

Slovenská technická univerzita v Bratislave

Fakulta elektrotechniky a informatiky

Filtrácia a spracovanie signálov

Návrh číslicových filtrov

Zadanie

Pre zadaný tolerančný diagram navrhnete zadaný typ číslicového filtra intuitívne – vhodným rozmiestnením koreňov v komplexnej z-rovine

- a) pomocou 5 núl (FIR)
- b) pridaním jednej dvojice komplexne združených pólov k (a) (IIR)
- c) nakreslite rozloženie koreňov v „z“ rovine
- d) zobrazte magnitúdové a fázové FCH sústav (a) a (b) – porovnajte ich
- e) napíšte funkciu $H_1(z)$ k zadaniu (a)
- f) napíšte funkciu $H_2(z)$ k zadaniu (b)

(a) – dosiahnuť odstup modulovej FCH v pásme prepúšťania a v pásme tlmenia aspoň 20 dB

(b) – dosiahnuť odstup modulovej FCH v pásme prepúšťania a v pásme tlmenia aspoň 40 dB

Zadané sú:

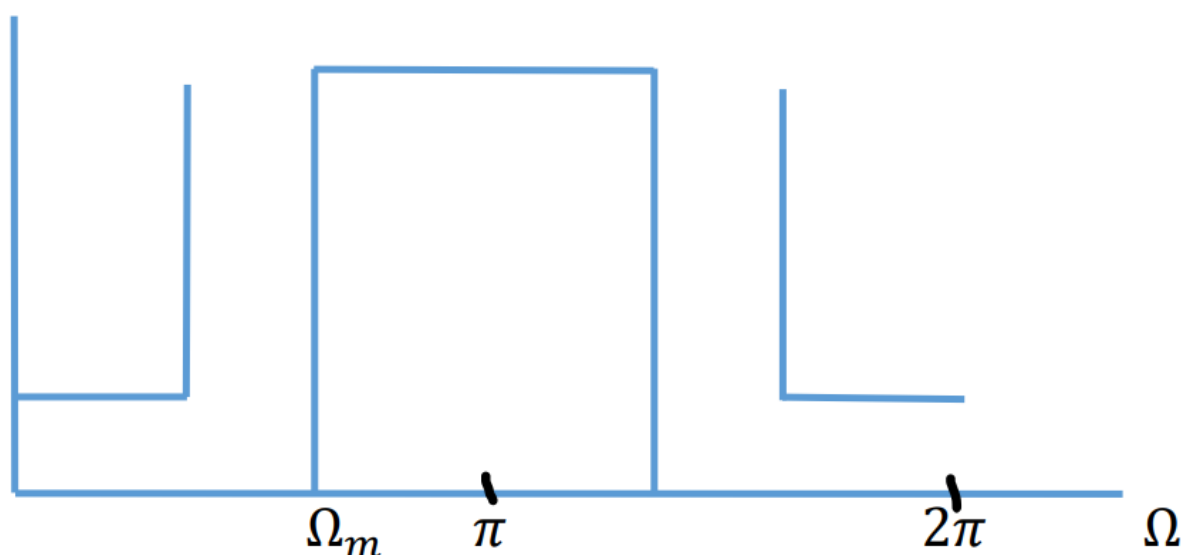
Typ filtra: hornopriepustný

Medzná frekvencia: $f_m = 1,2 \text{ kHz} = 1200 \text{ Hz}$

Vzorkovacia frekvencia: $f_{vz} = 8 \text{ kHz} = 8000 \text{ Hz}$

Priebeh ideálneho HP filtra:

$$20 \cdot \log |H(\Omega)|$$



Vypracovanie

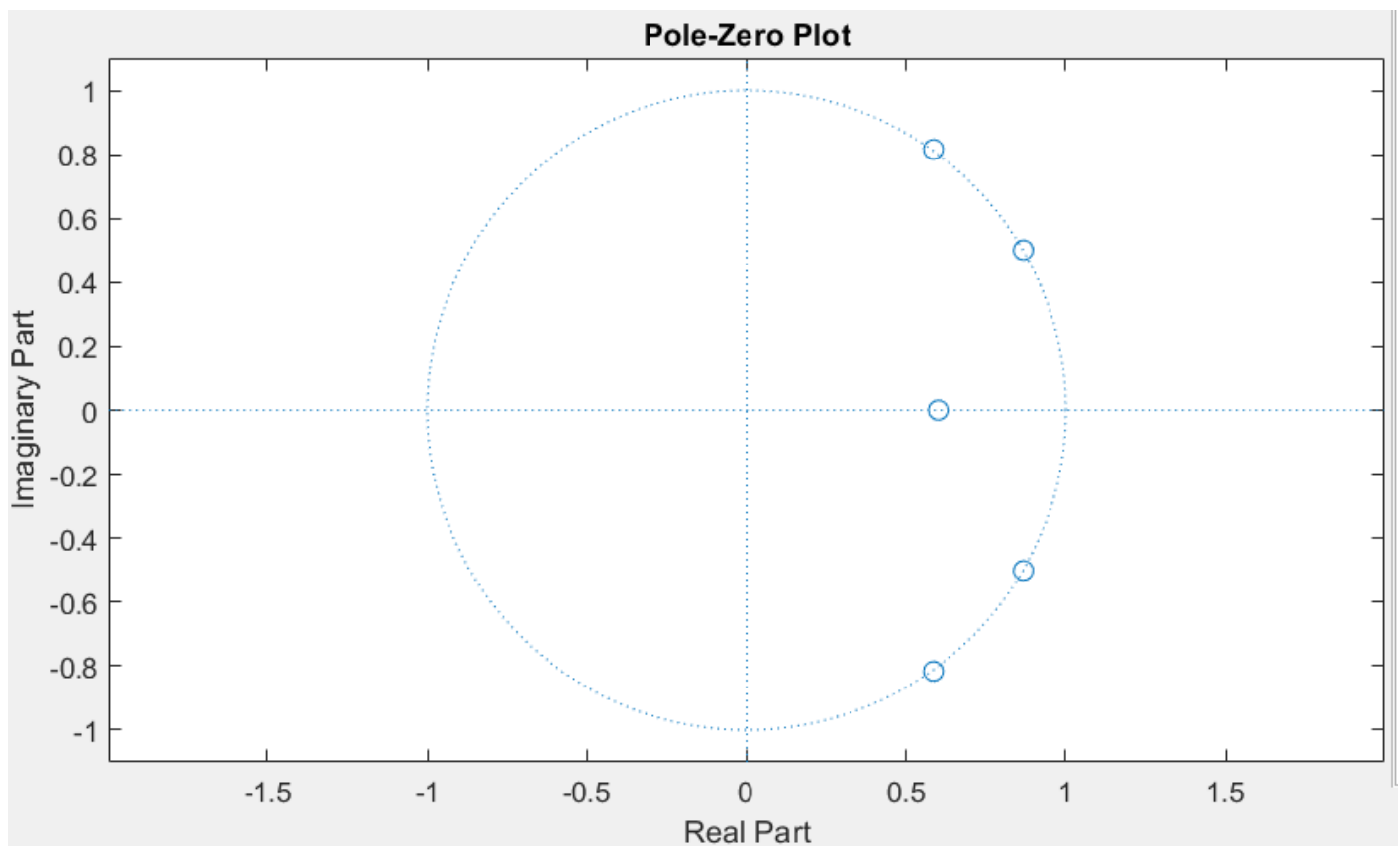
1. Vypočet normalizovanej medznej frekvencie Ω_m

Pomocou vzorca som $\Omega_m = 2\pi \frac{f_m}{f_{vz}}$ vypočítal hodnotu normalizovanej medznej frekvencie:

$$\Omega_m = 2\pi \frac{1200}{8000} = 2\pi * 0,15 = 0,3\pi$$

2. (a) Rozmiestnenie 5 nul v komplexnej z-rovine

V snahe dosiahnuť čonajpresnejší tvar hornopriepustného filtra, nuly som intuitívne umiestnil na jednotkovej kružnici nasledujúcim spôsobom:



Hodnoty núl :

$$z_{01} = 0.6$$

$$z_{02} = 0.58521 + j0.816119$$

$$z_{03} = 0.58521 - j0.816119$$

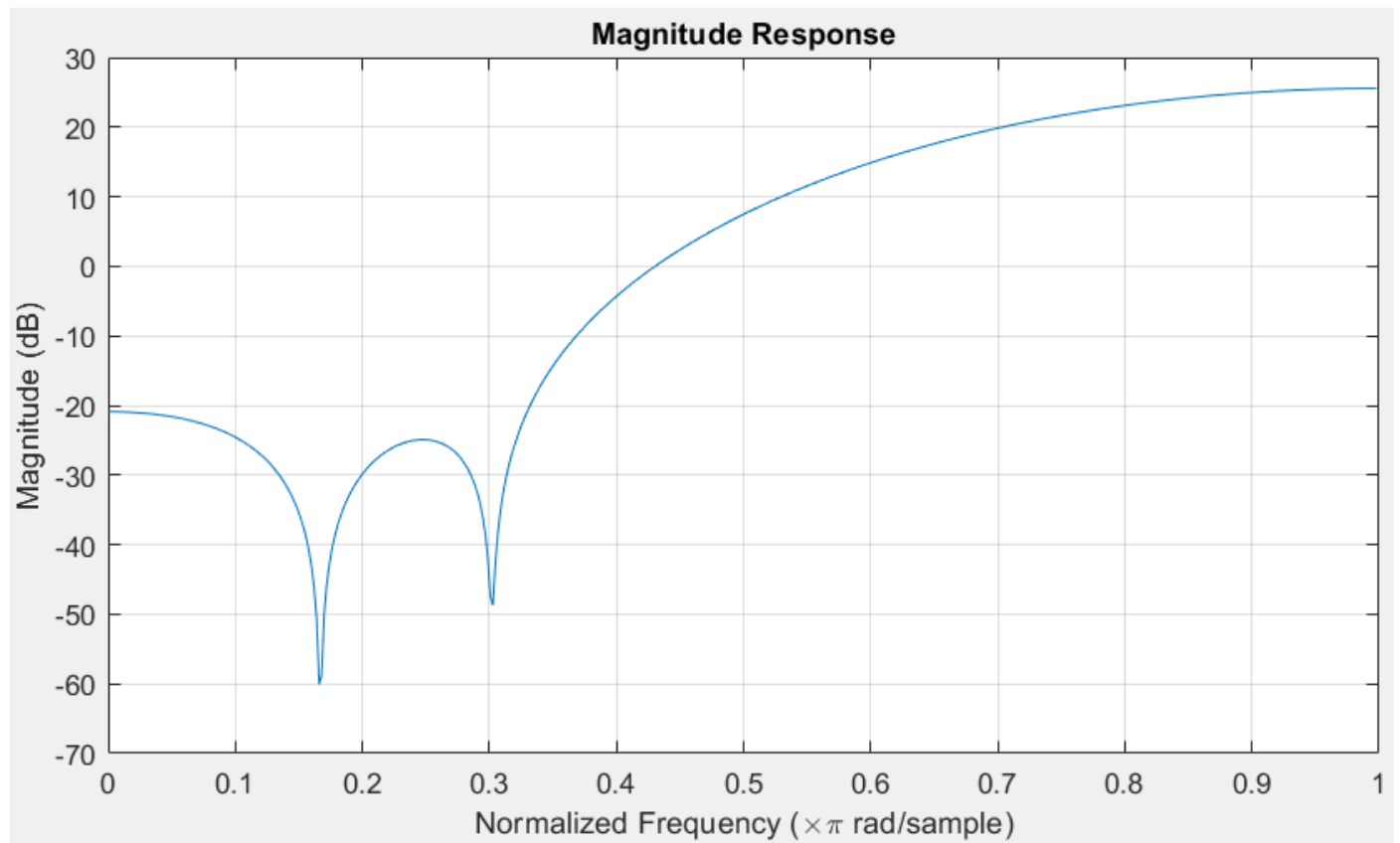
$$z_{04} = 0.866743 + j0.501274$$

$$z_{05} = 0.866743 - j0.501274$$

z_{01} – reálny koreň, z_{02} a z_{03} - komplexne združené korene, z_{04} a z_{05} - komplexne združené korene

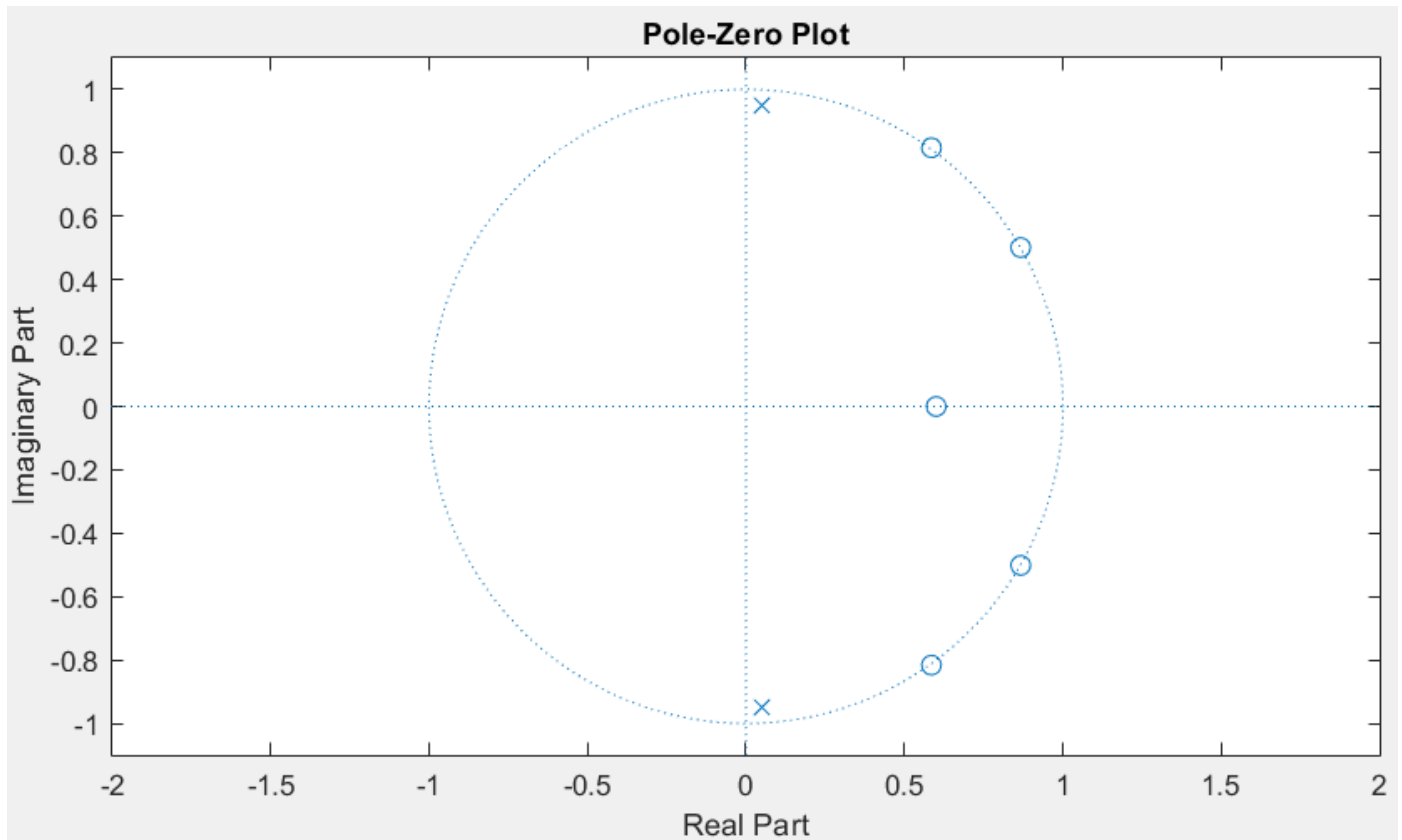
Teda funkcia $H_1(z) = (1 - 0.6 * z^{-1}) (1 - (0.58521 + j0.816119) * z^{-1}) (1 - (0.58521 - j0.816119) * z^{-1}) (1 - (0.866743 + j0.501274) * z^{-1}) (1 - (0.866743 - j0.501274) * z^{-1})$

Magnitudová FCH:



3.(b) Pridanie dvojice komplexne združených pólov

Zlepšime filter pridaním dvojice komplexne združených pólov:



Hodnoty pólov:

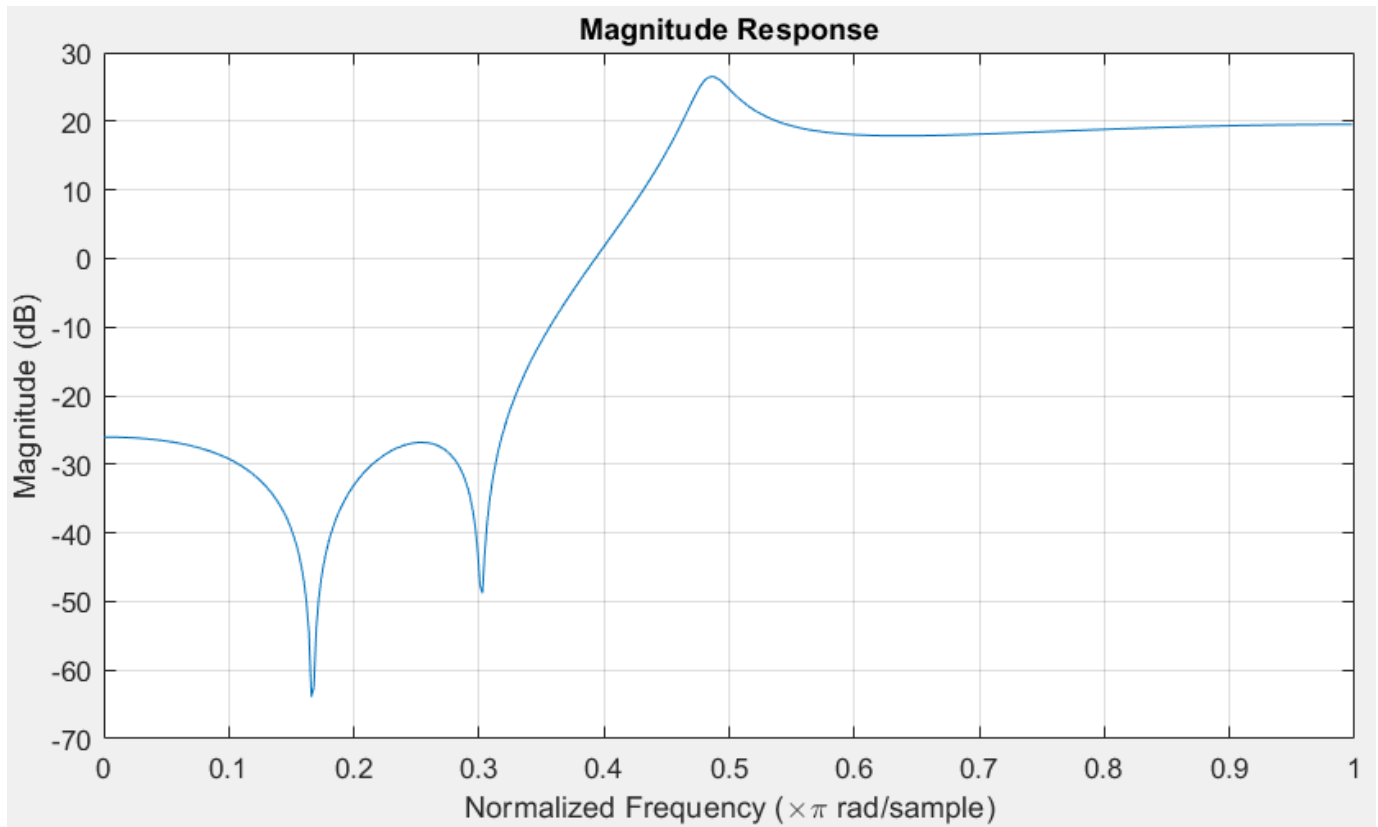
$$z_{x1} = 0.05 + j0.95$$

$$z_{x2} = 0.05 - j0.95$$

Funkcia:

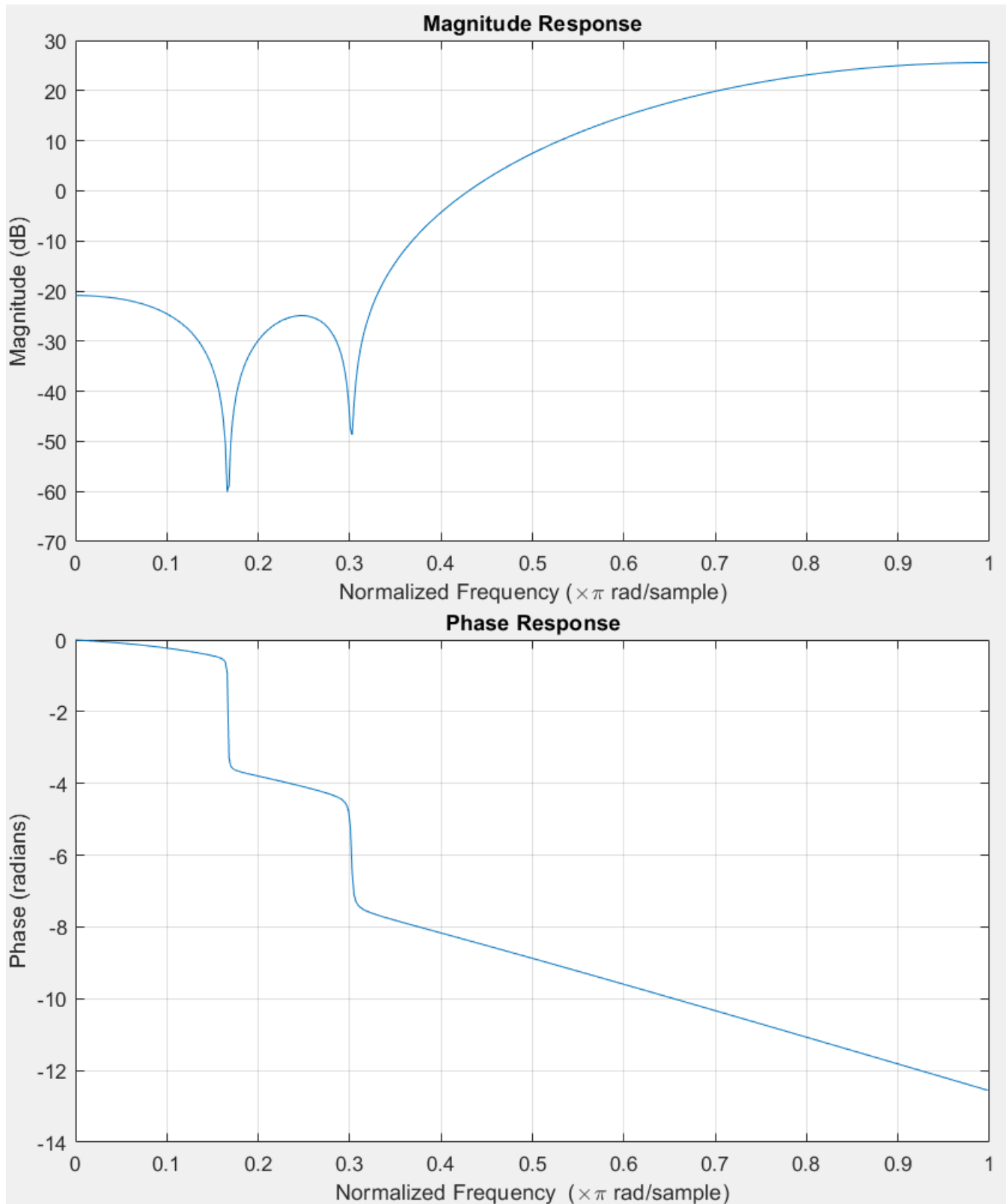
$$H_2(z) = (1 - 0.6 * z^{-1}) (1 - (0.58521 + j0.816119) * z^{-1}) (1 - (0.58521 - j0.816119) * z^{-1}) (1 - (0.866743 + j0.501274) * z^{-1}) (1 - (0.866743 - j0.501274) * z^{-1}) / (1 - (0.05 + j0.95) * z^{-1}) (1 - (0.05 - j0.95) * z^{-1})$$

Priebeh celkového filtra:

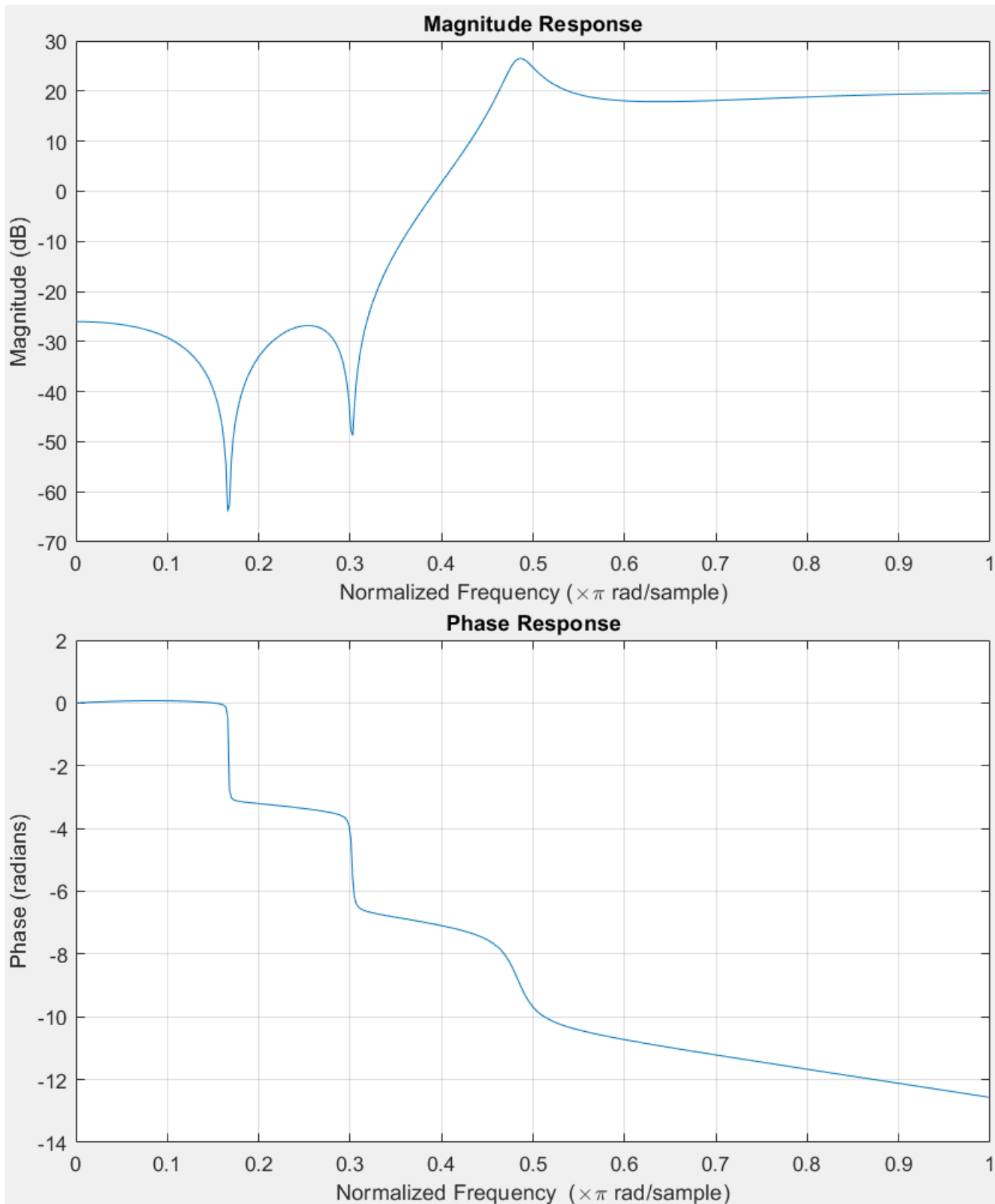


3. Porovnanie magnitudových a fázových FCH sústav (a) a (b)

Magnitúdová a fázová FCH sústava hornopriepustného filtra, návrhnutého iba pomocou núl:



Magnitúdová a fázová FCH sústava: hornopriepustného filtra, navrhnutého pomocou núl a pólov:



Možeme si všimnúť, že po pridaní polov odstup modulovej FCH v pásme prepúšťania a v pásme tlmenia sa zväčšil a prechod medzi pásmom prepúšťania a pásmom tlmenia nadobudol strmší tvar.

5.Záver

Hlavný cieľ zadania:

Návrh hornopriepustného číslicového filtra zo zadanou medznou a vzorkovacou frekvenciou.

Postup návrhu a zároveň medziciele úlohy:

- návrh filtra prostredníctvom 5 núl a ich znázornenie v z- rovine
- návrh filtra prostredníctvom 5 núl a dvojicou komplexne združených pólov, ich znázornenie v z- rovine
- porovnanie získaných priebehov
- zapis funkcie $H(s)$ pre obidva prípady

Z medznej a vzorkovacej frekvencie som dostal normalizovanú medznú frekvenciu Ω_m . To znamená, že filter by mal potlačať frekvencie, nižšie ako Ω_m , a tie vyššie prepúšťať. Pri vzorcovom hornopriepustnom filtri by magnitúda v hodnote Ω_m mala strmo rásť . Napriek tomu, tlmenie nízkych frekvencií začína v $\Omega_m = 0,3\pi$ a končí v $\Omega_m = 0,5\pi$.

V príbehu vypracovania úlohy som zistil, že s počtom korenov, ktorým je obmedzene riešenie toho zadania, návrhnúť ideálny HP filter nie je možné. Možno povedať, že kvôli tomuto obmedzeniu aj vyskytlo sa prechodove pásmo.

Okrem toho, požiadavky ohľadom toho, že:

- odstup modulovej FCH v pásme prepúšťania a v pásme tlmenia nesmie byť menší ako 20 dB pri filtre, návrhnutom pomocou núl
- odstup modulovej FCH v pásme prepúšťania a v pásme tlmenia nesmie byť menší ako 40 db pri filtre, návrhnutom pomocou núl a pólov

podarilo sa splniť.

Nehľadiac na to, že v návrhu sa objavila odchýlka, filter funguje správne.