

B2M31CZS cvičení - Vlastnosti a návrh IIR filtrů

Úkoly:

IIR dolní propust

Srovnajte vlastnosti IIR dolní propusti stejného řádu pro různé aproximace modulové charakteristiky:

- Butterworth - $f_c = 800$ Hz, $f_s = 8$ kHz, $N = 6$ (funkce `butter`)
 - Chebyshev I (I. typu) - $f_c = 800$ Hz, $f_s = 8$ kHz, $N = 6$, $R_p = 3$ dB (funkce `cheby1`)
 - Chebyshev II (II. typu - inverzní) - $f_c = 800$ Hz, $f_s = 8$ kHz, $N = 6$, $R_s = 30$ dB (funkce `cheby2`)
 - Eliptický filtr (Cauer v) - $f_c = 800$ Hz, $f_s = 8$ kHz, $N = 6$, $R_p = 3$ dB, $R_s = 30$ dB (funkce `ellip`)
1. Pozorujte dosaženou frekvenční charakteristiku navrženého filtru, tj. modulovou a fázovou charakteristiku (funkce `freqz`). Nastavte vhodné měřítko na ose 'y' (funkce `ylim`).
 2. Pozorujte rozložení nulových bodů a pólůenosové funkce (funkce `zplane`) resp. impulzovou odezvu (funkce `impz`)- Zvažte, zda je navržený filtr stabilní.
 3. Vykreslete modulovou charakteristiku v dB pro všechny 4 navržené filtry do jednoho obrázku a srovnajte výsledek pro různé aproximace a stejný řád.

```
% Srovnání modulové charakteristiky v dB
figure("Name","Modulové charakteristiky různých typů filtrů")
TL = tiledlayout(2,2);
title(TL,"Modulové charakteristiky různých typů filtrů")
```

```
% Butterworth filtr
fc = 800; % Hz
fs = 8000; % 8kHz
N = 6; % řád filtru
% help butter
```

```
% Chebyshev I. Typu
fc = 800; % Hz
fs = 8000; % 8kHz
N = 6; % řád filtru
Rp = 3; % dB - Zvlnění v propustném pásmu (Ripple pass)
% help cheby1
```

```
% Chebyshev II. Typu (Inverzní)
```

```

fc = 800; % Hz
fs = 8000; % 8kHz
N = 6; % řád filtru
Rs = 30; % dB - Zvlínění v nepropustném pásmu (Ripple stop)
% help cheby2

```

```

% Eliptický (Cauer v)
fc = 800; % Hz
fs = 8000; % 8kHz
N = 6; % řád filtru
Rp = 3; % dB - Zvlínění v propustném pásmu (Ripple pass)
Rs = 30; % dB - Zvlínění v nepropustném pásmu (Ripple stop)
% help ellip

```

Filtrace bílého šumu

1. Nagenerte si Gaussovský bílý šum o délce $N = 10000$ vzorků.
2. Vyfiltrujte tento šum každým ze 4 filtrů, které jste vytvořili v předchozích krocích.
3. Vykreslete si obrázky, kde bude vedle sebe modulová frekvenční charakteristika použitého filtru v dB a spektrogram vyfiltrovaného bílého šumu (délku okna pro spektrogram volte 256 vzorků).

```

% Filtrace bílého šumu
N = 10000;
wlen = 256;

figure("Name","Filtrace bílého šumu různými filtry")
TL = tiledlayout(2,4)
title(TL,"Filtrace bílého šumu různými filtry")

```

V případě volného času opakujte návrh pro zmíněné parametry a srovnajte výsledky.

1. Zvyšte požadavek na potlačení v nepropustném pásmu na $R_s=60$
2. Při požadovaném potlačení v nepropustném pásmu $R_s=60$ sledujte výsledek pro řády $N=6, 10, 20$

Pozorujte také výsledek filtrace (časový průběh i spektrogram) pro filtr, který je nestabilní.

Srovnajte analogicky pro návrh **horní propusti** se stejným mezním kmitočtem.

Návrh IIR pásmové propusti

Navrhn te experimentáln pásmovou propust ve frekven ním pásmu $300 < f < 3400$, pro filtrování akustického signálu do telefonního pásma pro vzorkovací frekvence 8kHz, 16kHz a 44.1kHz.

- Potla ení v nepropustném pásmu by m lo být 40–60 dB, možné zvln ní v propustném pásmu 0.5–1 dB.
- Pro všechny filtry pozorujte frekven ní charakteristiku, impulsní odezvu resp. rozložení nulých bod a pól . V prvním kroku volte ád navrhovaných filtr $N = 6$ a p ípadn zvyšujte pro spln ní výše zadaných podmínek.
- **Pro ov ení stability ur ete vždy maximální hodnotu modulu pól dané p enosové funkce.**

```
% IIR Pásmová propust
Rpmax = 0.5; % 0.5-1dB Zvln ní v propustném pásmu
N = 6; % ád filtru
fmin = 300; % Hz
fmax = 3400; % Hz
```

Filtrace e ového signálu

Pro stabilní filtry realizujte filtraci pro e ové signály v souboru [speech_8_16_44.mat](#) (Binární formát v MATLABu, obsahuje 3 signály uložené v prom nných sig8, sig16 a sig44. Ov te dosažení požadovaného potla ení ve spektrogramu signálu.

Pro každý filtrovaný signál s r zným vzorkovacím kmito tem vykreslete :

- asové pr b hy p vodního i filtrovaného signálu
- Spektrogramy p vodního i filtrovaného signálu, délku okna p i výpo tu spektrogramu volte 32 ms
- Zobrazte spektrogramy všech 3 filtrovaných signál (s délkou okna p i výpo tu spektrogramu 32 ms) ve frekven ním pásmu 0–4000 Hz (tj. upravte m ítko osy 'y' pomocí funkce ylim)

```
% Na tení signálu
load speech_8_16_44.mat % Na te prom nné sig8, sig16, sig44

% Filtrace
% Délka okna pro spektrogram = 32ms
% fs = ;
wlen = fs*0.032;
```

```
b_2 = 0.8600
```