VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta informačných technológií

Signály a systémy

2021/2022

**Projekt – filtrace signálu**

Dalibor Králik (xkrali20) Brno, 07.01.2022

Obsah

[Úloha 1. 3](#_Toc91228041)

[Úloha 2. 3](#_Toc91228042)

[Úloha 3. 4](#_Toc91228043)

[Úloha 4. 5](#_Toc91228044)

[Úloha 5. 6](#_Toc91228045)

[Úloha 6. 6](#_Toc91228046)

[Úloha 7. 7](#_Toc91228047)

[Úloha 8. 9](#_Toc91228048)

[Úloha 9. 9](#_Toc91228049)

[Úloha 10. 10](#_Toc91228050)

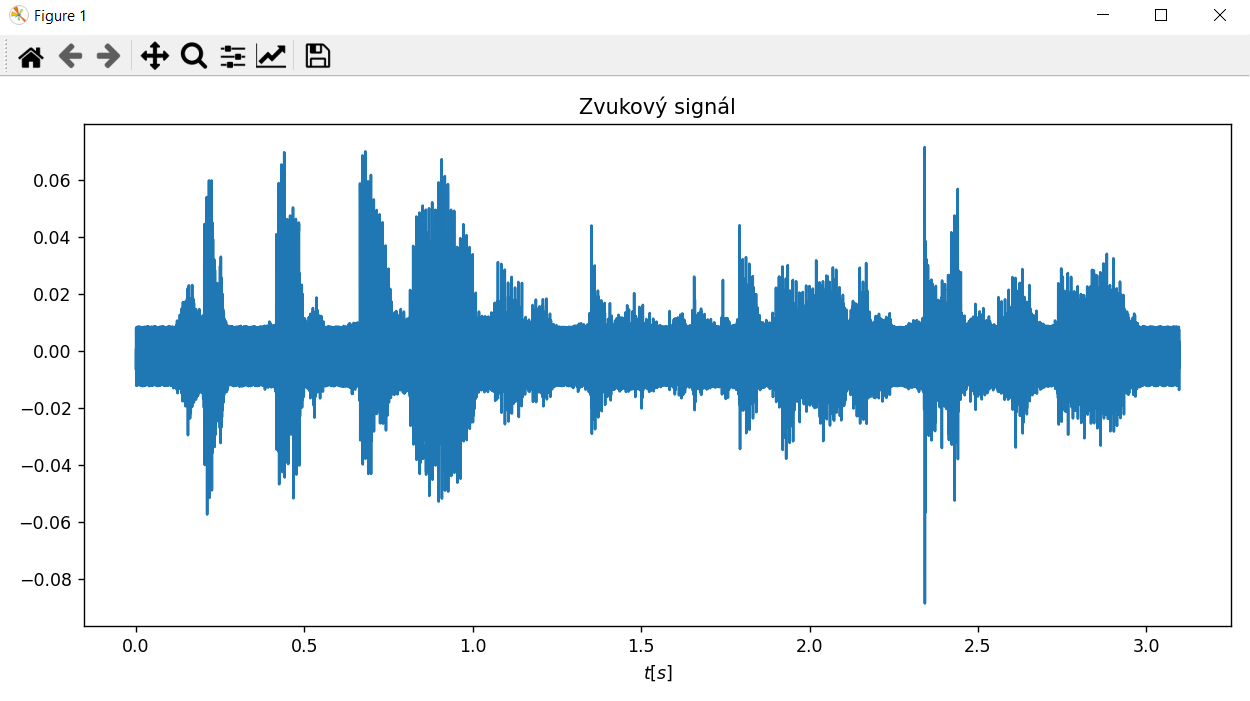
# Úloha 1.

Dĺžka signálu vo vzorkách: 49562

Dĺžka signálu v sekundách [s]: 3.097625

Minimálna hodnota signálu: -0.088714599609375

Maximálna hodnota signálu: 0.071563720703125

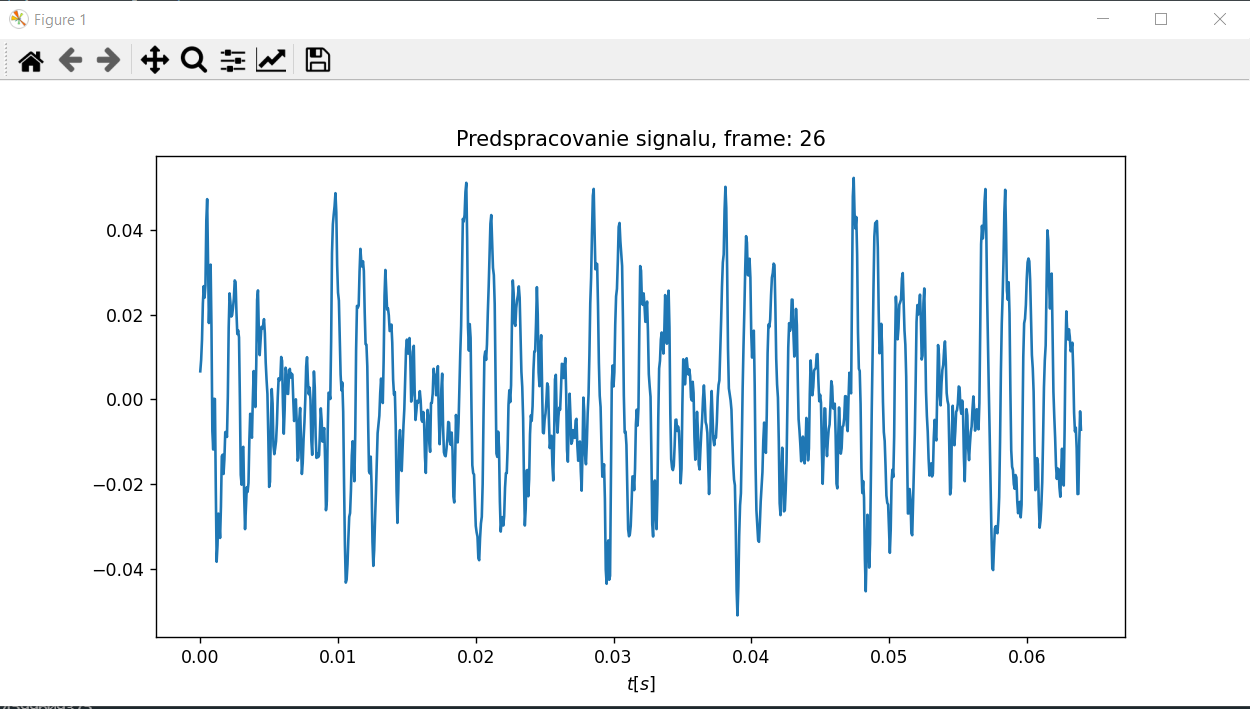
 Vykreslenie grafu:

Obr. 1.1. – načítanie pôvodného signálu

Poznámka: V prvej úlohe som vstupný signál načítal pomocou knižnice „soundfile“ a funkcie *sf.read()*, ktorá načítaný signál automaticky normalizovala ale neustrednila.

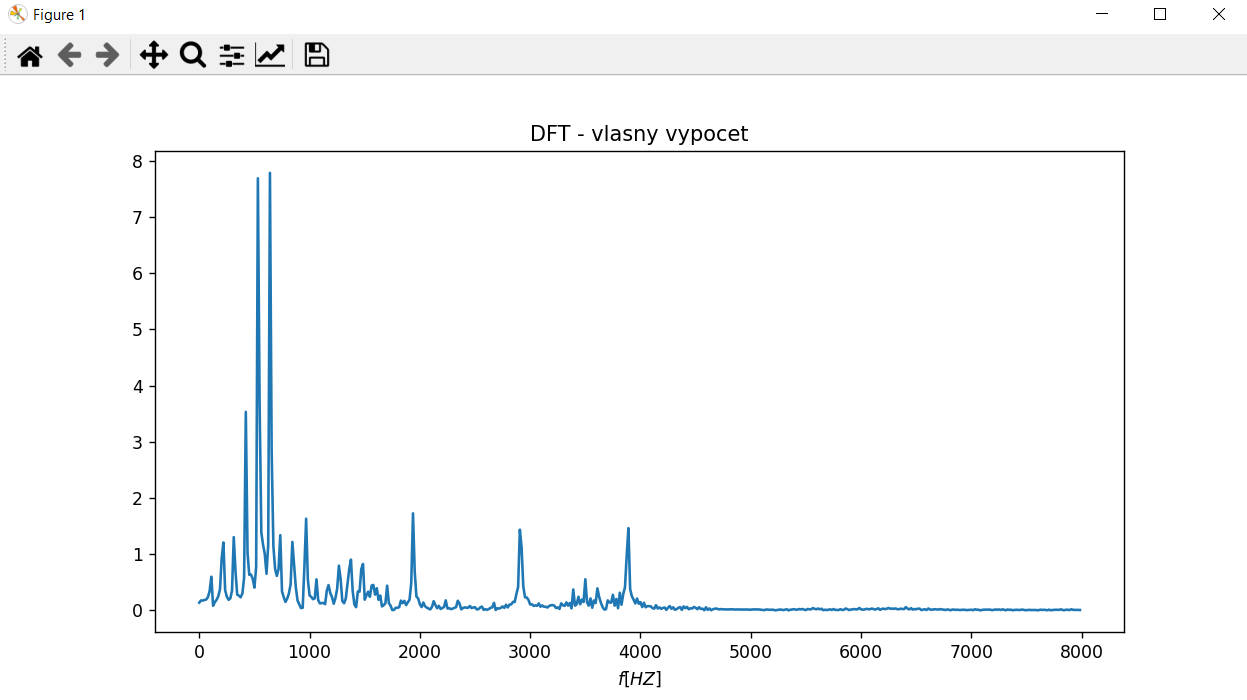
# Úloha 2.

Pri druhej úlohe som signál načítal nanovo kvôli potrebám normalizácie a ustrednenia. Signál som načítal pomocou funkcie *wavfile.read()* z knižnice *scipy.io*, normalizoval a ustrednil na základe zadania úlohy. Pri normalizovaní som použil hodnotu 2^15, ktorú mala v pomôckach pani Katka Žmolíková. Tuto hodnotu v pomôcke používala pre normalizáciu signálu.

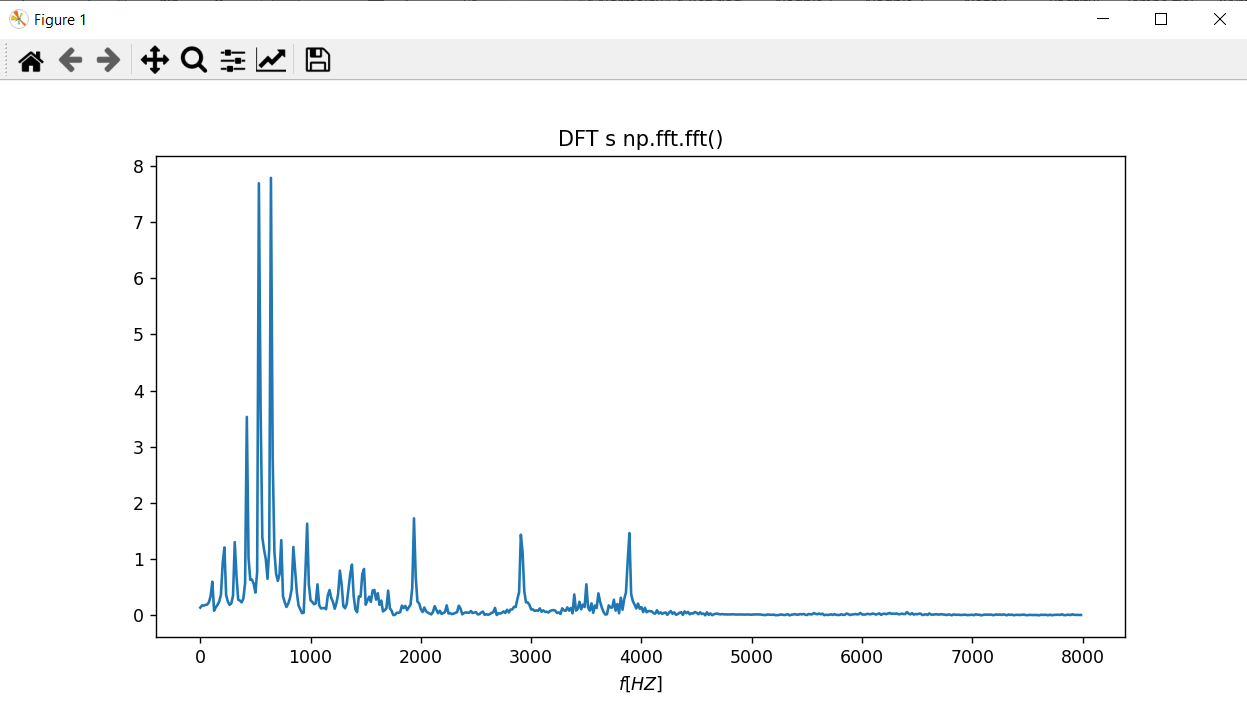
 Obr. 2.1. – Vyplotenie zvoleného znelého rámca

# Úloha 3.

DFT som implementoval na môj zvolený rámec, teda na rámec číslo 26. Pre aplikáciu DFT som si vytvoril funkcie *dft(data)*, ktorá brala ako parameter premennu “data”, v ktorej sa nacházal načítaný signal. Následne som si do premennej selectedFrame uložil zvolený frame číslo 26 a vykonal DFT nad týmto framom. Výsledok som uložil do premennej DftArray. Túto premennú funkcia vrátila.



Obr. 3.1. – DFT vlastným vypočtom pre zvolený rámec

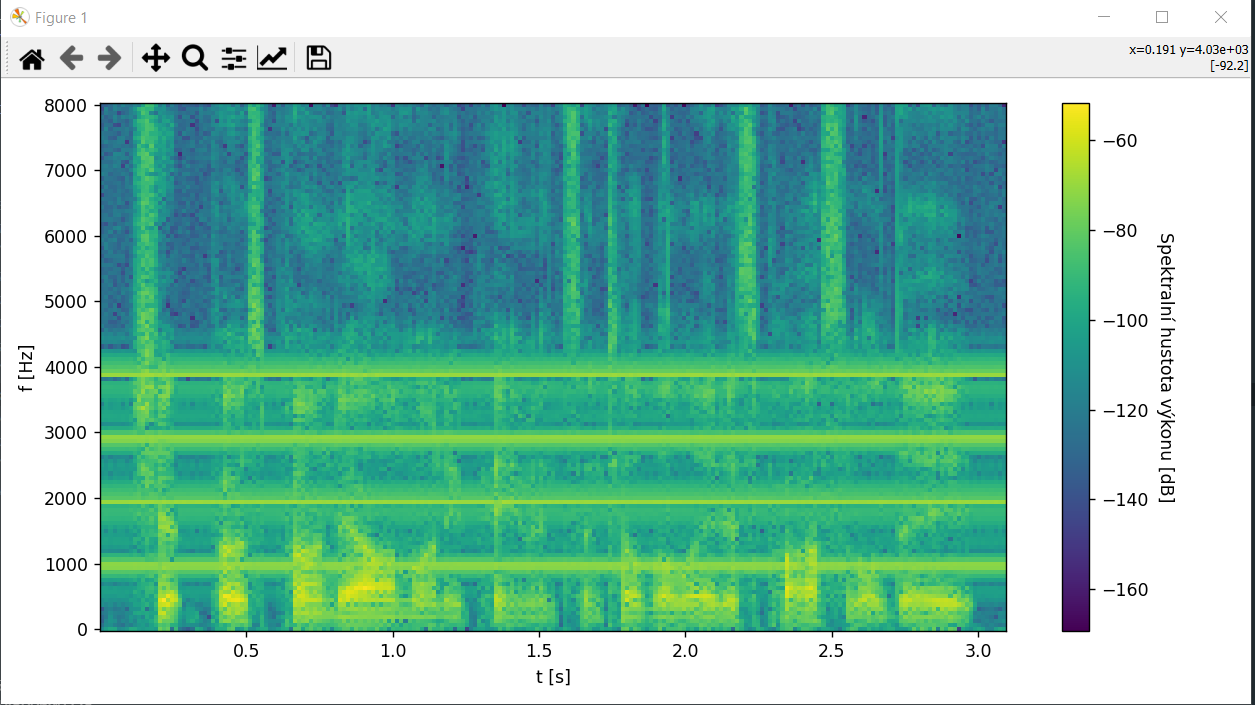


Obr. 3.2. – DFT vytvorené na základe vstavanej funkcie np.fft.fft()

Pri porovaní grafov, ktoré som vygeneroval je vidiet, že moja vlastná DFT prebehla úspešne, pretože sa na prvý pohľad skoro 100% zhoduje v DFT, ktoré vytvorila vstavaná funkcia *np.fft.fft()*.

# Úloha 4.

Pri tvorbe spektrogramu som sa inšpiroval nápovedou od pani Žmolikovej a spektrogram vytvoril na základe jej nápovedy. Link na použitú nápovedu:

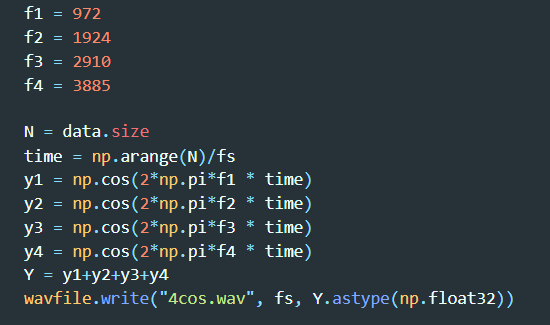
[https://nbviewer.org/github/zmolikova/ISS\_project\_study\_phase/blob/master/Zvuk\_spektra\_filtrace.ipynb](https://nbviewer.org/github/zmolikova/ISS_project_study_phase/blob/master/Zvuk_spektra_filtrace#.ipynb)

Obr. 4.1. – Zobrazenie spektrogramu celého signálu

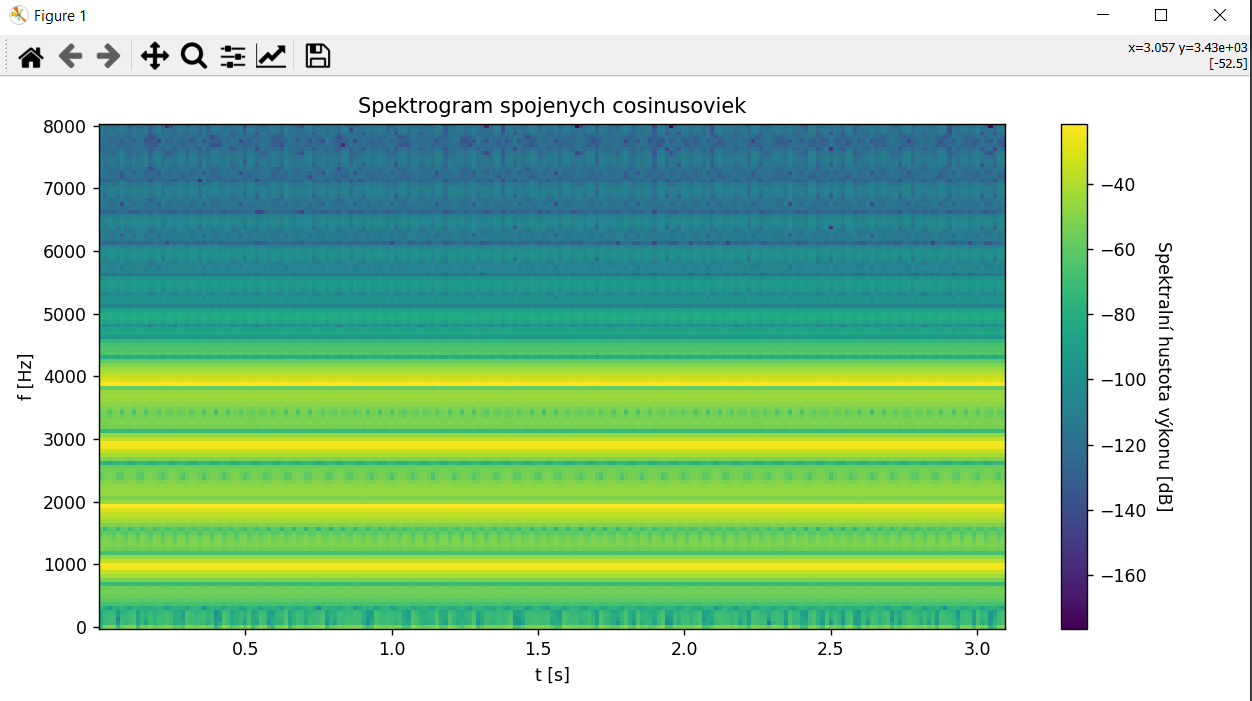
# Úloha 5.

Na základe spektogram u vybraného rámca číslo 26 je vidieť, že sa rušivé elementy(cosínusovky) nachádzajú na frekvenciách f1 = 972, f2 = 1924, f3 = 2910, f4 = 3885. Odčítanie som realizoval na vyplotenom grafe DFT, ktorý mi sám ukázal frekvenciu, na ktorej sa nachádzali rušivé cosínosuvky. Na základe týchto hodnôt môžeme vidieť, že tieto rušivé cosínusovky sú harmonicky vztažené a teda že f2, f3, f4 sú k-násobok f1.

# Úloha 6.

Cosinusovky som vygeneroval pomocou funkcie cos() z knižnice numpy. Následne som si vytvoril pole, v ktorom bol uložený čas, ktorý sa používal pri tvorbe cosinusoviek. Pri tvorbe cosinusoviek som použil hodnoty frekvencií tie, ktoré som nameral z grafov a uviedol aj v protokole v úlohe 5. Na záver som cosinusovky spojil do jedného signálu a z neho pomocou funkcie *write*  z knižnice *scipy.io* vygeneroval požadovaný 4cos.wav súbor.

Obr. 6.1. – Zdrojový kód pre tvorbu rušivých cosinusoviek

Zobrazenie spektrogramu spojených cosinusoviek:

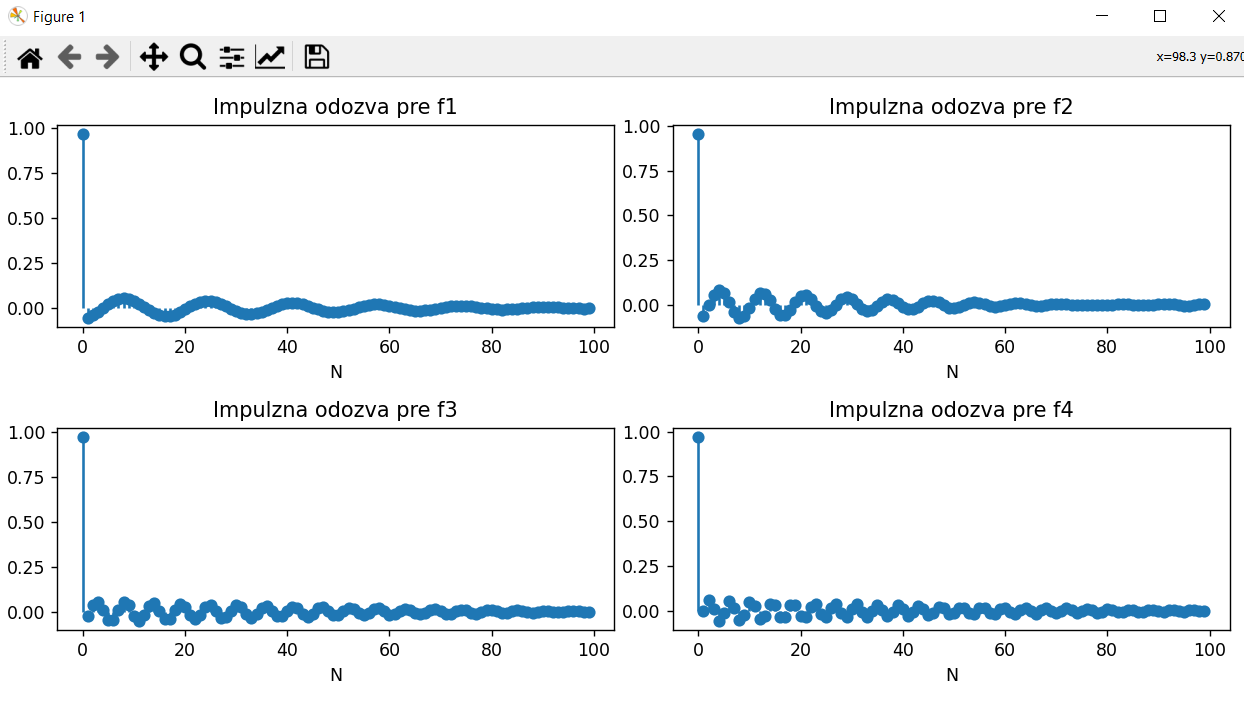
Obr. 6.2. – Spektrogram spojených rušivých cosinusoviek

Pri porovnaní grafov pôvodného spektogramu a spektrogramu spojenych cosinusoviek je vidiet korelaciu medzi danými frekvenciami. Táto korelácia nám ukazuje, že sme správne určili rušivé cosínusovky.

# Úloha 7.

Pri tvorbe číslicového filtru som si zvolil tretí spôsob a využil funkciu *scipy.signal.butter*, do ktorej som ako parametre slozil potrebné hodnoty. Vytvoril som týmto spôsobom 4 filtre a teda 4 koreficienty filtrov a 4 impulzné odozvy, jedna impulzná odozva pre jeden číslicový filter.

Zobrazenie impulzných odoziev:



Obr. 7.1. – Zobrazenie impulzných odoziev pre vytvorené číslicové filtre

Impulzné odozvy som pri plotení obmedzil na 100 vzorkov, pretoze sa následne ich limita blížila k 0 a nebolo nutné ich do grafu zahrnúť. Bližšie informácie o priebehu impulznej odozvy nájdete pri spustení programu a vyplotení potrebného grafu.

Koeficienty 1. filtru:

B1 = [ 0.96968306, -7.19967045, 23.92468457, -46.40509761, 57.42121559,

-46.40509761, 23.92468457, -7.19967045, 0.96968306]

A1 = [ 1, -7.3676241, 24.29453924, -46.76053222, 57.41712999,

-46.04625104, 23.55799639, -7.03512877, 0.94028524]

Koeficienty 2. filtru:

B2 = [ 0.95550095, -8.34660231, 36.11225767, -100.70464511, 200.24150034,

-297.87987356, 339.26851941, -297.87987356, 200.24150034, -100.70464511,

36.11225767, -8.34660231, 0.95550095]

A2 = [ 1, -8.66904654, 37.22281174, -103.0146623, 203.28308239,

-300.1157975, 339.23048733, -295.59645228, 197.20683088, -98.43059447,

35.03084292, -8.03568886, 0.91298207]

Koeficienty 3. filtru

B3 = [ 0.96968306, -3.22027134, 7.88912026, -11.880532, 14.299598,

-11.880532, 7.88912026, -3.22027134, 0.96968306]

A3 = [ 1, -3.29539372, 8.0108682, -11.97119889, 14.29804551,

-11.78833901, 7.76800568, -3.14667508, 0.94028524]

Koeficienty 4. filtru

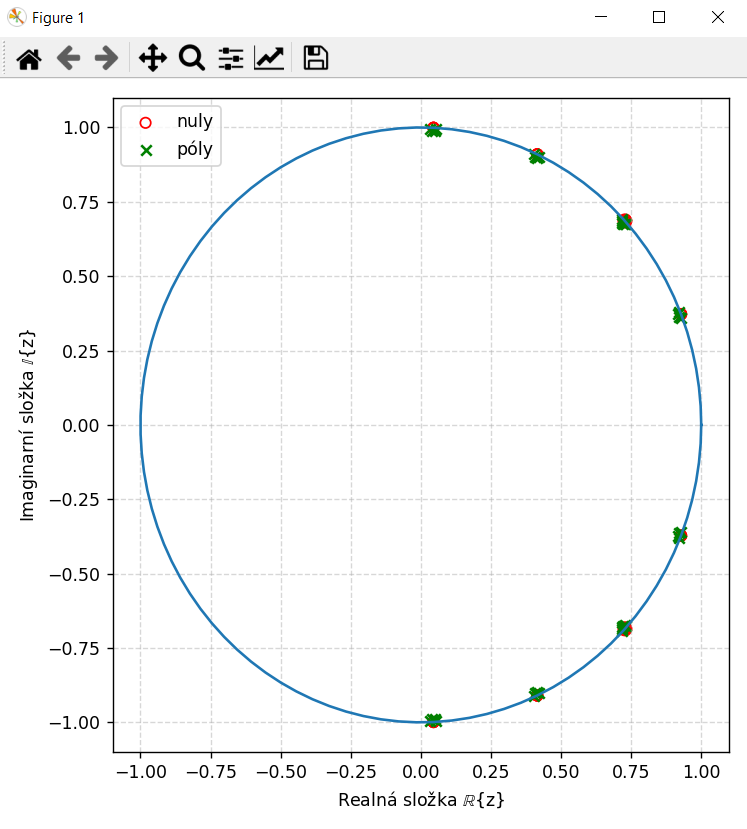
B4 = [ 0.96968306, -0.35023539, 3.92616973, -1.0535618, 5.91303779, -1.0535618,

3.92616973, -0.35023539, 0.96968306]

A4 = [ 1, -0.35840567, 3.9866018, -1.06158658, 5.91211133, -1.04537104,

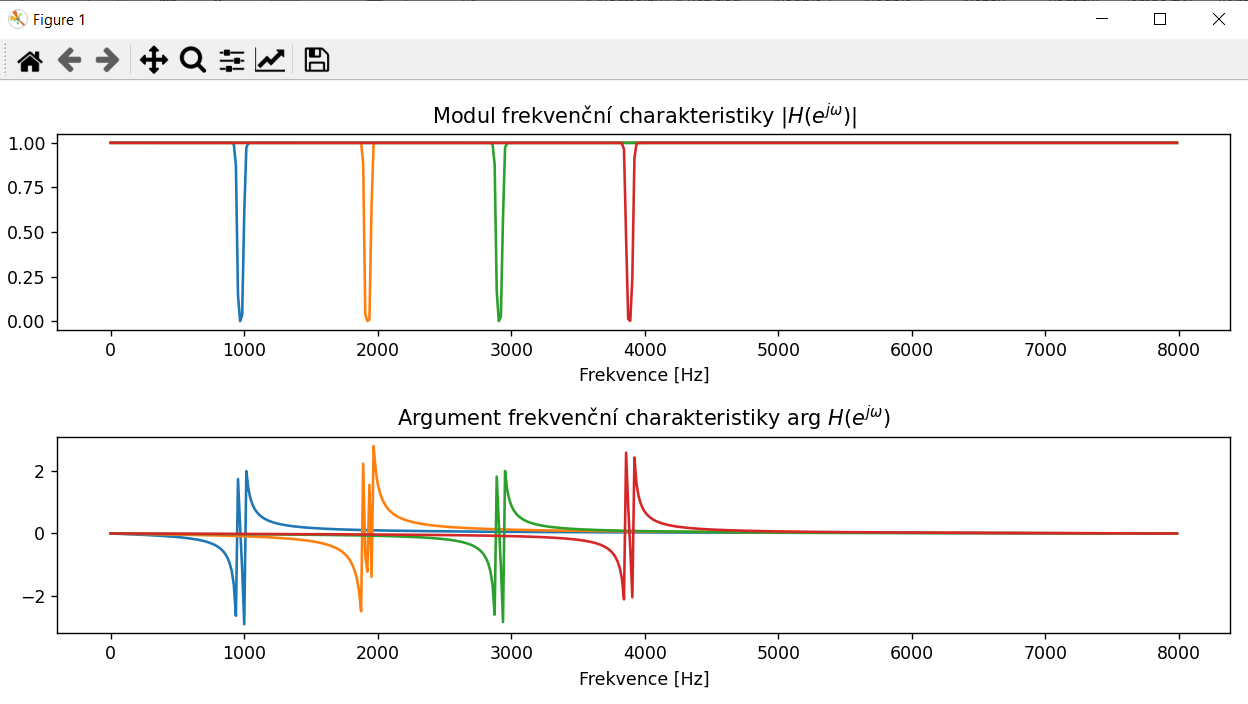
3.865745, -0.34223109, 0.94028524]

# Úloha 8.

Nuly a póly som vypočítal pomocou funkcie *scipy.signal.tf2zpk(b1, a1)*. Následne som sa na základe týchto hodnôt vyplotil nasledujúci graf jednotkovej kružnice.

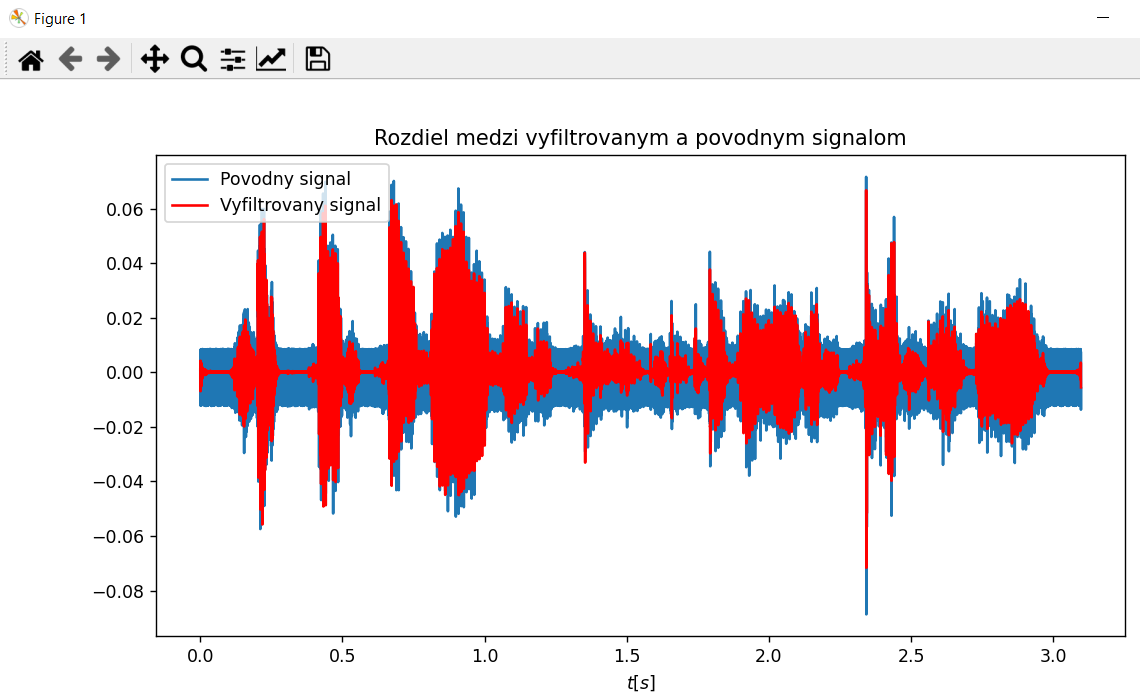
Obr. 8.1. – Vyplotenie núl a pólov číslicových filtrov

# Úloha 9.

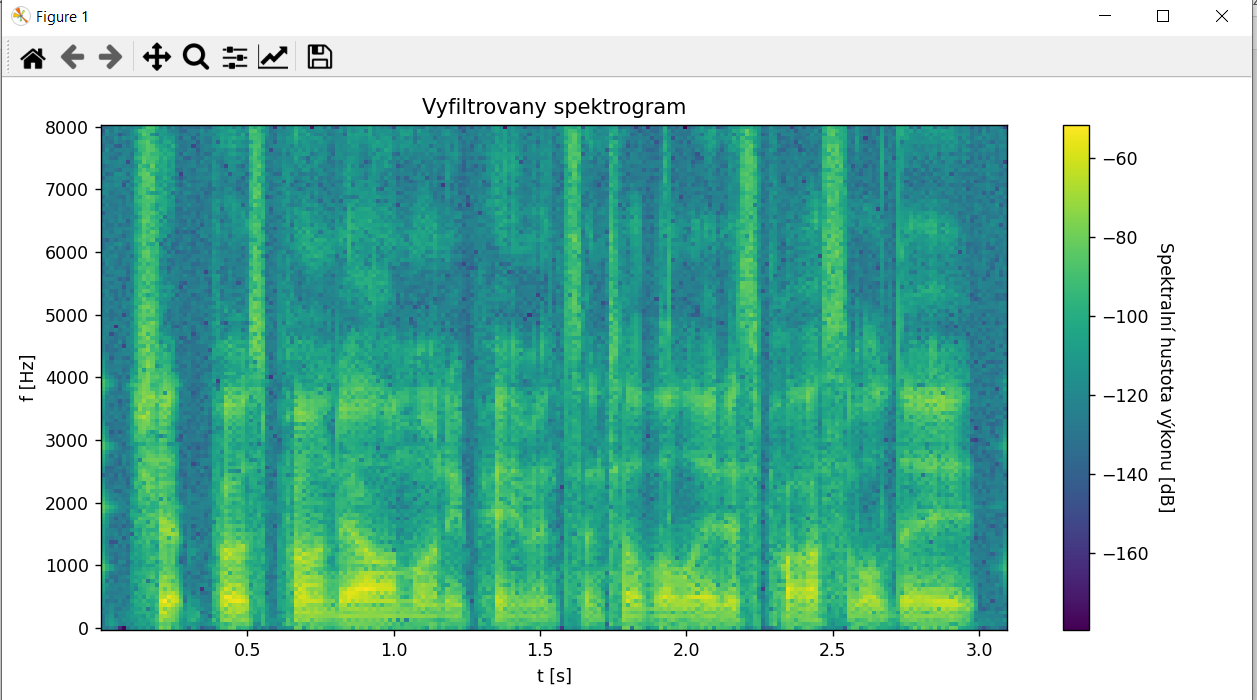
Graf frekvenčnej charakteristiky:

Obr. 9.1. – Frekvenčná charakteristika filtrov

# Úloha 10.

Zobrazenie pôvodného signálu a vyfiltrovaného signálu:

Obr. 10.1. – Porovnanie pôvodného signálu a vyfiltrovaného signálu

Graf spektrogramu vyfiltrovaného signálu:

Obr. 10.2. – Spektrogram vyfiltrovaného signálu

Posluchom vyfiltrovaného signálu dokážem povedať, že sa mi signál podarilo vyčistiť správne. To isté môžem tvrdiť na základe spektogramu vyfiltrovaného signálu a grafu porovnania pôvodného a vyfiltrovaného signálu. Môžem skonštatovať, že projekt sa mi podarilo úspešne splniť.