

Protokol

Semestrální projekt z predmetu Signály a systémy

Obsah

1	Štandardné zadanie	1
1.1	Základy	1
1.2	Predspracovanie rámca	2
1.3	DFT	2
1.4	Spektrogram	3
1.5	Určenie rušivých frekvencií	4
1.6	Generovanie signálu	4
2	Čistiaci filter	4
2.1	Návrh 4 pásmových zádrží	4
3	Nulové body a póly	4
4	Frekvenčná charakteristika	7
5	Záver - filtrácia signálu	7

Úvod

V tomto projekte sa venujem analýze zadanému audio súboru vo formáte `.wav`, nájdeniu zanesených rušivých frekvencií, vytvoreniu filtra na ich odstránenie a jeho aplikáciu na pôvodnú nahrávku.

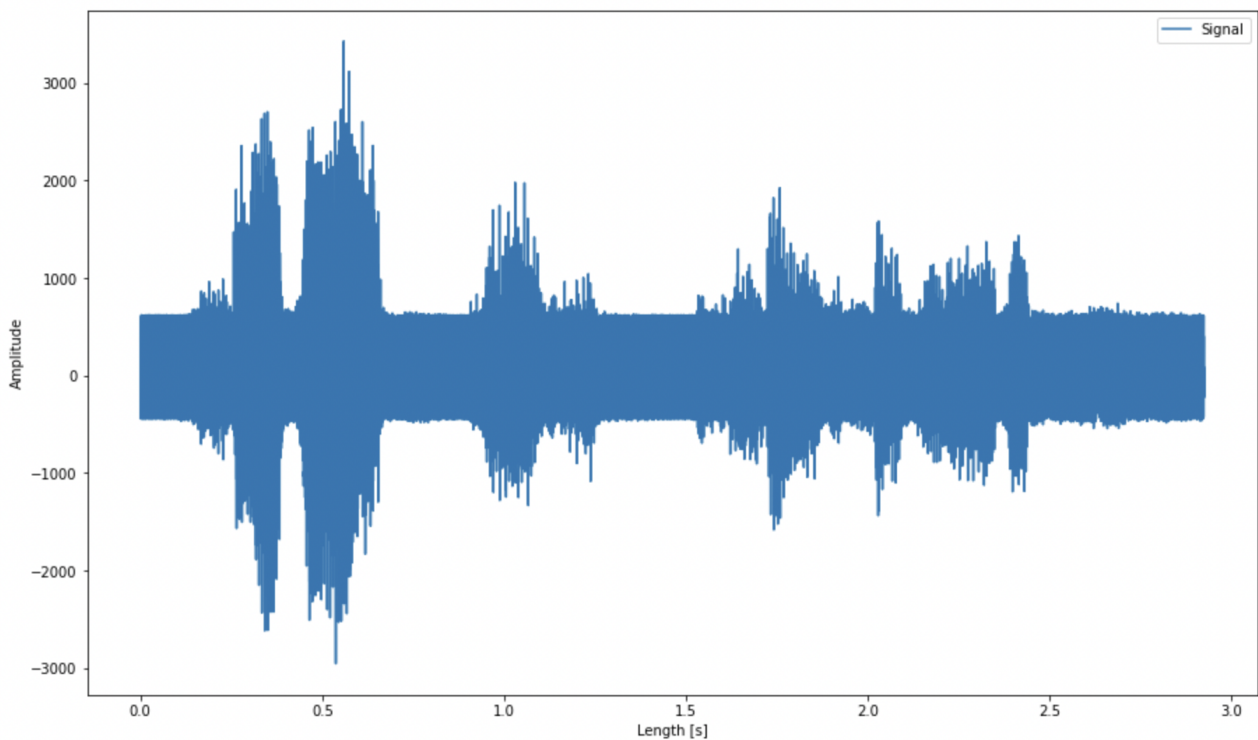
1 Štandardné zadanie

1.1 Základy

Tabuľka 1 popisuje získané informácie o signále

Vzorkovacia frekvencia	16 kHz
Dĺžka [vzorky]	46 797 samples
Dĺžka [s]	2.924 812 5 s
Minimálna hodnota	3427
Maximálna hodnota	-2953

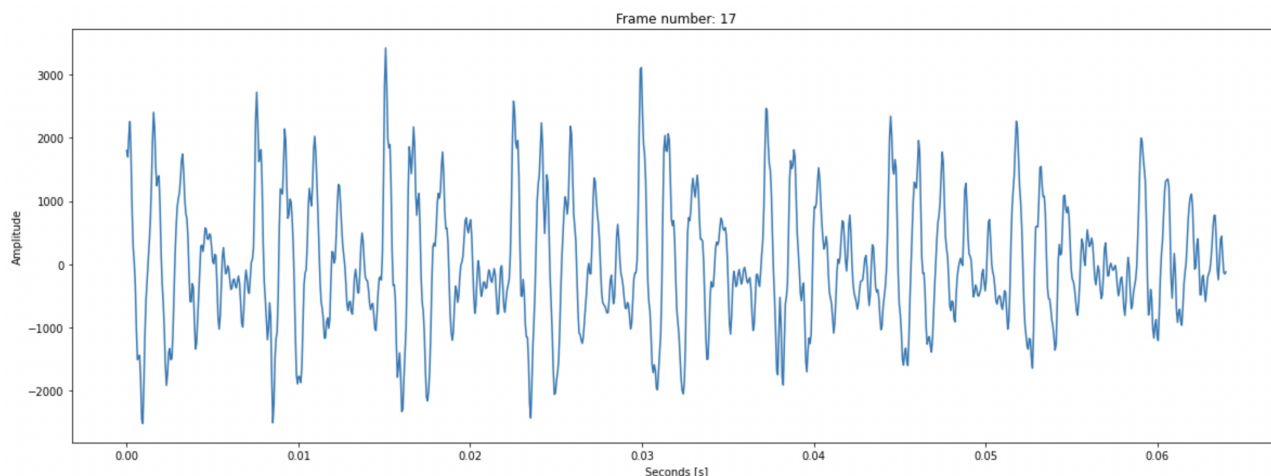
Tabulka 1: Základné informácie o signále



Tabulka 2: Zobrazenie pôvodného signálu

1.2 Predspracovanie rámca

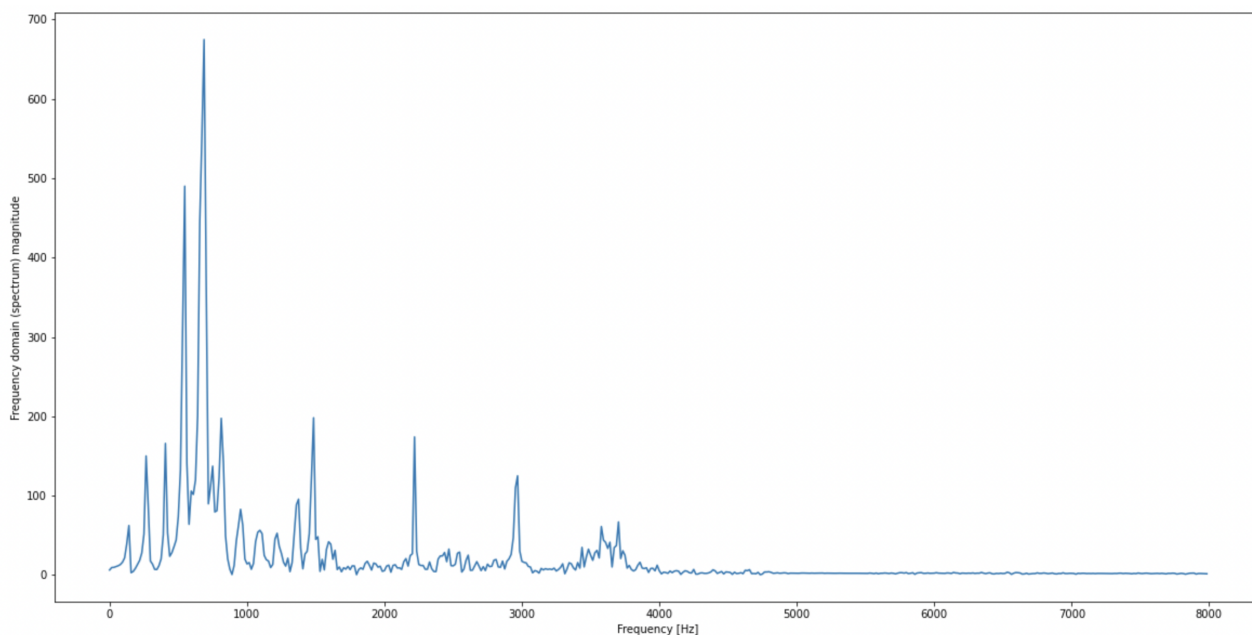
Pôvodný signál bol rozdelený do rámcov dĺžky 1024 vzoriek s prekryvom 512 vzoriek. Tým vzniklo 90 celých rámcov pre ďalšie spracovanie. Po vykreslení všetkých vzoriek som ručne vybral opticky najkrajší periodický rámec. Po prehraní vybraného rámca som zistil, že obsahuje vyslovenie samohlásky "a", takže splňuje aj podmienku znelosti.



Tabulka 3: Graf vybraného rámca

1.3 DFT

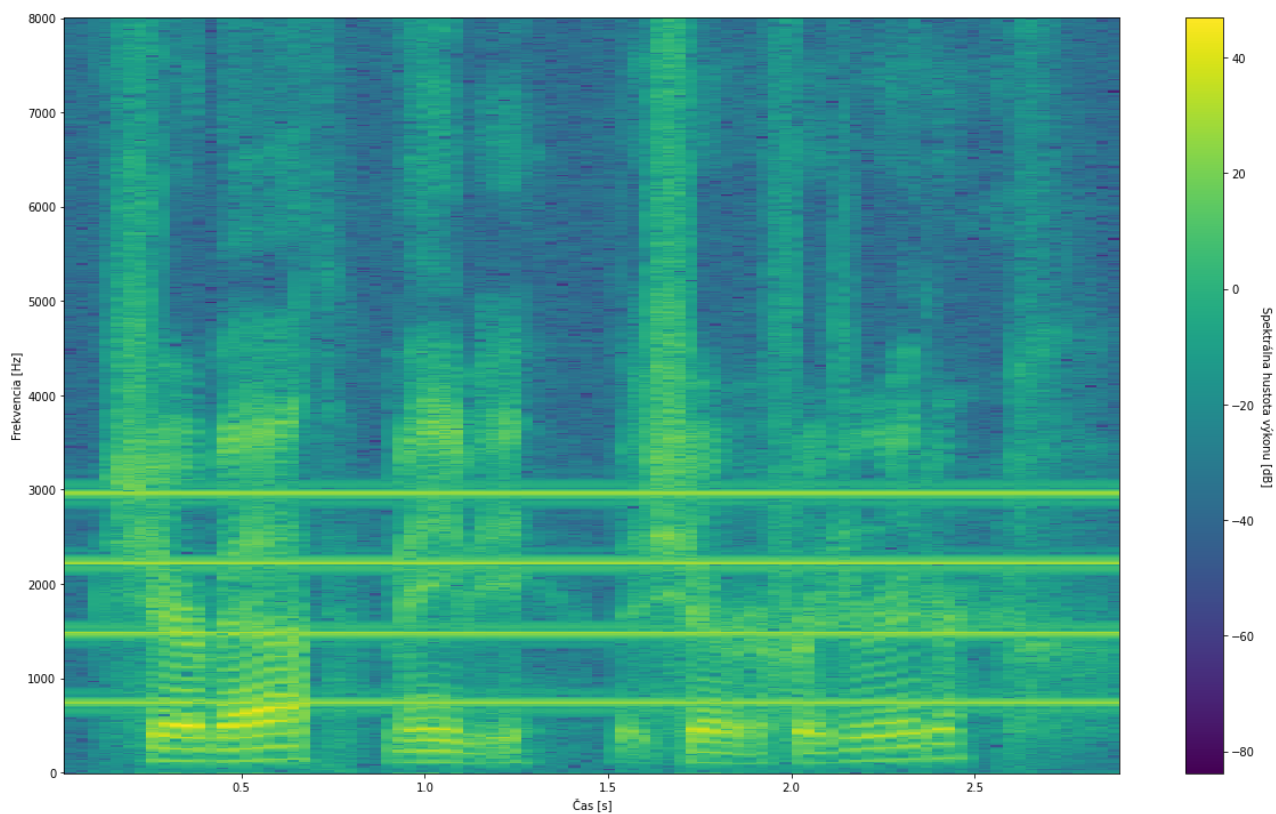
Po implementácii mojej funkcie `my_slow_dft()` a využití `np.fft.fft()` som porovnal výstupy jednotlivých funkcií. Numericky boli výsledné frekvencie rovnaké. Podstatný rozdiel bol v dĺžke behu, kde môj algoritmus trval približne 1.71 s a algoritmus z knižnice `numpy` pracoval 1.74×10^{-4} s. Došlo teda k 10 000-násobnému zrýchleniu. Potvrdila sa korelácia medzi dvomi uvedenými funkciami s presnosťou 1×10^{-4} .



Tabulka 4: Graf vybraného rámca po aplikácii DFT

1.4 Spektogram

Na vykreslenie spektogramu z vybraného znelého rámca som využil funkciu `plt.specgram()`.



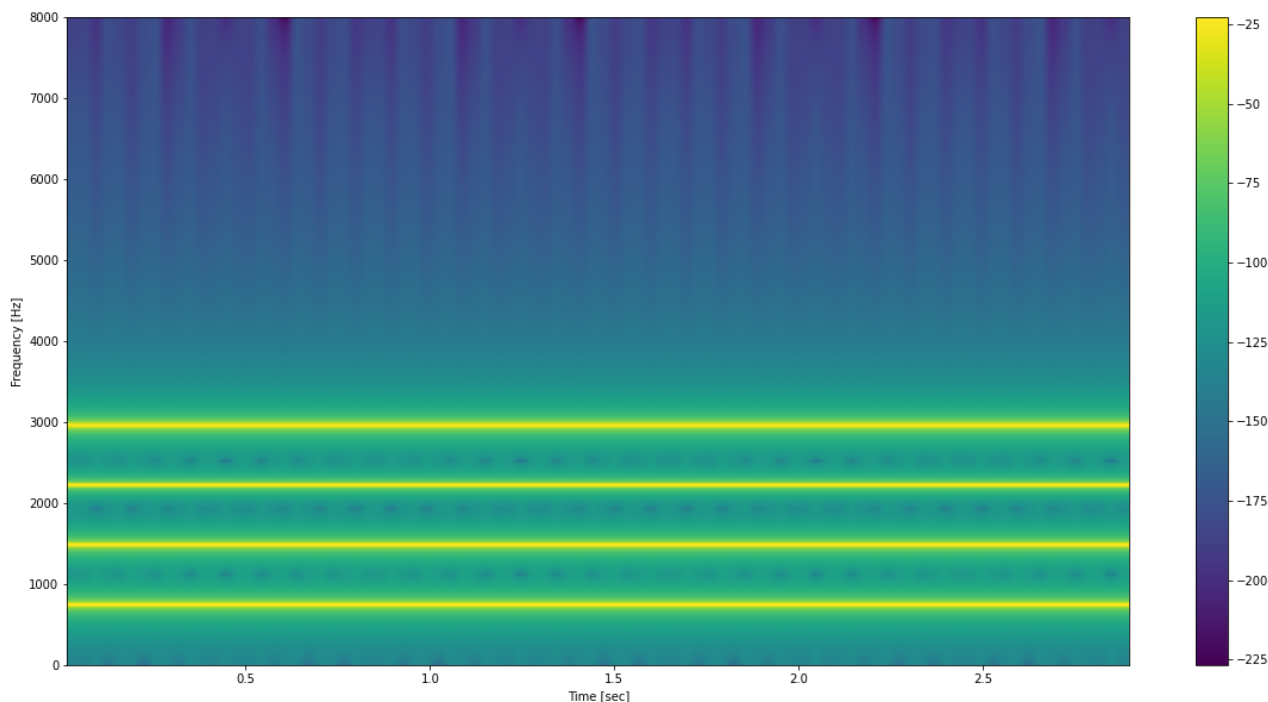
Tabulka 5: Spektogram vybraného rámca

1.5 Určenie rušivých frekvencií

Zo spektrogramu sa dajú odčítať rušivé frekvencie. Všetky majú navyše harmonický vzťah a ležia na násobkoch ≈ 740 Hz.

1.6 Generovanie signálu

Na generovanie signálu som použil vstavanú funkciu `np.cos`. Výsledný signál vznikol sčítaním štyroch funkcií kosínus na patričných frekvenciách.



Tabulka 6: Spektrogram vytvoreného šumu

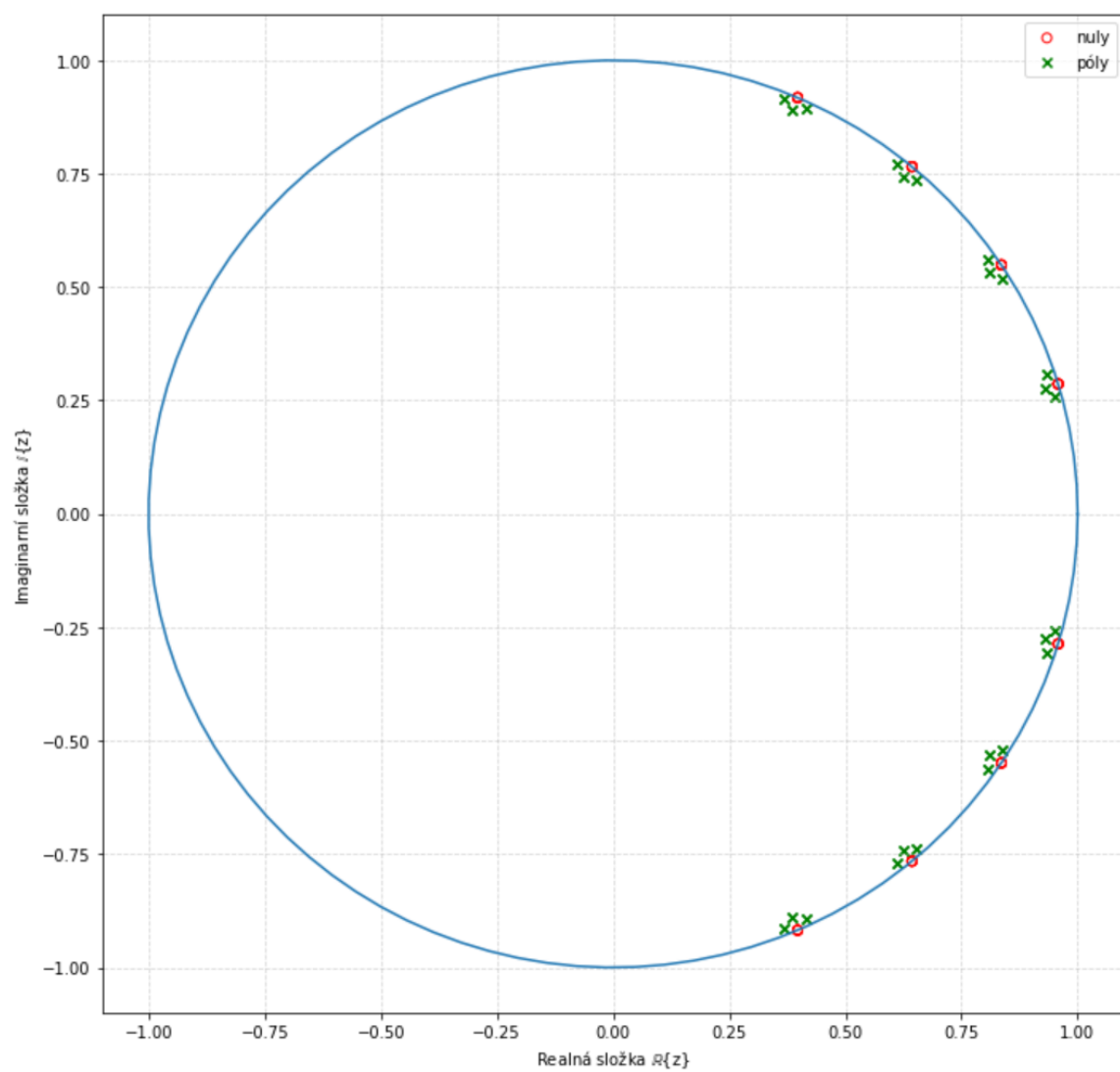
2 Čistiaci filter

2.1 Návrh 4 pásmových zádrží

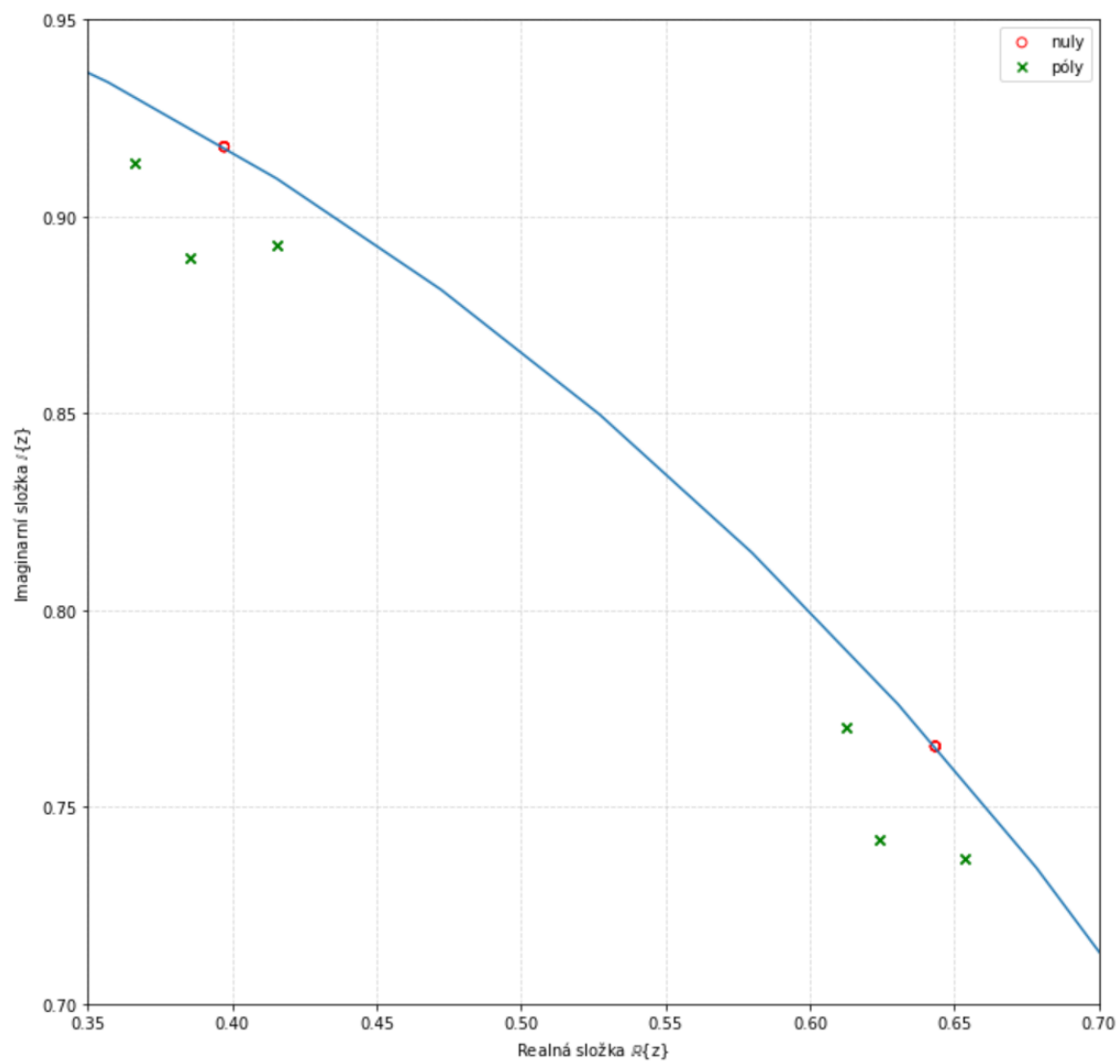
Na vytvorenie čistiaceho filtra som zvolil metódu 4 pásmových zádrží. Pomocou funkcie `signal.buttord()` som najprv zistil vhodný rád Butterworth filtra a tiež kritické frekvencie pásmovej zádrže. Na výpočet parametrov bolo potrebné najprv vypočítať frekvencie pre vhodnú šírku záverného pásma (30 Hz) a tiež šírku prechodu do priepustného pásma (50 Hz). Následne som posunul získané hodnoty funkcií `scipy.signal.butter()`, ktorá z nich vypočítala koeficienty prenosovej funkcie. Pomocou nich došlo k odfiltrovaní zaneseného šumu v štyroch krokoch, jednej pre každú rušivú frekvenciu.

3 Nulové body a póly

Keďže každú rušivú frekvenciu so svojimi koeficientmi a, b je potrebný jeden samostatný filter, tak má každá svoje nuly a k nim prislúchajúce póly. Po vykreslení do komplexnej roviny som zistil, že nuly jednej frekvencie ležia vždy veľmi tesne na sebe tak, že sa prekrývajú tesne na hranici jednotkovej kružnice a teda filter je stabilný.



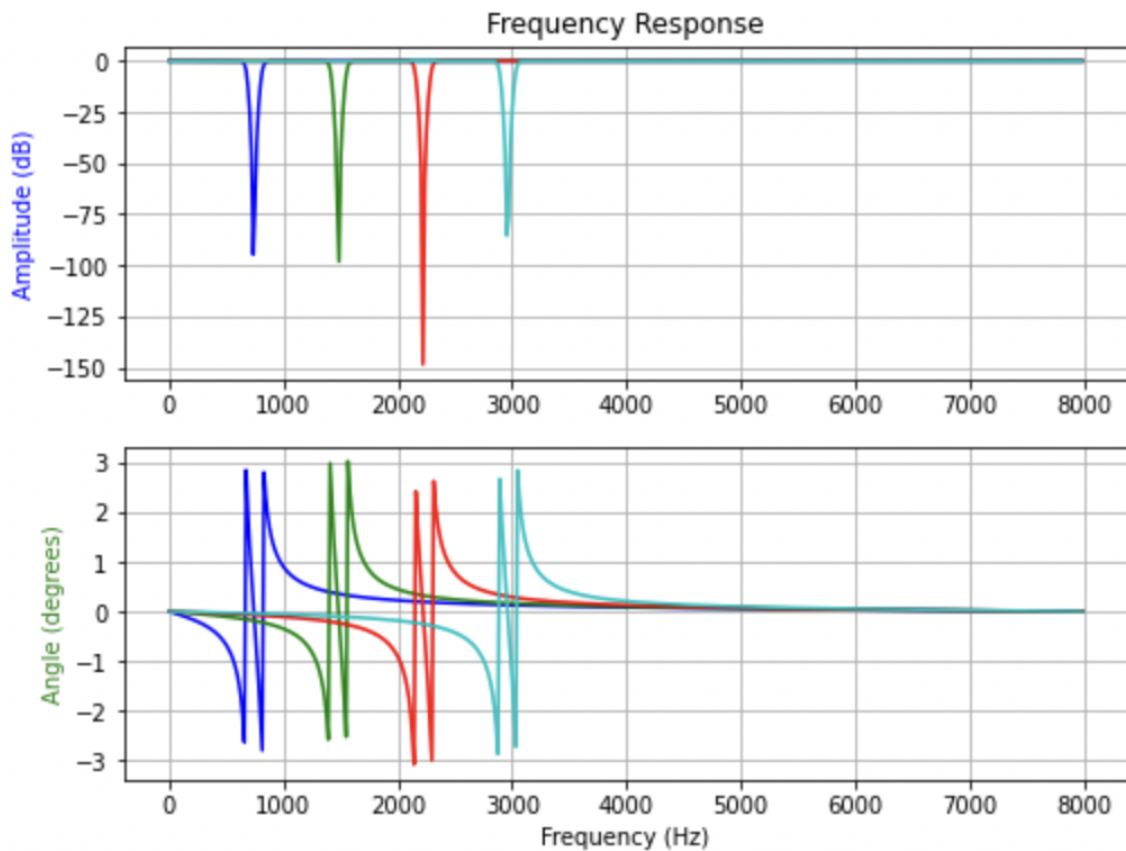
Tabulka 7: Nuly a póly v komplexnej rovine



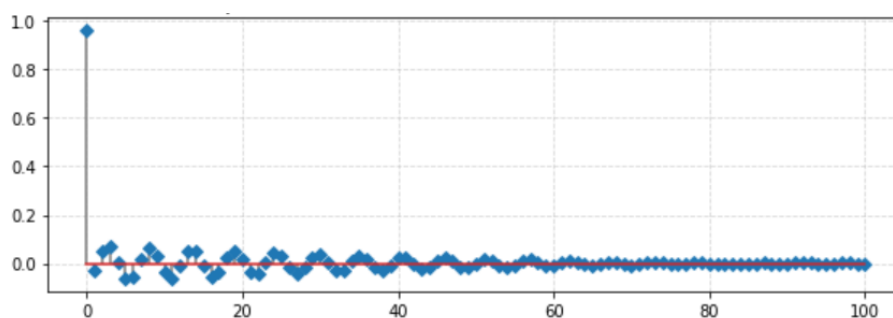
Tabulka 8: Nuly a póly v komplexnej rovine s priblížením

4 Frekvenčná charakteristika

Po vytvorení filtrov a získaní koeficientov ich prenosovej funkcie som vykreslis frekvenčnú charakteristiku každého z filtrov a vykreslil do dvoch grafov, z ktorých jeden vykresluje magnitúdu a druhý fázový posun filtrov. Na prvom grafe sú ľahko viditeľné potláčané frekvencie(násobky 740 Hz).



Tabulka 9: Nuly a póly v komplexnej rovine



Tabulka 10: Impulzná odozva na filter odstraňujúci frekvenciu 2220 Hz

5 Záver - filtrácia signálu

Po aplikácii filtrov došlo k veľmi peknému vyčisteniu signálu. Prekvapilo ma, že filter dokázal potlačiť aj "pískanie", ktoré je bežným pozostatkom pri využití Butterworth filtra kvôli jemnejšie skosenej hrane vo frekvenčnej charakteristike.