

B2M31CZS cvičení - Návrh FIR a IIR filtrů z tolerančního pole

Úkoly:

Návrh IIR pásmové propusti z tolerančního pole

Navrhněte pásmovou propust IIR splývající požadavky následujícího tolerančního pole (využijte funkce `buttord`, `cheblord`, `cheb2ord`, `ellipord`):

- Hranice propustného pásma: 400 Hz, 3300 Hz
- Hranice nepropustného pásma: 200 Hz, 3500 Hz
- Vzorkovací kmitočet: 16000 Hz
- Maximální zvlnění v propustném pásmu: 1 dB
- Minimální potlačení v nepropustném pásmu: 40 dB

Srovnajte vždy dosažené optimální řady navržených filtrů.

```
fpass1 = 400; % Hz
fpass2 = 3300; % Hz

fstop1 = 200; % Hz
fstop2 = 3500; % Hz

fs = 16000; % 16kHz
Rp = 1; % dB
Rs = 40; % dB

% Návrh IIR pásmové propusti
% help buttord, cheblord, cheb2ord, ellipord
```

Opakujte návrh pro vzorkovací kmitočet $f_s = 44100$ Hz a zvažte možnosti nalezení stabilního návrhu.

Ověřte návrh filtrací. Signály ke zpracování jsou v souboru `speech_8_16_44.mat` (binární formát v MATLABu, obsahuje 3 signály uložené v proměnných `sig8`, `sig16` a `sig44` s $f_s = 8, 16$ resp. 44.1 kHz).

```
load speech_8_16_44.mat % Obsahuje proměnné sig8, sig16 a sig44

fs = 8000; % = 16000, 44100 Hz, podle signálu

% Filtrace ověřého signálu
```

1. **Zobrazte frekvenční charakteristiky** navržených filtrů v dB pro všechny uvedené vzorkovací kmitočty $f_s = 8, 16$ a 44.1 kHz.
2. **Srovnejte ústřední frekvence** navržených filtrů a ověřte jejich stabilitu.
3. Pro signál `sig16` vzorkovaný kmitočtem 16 kHz **realizujte filtraci stabilním elliptickým IIR filtrem** a pozorujte spektrogramy vstupního a výstupního signálu.

Návrh FIR filtrů z tolerančního pole

Sledujte tvar a spektrum **Kaiserova okna** pro různé hodnoty N a (funkce `kaiser`).

- **Zobrazte Kaiserova okna** délkou stejné délky $M = 101$ vzorků pro různé hodnoty $\beta = 0, 2, 8, 15$ a zobrazte také jejich výkonová spektra v dB v rozlišení $N_{FFT} = 1024$.
- Analogicky zobrazte Kaiserova okna délkou se stejným $\beta = 8$ pro různé délky $M = 31, 51, 101, 201$ vzorků a rovněž i jejich výkonová spektra v dB v rozlišení $N_{FFT} = 1024$.

```
% Zobrazení Kaiserova okna
M = [31, 51, 101, 201]; % vzorky, také: M = 31, 51, 101, 201
beta = [0, 2, 8, 15]; % také: beta = 2, 8, 15
NFFT = 1024;

figure("Name","Vizualizace Kaiserova okna");
TL = tiledlayout(2,4); % Vizualizace 2*4 subploty
title(TL, "Vizualizace Kaiserova okna");

for i = 1:length(beta)
    % Výpočet výkonového spektra Kaiserova okna s M = M(3) = 101 a beta = beta(i) v dB

    % Vykreslení
    nexttile
    title(sprintf("Kaiserovo okno: M=%d, \beta=%d", M(3), beta(i)))

end

for j = 1:length(beta)
    % Výpočet výkonového spektra Kaiserova okna s M(j) a beta = beta(3) = 8 v dB s NFFT

    % Vykreslení
    nexttile
    title(sprintf("Kaiserovo okno: M=%d, \beta=%d", M(j), beta(3)))
end
```

```
end
```

Navrhnete pásmovou propust Kaiserovou metodou (funkce `kaiserord` nebo `fir1`) splující požadavky z první úlohy. (*POZOR! Při návrhu FIR filtru se parametry tolerančního pole zadávají mírně odlišně od funkcí pro návrh IIR filtru*).

Sledujte dosažené úhly navržených filtrů pro různé vzorkovací kmitočty a srovnajte s úhly výše navržených IIR filtrů pro stejnou úlohu.

```
fpass1 = 400; % Hz
fpass2 = 3300; % Hz

fstop1 = 200; % Hz
fstop2 = 3500; % Hz

fs = 16000; % 16kHz
Rp = 1; % dB
Rs = 40; % dB

% Návrh pásmové propusti Kaiserovou metodou
% help kaiserord
```

Opakujte návrh pro FIR filtr s rovnoměrným zvláňáním podle Parks-McClellanovy aproximace (funkce `firpmord` nebo `firpm`) a pozorujte zvláňání ve frekvenční charakteristice a dosažené úhly navržených filtrů.

```
% Návrh pásmové propusti podle Parks-McClellanovy aproximace
% help firpmord
% help firpm
```

Zobrazte frekvenční charakteristiky navržených filtrů v dB pro všechny uvedené vzorkovací kmitočty $f_s = 8, 16$ a 44.1 kHz.

Srovnajte úhly navržených filtrů (porovnejte je rovněž s optimálními úhly pro IIR filtry).

```
% Zobrazení frekvenčních charakteristik v dB pro fs = 8, 16 a 44.1 kHz
fs = 8000; % Také 16000, 44100
```

Srovnání zkreslení výstupního signálu při filtraci IIR a FIR filtry

Pro výše uvedený sig16 vzorkovaný frekvencí 16 kHz sledujte **časové průběhy vstupního signálu a výstupních signálů** po filtraci FIR filtry (navrženými Kaiserovou metodou a pomocí Parks-McClellanovy aproximace) a IIR filtrem (se silně nelineární fázovou charakteristikou - stabilní eliptický filtr).

- Zobrazte ve třech obrázcích vždy vstupní signál sig16 a výstup každého z výše uvedených 3 filtrů a pozorujte zpoždění signálu resp. změnu tvaru signálu.
- Zobrazte také frekvenční charakteristiky použitých FIR a IIR filtrů a srovnajte jejich fázové charakteristiky.

```
% Srovnání zkreslení FIR-Kaiser, FIR-PM, a IIR-Ellip filtr
```

Návrh úzkopásmové pásmové zadržky

Navrhněte pásmovou zadržku ve frekvenčním pásmu $48\text{Hz} < f < 52\text{Hz}$ pro potlačení síťového rušení v EKG signálu pro vzorkovací frekvenci $f_s = 200\text{Hz}$.

- EKG: [ekg1.asc](#), $f_s = 200\text{Hz}$, použijte funkci `load` pro načtení signálu do MATLABu.
- EKG se síťovým rušením 50Hz: [ekg50.asc](#), $f_s = 200\text{Hz}$.

```
load ekg1.asc
% load ekg50.asc

fs = 200; % Hz
```