

# Pásmový ekvalizér

*Dokumentace k projektu do předmětu MUL - Multimédia 2012/13*

4. května 2013

## Autoři

Radek Fér, <[xferra00@stud.fit.vutbr.cz](mailto:xferra00@stud.fit.vutbr.cz)>

Miroslav Skácel, <[xskace00@stud.fit.vutbr.cz](mailto:xskace00@stud.fit.vutbr.cz)>

## Zadání

Navrhňte a implementujte pásmový ekvalizátor pro filtraci zvukových souborů (např. formát WAV) a též zvuku v reálném čase. Ekvalizátor by měl mít nejméně 8 regulovatelných pásem (tvar pásem libovolný, iniciativě se meze nekladou). Předpokládá se vytvoření grafického uživatelského rozhraní pro ovládání ekvalizátoru a též pro zobrazování parametrů zpracovávaného zvuku.

## Úvod

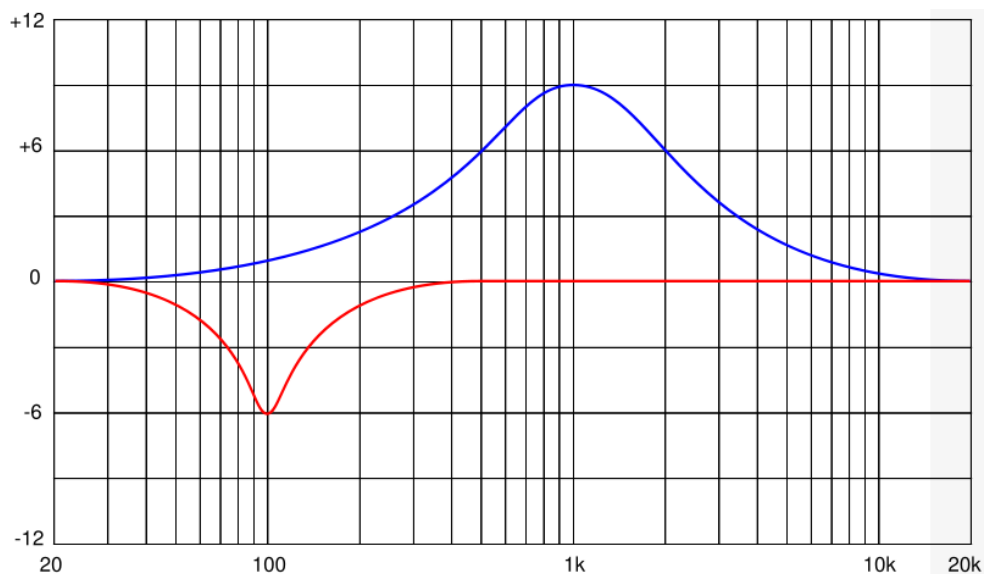
Pásmový ekvalizátor je nástroj, který slouží k úpravě zvukového signálu jeho zesílením nebo útlumem v různých frekvenčních pásmech. Ekvalizátory se používají při záznamu i reprodukci zvuku, aby byl zvukový signál pro reprodukci frekvenčně vyrovnaný. Ekvalizátory bývají často součástí zvukového systému, v hardwarovém provedení jsou zapojeny za předzesilovačem vstupního signálu. V našem případě se ale budeme zabývat softwarovým provedením.

Principem pásmového ekvalizátoru není zesílení celého zvukového signálu, ale rozdělení tohoto signálu na specifická frekvenční pásma podle spektra signálu, tedy použitím pásmové propusti pro určité frekvence a pak zesílení/útlum pouze tohoto získaného pásma (příklad je zobrazen na Obr. 1). Toto umožňuje např. zesílení mluvené řeči v nahrávce, protože frekvenční pásmo řeči je známo [1][2].

## Popis řešení

Úprava pásma (zesílení/útlum) se provádí pomocí FIR filtru, jehož koeficienty jsou získány metodou **vzorkování frekvence** [6]. Frekvenční odezva nastavená pomocí uživatelského rozhraní je lineárně nadvzorkována a lineárně interpolována. Pomocí IFFT nyní z těchto hodnot získáme impulzní odezvu FIR filtru.

Většina SW audio ekvalizérů v současných přehrávačích používá jinou metodu ekvalizace. Pro každé pásmo je vytvořen bikvadratický IIR filtr. Ty jsou spojeny do kaskády, čímž je možné sestavit libovolnou frekvenční odezvu. Tyto ekvalizéry jsou populární kvůli malým výpočetním nárokům (filtr má jen 4 koeficienty). IIR filtry mají ovšem nepříjemnou vlastnost nelineárního zkreslení fáze. FIR filtry jsou v těchto ohledech k IIR komplementární (lineární fáze, větší výpočetní nároky).



Obr. 1: *Princip pásmové ekvalizace. Frekvenční pásmo 100 Hz (červené) je utlumeno hodnotou 6 dB. Frekvenční pásmo 1 kHz (modré) je zesíleno hodnotou 9 dB [1].*

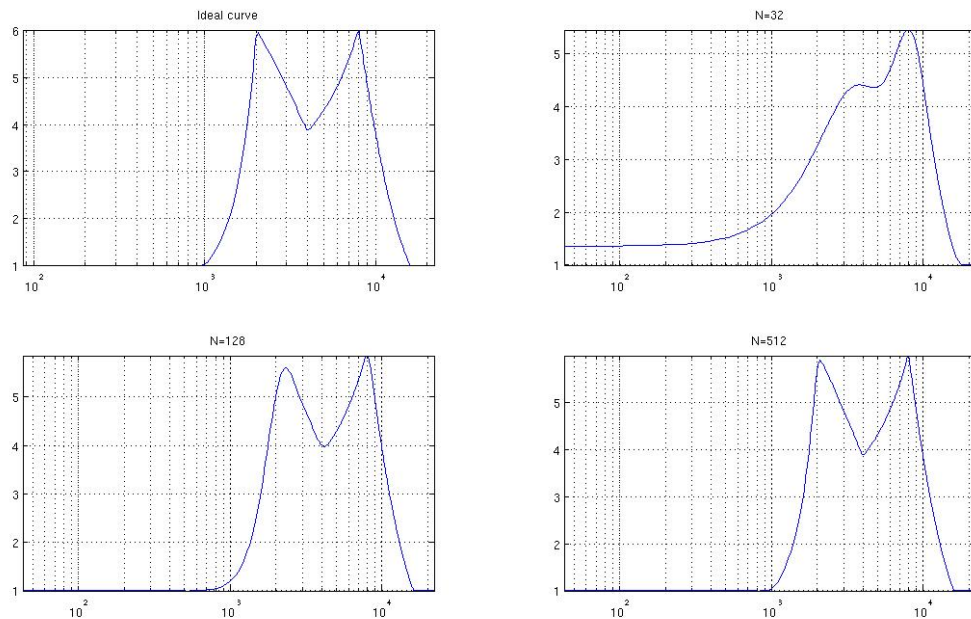
## Rozdělení pásem

Rozdělení spektra na pásma bylo provedeno podle směrnic ISO 266:1997 a ISO 3:1973 [3], pro ekvalizátor jsme vytvořili 11-pásem s hodnotami 16 Hz, 31.5 Hz, 63 Hz, 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1kHz, 2kHz, 4kHz, 8kHz a 16kHz. Jde o tzv. jednooktákový ekvalizér (šířka pásem je vždy 1 Oktáva).

Každé pásmo lze zvýraznit o  $\pm 48\text{dB}$  po 3dB krocích. Je nutné dávat pozor na přebuzení signálu.

## Volba velikosti FIR filtru

Vzhledem k tomu, že impulzní odezva ideálního FIR filtru je teoreticky nekonečná, dochází při omezení délky FIR filtru ke zkreslení reálné frekvenční odezvy. Obecně čím delší filtr vytvoříme, tím více se podobá reálná frekvenční odezva té požadované. S tím ovšem roste výpočetní náročnost. Proto je nutné volit kompromis. My zvolili velikost filtru 512, což je ještě možné počítat pomocí klasické konvoluce a s ohledem na rozdělení pásem jsou zastoupeny všechny frekvence.



Obr. 2: Vyhodnocení reálné odezvy FIR filtru pro délku filtru 32, 128 a 512. První graf zobrazuje ideální požadovanou charakteristiku.

## Popis obsluhy programu

Program lze přeložit pomocí přiloženého Makefile souboru. Je nutné mít v systému nainstalovány knihovny *libsndfile*, *ncurses* a *fftw*.

## Ekvalizace audio souboru

Jednou z možností využití ekvalizátoru je ekvalizace wav souboru. Použití je následující:

```
~$ ./aeq -c preset_file in.wav out.wav
```

kde:

- `preset_file` - soubor z přednastavením ekvalizátoru (klávesa 's' při interaktivním módu)
- `in.wav` - vstupní audio soubor
- `out.wav` - výstupní audio soubor pro zápis po ekvalizaci

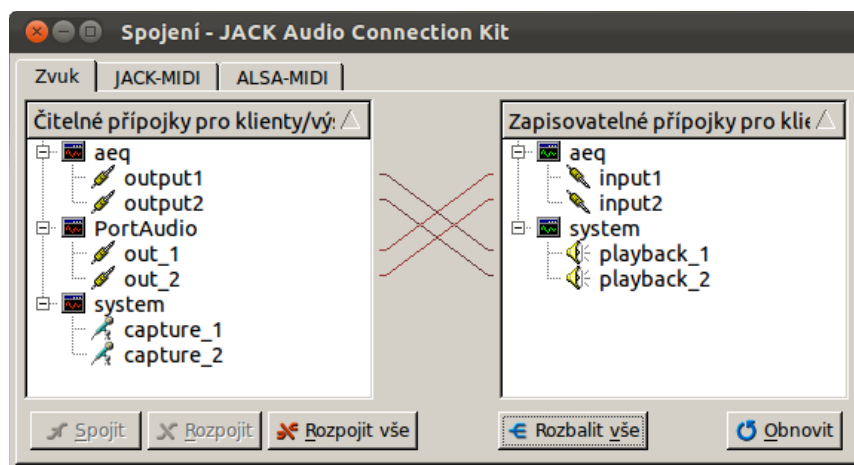
## Realtime ekvalizace výstupu z audio přehrávače

Na propojení ekvalizátoru s audio přehrávačem jsme použili systém *JACK Audio Connection Kit* [4] a GUI rozhraní *QjackCtl* [5]. Toto multiplatformní prostředí umožňuje spojení několika klientských aplikací do jednoho audio zařízení a zprostředkovává sdílení audia mezi těmito klienty.

Postup zapojení je následující:

1. spustit *QjackCtl*; v nastavení zapnout režim realtime a pak nastavit prioritu, snímky, vzorkovací kmitočet, vyrovnávací paměť, překročení času, zpoždění spuštění, vstupní a výstupní zařízení
2. spustit *aeq*; načíst nastavení, popř. nastavit ručně
3. spustit audio přehrávač
4. v prostředí *QjackCtl* pak vybrat okno Spojení, propojit výstup z audio přehrávače na vstup ekvalizátoru a výstup ekvalizátoru pak zapojit na systémový vstup reprodukce (podobně jako na Obr. 2)

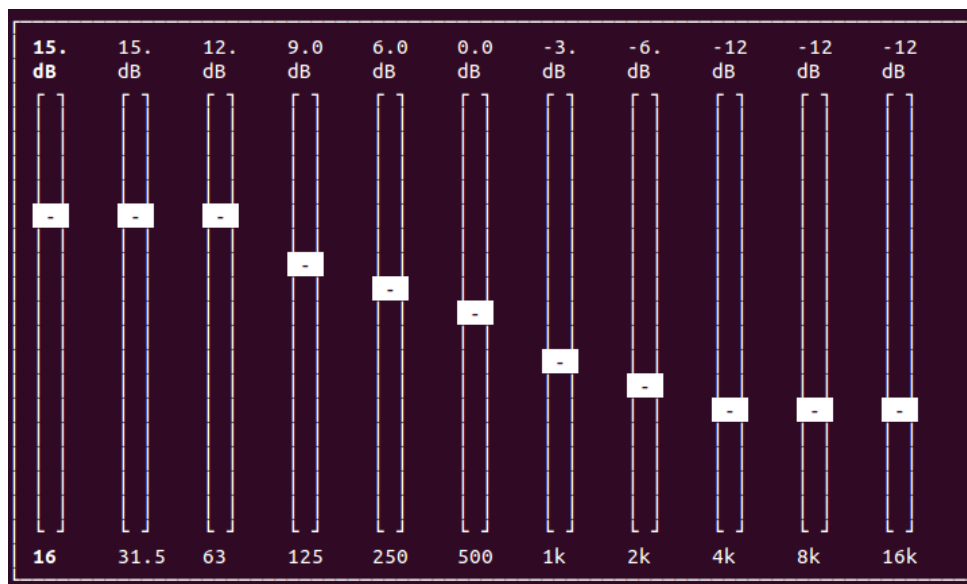
Celé propojení lze uložit do tzv. *patchbay* souboru. Díky tomu není nutné procházet celou procedurou při každém spuštění ekvalizéru.



Obr. 3: Propojení ekvalizátoru *aeq* s přehrávačem Audacity (knihovna PortAudio) v prostředí JACK (*QjackCtl*).

### Ovládání ekvalizátoru

Uživatelské rozhraní ekvalizéru je naprogramováno v *ncurses* a lze jej z terminálu ovládat pomocí šipek klávesnice. Šípkami doleva a doprava se provádí výběr frekvenčního pásma a šípkami nahoru a dolů se nastaví zesílení nebo útlum pro dané pásmo. Aktuální nastavení ekvalizátoru lze uložit pomocí klávesy **s** (save) a zpětně načíst pomocí klávesy **l** (load).



Obr. 4: Panel ekvalizátoru s nastavením zesílení a útlumů pro jednotlivá pásma.

## Zhodnocení výsledků

Ekvalizátor funguje podle zadání jak pro mono, tak pro stereo signál. Výpočetní nároky ovšem nejsou zanedbatelné. To je dáno velikostí filtru a požadovanou kvalitou. Toto by se mohlo v budoucnu vyřešit buď využitím SSE jednotky, implementací pomocí rychlé konvoluce či ekvalizací bankou bikvadratických IIR filtrů.

## Použité zdroje a literatura

- [1] *Equalization*,  
<<http://en.wikipedia.org/wiki/Equalization>>
- [2] *Band Equalizer*,  
<<http://www.wisegeek.com/what-is-a-band-equalizer.htm>>
- [3] *Acoustic Calculator*,  
<<http://www.zytrax.com/tech/audio/calculator.html#frequencies>>
- [4] *JACK Audio Connection Kit*,  
<<http://jackaudio.org/files/docs/html/index.html>>
- [5] *JACK Qt GUI Interface*,  
<<http://qjackctl.sourceforge.net/>>
- [6] E. C. Ifeachor and B. W. Jervis: *Digital Signal Processing: A Practical Approach*,  
2nd edition, 2002, Pearson Education Limited.