

# Vážení zákazníci,

dovolujeme si Vás upozornit, že na tuto ukázkou knihy se vztahují autorská práva, tzv. copyright.

To znamená, že ukáзка má sloužit výhradně pro osobní potřebu potenciálního kupujícího (aby čtenář viděl, jakým způsobem je titul zpracován a mohl se také podle tohoto, jako jednoho z parametrů, rozhodnout, zda titul koupí či ne).

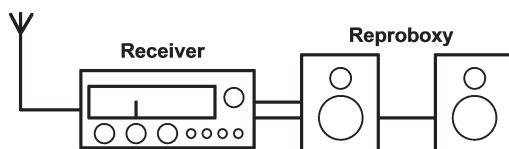
Z toho vyplývá, že není dovoleno tuto ukázkou jakýmkoliv způsobem dále šířit, veřejně či neveřejně např. umístováním na datová média, na jiné internetové stránky (ani prostřednictvím odkazů) apod.

*redakce nakladatelství BEN – technická literatura*  
[redakce@ben.cz](mailto:redakce@ben.cz)



# A Teoretická část

## 1 PŘEHLED A ROZDĚLENÍ HI-FI PŘÍSTROJŮ



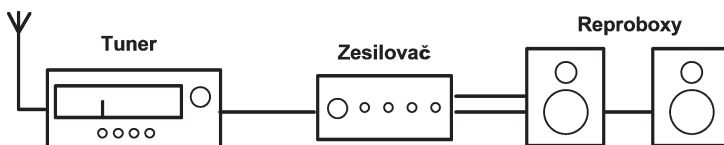
**Obr. 1.** *Nejjednodušší propojení HI-FI soupravy*

Celý řetězec HI-FI přístrojů je možno brát jako jakési stavebnicové funkční bloky, ze kterých je pak možno složit celou HI-FI aparaturu. V zásadě ji tvoří jednak zdroje signálu, různé předzesilovače a výkonové zesilovače a reproduktorové soustavy. Tyto mohou být pochopitelně v různých cenových kategoriích, což by mělo také odpovídat jejich kvalitě, případně komfortu ovládání. Nyní si je postupně probereme.

### ZDROJE SIGNÁLU

- 1) **Tuner.** Jedná se vlastně o rozhlasový přijímač bez dalších zesilovacích stupňů. Mívá obvykle více vlnových rozsahů, ze kterých nás ovšem, jak již řečeno, bude zajímat hlavně pásmo VKV. Na vstupu tuneru je obvykle konektor pro připojení antény, u levnějších tunerů, pokud se spokojíme s nižší citlivostí, postačí i kus drátu. Je to ovšem náhražkové řešení, pro opravdu kvalitní stereopřijem doporučuji kvalitnější anténu, minimálně dipól. Výstup tvoří nízkofrekvenční stereofonní signál o napěťové úrovni obvykle v rozsahu 100–250 mV. Pokud je tuner již vybaven předzesilovačem a koncovým zesilovačem, označuje se jako Receiver. K předzesilovači receiveru lze obvykle připojit další zdroje signálu.

- 2) **Gramofon.** Tento přístroj kupodivu opět přichází do módy, i když reprodukce z gramofonových desek je např. ve srovnání s CD poněkud horší. Zde je třeba upozornit na zvláštní druh korekcí, které signál z gramofonové přenosky vyžaduje. Tuto korekci splňuje předzesilovač RIAA, který může být buď vestavěn přímo do gramofonu, což je lepší varianta, než vestavění tohoto předzesilovače přímo do zesilovače. Signál je tak upraven a zesílen ještě předtím než jej „proženeme“ připojovacím kabelem do vstupu zesilovače. Pokud je tento předzesilovač až v samotném zesilovači, může se lehce na signál o napětí asi okolo 2 mV, což je napětí z přenosky, naindukovat nežádoucí brumové nebo rušivé napětí.



**Obr. 2** HI-FI souprava s tunerem a zesilovačem

- 3) **Přehrávač kompaktních disků CD.** Jedná se o velmi kvalitní zdroj signálu, který je zde zpracováván digitálně. Součástí přehrávače je digitálně analogový (D/A) převodník, jehož kvalita ovlivňuje celkový přednes. U špičkových přístrojů najdeme konektor pro připojení světlovodného kabelu. Použití tohoto kabelu prakticky odstraní možné rušení spojením zemí přehrávače a zesilovače. Signál je tak dokonale oddělen. Je zde také možnost připojení externího D/A převodníku špičkové kvality. Z běžného výstupu CD přehrávače již vychází stereofonní signál o normalizované hodnotě 100–250 mV.
- 4) **Magnetofon.** Dnes se již většinou používají kazetové přístroje, oproti páskovým, které již většinou nenávratně zastaraly. Dražší mechaniky umožňují záznam a přehrávání kvalitnějších druhů pásků jako chromdioxid a metal. Mění se zde parametry záznamového proudu a to buď ručně prepínačem nebo automaticky. Tyto druhy pásku mají oproti obyčejným větší kmitočtový rozsah, případně i jiné parametry. Rovněž z magnetofonu obdržíme nízkofrekvenční stereofonní signál o normalizované hodnotě napětí 100–250 mV. Signál, který získáme z magnetofonové hlavy má, podobně jako u gramofonu, nízkou napětíovou úroveň a vyžaduje jisté kmitočtové korekce. Tyto bývají většinou již

součástí vstupních obvodů magnetofonu. Za zmínku ještě stojí tzv. magnetofony RDAT s digitálním zpracováním signálu, jejichž cena je ovšem doposud velmi vysoká. Je však zřejmé, že se vývoj magnetofonů bude touto cestou ubírat.

- 5) **Mikrofon.** Existují různé typy mikrofonů, z nichž nejpoužívanější jsou dynamické nebo elektretové. Mikrofon by měl mít svůj vlastní předzesilovač, pak je připojitelný do vstupního konektoru předzesilovače označeného jako „aux“.

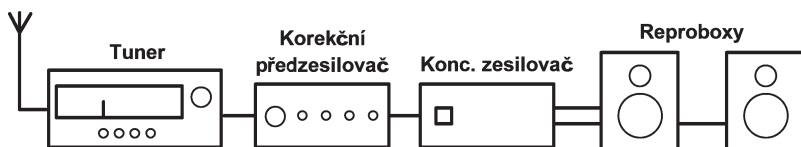
## PŘEDZESILOVAČE

- a) **Korekční předzesilovač (preamplifier).** Umožňuje nastavení ovládacích prvků zesilovače, jako např. hlasitosti, hloubek a výšek, případně i stereofonní vyvážení (balance). Konstrukčně může být předzesilovač součástí celého zesilovače (levnější varianta), nebo může být umístěn ve zvláštní skříňce, což je sice dražší řešení, které však umožňuje stavebnicovou koncepci zesilovače.
- b) **Equalizér.** Je to dražší a komfortnější varianta korekčního předzesilovače. Konstrukčně může být řešen pro oba stereofonní kanály odděleně, nebo u levnějšího provedení společně. Každý z ovládacích prvků, tj. potenciometrů, ovlivňuje kmitočtový průběh na určitém kmitočtu, tzn. čím je počet potenciometrů vyšší, tím více kmitočtových pásem je možno potlačovat nebo zdůrazňovat. Vzájemná vzdálenost těchto pásem může být např. jedna oktáva, pak hovoříme o oktávovém equalizéru. Potenciometry mohou být otočné, nebo lépe tahové, pak je jejich nastavení přehlednější. Tento equalizér označujeme jako grafický. Equalizérem je možno korigovat jednak nedostatky frekvenčního rozsahu přehrávaného signálu, případně si zdůraznit nebo potlačit některé nástroje v orchestru nebo frekvenčně upravit nedostatky poslechového prostoru.

Zvláštním druhem korekčních předzesilovačů jsou již zmíněné předzesilovače RIAA pro gramofony nebo korekční předzesilovače magnetofonů.

## KONCOVÉ ZESILOVAČE (POWER AMPLIFIER)

Tvoří koncovou část zvukové aparatury, ze které se zesílený signál přivádí k reproduktorům. Koncový zesilovač může mít mnoho funkčních variant. Koncové zesilovače nižších výkonů, běžně asi do 50 W mohou být konstruovány jako integrované, kde vlastní zesilovač tvoří speciální integrované



**Obr. 3** *HI-FI souprava s odděleným korekčním a koncovým zesilovačem*

obvody, mnohdy vybavené např. elektronickými pojistkami proti tepelnému přetížení nebo zkratu. Kvalitnější, ale také složitější koncové zesilovače mohou být osazeny bipolárními výkonovými tranzistory, nebo tranzistory typu FET. Zvláštní kategorii tvoří zesilovače s hybridními obvody, což je klasický tranzistorový zesilovač vyrobený hybridní technologií a zapouzdřen do většího kovového pouzdra. Pod označením STK... je vyrábí např. japonská firma Sanyo.

Na tomto místě bude třeba upřesnit názvosloví: jak již bylo řečeno, pod pojmem koncový zesilovač označujeme koncovou část zesilovací aparatury, oproti tomu jako výkonový zesilovač budeme nazývat funkční celek, zahrnující koncový zesilovač včetně korekčního předzesilovače. Toto uspořádání je i ekonomicky nejvýhodnější. Špičkové aparatury, označované také jako „High End“, jsou rozděleny na samostatný koncový zesilovač a samostatný korekční předzesilovač ve vlastních skříních.

Pro zvýšení výkonu je možno jednotlivé zesilovače zapojovat do můstku, což se hojně využívá např. u integrovaných zesilovačů. Důležitým předpokladem je zde použití obraceče fáze, protože oba zesilovače je třeba budít v protifázi. Tato problematika bude ještě později podrobněji zmíněna.

Co se týká napájení zesilovačů můžeme je napájet nesymetrickým napětím, což je jednodušší s ohledem na síťový transformátor a filtrační obvody. Tento způsob napájení však používají jednodušší a levnější zesilovače. Oproti tomu symetrické napájení již vyžaduje síťový transformátor, jehož sekundární vinutí má vyvedený střed vinutí a také filtrační obvody jsou nákladnější, protože filtrujeme jak kladnou, tak zápornou větev napájecího napětí.

Zvláštním druhem zesilovačů jsou zesilovače pro auta, jejichž specialitou je napájení napětím palubní sítě automobilu, tj. 12 V. Protože toto napětí je dosti malé pro dosažení větších výkonů (cca více než 50 W), obsahují

výkonnější autozesilovače tzv. napěťový booster, neboli měnič napětí, na jehož výstupu máme např. 24 V.

## REPRODUKTORY

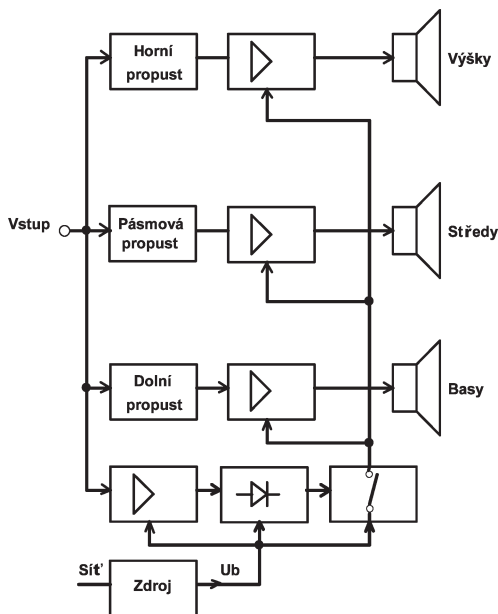
Reproduktor je elektroakustický měnič, převádějící elektrické kmity na mechanické, které jsme schopni slyšet. Kmitočtový rozsah, který je lidské ucho schopno vnímat je individuální, se zvyšujícím se věkem se snižuje. Obvykle bývá rozsah slyšitelných kmitočtů udáván od 20 Hz do 16 kHz. Protože jediný reproduktor není schopen obsáhnout celé toto spektrum kmitočtů, vyrábí se reproduktory pro jednotlivá kmitočtová pásma. Tak známe např. reproduktory hlubkové, středové a výškové. Existují sice i reproduktory širokopásmové, ty se však pro kvalitní poslech příliš nehodí. Aby každý reproduktor obdržel právě ty kmitočty, pro které byl vyroben, je třeba mu příslušné kmitočtové pásmo vybrat. K tomu slouží reproduktorové výhybky. Ty jsou složeny z kombinací kondenzátorů a tlumivek, tvořící kmitočtové filtry. Reproduktorová soustava (reprobox) pak obsahuje reproduktory pro jednotlivá kmitočtová pásma a příslušné výhybky. Podle počtu pásem rozeznáváme reprosoustavy **dvoupásmové, třípásmové** nebo **čtyřpásmové**.

Co se týká impedance reproduktorů nebo reprosoustav, je normalizovaná hodnota 4 nebo 8 ohmů, u autoreproduktorů i 2 ohmy.

Zvláštním druhem reproduktorových soustav jsou aktivní reprosoustavy. Tyto obsahují aktivní filtry, které rozdělují kmitočtové spektrum na potřebný počet pásem, za nimi pak následují koncové zesilovače, takže každý reproduktor má svůj vlastní zesilovač. Aktivní reprobox je pak možno připojit přímo za korekční předzesilovač. Kvalitnější aktivní reproboxy mohou být vybaveny automatikou, která, je-li přítomen signál zapne zesilovače reproboxu. Vypne se rovněž automaticky, pokud na vstupu není přítomen signál po určenou dobu (např. 2 minuty).

## PARAMETRY NÍZKOFREKVENČNÍCH ZESILOVAČŮ

Veškeré parametry nízkofrekvenčních zesilovačů lze ověřit měřením, což je činnost náročná na teoretické i praktické znalosti a v neposlední řadě i na přístrojové vybavení. Protože se amatér – elektronik tímto měřením v praxi nebude podrobně zabývat, omezíme se zde pouze na definice jednotlivých parametrů, tak, jak je zmiňuje norma DIN 45 500, případně na informativní popis měřících metod.



**Obr. 4** *Blokové schéma třípásmové aktivní reprosoustavy s vypínací automatikou a napájením*

## Přenosové pásmo

Průběh se vztahuje na referenční kmitočet 1 kHz, regulátor hlasitosti je vytočen na plné zesílení, korekční potenciometry, tj. hloubky a výšky jsou v nulové poloze. Výstup je zatížen jmenovitou zátěží, na vstup jsou připojeny náhradní vstupní impedance jednotlivých vstupů – viz *tab. II. (str. 19)*. Zesilovač má mít kmitočtovou charakteristiku 40–16 000 Hz s odchylkou max.  $\pm 1$  dB u lineárních vstupů a  $\pm 2$  dB u korigovaných vstupů. Tento parametr je u moderních zesilovačů splněn většinou s velkou rezervou.

## Odchyłka mezi stereofonními kanály

Zde povoluje norma DIN 45 500 poměrně velkou toleranci. Nemá-li stereofonní zesilovač regulátor vyvážení (balance), je povolena maximální odchylka mezi oběma kanály 3 dB. Jestliže je tento regulátor součástí zesilovače a může-li nastavovat napěťovou úroveň mezi oběma kanály alespoň o 8 dB, pak je povolena základní odchylka až 6 dB.

Rozsah regulace vyvážení lze jednoduše kontrolovat voltmetrem, zapojeným na výstup zesilovače. Regulátor vyvážení nastavíme do jedné z krajních poloh měříme napětí levého a pravého kanálu. Pozor na to, aby jeden z kanálů přitom nebyl přebuzen!

Stanovená tolerance platí pro kmitočtový rozsah 250 až 6300 Hz. Přitom je účelné měřit souběh kanálů nejen při regulaci hlasitosti naplno, ale i při zmenšeném zisku o 20 a 40 dB. Tím ověříme, zda ani při nejmenších hlasitostech nevybočuje souběh z povolených tolerancí. Zde totiž bývají odchylky od předepsané hodnoty nejvyšší. Na nesouhlasu průběhů hlasitosti se největší měrou podílí nesouběh obou polovin tandemového potenciometru hlasitosti.

## Zkreslení signálu

Budeme se zde zabývat nejvýraznějšími typy zkreslení, tj. **harmonickým a intermodulačním**.

### *Zkreslení harmonické*

Při měření harmonického zkreslení přivádíme na vstup měřeného zesilovače čistě sinusový signál, přičemž vyhodnocujeme jeho změny po průchodu zesilovačem, tedy na jeho výstupu. Tyto změny signálu jsou způsobovány nelineárními členy v přenosové cestě, kterými je signál deformován. Tím vznikají nové kmitočtové složky – vyšší harmonické kmitočty, tj. kmitočty násobků základního kmitočtu generátoru.

*Rozlišujeme dvě základní metody, jimiž se zkreslení měří.*

- 1) Měření pomocí kmitočtového analyzátoru ke zjištění úrovně jednotlivých vyšších harmonických na výstupu. Výsledné zkreslení je v tomto případě nutno vypočítat podle vzorce. Toto měření je nejobjektivnější, neboť se při něm prakticky neuplatňují cizí (rušivá) napětí, která každý zesilovač produkuje.
- 2) Měření pomocí hornopropustného filtru (tzv. sumární měřiče zkreslení), pomocí kterého se zjišťuje obsah všech vyšších harmonických v původním signálu. Při tomto měření se však podle okolností mohou uplatňovat cizí, (rušivá) napětí a zvláště při měření zesilovačů s velmi malým zkreslením mohou tento parametr nepříznivě ovlivnit.

Základní podmínkou při měření zkreslení zesilovače je tónový generátor se zanedbatelným vlastním zkreslením. Abychom měli zajištěno co nejpřesnější měření, nemělo by zkreslení použitého generátoru přesahovat asi tak desetinu měřeného zkreslení. Protože kvalitní zesilovače dosahují



zkreslení řádově desetin až setin procenta, bývá zajištění podobného generátoru více než obtížné. Proto se v takovém případě doporučuje zařadit mezi výstup tónového generátoru a vstup měřeného zesilovače dostatečně strmý hornopropustný filtr, který potřebným způsobem zmenší obsah vyšších harmonických v budícím signálu.

Harmonické zkreslení měříme obvykle nejen na 1 kHz, ale i na jiných kmitočtech, přičemž jsou doporučeny kmitočty 40, 100, 400, 1000 a 6300 Hz. Podle normy DIN 45 500 jsou pro třídu HI-FI povolena tato největší zkreslení:

- Předzesilovače smějí mít činitel zkreslení nejvýše 0,7 v rozsahu od 40 do 4000 Hz a to při plném vybuzení vstupním signálem.
- Koncové zesilovače smějí mít činitel zkreslení rovněž nejvýše 0,7 %, avšak v rozsahu od 40 do 12 500 Hz.
- Výkonové zesilovače mají celkové povolené zkreslení 1 %.

Zkreslení u koncových a výkonových zesilovačů se měří nejen při jmenovitém výstupním výkonu, ale též při napěťové úrovni o 26 dB menší, než odpovídá jmenovitému výkonu. Výstupní výkon však poté nesmí být menší, než  $2 \times 50$  mW u stereofonního, nebo 100 mW u monofonního zesilovače.

### **Zkreslení intermodulační**

Tento druh zkreslení vzniká rovněž nelinearitou přenosových členů, projevuje se však poněkud odlišně a ve svých důsledcích je rozhodně nepříjemnější, než zkreslení harmonické.

Harmonické zkreslení měříme signálem jediného kmitočtu. To však neodpovídá praxi, neboť v praxi reprodukuje v každém okamžiku řadu současně znějících tónů. Zjednodušíme-li tento případ na dva tóny, pak na nelinearitě přenosových členů vznikají nové signály, jejichž kmitočty jsou součtem či rozdílem tónů základních a samozřejmě i jejich vyšších harmonických. Snadno odvodíme, že k původním signálům nemají žádný harmonický vztah, což je v reprodukci nepříjemnější, než produkty harmonického zkreslení.

Měří se poněkud obtížněji, neboť je třeba přivést na vstup zesilovače signály dva a to (podle DIN 45 500) 250 Hz a 8000 Hz, přičemž signál 250 Hz má mít úroveň čtyřikrát vyšší a zesilovač jím má být vybuzen na 80 % napětí, odpovídající jmenovitému výstupnímu výkonu. K vyhodnocení je zde nezbytně nutné použít kmitočtový analyzátor a pak vyhodnotit zjištěné úrovně. Je povoleno maximální intermodulační zkreslení 2 %.

Oba druhy zkreslení jsou ve vzájemném vztahu (i když ne přesně matematicky definovanému), takže lze předpokládat, že pokud snáze měřitelné harmonické zkreslení nepřekročí povolenou hranici, bude i intermodulační zkreslení v přijatelných mezích.

## Přeslech mezi kanály

Jedná se o nežádoucí jev, při kterém se u stereofonních zesilovačů signál z levého kanálu dostává do pravého a opačně. Měříme jej tak, že jeden kanál stereofonního zesilovače vybudíme na jmenovitý výkon, přičemž regulátor hlasitosti nastavíme naplno a tónové korekce na pokud možno vyrovnaný kmitočtový průběh. Vstupy a výstupy zatížíme jmenovitými impedancemi, načež měříme zbytkové výstupní napětí nevybuzeného kanálu. Poměr napětí plně vybuzeného a nevybuzeného kanálu udává míru přeslechu. Při signálu 1000 Hz musí být přeslech minimálně 40 dB, v pásmu 250 až 10 000 Hz nejméně 30 dB. Norma DIN 45 500 doporučuje měřit přeslech i při různém nastavení regulátoru hlasitosti (až do -40 dB), případně při různém nastavení tónových korektorů.

Přeslech mezi kanály je patrnější při zvyšujících se kmitočtech a to např. jako důsledek nežádoucích kapacitních vazeb, je tedy vhodné ověřit si hodnoty přeslechů v oblasti vyšších akustických kmitočtů.

## Přeslech mezi jednotlivými vstupy

Týká se jak stereofonních, tak monofonních zesilovačů. Měří se pronikání signálu připojeného k určitému vstupu do toho vstupu, který je právě k zesilovači připojen. Měříme tak, že nejprve ke všem vstupům zapojíme předepsané náhradní impedance a na výstup předepsaný zatěžovací odpor. K jednomu vstupu připojíme tónový generátor a při regulátoru hlasitosti nastavenému naplno nařídíme takové vstupní napětí, aby výstupní napětí odpovídalo úrovni jmenovitého vybuzení. Pak postupně přepínačem vstupů zapojujeme všechny ostatní vstupy, (které jsou bez signálu) a měříme zbytkové napětí na výstupu. Signál 1000 Hz musí mít na výstupu nejméně o 50 dB menší úroveň, signály v pásmu 250–10 000 Hz alespoň o 40 dB. Při měření volíme různé kombinace vstupů, to znamená, že zdroj signálu zapojujeme postupně na různé vstupy.

Přeslech mezi jednotlivými vstupy může být za určitých okolností velmi nepříjemný, např. tehdy, je-li na některém z nich připojen zdroj trvalého signálu (tuner) a jeho signál pak proniká do ostatních vstupů. Pokud používáme mechanické přepínače vstupů, je toto nebezpečí podstatně menší, než při nevhodném zapojení elektronických přepínačů.