

Rozdělení audio signálu do frekvenčních pásem a konečné propojení akustického řetězce

Pavel Kůrka
www.audiolabk.cz

Obsah

1. Úvod.....	3
2. Základní rozdělení reproduktorových soustav.....	3
2.1. Reproduktorová soustava s otevřenou nebo deskovou ozvučnicí	3
2.2. Reproduktorová soustava s uzavřenou ozvučnicí.....	4
3. Složení reproduktorové soustavy pasivní.....	7
3.1. Vlastní akustický zářič, reproduktor	7
3.2. Analogový filtr pasivní, frekvenční výhybka	8
3.3. Řešení fázových problémů v analogových výhybkách	11
4. Reproduktorové soustavy aktivní	14
4.1. Digitální filtry	14
4.2. Složení aktivního systému	15
4.3. Aktivní reproduktorová soustava s otevřenou ozvučnicí	15
5. Závěr.....	16

1. Úvod

V minulé části Elektro-akustický převod jsme se zaměřili na reproduktory jako základní elektroakustické měniče, na funkce, jejich potřeby, a na možnosti, které nám poskytují. Protože žádný standardní elektrodynamický reproduktor nezvládne kvalitně přehrát celé akustické pásmo (většinou se u Hi-Fi zařízení bere pásmo 20 Hz – 20 kHz), musíme vlastní reproduktorovou soustavu sestavit z více reproduktorů. To bude naše dnešní téma k zamyšlení.

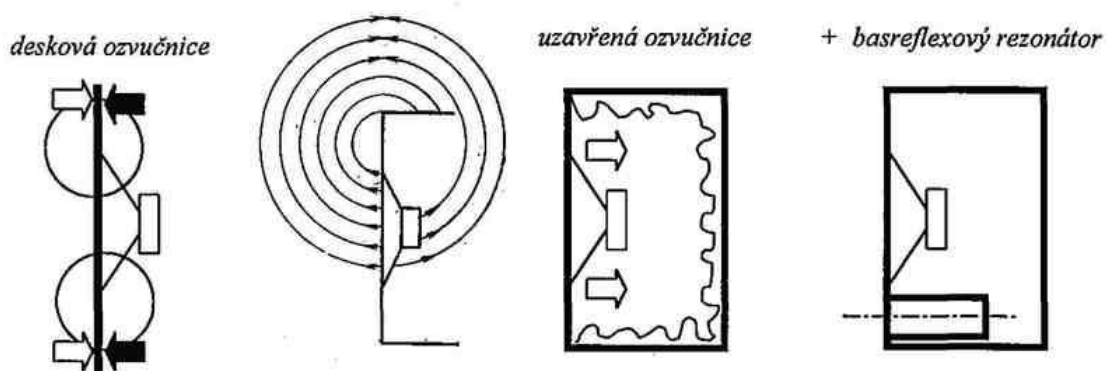
2. Základní rozdělení reproduktorových soustav

Z pohledu toho, kde se zesiluje audio signál, rozdělujeme reproduktorové soustavy na aktivní a pasivní. Tzn., že pokud obsahuje reproduktorová soustava i vlastní zesilovač, pak je aktivní a zapojuje se jen ke zdroji audio signálu většinou v úrovni do 2 V. Pasivní reproduktorová soustava potřebuje být vždy připojena na koncový zesilovač, který je schopen dodat reproduktoru dostatečnou energii na to, aby vyprodukoval očekávaný akustický tlak.

Z pohledu vlastního provedení ozvučnice rozdělujeme reproduktorové soustavy na reproduktory s otevřenou nebo deskovou ozvučnicí a reproduktory s uzavřenou ozvučnicí, které se někdy doplňují bass-reflex otvorem nebo jinými akustickými doplňky, které slouží k intenzifikaci akustického tlaku reproduktorové soustavy na nejnižších kmitočtech.

2.1. Reproduktorová soustava s otevřenou nebo deskovou ozvučnicí

Reproduktorová soustava s otevřenou nebo deskovou ozvučnicí je základní a nejjednodušší provedení ozvučnice, které má jen jediný problém, a to je akustický zkrat pro vlnové délky (frekvence), které jsou větší, než je šířka ozvučnice. Viz níže uvedený obrázek:



Na prvním obrázku je znázorněna vlnová délka, která je stále kratší, než je rozměr deskové ozvučnice, takže se odrazí a putuje do poslechového prostoru. Pro vaši představu, vlnová délka frekvence 1 kHz je cca 34 cm. Je-li ale frekvence dvakrát nižší, tedy 500 Hz, je její vlnová délka již 68 cm, a to už může být více než rozměr deskové ozvučnice. Zvuková vlna se nemá od čeho odrazit a putuje dokola kolem okraje deskové ozvučnice, jak je znázorněno na druhém obrázku těmi největšími kružnicemi. Pokud si uvědomíte, že membrána reproduktoru rozechvívá vzduch a vytváří tak zvuk (vlnu) na obě strany stejně, jen s opačnou fází (vlna vepředu tlačí vzduch a vlna vzadu ho tahá), tak je zřejmé, jakmile se tyto dva zvukové signály o frekvenci s vlnovou délkou větší, než je rozměr ozvučnice srazí, navzájem se vyruší a vznikne akustický zkrat. Pokud si nedokážete představit, kolik je 500 Hz, tak je dobré vědět, že tzv. dupák, velký buben bicí soupravy, na který bubeník hraje nohou má cca 63 Hz, což je ještě cca 9 x méně než vzpomínaných 500 Hz. Aby tento kmitočet nebyl ovlivněn akustickým zkratem, musela by desková ozvučnice být ještě 9 x větší než námi počítaná 68 cm pro 500 Hz.

Je tedy zřejmé, že reproduktorové soustavy s otevřenou ozvučnicí mají problémy s přenosem nízkých kmitočetů. Zbytek pásma hrají bez jakýchkoliv problémů.

2.2. Reproduktorová soustava s uzavřenou ozvučnicí

Aby nedocházelo k výše uvedeným akustickým zkratům, používají se uzavřené ozvučnice (je uvedena na třetím místě výše uvedeného obrázku). Zvuková vlna ze zadní strany membrány reproduktoru jde do uzavřené bedny a nemůže ven. Nedojde tedy k akustickému zkratu se zvukovou vlnou z přední strany membrány. Je ale důležité si uvědomit, že zvuková vlna uvnitř ozvučnice se odráží od vnitřních stěn a jakmile se dostane po odrazu zpět na zadní stranu membrány reproduktoru, tak ho zásadně ovlivní a způsobí mu zkreslení toho, co vyzařuje do přední části před membránu. Abychom se tomuto vyhnuli, musíme pokrýt vnitřní stěny ozvučnice dostatečným akustickým tlumením, abychom maximálně omezili vnitřní odrazy zpět na membránu. To je na výše uvedeném obrázku vidět také. Abychom se zpětným odrazům na membránu vyhnuli téměř úplně, je nutné zabezpečit, aby úhly odrazu zvukových vln od vnitřních stěn ozvučnice vždy směřovaly dále dozadu od membrány. Toho geniálně využívá např. firma B&W viz obrázek dole, která vyrábí ozvučnice ve tvaru šnečí ulity, ta je vyplněna tlumícím materiálem a všechny akustické vlny ze zadní strany reproduktoru se odráží stále hlouběji do šnečí ulity, nebo čím dál užšího prostoru až dojde k jejich totálnímu zatlumení.

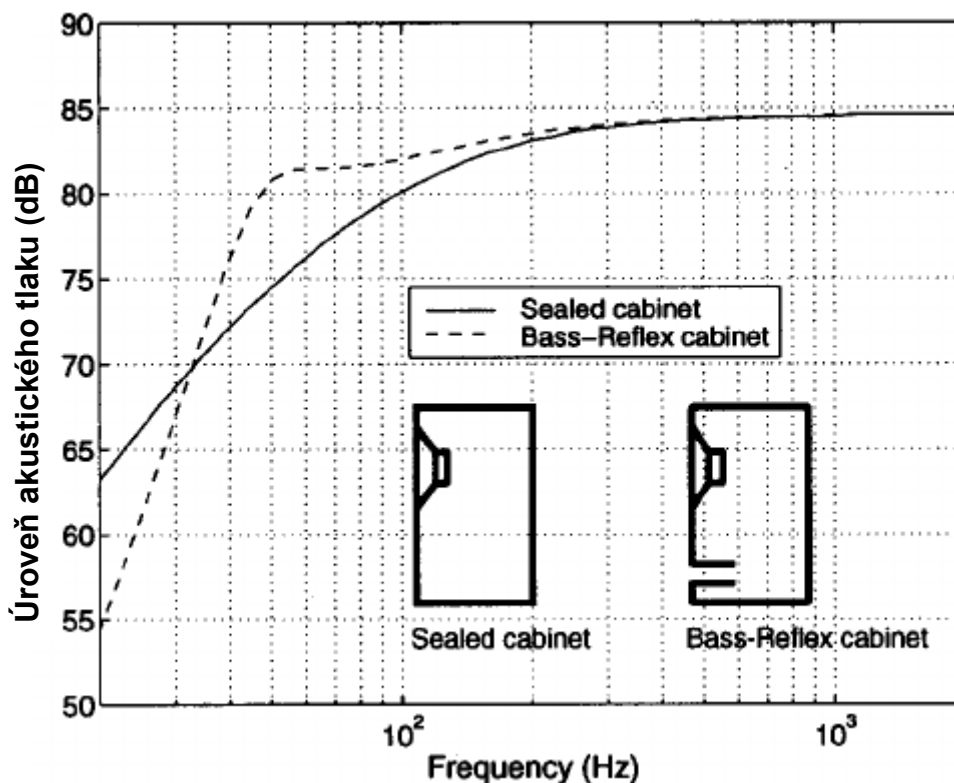


Je zřejmé, že výroba takovéto ozvučnice je velmi náročná. Dá se však vyrobit i standardní hranatá ozvučnice z desek, která má uvnitř speciálně umístěné šikmé překážky, které zabezpečí odrazy zadních akustických vln dále do vnitřního prostoru vyplněného akustickým tlumícím materiálem a výsledek je velmi podobný.

Další problém, který musíme u uzavřené ozvučnice řešit je omezený objem vnitřního vzduchu. Při pohybu membrány dovnitř ozvučnice dochází k jeho stlačování. Čím menší objem vnitřního vzduchu je, tím větší síla na jeho stlačení je potřeba. Tuto sílu ale musí vytvořit zadní stěna membrány. To jí ovšem bere energii, kterou jsme chtěli využít na vytvoření akustické vlny ven z reproduktoru a dochází ke snižování výstupního akustického výkonu. Když si uvědomíme, že čím nižší frekvenci má reproduktor zahrát, tím větší výchylku musí membrána udělat, je jasné, že máme zase problém na nejnižších kmitočtech. Ne tak velké jako u otevřené ozvučnice, ale máme je. Vyhneme se jim, pokud vyrobíme dostatečně objemnou ozvučnici. K rozhodnutí, jak velkou ozvučnici vyrobit, aniž bychom si ovlivňovali výstupní charakteristiku nám pomůže parametr reproduktoru, který se jmenuje Ekvivalentní objem. Ten si buď můžete najít v technických parametrech reproduktoru nebo si jej můžete změřit. Tak např. můj osmipalcový basový reproduktor Audax má

ekvivalentní objem 120 l. Takže pokud by má ozvučnice měla vnitřní objem 120 l, nemusel bych nejnižší část přenášeného spektra vůbec řešit. Jenže mít doma v obývacím dví reprodedy s vnitřním objemem 120 l jenom pro basové reproduktory je dost nepraktické. Je tedy dobré se zamyslet nad tím, jak bychom mohli využít alespoň část z těch 50 % energie, které uvnitř ozvučnice zatlumíme.

Protože se nám jedná jen o nejnižší kmitočty, musíme zabezpečit, abychom z této vnitřní energie využili jen zvukové vlny těchto nejnižších frekvencí. Nejpoužívanějším systémem je tzv. bass reflex. Do stěny reproduktorové soustavy se umístí trubka, která spojí vnitřní a vnější prostor ozvučnice. Viz. Obrázek níže.



Vnitřní objem trubky bass reflex určuje její rezonanční frekvenci. Na výše uvedeném obrázku je rezonance bass reflex otvoru něco přes 40 Hz. Plnou čarou máme znázorněnu charakteristiku uzavřené ozvučnice bez bass reflex rezonátoru a přerušovanou čarou charakteristiku stejné reprodedy s „bass reflex“ rezonátorem. Ten způsobí pozvednutí charakteristiky v okolí své rezonance (rezonátor stejně jako klasická píšťalka píská). Píská ale jen v případě, že se taková frekvence uvnitř

reprobedny objeví, takže jí podpoří. Tím pozvedne na dané frekvenci výstupní charakteristiku.

Tím jsme si vysvětlili chování reproduktorové soustavy na nejnižších frekvencích a teď si vysvětlíme, jak se dá řešit zbytek přenášeného pásma, protože samotný basový reproduktor by zbytek pásma nezahrál.

3. Složení reproduktorové soustavy pasivní

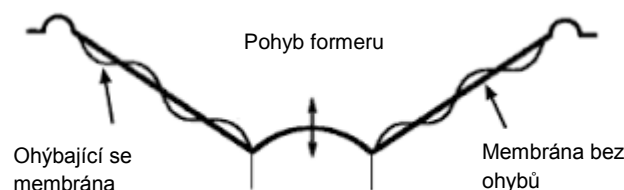
Chceme-li umístit do reproduktorové soustavy více reproduktorů, musíme zabezpečit, abychom jim jejich práci správně rozdělili. Velmi často se setkáte s reproduktorovou soustavou dvoupásmovou, protože je malá, má méně vnitřních prvků a je tím nejlevnější. Není ale od ní možné očekávat ty nejnižší basy, protože výškový reproduktor má často problém hrát již od 2 nebo 3 kHz a basový reproduktor velkého průměru by se tam ani nedostal. Rozumné řešení pro dvoupásmovou reproduktorovou soustavu je tedy výškový reproduktor s 6 nebo maximálně 8 palcovým basovým reproduktorem. Oželíme-li ty nejnižší basové frekvence, tak taková soustava dokáže již hrát velmi kvalitně.

Požadujeme-li i přenos nejnižších kmitočtů, musíme zvolit reproduktory tři nebo i čtyři. U takovýchto řešení musíme ale rozdělit pečlivě pracovní pásma všech reproduktorů a zabezpečit, aby nehrály kmitočty, které jim dělají problémy. Musíme tedy použít kvalitní frekvenční výhybky a řešit mnoho dalších potíží, které tímto řešením nastanou.

3.1. Vlastní akustický zářič, reproduktor

Každý reproduktor hraje nejlépe ve střední části své charakteristiky. Směrem k nízkým i k vysokým kmitočtům jeho výstupní akustický tlak klesá a jeho zkreslení se zvyšuje. Frekvenční rozsah tohoto středního nejkvalitnějšího pásma je dán jeho průměrem (velikostí membrány). Takže reproduktor s průměrem 3 cm bude hrát nejlépe kolem 10 kHz, reproduktor s průměrem 15 cm bude hrát nejlépe kolem 2 kHz a pro reproduktor s průměrem 60 cm to bude pásmo kolem 500 Hz. Směrem k dolním kmitočtům je každý reproduktor omezen svým rezonančním kmitočtem, pod kterým jeho účinnost klesá a zkreslení stoupá. Rezonanční kmitočet reproduktoru je zejména dán vahou všech pohyblivých částí (membrána, former, cívka, objem vytlačovaného vzduchu) a silami, kterými jsou tyto pohyblivé části drženy ve své poloze (středička, závěs membrány). Směrem k horním kmitočtům dochází rovněž ke snížení produkovaného akustického tlaku a ke zvýšení zkreslení. V tomto případě se

ale hlavně projevuje problém s hybností pohyblivých částí a silou pohonu reproduktoru a z pohledu zkreslení i problém pevnosti membrány. Byla-li by membrána reproduktoru nekonečně pevná a nekonečně lehká, pak by reproduktor s vysokými kmitočty kromě váhy vytlačovaného vzduchu problém neměl a hrál by mnohem výše. Jenže pohon má omezenou sílu, takže od určité frekvence už nestačí vytvářet stejný akustický tlak a tím jeho výkon klesá a žádná membrána není nekonečně pevná, takže při vytvoření síly na former pomocí audio signálu a daného elektromagnetického obvodu (viz. šipky Pohyb formeru dole na obrázku) se přenáší tato síla v místě jejich spojení na membránu. Jenže membrána není nekonečně pevná a dochází k jejímu ohýbání. Nejhorší situace nastane v oblasti rezonančního kmitočtu membrány, kdy membrána začíná sama vytvářet zvuk, který v audio signálu vůbec nebyl. Ohýbání membrány je znázorněno na tomto obrázku:

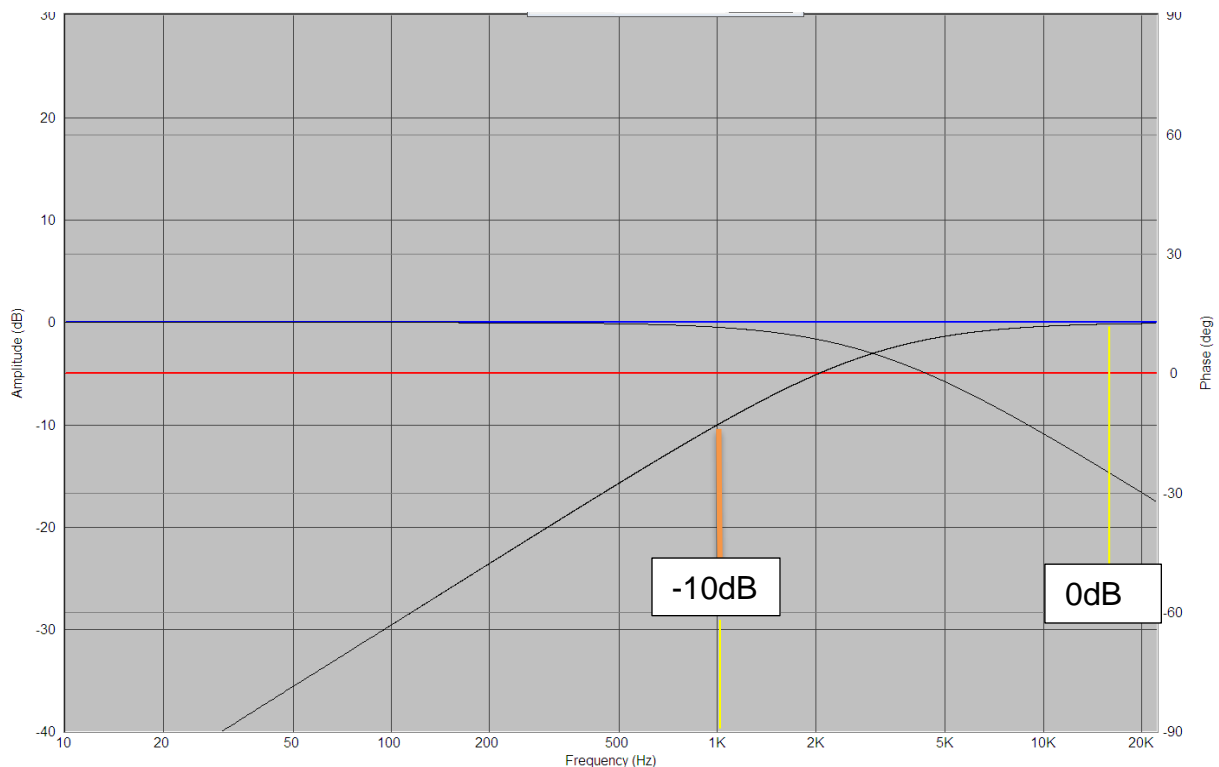


Pokud tedy chcete, aby vaše reproduktorová soustava hrála velmi kvalitně, je nutné rozdělit přenášené pásmo (dejme tomu 50 Hz až 20 kHz) do více pásem a každému pásmu vybrat vhodný reproduktor.

3.2. Analogový filtr pasivní, frekvenční výhybka

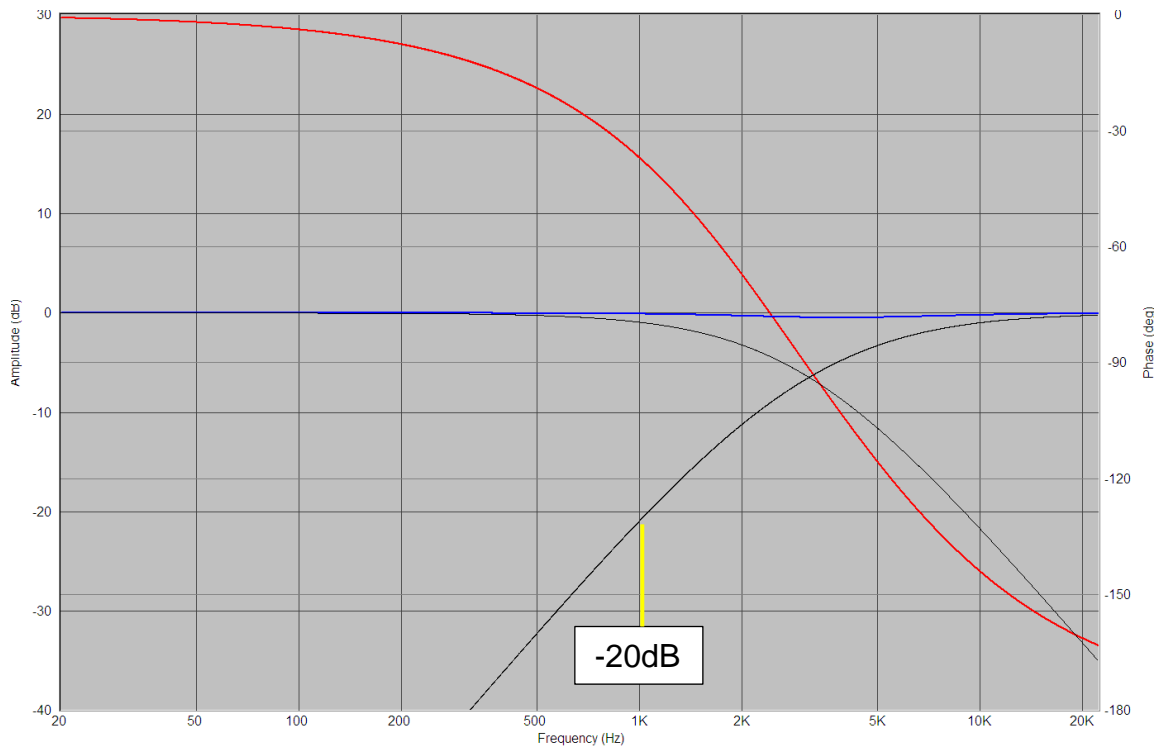
Kvalitní analogová frekvenční výhybka je základ pro vícepásmovou reproduktorovou soustavu. Z hlediska potřebného srovnání amplitudy výstupního signálu reproduktoru jsou její možnosti velmi pěkné. Je nutné si však uvědomit, že pro věrný poslech vícepásmové reproduktorové soustavy nestačí mít jen věrnou amplitudu signálu. Musíme se postarat i o fázi (posun vytvořeného zvuku v čase), protože každá frekvenční výhybka má tzv. přechodové pásmo, kdy v jednom kanálu signál utlumuje a ve druhém kanálu ho uvolňuje a mají-li oba reproduktory hrát stejný signál a jeden reproduktor má jinou fázi (jeho vlna je posunuta jinam v čase), pak dochází k nepříjemnému zkreslení. Z tohoto pohledu je nejlepší výhybka prvního řádu, která má fázi (na obrázku níže červená čára) dokonale lineární. Modrá čára znázorňuje výstupní charakteristiku frekvenční výhybky a černé čáry dolní a horní propust pro basový a výškový reproduktor. Dělicí kmitočet této výhybky je 3 kHz. Útlum za dělicím kmitočtem takovéto výhybky je jen 6 dB na oktávu (to si můžete např. odečíst

na charakteristice dolní propusti, která při 5 kHz má útlum 6 dB a při 10 kHz – (což je jedna oktáva) 12 dB. Výsledek je tedy 6 dB/Oktávu. Viz obr. níže:



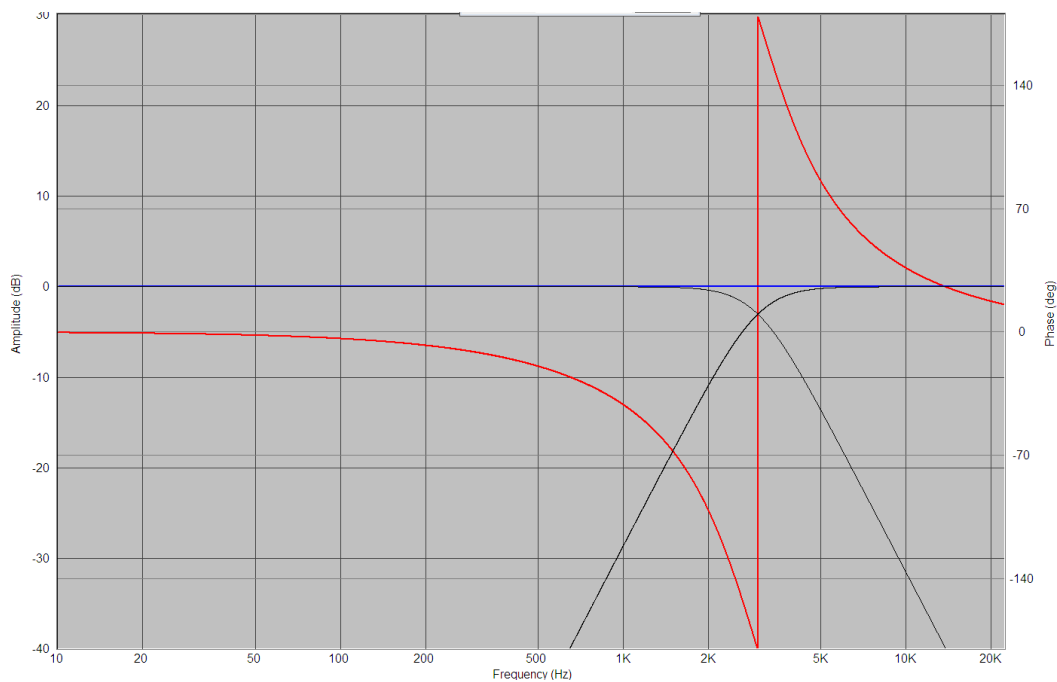
Problém této výhybky je ten, že málo chrání reproduktor mimo jeho pracovní pásmo. Pokud si například představíme, že reprobredna bude hrát signál cca 1000 Hz, je to pracovní pásmo basového reproduktoru a výškový by hrát neměl. Jenže, jak vidíte na výše uvedeném obrázku, je výškový reproduktor zatlumen jen 10 dB oproti své standardní úrovni, takže bude produkovat 1 kHz také, jen cca třikrát slaběji. To by sice nevadilo, kdyby ovšem výškový reproduktor už nehrál pod svým rezonančním kmitočtem, kde již podstatně více zkresluje.

Pokud použijeme výhybku druhého řádu, bude její tlumení za dělicím kmitočtem dvakrát větší než u výhybky prvního řádu, tedy 12 dB/Okt. Reproduktory budou dvakrát lépe chráněny mimo své pracovní pásmo a budete moci využít i tří nebo čtyř pásmovou výhybku a tím budete mít v reproduktorové soustavě i větší basový reproduktor, takže bude hrát nižší basy než výše popisovaná reproduktorová soustava dvoupásmová. Je však nutné si uvědomit, že fáze akustického signálu na každém dělicím kmitočtu výhybky 2. řádu překmitne o 180° (zase je uvedena červeně). Pokud zvolíte třípásmové řešení, budete mít přechodová pásma dvě. Problémy s fází kmitočtů v přechodových pásmech jsou zřetelné dobře slyšitelné. Viz. Obrázek níže:



Výše uvedený problém v přechodovém pásmu popisovaný výše u výhybky prvního řádu samozřejmě přetrvává, je ale menší. Ztlumení diskutovaného kmitočtu 1 kHz je v tomto případě 20 dB, takže výškový reproduktor ho bude hrát desetkrát slaběji než basový a neprojeví se tolik jeho zkreslení v blízkosti rezonančního kmitočtu.

Pokud zvolíte výhybku třetího řádu, budou výsledky následující:



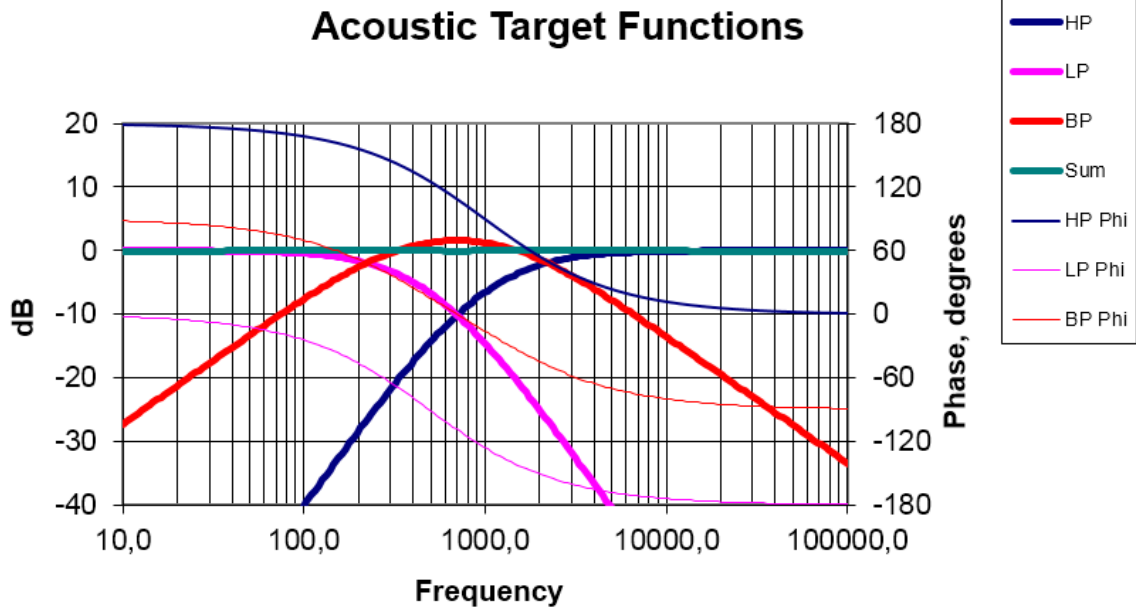
Fáze překmitává v přechodovém pásmu od $+180^\circ$ do -180° . Ochrana reproduktoru je ale už velmi kvalitní, protože v našem diskutovaném případě je tam už na 1 kHz útlum 30 dB a to znamená, že výškový reproduktor hraje již jen jednu třicetinu toho, co hraje basový.

To je ale pořád jen případ, kdy uvažujeme o bezztrátových komponentech frekvenční výhybky. Jakmile začneme řešit kvalitu kondenzátorů, vnitřní odpor a magnetický obvod tlumivek a kvalitu vlastních vodičů, je situace ještě mnohem složitější. Z tohoto pohledu je nutné si uvědomit, že nejdůležitější je, jak to hraje. Pokud se budete držet základních principů o kterých jsme výše mluvili, máte velmi dobrý základ. Vždycky je to ale nutné nejdříve slyšet, případně porovnat dvě řešení a vybrat to lepší. Stalo se nám mnohokrát, že měření vyšlo velmi dobře, zvuk byl ale horší, takže se to nerealizovalo. Dnešní výpočetní možnosti a dostupný měřicí aparát vám umožňuje velmi dobré možnosti pro přípravu na testování. Je nutné si ale uvědomit, že kromě toho, co jsme si řekli minule o ideálním akustickém měniči, tak v případě celé reproduktorové soustavy navíc platí:

1. Přední stěna nesmí mít žádné ostré hrany nebo by měla být nekonečně veliká, aby nedocházelo k difrakci (frekvence s menší vlnovou délkou, než je rozměr přední stěny se od přední strany odráží a posilují akustický tlak dopředu, frekvence s větší vlnovou délkou pak putují za reprobodnu a neposilují tak akustický tlak dopředu).
2. Frekvenční výhybka by měla mít co nejméně prvků. Každý přidaný prvek sice možná něco napraví, ale je-li v cestě audio signálu do reproduktoru, tak vždycky kvalitu reprodukce zhorší.
3. Prvky, které musíme do frekvenční výhybky použít musí být vždy co nejvyšší kvality. Cívky, pokud možno vzduchové, a z co nejsilnějšího vodiče. Kondenzátory, nikdy elektrolytické, vždy co nejvyšší kvality dielektrika – je to velmi slyšet. Vodiče co nejkratší, nejsilnější a nejkvalitnější.
4. Ozvučnice (bedna) musí být max. pevná, aby neměla téměř žádné vlastní rezonance. (Když si na ní pořádkem, musíte slyšet jen jemný a dostatečně vysoký zvuk).

3.3. Řešení fázových problémů v analogových výhybkách

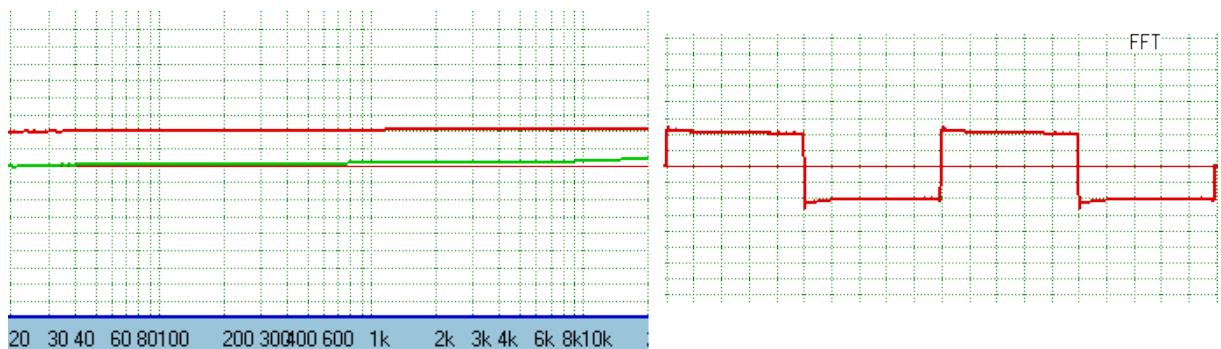
Naštěstí existuje řešení i pro třípásmové analogové výhybky takové, které má lineární (nemusí být konstantní) charakteristiku i v přechodovém pásmu a má pak perfektní chování. Tímto řešením se velmi detailně zabývá na svém webu J. Kreskovsky. Ukázku takovéto výhybky máte na níže uvedeném obrázku.



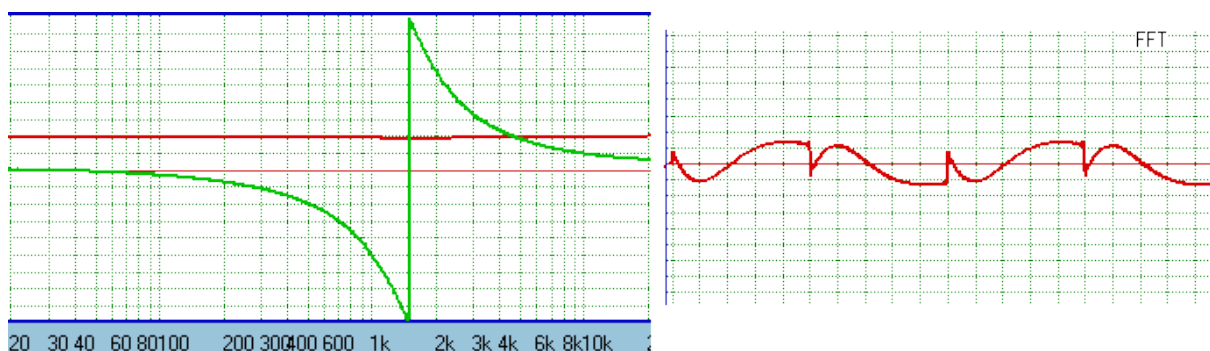
Na tomto řešení je důležité si všimnout, že dolní i horní propust není ani prvního ani druhého řádu, ale něco mezi a má sklon 9 dB/oktávu. Filtr pro středový reproduktor je prvního řádu a má sklon 6 dB/oktávu a hlavně, je umístěn o 3 dB výše než dolní a horní propust. Co je ale nejdůležitější, jsou fáze všech třech pásem. Všimněte si, že všechny tři se chovají zcela souměrně přes celé akustické pásmo. Výsledek je pak skvělý. Je nutné však počítat s tím, že středový reproduktor bude chráněn mimo své pracovní pásmo jen 6 dB/oktávu a basový a výškový 9 dB/oktávu. Je tedy nutné jejich pracovní pásma velmi pozorně vybírat.

Podívejte se na rozdíl, jak zahrají reproduktorové soustavy se standardní výhybkou a s touto výhybkou pro perfektní přechodové pásmo stejný obdélníkový signál 800 Hz:

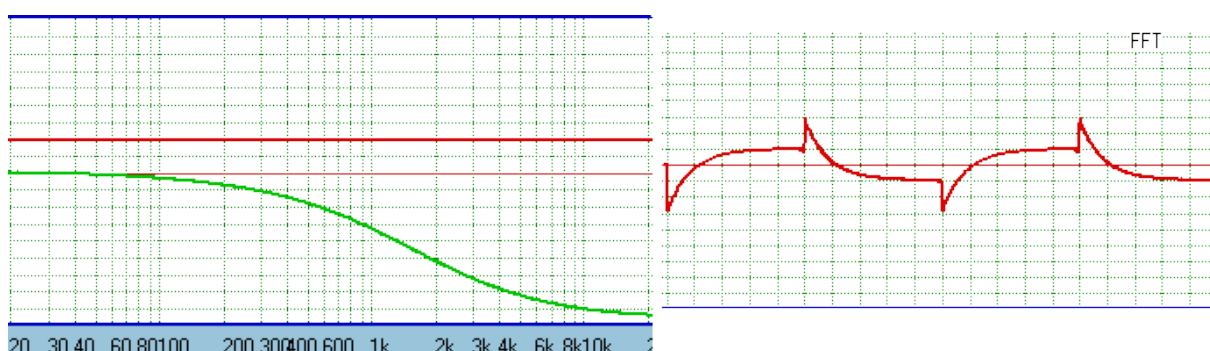
1. Výhybka 1. řádu - Butterworth



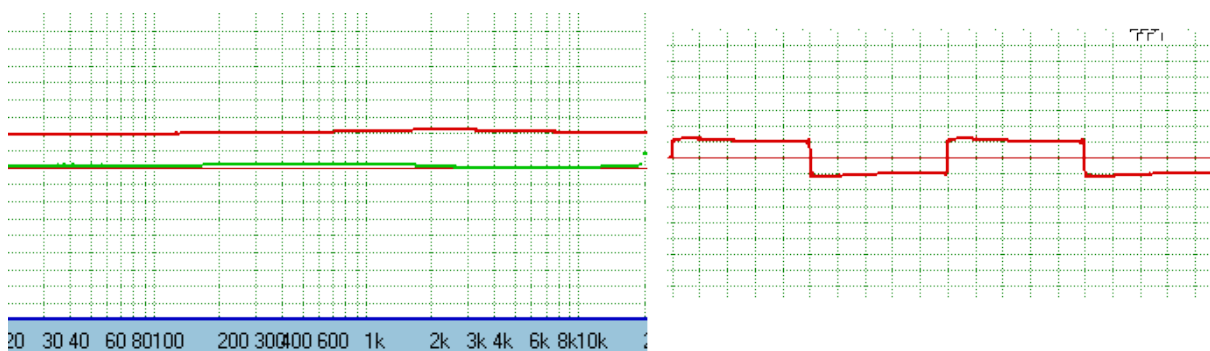
2. Výhybka 3. řádu - Butterworth



3. Výhybka 2. řádu – Linkwitz/Riley



4. Výhybka 2. řádu – s perfektním přechodovým pásmem



Na levé straně vždy vidíme přenosové charakteristiky daného filtru a na pravé straně pak skutečný akustický signál vycházející z dané dvoupásmové reproduktorové soustavy s danou frekvenční výhybkou.

Jak jsme si již na začátku tohoto článku řekli, je výhybka druhého řádu perfektní, protože má konstantní fázi i přes přechodové pásmo a výsledný akustický signál tak

neovlivňuje. Reprodukory jsou však málo chráněny mimo své plánované pásmo využitelnosti a mohou při vyšších akustických tlacích zásadně negativně ovlivňovat výsledný zvuk.

Všechny ostatní typy standardních frekvenčních výhybek mají sice lépe chráněné reproduktory a mohou tedy hrát i s vyšším akustickým tlakem bez přetěžování reproduktorů, mají ale problémy s fází v přechodovém pásmu a naměřený výsledek v akustickém prostoru se obdélníku vůbec nepodobá.

Až námi diskutovaná speciální frekvenční výhybka s perfektním pásmem přechodu hraje zase obdélník korektně. Výhybka nechrání tak dobře reproduktory jako výhybky druhého a třetího řádu, ale chrání je lépe než výhybka prvního řádu. Pokud takovéto reproduktorové soustavy nechcete využívat někde na diskotéce, pak pro domácí poslech jsou z pozice pasívních reproduktorových soustav asi to nejlepší.

4. Reproduktorové soustavy aktivní

S rozvojem moderních technologií a zejména s příchodem počítačů s velmi kvalitními zvukovými kartami se možnosti úpravy audio signálu zásadně zlepšily. Nejen, že se dá velmi jednoduše a velmi přesně změřit i v domácích podmínkách jakýkoliv reproduktor, ale máme možnosti i pracovat s audio signálem v digitální podobě. Počáteční odpor audiofilů proti digitálnímu zpracování byl zejména ten, že na počátku nám technika dovoľovala jen určité vzorkování (např. CD rozlišení 16 bit, 44,1 kHz). Výsledky nebyly opravdu dobré a dlouho jsme si mysleli, že s vyššími rychlostmi vzorkování se to zlepší. Pak se ukázalo, že největším problémem byl jitter („nestálost audio signálu na časové ose“) a najednou se zjistilo, že i CD rozlišení hraje pěkně. (Více jste si mohli již přečíst v jednom z našich minulých článků „Zdroje akustického signálu“).

4.1. Digitální filtry

V našem povídání se nebudeme zabývat matematickými odvozeními, těch si může každý na internetu najít kolik chce. Důležité je pochopit, jaké možnosti digitální úpravy audio signálu jsou.

Dnes na trhu můžete koupit velké množství různých digitálních filtrů, ve kterých jsou již připraveny programy různých druhů filtrů. Téměř vždy ale se objevují verze filtrů, které v digitální podobě nahrazují standardní analogové filtry, včetně jejich vlastností, o kterých jsme mluvili výše. Máte sice možnost vytvořit bez problémů filtr čtvrtého řádu na jakékoliv frekvenci a chránit tím dokonale reproduktor mimo své pracovní pásmo. Jenže problémy s akustickou fází jenom stupňujete.

Existují však digitální filtry, které umí upravit amplitudu signálu na požadovanou úroveň, bez toho, že by ovlivnili fázi signálu. Tyto filtry jsou plně digitální, nemají ekvivalent v analogové oblasti a jsou označovány FIR (Finite Impulse Response), tzn. filtry s konečnou impulsní odezvou. Musí ale zpracovávat digitální signál. Je tedy vhodné je zařadit hned za zdroj digitálního audio signálu, signál rozdělit do počtu pásem podle počtu reproduktorů v reproduktorové soustavě, amplitudu signálu digitálně upravit na požadovaný tvar, převést každé pásmo zvlášť na analogový signál, ten zesílit a připojit k reproduktoru. Výsledek je nejlepší možný, jaký dnes můžeme dosáhnout. Digitálním filtrem si můžete korigovat nepřesnosti v amplitudě způsobené např. výše popisovanou difrakcí na hranách reprobedny, můžete korigovat vliv poslechové místnosti atd. Možnosti jsou neuvěřitelné.

4.2. Složení aktivního systému

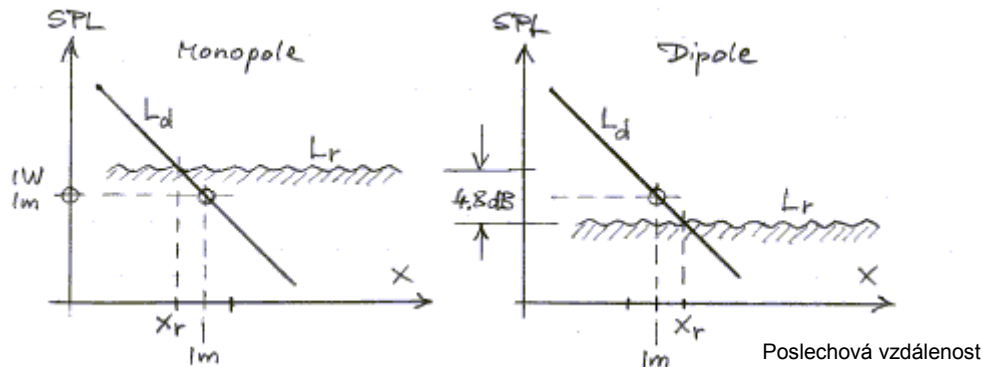
Jak jsme si již řekli v předcházejícím odstavci, musí se u digitálních filtrů zpracovávat digitální signál. Zdroj audio signálu tedy musí být schopen vhodný signál dodat. Nejlepší zkušenosti dnes máme s osobním počítačem. Protože na internetu si dnes můžete koupit prakticky jakékoliv skladby ve velmi kvalitním rozlišení (dnes je běžné si koupit i standardní studiová rozlišení 192kHz/24bit v různých způsobech bezztrátového kódování), upřednostňujeme použití kvalitnějšího notebooku s USB2 výstupem. Aktivní reproduktorová soustava má pak na vstupu USB port, za kterým je digitální filtr FIR. Pokud budeme uvažovat třípásmové reproduktory, tak potřebujeme dva digitální filtry FIR pro pravý a levý kanál, šest D/A převodníků a šest stejných a kvalitních koncových zesilovačů (vždy tři a tři na kanál). Není to málo, ale výsledek je skvělý.

Navíc, realizovat aktivní reproduktorovou soustavu zvládne i člověk bez vzdělání v oblasti elektro. Jednotlivé komponenty se dají na internetu koupit bez problémů, a pak už jen záleží na tom, co si vyberete.

4.3. Aktivní reproduktorová soustava s otevřenou ozvučnicí

Jak jsme si již řekli v článku 2, má sice otevřená ozvučnice problémy s akustickým zkratem, ale netlumí 50 % své akustické energie v uzavřené ozvučnici. Máme-li k dispozici digitální filtr, je ideální řešení pro malé poslechové prostory použít otevřenou ozvučnici. Digitální filtr ve spolupráci s koncovými zesilovači nám upraví výstupní charakteristiky na požadovanou úroveň. Získáme tak reproduktorovou

soustavu typu dipól, a výsledný rozdíl mezi akustickým tlakem přímého akustického signálu a úrovní pole dozvuku v poslechové místnosti bude o 4,8 dB vyšší než u standardní reproduktorové soustavy s uzavřenou ozvučnicí, tedy typu monopól viz. obr. dole.



SPL je akustický tlak,

L_d je akustický tlak přímého akustického signálu

L_p je úroveň pole dozvuku v poslechové místnosti

x_r – kritická vzdálenost (doba dozvuku) – pro monopól je 0,72 m, pro dipól 1,24 m u námi prezentovaného případu.

O 4,8 dB nižší hladina pole dozvuku v případě dipólu výrazně snižuje maskování zvukových detailů vlivem místnosti. Odstraňuje se tím pocit přetížení místnosti během hlasitých přechodů akustického signálu a posloucháte tedy i na nižší poslechové úrovni a mnohem méně rušíte vaše okolí.

Tímto problémem jsme se již zabývali v článku „Kouzlo dvoukanálové reprodukce zvuku“.

5. Závěr

Je zřejmé, že pro aktivní systém nebudeme moci asi použít 6 elektronkových koncových zesilovačů, protože bychom se nedoplatili nejen za jejich pořízení, ale vzhledem k jejich účinnosti i za jejich provoz. Navíc, pokud máte malou poslechovou místnost, tak mít puštěných šest horkých koncových elektronkových zesilovačů není v létě asi příjemné. Dnešní možnosti jsou však už úplně jiné, a kdo neslyšel, neuvěří, jak kvalitně umí hrát dnešní koncové zesilovače ve třídě D. Jsou velmi malé, neprodukují teplo a hrají výborně. Přijďte si poslechnout.

Kdo nechce investovat do šesti koncových zesilovačů a šesti kvalitních D/A převodníků, existuje i jedno jednodušší, ale stále velmi kvalitní řešení.

Protože většinou není problém udělat kvalitní filtr mezi středními a vysokými kmitočty, lze použít řešení s dvoupásmovými reproduktorovými soustavami s otevřenou ozvučnicí a analogovou výhybkou pro středy a výšky a digitálním filtrem pro realizaci basů rovněž v otevřené ozvučnici.

Potřebujete pak o třetinu méně elektronických prvků a výsledek je prakticky shodný. Potřebujete tedy pak dva digitální filtry, čtyři kvalitní D/A převodníky a čtyři koncové zesilovače.

Přijďte si poslechnout. Můžeme poradit, či změřit chování vašich komponentů. Vždy, než se pro cokoliv rozhodnete, je nutné to nejdříve slyšet a případně porovnat s něčím, co už znáte.