojení jednoho konce stínění, i když hotové kabely, u nichž by bylo stínění na jednom konci odpojeno, nelze běžně zakoupit. Výběr nejlepšího konce k odpojení je otázkou osobních preferencí a měl by se provádět velmi pečlivě; zvolte vstupy či výstupy a vždy odpojte zvolenou stranu (na našich kresbách je odpojen vstupní konec kabelu—výstup budící jednotky). Pokud je jeden konec stínění odpojen, průtok rušivého proudu se zastaví a brum zmizí — ale pouze na nízkých kmitočtech. U stínění připojeného pouze na jednom konci se zvyšuje možnost vysokofrekvenčního (rádiového) rušení, protože stínění se může chovat jako anténa. Řada uživatelů omezuje toto potencionální vf. rušení malým keramickým diskovým kondenzátorem (0,1 nebo 0,01 mikrofardu), který se zapojuje mezi odpojený konec stínění a šasi. Skutečnost, že se v mnoha dnešních moderních instalacích opatření s jedním odpojeným koncem s trvalým úspěchem stále dodržuje, svědčí o tom, že toto a další přijatelná řešení problémů s vysokofrekvenčním rušením existují. Rostoucí využívání digitální a bezdrátové technologie však podstatně zvyšuje možnost problémů s vf. rušením v budoucnosti.

Pokud jste u některého zařízení problém s brumem skutečně vyřešili, je tady možnost, že i když dokumentace indikuje správné zemnění stínění k šasi, podezřelé zařízení nemá správně provedené interní zemnění. V těchto případech přichází „jako na zavalanou“ naše zvláštní testovací kabely (viz obr. 3). Tyto kabely umožňují spojit stínění se zemí šasi (kostrou) v *místě, kde do něj vstupuje kabel* (nebo s kontaktem 1), nebo jeden konec stínění odpojit. Úkol je ještě obtížnější, pokud má zařízení, které jste oddělili, větší počet vstupů a výstupů. U problematického zařízení s větším počtem kabelů vyzkoušejte u každého připojení různé konfigurace, abyste zjistili, zda budou speciálně zapojené kabely potřeba na více místech.

Doporučené speciálně zapojené kabely pro konkrétní propojení naleznete na obr. 4. Vyhleďte si příslušnou výstupní konfiguraci (vlevo dole) a poté jej srovnajte se správnou konfigurací vstupu (na horní straně strany). Doporučené schéma zapojení poté vyhleďte na následujících stránkách.

## ODZEMŇOVACÍ PŘEPÍNAČE

Mnoho přístrojů je vybaveno odzemňovacími přepínači. Pouze v několika případech lze prokázat, že odzemňovací přepínač zmenší rušení související se zemněním. (Byl vám odzemňovací přepínač *někdy opravdu užitečný*?) Přítomnost odzemňovacího přepínače ve skutečnosti výrazně snižuje „správné“ zemnění zařízení a odolnost vůči brumům a bzukotům zemních smyček. Odzemňovací přepínače jsou prostě a jenom náplastí na řešení problémů se zemněním. Je však pravdou, že u celého systému se správně zemněným zařízením, bez odzemňovacích přepínačů, je zaručen (ano zaručen) provoz bez brumu. Problémem je, že většina zařízení *nemá* správné zemnění (jak interní tak externí, podle střídavé sítě). Většina přístrojů s odzemňovacími přepínači je dodávána tak, že jednotka je „uzemněna“ — šasi je spojeno se zemí audiosignálu. (To by měla být nejlepší a „nejjistější“ poloha pro odzemňovací přepínač). Pokud se po zapojení přístroje do systému ozývá nadměrný brum nebo bzukot, někde mezi zeměmi systému existuje jistá nekompatibilita.



Obr. 3: Testovací kabely

Kromě těchto speciálně zapojených kabelů, které mohou pomoci, lze vyzkoušet i další věci:

1. Vyzkoušejte kombinace odzemnění na přístrojích s odzemňovacími přepínači (nebo články). Zkoušku provádějte s vypnutým napájením!
2. Pokud máte zcela symetrický systém, ověřte si, zda jsou z bezpečnostních důvodů a kvůli ochraně před brumem spojena všechna šasi s dobrou zemí. Zcela nesymetrické systémy nemají zemněno vůbec nic (kromě kabelové televize, která je častým zdrojem zemních smyček). Pokud vlastníte systém kombinující symetrické a nesymetrické zapojení, udělejte si radost a použijte oddělovací transformátory. Pokud nemáte dostatek financí, zkuste níže popsané speciálně zapojené kabely a počítejte s tím, že řešení situace zabere spoustu času. Zlomte vaz!
3. Symetrické přístroje s externími napájecími zdroji (zásuvkové adaptéry nebo adaptéry na síťových kabelech) nemají uzemněné šasi prostřednictvím síťového kabelu. Ověřte si, zda jsou tyto přístroje pevně uzemněny spojením kostry se zemí pomocí spolehlivé maticové svorky. (Šasi výrobků Rane jsou vždy opatřena externím šroubem s ozubenou podložkou). Jako zemnicí bod může sloužit jakékoli zařízení s 3-pólovou síťovou vidlicí, např. zesilovač. Účel mohou plnit také lišty rackového stojanu, závisí na umístění šroubů a nátěru.

## PLOVOUCÍ ZEMĚ A PSEUDOSYMETRIE

Během kontroly se můžete setkat s tzv. plovoucím nesymetrickými jackovými výstupy (často se označují jako pseudo- nebo quasi-symetrické). U těchto zapojení není vnější kontakt výstupu zapojen uvnitř přístroje, ale kroužek jacku je připojen (zpravidla přes malý odpor) k zemi audiosignálu. Impedance hrotu a kroužku se „jeví“ jako stejná, jako by byl výstup symetrický, i když je výstupní obvod nesymetrický.

Z plovoucího nesymetrického výstupu se často budí symetrický či nesymetrický vstup (záleží na tom, zda je do něj zapojen kabel s mono či stereo jackem). Pokud brumí, bude potřeba speciální kabel. Prohlédněte si obr. 11 a 12 a neprovádějte úpravu křížové vazby (systém cross-coupled) ve spoji kroužku a vnějšího kontaktu.

## SOUHRN

Pokud nejste schopni udělat věci správně (např. použít plně symetrické zapojení se stíněním spojeným s kostrou v místě vstupu kabelu, nebo oddělit všechny nesymetrické signály od symetrických pomocí transformátoru), potom není jisté, zda se podaří dosáhnout propojení bez brumu, a neexistuje ani přesné schéma zapojení, které by zaručilo nerušený provoz ve všech konfiguracích.

## JAK ZVÍTĚZIT

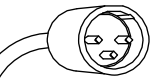
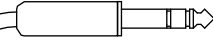
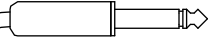

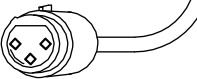
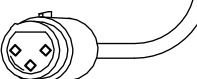
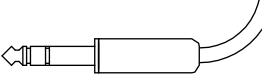
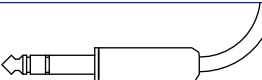
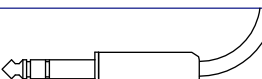


- Kdykoli je to možné, použijte symetrické připojení.
- Nesymetrické obvody oddělte od symetrických pomocí transformátoru.
- Pokud nelze nesymetrické linky oddělit transformátorem, použijte speciální kabely.
- Délka nesymetrického kabelu by neměla přesáhnout 3 m. Při použití delších kabelů by došlo k zesílení všech nežádoucích efektů způsobených zemními smyčkami nesymetrických obvodů.
- Pokud všechna ostatní opatření selžou, digitalizujte všechny signály a přenášejte je optickými kabely,

## DOPORUČENÁ LITERATURA

1. Neil A. Muncy, “Noise Susceptibility in Analog and Digital Signal Processing Systems,” přednáška na 97. kongresu AES v San Francisku, USA, listopad 1994.
2. *Grounding, Shielding, and Interconnections in Analog & Digital Signal Processing Systems: Understanding the Basics*; témata seminářů pod vedením Neila Muncyho a Cala Perkinse, na 97. kongresu AES v San Francisku, USA, listopad 1994.

## DO VSTUPU

Z VÝSTUPU

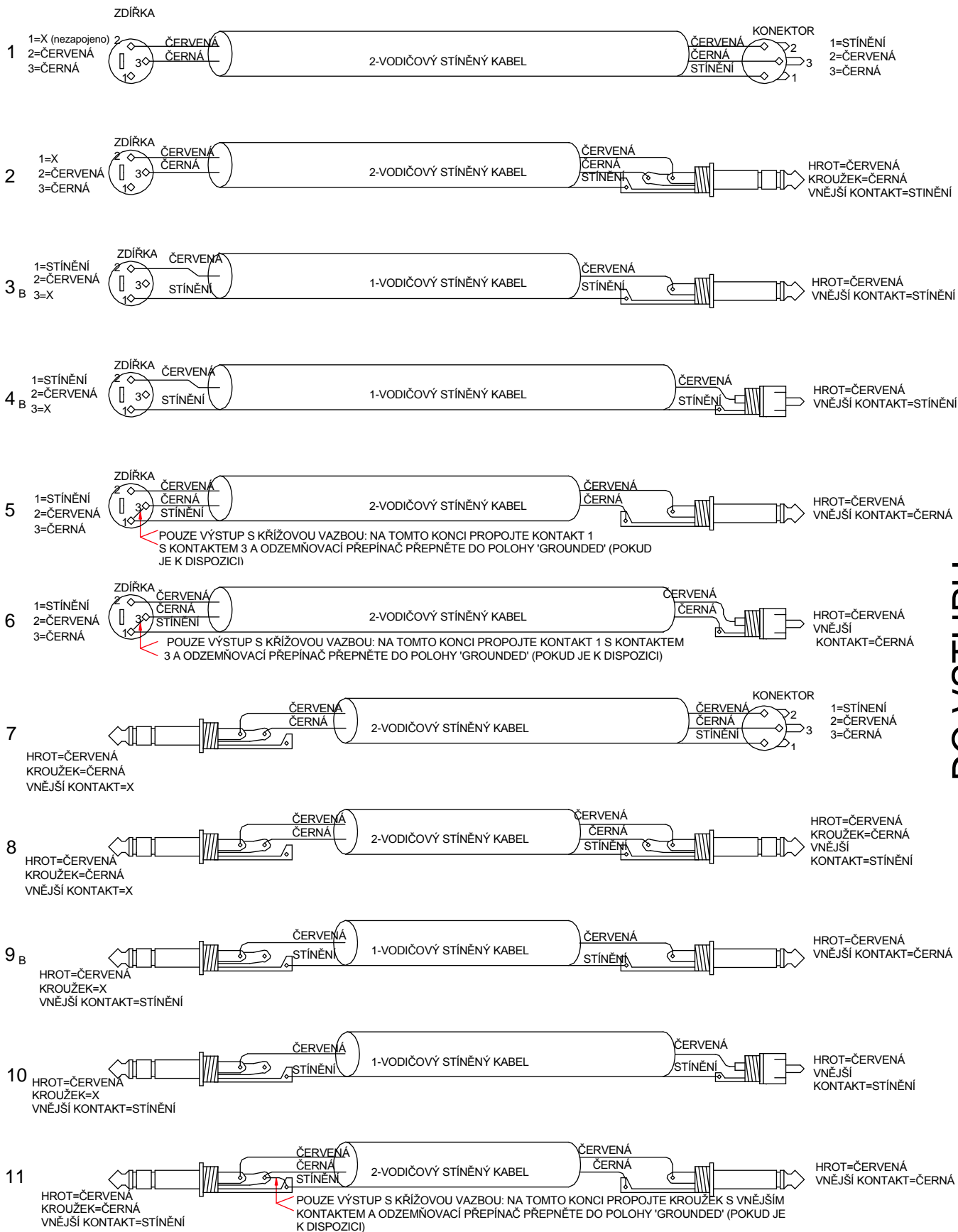
KONEKTORY KABELU	 SYMETRICKÝ KONEKTOR XLR	 SYMETRICKÝ STEREO JACK 6,3 MM (HROT-KROUŽEK -VNĚJŠÍ KONTAKT)	 NESYMETRICKÝ MONO JACK 6,3 MM (HROT-VNĚJŠÍ KONTAKT)	 NESYMETRICKÝ KONEKTOR RCA (CINCH)
 SYMETRICKÁ ZDIČKA XLR (ANI TRANSFORMÁTOR ANI VÝSTUPNÍ OBVOD S KŘÍŽOVOU VAZBOU)	1	2	3 <sub>B</sub>	4
 SYMETRICKÁ ZDIČKA XLR (BUĎ TRANSFORMÁTOR NEBO VÝSTUPNÍ OBVOD S KŘÍŽOVOU VAZBOU)	1	2	5	6
 SYMETRICKÝ JACK 6,3 MM (ANI TRANSFORMÁTOR ANI VÝSTUPNÍ OBVOD S KŘÍŽOVOU VAZBOU)	7	8	9 <sub>B</sub>	10
 SYMETRICKÝ JACK 6,3 MM (BUĎ TRANSFORMÁTOR NEBO VÝSTUPNÍ OBVOD S KŘÍŽOVOU VAZBOU)	7	8	11	12
 PLOUVACÍ NESYMETRICKÝ STEREO JACK (HROT-KROUŽEK-VNĚJŠÍ KONTAKT) (VNĚJŠÍ KONTAKT V PŘÍSTROJI = NEZAPOJEN)	21 <sub>A</sub>	22	11	12
 NESYMETRICKÝ MONO JACK 6,3 MM (HROT-VNĚJŠÍ KONTAKT)	13	14	15 <sub>A</sub>	16 <sub>A</sub>
 NESYMETRICKÝ KONEKTOR RCA (CINCH)	17	18	19 <sub>A</sub>	20 <sub>A</sub>

**Obr. 4: Tabulka propojení – pomůcka k vyhledání správných speciálních kabelů na následujících stránkách.**

Poznámka: (A) Tato konfigurace používá „běžně prodáváný“ kabel.

Poznámka: (B) Tato konfigurace způsobuje ztrátu signálu 6 dB. Kompenzujte ji zvýšením úrovně systému o 6 dB.

# Z VÝSTUPU



# DO VSTUPU

