

### Aktivní třípásmová audio soustava

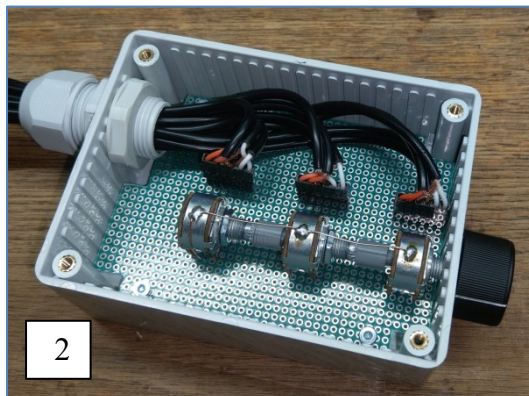
Už dlouho jsem si chtěl postavit aktivní třípásmo, vždycky to ovšem limitovala volba aktivního dělení, protože aby taková soustava za něco stála a měla skutečně nějaký přínos oproti pasivní, musejí zde být realizovatelné i jiné operace než filtry, typicky časové korekce a parametrický ekvalizér. To lze udělat pouze (znám firmu a pár lidí, kteří by toto rozporovali) pomocí digitálního signálového procesoru, ve zkratce DSP. S DSP mám zkušenost ze svého auta, kde jsem kolem roku 2017 realizoval aktivní čtyřpásmo pomocí DSP od výrobce miniDSP. Tento produkt umí mnoho věcí, ohledně nastavení a ovládání mi maximálně vyhovuje ale má hodně neduhů jiných, hlavně rušení a podivné interference s nějakými vnitřními signály, takže volba na něj nemohla po druhé padnout. Jelikož je soustava určená pouze k počítači, **nalezl jsem řešení jak udělat DSP pomocí vícekanálové zvukovky za pomoci programu APO equalizer.** V tomto programu se dají jednotlivým kanálům zvukovky přiřadit interní audio kanály a naprogramovat tam různé filtry, časové korekce i parametrické ekvalizéry, tímto tedy byla vyřešena otázka aktivního dělení.

Další okruh řešení byl výkonový zesilovač, jelikož to má být třípásmo, musí výkonový zesilovač mít šest nezávislých kanálů. Požadavek byl nízké zkreslení, modularita, vysoký frekvenční rozsah směrem nahoru i dolů a velký výkon, zhruba 300 W, po nedlouhém hledání padla volba na class D moduly z ebaye s obvodem TAS5630, které všechny tyto požadavky splňují. Jeden modul stojí v přepočtu zhruba 800 Kč, má sinusový výkon 2x 300 W do 8  $\Omega$ , frekvenční rozsah skoro od stejnosměrného napětí až do zhruba 50 kHz, napájení max. 50 V, zkreslení THD kolem 0,05 %. Objednal jsem tedy tři tyto moduly, to co nakonec dorazilo mě celkem překvapilo, kvalita zpracování, věci ručně dopájané z BOT strany, vzduchová mezera mezi chladičem a čipem, protože se chladič opíral o keramické kondenzátory, které byly vyšší než čip samotný, těch oprav a problémů tam bylo skoro na další článek...

Nicméně s čím jsem počítal, byly úpravy, které se tam musely dělat, vzhledem k tomu, že zesilovač třídy D musí mít na výstupu filtrační LC články, musí být tento LC článek navržený na konkrétní zatěžovací impedanci, jinak je filtr přetlumený nebo nedotlumený, což dělá velmi zlé věci na frekvenční charakteristice kolem zlomové frekvence toho filtru, filtry v těchto modulech jsou navrženy pro 4  $\Omega$ , ale například výškové reproduktory které jsem zvolil mají nominální impedanci 8  $\Omega$  a to ještě naposledy při asi 6 kHz, jinak ke konci charakteristiky mají asi 12  $\Omega$ . Bylo tedy potřeba pro účely výškového kanálu tyto LC články předělat, pomocí excelovské kalkulačky jsem našel nové hodnoty L a C konkrétně 22  $\mu\text{H}$  a 860 nF, kondenzátory jsem vyměnil a tlumivky převinul.

Nyní bylo potřeba vyrobit mechanický celek zesilovače, který obsahuje vlastní moduly zesilovačů, napájecí zdroj, kondenzátor, a nějaký obvod soft startu. Pomocí standardních audio počtů jsem dospěl k tomu, že 48V napájecí zdroj musí zvládnout dodat 6 A, dále jsem k němu dal šroubový elektrolytický kondenzátor, největší jaký jsem sehnal na 63 V a sice 91 mF, pro korektní zpuštění takového zapojení musí být obvod vybavený soft startem, v tomto případě relé, které po 10-ti vteřinách přemostí výkonový rezistor mezi zdrojem a kondenzátorem. Mechanickou konstrukci jsem pojal tak, že jsem všechny komponenty přišrouboval na desku z 10mm silného plastu, **Obr. 1.**

Co se týče propojení z počítače do zesilovače a ze zesilovače do reprobeden, tyto moduly mají celkem velkou citlivost na vstupu a je velmi nebezpečné je připojit na přímo do výstupů zvukové karty, hlavně proto, že windowsy občas při startu v mém případě pošlou do zvukového výstupu krátkodobě silné rušení, které by i za tu krátkou chvíli mohlo odpálit měniče v reprobednách, proto bylo potřeba vyrobit šestipatrový potenciometr, **Obr. 2,** a ohledně připojení k reprobednám jsem zvolil připojení pomocí průmyslových konektorů, kopie HARTINGu, **Obr. 3.**



Ohledně reprobeden, již dlouho jsem si lámal hlavu, jak to udělat, aby relativně malé bedničky u počítače zahrály třeba 35 Hz bez vedlejšího subwooferu. Standardními pasivními metodami je to prakticky nemožné, pro zahrání 35 Hz vycházejí obrovské (více jak šedesátilitrové) uzavřené ozvučnice s velkým průměrem basového reproduktoru, v případě bassreflexu bedna vychází opět obrovská, protože pro daný výkon musí být zachován velký efektivní průřez šterbiny (nátrubku) aby nedocházelo k sekundárním rušivým zvukům při vysoké rychlosti proudění a délka šterbiny potom vychází třeba na 1,2 m, s touto možností jsem kalkuloval a i jí prakticky ověřoval a cesta tudy skutečně nevede.

Nakonec jsem se rozhodl pro metodu ekvalizace, kdy se v podstatě vezme jakýkoliv reproduktor s velkým výkonovým zatížením a dobrým „motorem“ tedy nízké Qts, velká cívka a velká výchylka, dá se do jakkoliv malé uzavřené ozvučnice (objem ozvučnice zde nehraje žádnou roli) dá se na výkonný zesilovač a parametrický

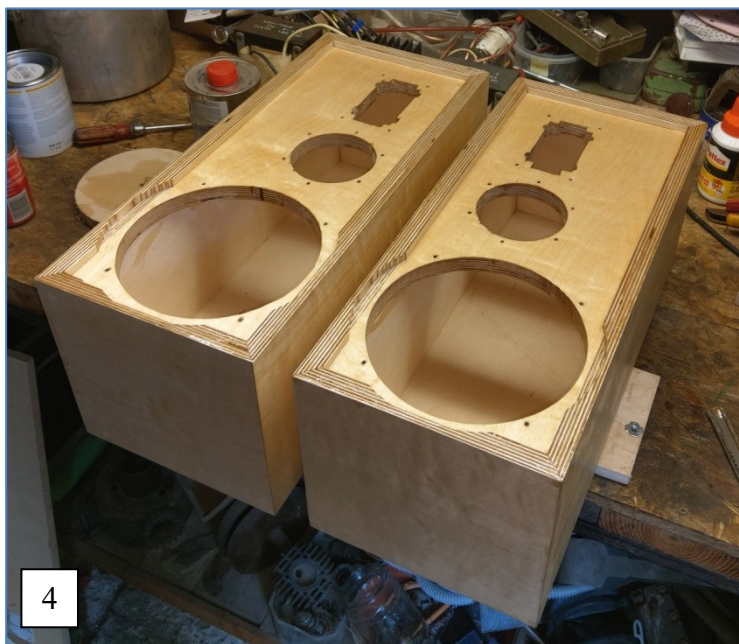


ekvalizérem se na nízkých frekvencích nastaví takový zisk, jaký je potřeba, aby to správně hrálo. Že to vyjde třeba na +20 dB při 40 Hz nikomu nevádí, výkonu je dost, jediným limitem je tu maximální výchylka, tu je potřeba za provozu hlídat, aby nepřekročila zhruba 14 mm, pak hrozí mechanické poškození cívky reproduktoru. Tato metoda je dokonce i lepší z hlediska kvality zvuku, protože v případě uzavřené ozvučnice, bandpassu či bassreflexu jsou nízké frekvence dobře generovány jen díky nějaké rezonanci, buď vlastní rezonanci měniče a nebo bedny, reproduktor, nebo celá bedna potom má snahu hrát jen takové basy které jsou jí nejmilejší a potom zjistíme, že na nich každá písnička zní úplně stejně, nejhorší je tento jev u bassreflexové ozvučnice. V tomto režimu kdy ke každému vychýlení je měnič donucen velkým

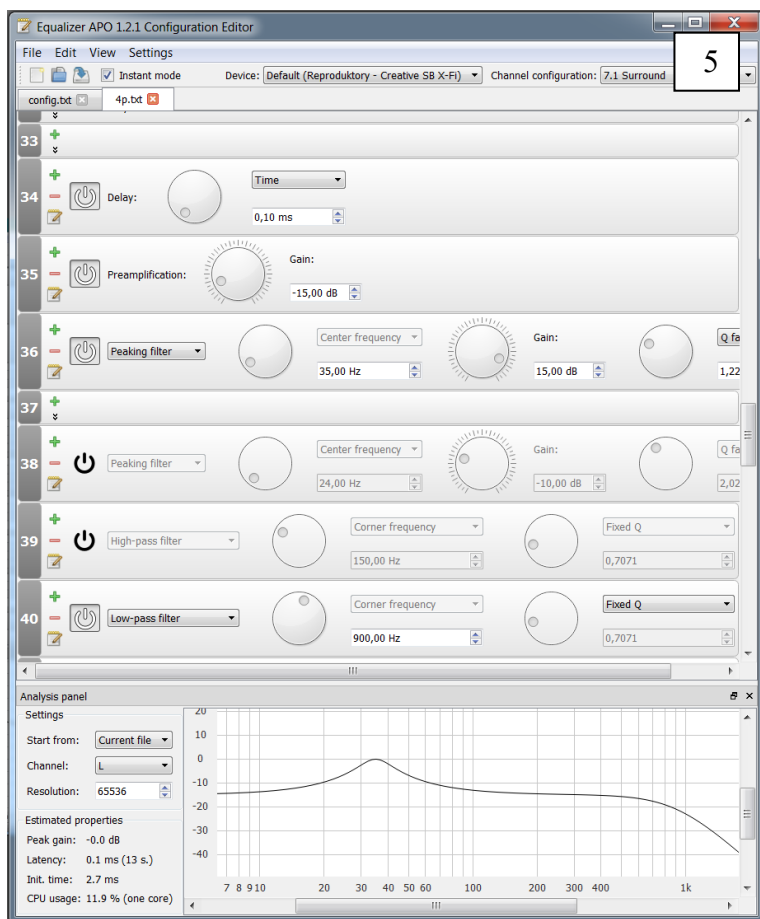
výkonem, bez kterého by se sám nepohnul je docíleno, že udělá jen přesně to, co mu zesilovač řekne.

Takže tímto byla vyřešená otázka basů, ohledně středů mám z již zmíněného projektu ozvučení ve svém autě vyzkoušený 2" kalotový středák Swan, je použitelný od 900 Hz do asi 8 kHz, má velmi příjemný zvuk a díky 5cm cívce velké výkonové zatížení. Na výšky jsem se rozhodl vyzkoušet levné páskové měniče Fountek, páskové výškové reproduktory obecně jsou použitelné i ve dvou pásmových soustavách, protože umějí pracovat už od zhruba 2 kHz, jsou ale velmi citlivé na zacházení, nemají moc velké výkonové zatížení a může je zničit i krátká nepostřehnutelná špička vyvolaná třeba jen odpojením konektoru od zesilovače, proto většinou i v aktivních soustavách mívají sériově kondenzátor. Tyto modely, které jsem použil, mají rovnou frekvenční charakteristiku bez poklesu až do 40 kHz a hlavně je jim jedno z jakého horizontálního úhlu je posluchač poslouchá, ve vertikálním už je to mírně znát, ale pořád lepší než standardní kalotové výškové měniče, kde odchylka 15° od přímé roviny znamená konec všeho nad 15 kHz. Impedance vlastního páskového měniče je velmi malá, je to v podstatě zkrat, proto musí (aby byl reálně použitelný) mít každý páskový měnič u sebe ještě transformátor, který tu nízkou impedanci převádí na běžnějších například 8 Ω, bohužel impedanční charakteristika takového celku je zcela jiná než jak jsme zvyklí, jak je zmíněno výše, v tomto případě je tam 8 Ω naposledy při 6 kHz a při 40 kHz je to už asi 12 Ω, takto přímo to napojit na zesilovač ve třídě D nelze, čím vyšší impedance, tím ten LC filtr na výstupu míň a míň funguje a pokud bychom si na takovou zátěž dali osciloskop a jako testovací signál použili obdélník 1 kHz, bude mít náběžné i sestupné hrany velkou amplitudou zakmitané pracovní frekvenci řídicího obvodu, což je v tom to případě kolem 400 kHz, řešením je přidání RC článku který vykompenzuje rostoucí impedanci, v tomto případě to vycházelo na 18 Ω a 330 nF. Kompenzaci rostoucí impedance jsem realizoval i u středového reproduktoru, ale tam to nebylo tolik potřeba.

Vlastní bedna je vyrobená z 18mm bukové překližky, rozměry byly zvoleny tak, aby zabíraly co nejmenší místo na stole, výrobu jsem pro vyšší náročnost na přesnost řezání pod úhlem a hloubku drážek svěřil truhláři, jednotlivé stěny jsou k sobě lepeny lepidlem na dřevo, díry pro jednotlivé reproduktory a konektor už jsem si do beden dodělal sám, bedny jsou dále nalakovány a vycpány jehlánkovým molitanem, **Obr. 4.**



Ohledně postupu nastavení aktivního dělení, napřed jsem zadal parametry filtrů, všechny jsou 24 dB/oct. typu Linkwitz-Riley, u tohoto typu filtru musí být totožná frekvence dolní i horní propusti, první dělicí frekvence je 900 Hz a druhá 4 kHz. Potom je potřeba nastavit správně fáze (0° nebo 180°) to se nejlépe dělá při růžovém šumu, zkusíme obě fáze a u té špatné zanikne úzké pásmo v okolí dělicí frekvence, pokud se při změně fáze nic neděje, jsou buď dělicí frekvence moc daleko od sebe a nebo je vlivem různých vzdálenosti měničů od posluchače (jejich hloubka vůči bedně daná jejich konstrukcí) natolik různá, že jsou vlny od sebe tak časově rozladěné, že fáze nemá význam. Dále je potřeba sladit zisk jednotlivých pásem, to vychází z citlivosti měničů na 2,88 V, nejvyšší citlivost má v tomto případě středový reproduktor (asi 93 dB), o pár dB nižší má výškový reproduktor a úplně nejnižší basový reproduktor. Basový reproduktor ještě musí mít parametrickým ekvalizérem kompenzaci útlumu na nízkých frekvencích, ze simulace tohoto reproduktoru v této (desetilitrové) bedně vidím, jaký je útlum na jaké frekvenci a podle toho mohu nastavit ekvalizér aby to přesně doplňoval. Ostatní měniče žádnou kompenzaci už nepotřebují, neboť ve svém pracovním pásmu mají frekvenční charakteristiku rovnou. Dále je dobré vyzkoušet i časové korekce, zpoždění pásem vůči sobě a tím kompenzovat rozdílnou hloubku měničů, když začneme o pár ms zpoždět jedno pásmo vůči druhému nebo opačně, můžeme si povšimnout jemné změny charakteru růžového šumu, zkusíme regulovat zpoždění do plusu i do mínusu a tam kde shledáme, že je to nejlepší, zůstaneme. V mém případě mi všechny časové korekce vyšly na nulu. Toto všechno je pouze základní výchozí nastavení, vše je potřeba finálně doladit až na základě poslechu, **Obr. 5.**



Co se týče postřehů z praxe, jako úplně první věc, se kterou jsem nepočítal a která se ukázala hned při prvním testu modulů zesilovačů s reproduktory, byla velmi nízká spotřeba proudu, napájecí zdroj jsem dimenzoval na 6 A avšak ani při 12cm výchylce basových reproduktorů si moduly nevzaly více než 0,8 A, je to způsobeno tím, že na rozdíl od jiných typů zesilovačů, třída D umí rekuperovat jalovou složku, tedy brzděním membrány reproduktoru si energii rekuperuje zpět do kondenzátoru v napájení. Dále teplota chladičů, moduly jsou osazeny pasivními chladiči o rozměrech zhruba 45x30x20 mm, za provozu se mi nestalo, že by chladič u modulu pro basovou sekci měl více než zhruba 50°C, zesilovač ve třídě D má velmi vysokou účinnost.

Ohledně postřehů z poslechu, páskový výškový reproduktor je podle mě nejlepší typ výškového reproduktoru, jeho frekvenční rozsah je zde velmi znát a je to velké plus této soustavy. Zkoušel jsem soustavu přenastavit jen na dvě pásma, vynechal jsem tedy ten kalotový střed a o moc horší to nebylo, nicméně použití středového reproduktoru je rozhodně lepší, protože je to pásmo kde je obsaženo nejvíce detailů, prvků hudby a není dobré když se v tomto pásmu nachází dělení, navíc kvalitní basové reproduktory mívají s vyššími frekvencemi obvykle už velký problém a kvalitní výškové reproduktory jsou nízkými frekvencemi zbytečně výkonově zatěžovány. Basy jsou velmi hluboké a přesné, bál jsem se, že jejich maximální dovolené zatížení bude celou aparaturu výrazně limitovat, zdá se

ale, že ne, můžu si nastavit vrchol zesílení na 42 Hz, potom jsou basy horší, ale celkově se ze soustavy dá dostat vyšší akustický výkon a nebo si nastavím vrchol na 35 Hz, pak jsou basy skutečně hluboké, ale akustický výkon klesne protože se začnu dostávat na limit maximální výchylky. Pokud bych přidal ještě samostatný subwoofer, stávajícímu středobasu bych zakázal vše pod například 100 Hz a udělal bych si tím pádem čtyřpásmo, tak si myslím, že už mě výkonově začnou limitovat buď ten kalotový středák a nebo výšky. Přiblížení ke smrtelnému výkonovému zatížení jakéhokoliv měniče se špatně detekuje, první varování je vysoká teplota magnetu, ten je ovšem běžně nedostupný, dalším projevem je u basového reproduktoru zápach z odpařující se impregnace kmitací cívky, který se ale v případě uzavřené ozvučnice nemusí k posluchači dostat. Páskový výškový reproduktor má pásek natažený mezi dvěma malými žebrovanými chladiči, z jejich teploty lze poznat míru zatížení, ovšem jak už bylo zmíněno, také není z venku dostupný. Ohledně kalotového středu občas pokládám malíček vedle kaloty, do místa kde je k membráně přilepená cívka a takto dotykově v tomto místě měřím teplotu. Žádný reproduktor jsem ještě ani v autě ani zde neodpálil, snad mám tedy dobrý odhad jejich limitů, **Obr. 6.**

David Sobotka  
sobotka03@email.cz



## Bicykl MADISON

jsem před lety koupil z druhé ruky za 4 000 Kč. Používal jsem ho minimálně. Byl jsem s ním na několika SOTA expedicích, viz články v HK, počínaje číslem HK 185. Vylepšil jsem ho držákem na nosiči pro instalaci J-pole antény pro 145 MHz.

Nyní tento bicykl nabízím za polovinu, za 2 000 Kč. Přidám prilbu, stropní závěs a J-pole anténu, zdarma.

Zájemci, pište na

[dpx@seznam.cz](mailto:dpx@seznam.cz)

Koupí podpoříte činnost redakce HAMÍK. -DPX-



## Ještě ke Chrudimskému QRP setkání (viz HK 296)

Během setkání proběhla i schůze výboru OK QRP klubu, na které byly prodiskutovány zprávy o situaci klubu a plánech do budoucna. V příštím roce bude OK QRP klub slavit 40. výročí svého založení, ke kterému se připravují různé aktivity včetně provozu se speciální značkou s prefixem OL40.

Bližší informace budou zveřejněny v klubovém časopisu OQI.

Petr Douděra, OK1CZ, předseda OK QRP klubu, [ok1cz@ddamtek.cz](mailto:ok1cz@ddamtek.cz)

## Výsledky Minitestíku z HK 296

Tomáš Petřík, OK2VWE píše: Oranžová křivka bude kratší. Mapa v 2D je projekcí zeměkoule a jsou v ní zkeslené polohy stanic tím, že se povrch zeměkoule rozvinul do roviny. Čím větší je vzdálenost, tím větší je zkeslení na mapě. Existuje několik způsobů rozvinutí a každý je zkeslený jinak. Při běžných způsobech projekce jsou nejmenší chyby na rovníku, na sever a na jih od rovníku chyby narůstají. Nejkratší spojnice se jmenuje ortodroma.

Mirek Kocian, OK2CV píše: Nejlépe je to pochopitelné, použijeme-li globus a krejčovský „centimetr“. Trasa na mapě přímá je samozřejmě delší, než ta oblá. (Pro zajímavost - byla otázkou už v r. 1956, časopis Pionýr).

Tomáš Krist (16) píše: Mapa je v Mercatorově zobrazení, to znamená, že státy dále od rovníku se zdají být mnohem větší, než státy u rovníku aniž by tomu tak skutečně bylo. Vzhledem k tomu, že Země je zaoblená a mapy na to neberou ohled, tak trasy letadel vypadají na mapě jako oblouk, přitom ve skutečnosti letí celou dobu rovně. Správně je tedy žlutá trasa.

Miroslav Vonka píše: V zobrazení zemského povrchu na obrázku vypadá černá úsečka kratší než žlutá křivka. Skutečnou vzdálenost bychom mohli odhadnout na glóbu a tam bychom asi zjistili, že žlutá cesta je kratší než černá.

**Náš Minitestík** Přidáme-li k určitému číslu jeho polovinu, překročí součet 60 o tolik, o kolik je to číslo menší než 65. Jaké je to číslo? Námět: Bohumil Dobrovolný

Řešení pošlete **nejpozději ve čtvrtek, výhradně na** [dpx@seznam.cz](mailto:dpx@seznam.cz)

**Ždibec moudra na závěr**

Napoleon Hill

**Příležitost často přijde převlečená  
za neštěstí nebo dočasnou porážku.**

**HAM** je mezinárodně používaný pojem pro radioamatéra  
**HAMÍK** je tedy mladý, začínající, budoucí radioamatér

Toto číslo vyšlo 25. března 2023  
Vychází každou sobotu v 00:00 h

**HAMÍKŮV KOUTEK** je přílohou Bulletinu Českého radioklubu,

je určen pro vedoucí a členy elektro - radio - robo kroužků, jejich učitele, rodinné kluby, rodiče, prarodiče a všechny příznivce práce s mládeží; vzniká ve spolupráci s ČRK, ČAV a OK QRP klubem

Všechna předchozí čísla HK, adresy kroužků, stavební návody a mnoho dalšího najdete na <https://www.hamik.cz/>

© Petr Prause, OK1DPX, redakce HAMÍK, Čechovská 59, 261 01 Příbram, tel. 728 861 496, [dpx@seznam.cz](mailto:dpx@seznam.cz)