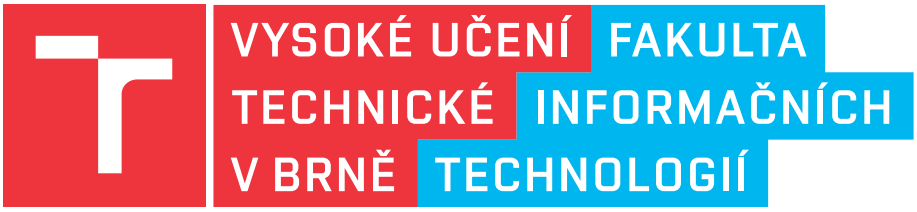
Vysoké učení technické v Brně
Fakulta informačních technologií



ISS projekt 2021/22

Sehnoutek Patrik (xsehno01)

Brno, 24. decembra 2021

Obsah

1 Úvod **3**

2 Riešenie **3**

2.1 Základy 3
2.2 Predspracovanie rámca 3
2.3 DFT 4
2.4 Spektogram 4
2.5 Určenie rušivých frekvencií 4
2.6 Generovanie signálu 4
2.7 Čistiaci filter 5
2.8 Nulové body a póly 6
2.9 Frekvenčná charakteristika 6
2.10 Filtrácia 7

1 Úvod

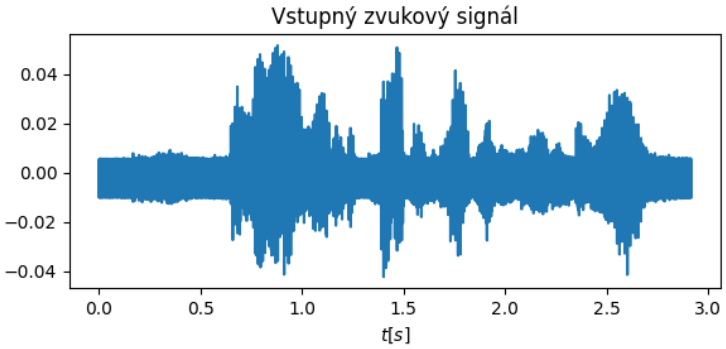
Projekt som riešil pomocou skriptovacieho jazyka *Python*. Na prácu so signálom som využíval knižnice *numpy*, *soundfile* a *scipy*. Na vykreslovanie grafov som použil knižnicu *matplotlib*.

2 Riešenie

2.1 Základy

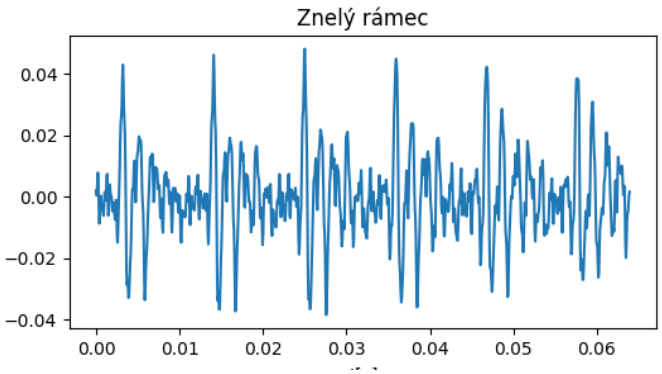
Signál som načítal pomocou funkcie *read* z knižnice *soundfile*. Funkcia *read* načíta už normalizovaný signál.

Vzorkovacia frekvencia signálu: 16 000 Hz
Dĺžka signálu vo vzorkách: 46695
Dĺžka signálu v sekundách: 2.9184375 s
Minimálna hodnota: -0.04241943359375
Maximálna hodnota: 0.05169677734375



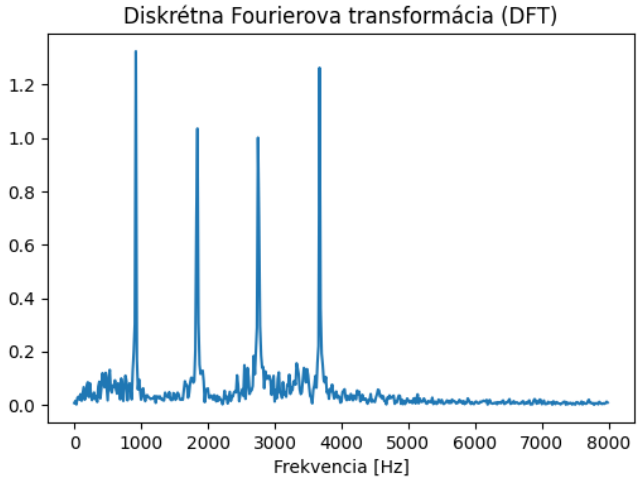
2.2 Predspracovanie rámca

Signál som si najskôr rozdelil do jednotlivých rámcov po 1024 vzorkoch, tzn. vytvoril som dvojrozmerné pole, ktoré obsahuje jednotlivé rámce. Následne som prechádzal jednotlivé rámce a hľadal rámec s periodickým charakterom.



2.3 DFT

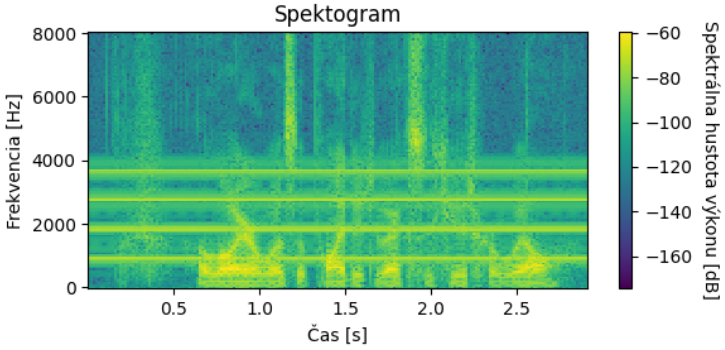
Na úvod som si vybral jeden z rámcov z predchádzajúcej úlohy, keďže máme pracovať s 1024 vzorkami. Následnej pomocou vlastne funkcie *frame_dft*[1] aplikujem DFT na vybranom rámci. Funkcia mi vráti upravený rámec.



2.4 Spektogram

Na vypočítanie a zobrazenie spektorgramu som využil funkciu *spectogram* z knižnice *scipy.signal*. Argumentami funkcie je načítaný signál a vzorkovacia frekvencia signálu. Výstupom je pole vzorkovacích frekvencií, pole časových segmentov a spektogram signálu.

```
f, t, sgr = spectrogram(sig, fs)
```



2.5 Určenie rušivých frekvencií

Rušivé frekvencie je možné vidieť aj na spektograme aj na grafe DFT. Podľa hodnôt jednotlivých frekvencií môžeme vidieť, že sú cosínusovky harmonicky vzťažené.

$$f_1 = 920Hz \quad f_2 = 1840Hz \quad f_3 = 2760Hz \quad f_4 = 3680Hz$$

2.6 Generovanie signálu

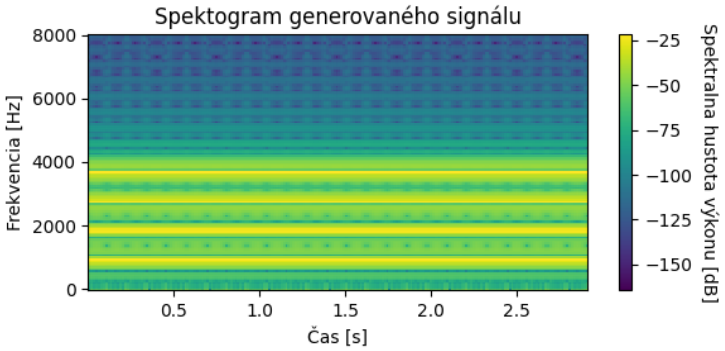
Za účelom generovaniu signálu z cosínusoviek som si vytvoril pole časových úsekov. Pole časových úsekov som použil pri vytváraní signálu z jednotlivých cosínusoviek.

```
cos1 = np.cos(2 * np.pi * 920 * casove_useky)
```

[1] https://pythonnumericalmethods.berkeley.edu/notebooks/chapter24.02-Discrete-Fourier-Transform.html

Cosínusovky som následne spojil do jedného signálu. Výsledný signál som vygeneroval pomocou funkcie *wavfile.write*.

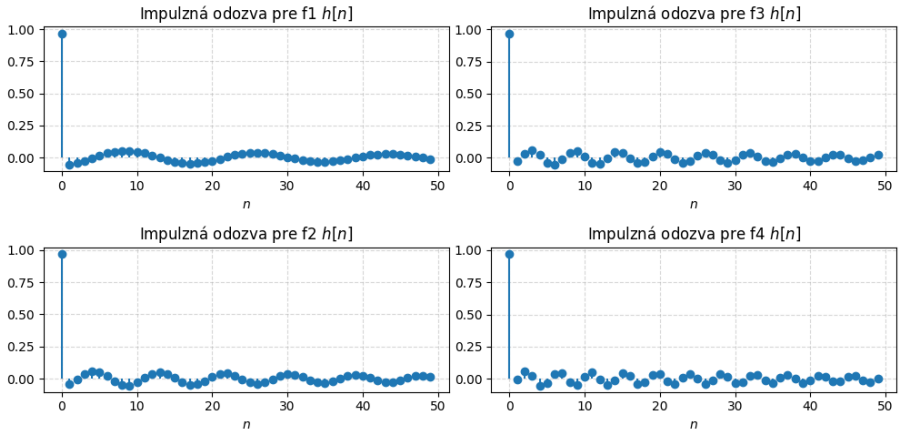
```
wavfile.write("audio/4cos.wav", fs, cos_merge.astype(np.float32))
```



2.7 Čistiaci filter

Čistiace filtre som vytvoril pomocou funkcie *scipy.signal.butter*. Zvolil som si zo zadania metódu č.3, návrh 4 pásmových zádrží.

```
b1, a1 = butter(4, [low, high], btype="bandstop")
```



Pre zobrazenie impulzných odoziev som zvolil 50 vzorkov. Kedže ide o IIR filtre je potrebné ich obmedziť na dĺžku vhodnú na zobrazenie.

Koeficienty filtrov:

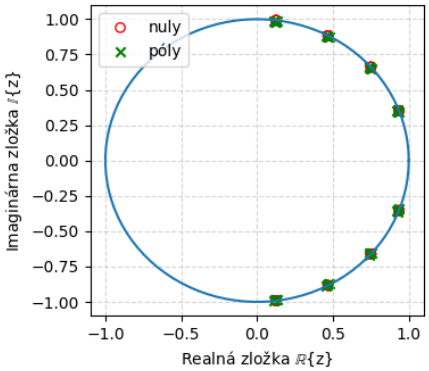
```
b_1 = [  0.96968306  -7.25717748  24.24619573 -47.17679161  58.43644899 -47.17679161
                    24.24619573  -7.25717748   0.96968306]
a_1 = [  1.          -7.42647266  24.62102491 -47.53815186  58.4323126 -46.81199214
                    23.87458382  -7.09132154   0.94028524]
b_2 = [  0.96968306  -5.81936384  16.97514878 -30.55735654  36.92422423 -30.55735654
                    16.97514878  -5.81936384   0.96968306]
a_2 = [  1.          -5.95511774  17.23747829 -30.79114816  36.92123644 -30.32080708
                    16.71488794  -5.68636777   0.94028524]
b_3 = [  0.96968306  -3.63020085   8.97512354 -14.07049444  16.7549157 -14.07049444
                     8.97512354  -3.63020085   0.96968306]
a_3 = [  1.          -3.71488604   9.11367444 -14.17791825  16.75319166 -13.96135026
                     8.83737757  -3.54723603   0.94028524]
```

```
b_4 = [ 0.96968306 -0.97233559  4.24435552 -2.97811066  6.55317435 -2.97811066
  4.24435552 -0.97233559  0.96968306]
a_4 = [ 1.         -0.9950182   4.30971065 -3.00079861  6.55219762 -2.95496191
  4.179058   -0.95011377  0.94028524]
```

2.8 Nulové body a póly

Nulové body a póly som získal z filtrov pomocou funkcie *scipy.signal.butter* s výstupom *zpk*. Následne som nulové body a póly zo všetkých filtrov zobrazil na jednu jednotkové kružnicu.

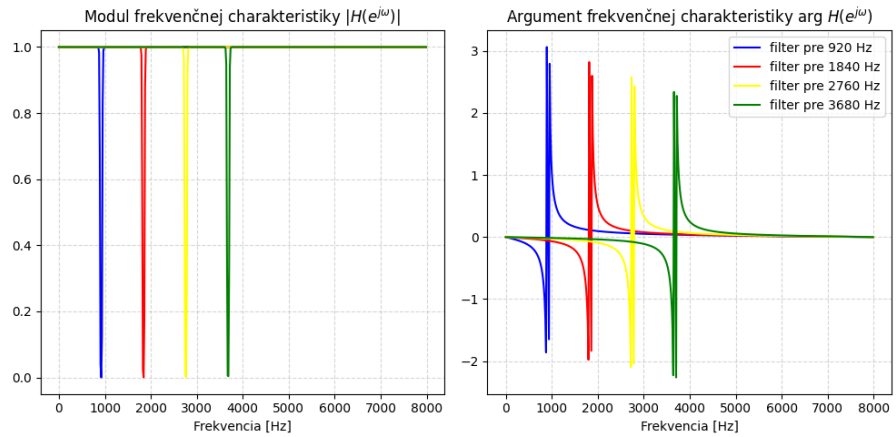
```
z1, p1, k1 = butter(4, [low, high], btype="bandstop", output="zpk")
```



2.9 Frekvenčná charakteristika

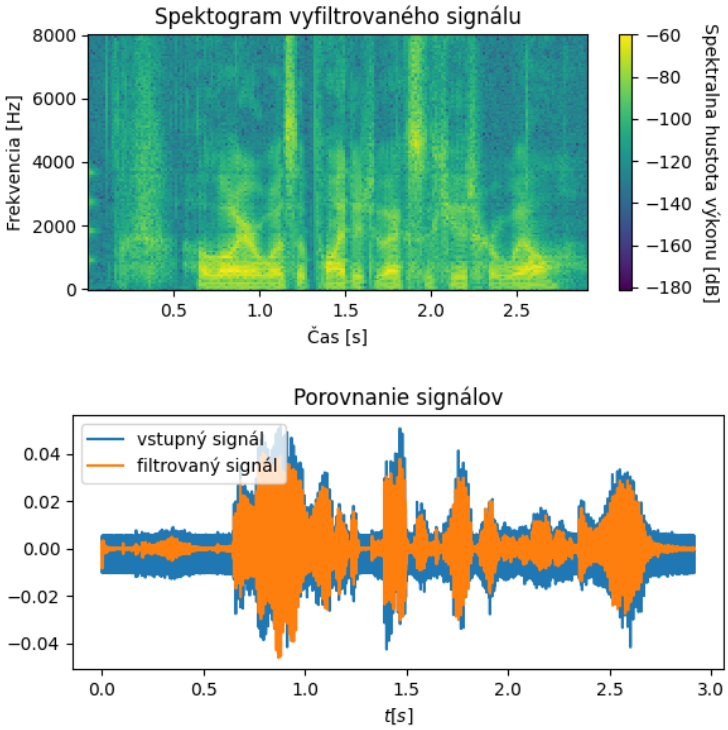
Frekvenčnú charakteristiku som realizoval pomocou funkcie *scipy.signal.freqz* postupne pre každý filter.

```
freq1, h1 = freqz(b1, a1)
```



2.10 Filtrácia

Signál som vyfiltroval pomocou funkcie *scipy.signal.lfilter* so všetkými 4 navrhnutými filtrami. Filtrovaný signál je vyčistený, avšak na začiatku signálu sa objavil artefakt. Je to spôsobené tým, že aj filter má nejakú impulznú odovzvu. Prvých pár vzorkov sa bude správať inak, tzn. na výstup sa prekopírujú vzorky z pôvodného signálu.



Podľa spektogramu a vypočutia si výsledného zvuku usudzujem, že som rušivé frekvencie úspešne odstránil a splnil zadanie projektu.