

## **Zadanie:**

### **1. Navrhните dolnopriepustný IIR filter**

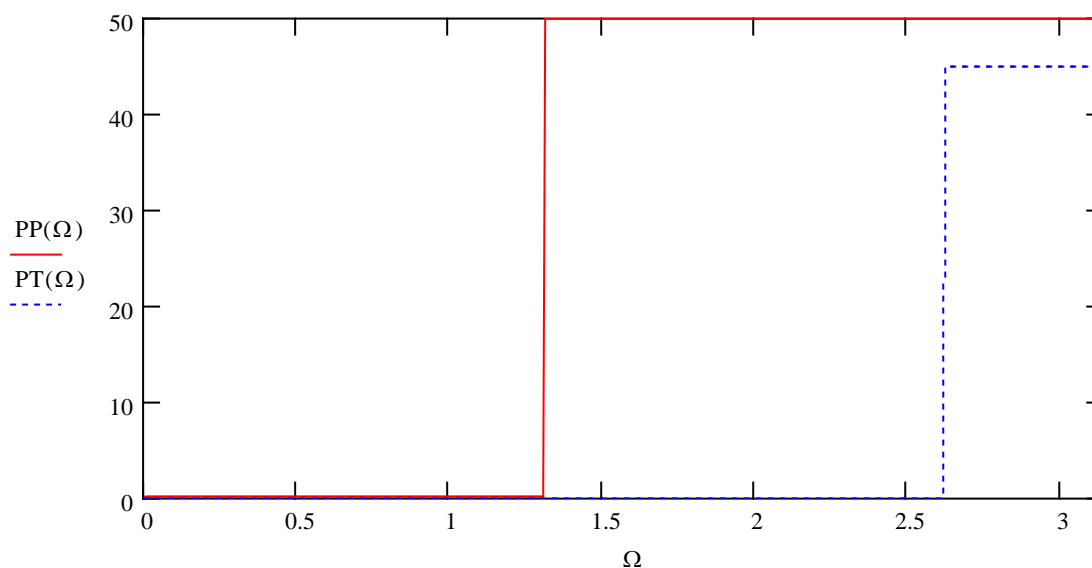
Pásmo prepúšťania :  $0 \rightarrow f_k : 1 \text{ kHz}$   $A_{\max} = 0.1$   
Pásmo tlmenia :  $f_k = 1,8 \text{ kHz} \rightarrow \infty$   $A_{\min} = 45$   
Vzorkovacia frekvencia :  $f_{vz} = 4 \text{ kHz}, 5,3 \text{ kHz}, 7,6 \text{ kHz}$

Úlohy:

- a) nakreslite tolerančný diagram
- b) prepočítajte požiadavky IIR filtra na požiadavky na NDP filter
- c) navrhните prenosovú funkciu pre spojitý original (typ Čebyšev)
- d) pretransformujte prenosovú funkciu NDP filtra  $H(s)$  na  $H(z)$  IIR filtra
- e) nakreslite priebeh MFCH a FFCH

## DP filter:

### a) Tolerančný diagram DP filtra:



### b) Prepočet požiadaviek IIR filtra na požiadavky pre NDP filter:

Pomocou vzorca vypočítame koeficient  $\alpha$  a hodnotu pásma tlmenia v analógovej oblasti  $\omega$ .

$$A_{\max} := 0.1 \quad \Omega := 0, 0.001 \dots 2 \cdot \pi$$

$$A_{\min} := 45 \quad j := \sqrt{-1}$$

$$f_k := 1000$$

$$f_k := 1800$$

$$f_{vz} := 4000$$

$$\Omega_k := 2 \cdot \pi \cdot \frac{f_k}{f_{vz}} \quad \Omega_k = 1.571$$

$$\Omega_k := 2 \cdot \pi \cdot \frac{f_k}{f_{vz}} \quad \Omega_k = 2.827$$

$$\alpha := \frac{1}{\left( \tan \left( \frac{\Omega_k}{2} \right) \right)} \quad \alpha = 1$$

$$\omega_k := 1$$

$$\omega_k := \alpha \cdot \tan \left( \frac{\Omega_k}{2} \right) \quad \omega_k = 6.314$$

Ak poznáme hodnoty NDP, potom môžeme určiť koeficienty pre prenosovú funkciu.

### c) Prenosová funkcia pre spojitý originál (typ Čebyšev):

Podľa vypočítaných hodnôt NDP, v tabuľkách nájdeme koeficienty pre prenosovú funkciu

Filter radu 5

$$c := 1.949 \quad b1 := 0.3331$$

$$c1 := 0.6359 \quad b2 := 0.872$$

$$c2 := 0.5389$$

$$H(s) := \frac{c \cdot c1 \cdot c2}{(s + c) \cdot (s^2 + b1 \cdot s + c1) \cdot (s^2 + b2 \cdot s + c2)}$$

### d) Transformácia prenosovej funkciu NDP filtra H(s) na H(z) IIR filtra:

$$\text{Transformačný vzťah : } s = \alpha \left( \frac{1 - z^{-1}}{1 + z^{-1}} \right)$$

$$H(z) := \frac{c \cdot c1 \cdot c2}{\left( \alpha \cdot \frac{1 - z^{-1}}{1 + z^{-1}} + c \right) \cdot \left[ \left( \alpha \cdot \frac{1 - z^{-1}}{1 + z^{-1}} \right)^2 + b1 \cdot \left( \alpha \cdot \frac{1 - z^{-1}}{1 + z^{-1}} \right) + c1 \right] \cdot \left[ \left( \alpha \cdot \frac{1 - z^{-1}}{1 + z^{-1}} \right)^2 + b2 \cdot \left( \alpha \cdot \frac{1 - z^{-1}}{1 + z^{-1}} \right) + c2 \right]}$$

### Čo sa stane ak zmeníme vzorkovaciu frekvenciu?

#### Zmena vzorkovacej frekvencie

$$fvz := 5300$$

$$b1 := 0.2294$$

$$c1 := 1.1294$$

$$\Omega_K := 2 \cdot \pi \cdot \frac{fk}{fvz}$$

$$\Omega_k := 2 \cdot \pi \cdot \frac{fk}{fvz}$$

$$b2 := 0.6267$$

$$c2 := 0.6964$$

$$\Omega_K = 1.186$$

$$\Omega_k = 2.134$$

$$\alpha := \frac{1}{\left( \tan\left( \frac{\Omega_K}{2} \right) \right)} \quad \alpha = 1.485$$

$$b3 := 0.8561$$

$$c3 := 0.2634$$

$$\omega_k := \alpha \cdot \tan\left( \frac{\Omega_k}{2} \right)$$

$$\omega_k = 2.693$$

#### Prenosová funkcia Čebyšev filtra n=6:

$$H1(s) := \frac{c1 \cdot c2 \cdot c3}{(s^2 + b1 \cdot s + c1) \cdot (s^2 + b2 \cdot s + c2) \cdot (s^2 + b3 \cdot s + c3)}$$

$$H1(z) := \frac{c1 \cdot c2 \cdot c3}{\left[ \left( \alpha \cdot \frac{1 - z^{-1}}{1 + z^{-1}} \right)^2 + b1 \cdot \left( \alpha \cdot \frac{1 - z^{-1}}{1 + z^{-1}} \right) + c1 \right] \cdot \left[ \left( \alpha \cdot \frac{1 - z^{-1}}{1 + z^{-1}} \right)^2 + b2 \cdot \left( \alpha \cdot \frac{1 - z^{-1}}{1 + z^{-1}} \right) + c2 \right] \cdot \left[ \left( \alpha \cdot \frac{1 - z^{-1}}{1 + z^{-1}} \right)^2 + b3 \cdot \left( \alpha \cdot \frac{1 - z^{-1}}{1 + z^{-1}} \right) + c3 \right]}$$

### Zmena vzorkovacej frekvencie

$$f_{vz} := 7600$$

$$b1 := 0.1009$$

$$c := 1.0542$$

$$\Omega_k := 2 \cdot \pi \cdot \frac{f_k}{f_{vz}}$$

$$\Omega_k := 2 \cdot \pi \cdot \frac{f_k}{f_{vz}}$$

$$b2 := 0.2905$$

$$c1 := 0.8344$$

$$\Omega_k = 0.827$$

$$\Omega_k = 1.488$$

$$\alpha := \frac{1}{\left(\tan\left(\frac{\Omega_k}{2}\right)\right)} \quad \alpha = 2.28$$

$$b3 := 0.4450$$

$$c2 := 0.4975$$

$$\omega_k := \alpha \cdot \tan\left(\frac{\Omega_k}{2}\right)$$

$$\omega_k = 2.099$$

$$b4 := 0.5459$$

$$c3 := 0.2013$$

$$c4 := 0.2905$$

Prenosova funkcia Chebyshev filtra n=9:

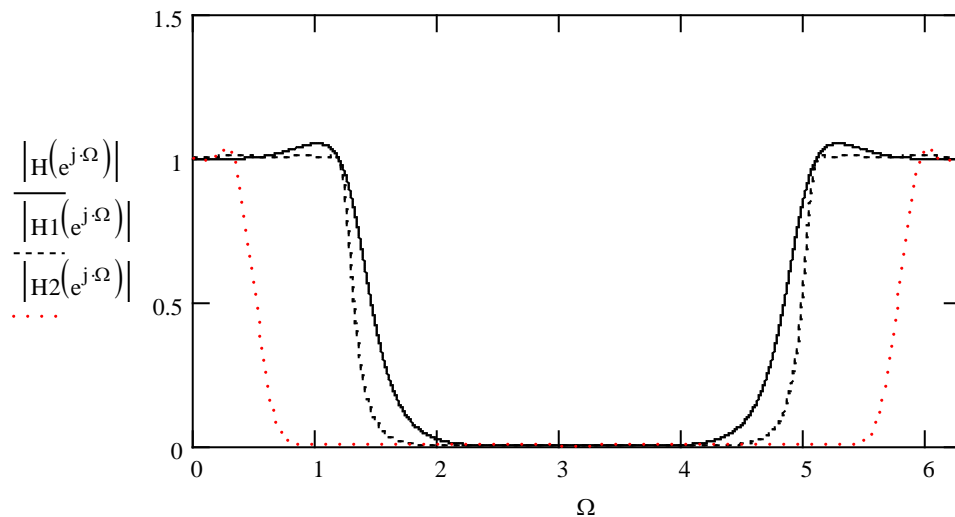
$$H2(s) := \frac{c \cdot c1 \cdot c2 \cdot c3 \cdot c4}{(s + c) \cdot (s^2 + b1 \cdot s + c1) \cdot (s^2 + b2 \cdot s + c2) \cdot (s^2 + b3 \cdot s + c3) \cdot (s^2 + b4 \cdot s + c4)}$$

$$H2(z) := \frac{c \cdot c1 \cdot c2 \cdot c3 \cdot c4}{\left(\alpha \cdot \frac{1-z^{-1}}{1+z^{-1}} + c\right) \cdot \left[\left(\alpha \cdot \frac{1-z^{-1}}{1+z^{-1}}\right)^2 + b1 \cdot \left(\alpha \cdot \frac{1-z^{-1}}{1+z^{-1}}\right) + c1\right] \cdot \left[\left(\alpha \cdot \frac{1-z^{-1}}{1+z^{-1}}\right)^2 + b2 \cdot \left(\alpha \cdot \frac{1-z^{-1}}{1+z^{-1}}\right) + c2\right] \cdot \left[\left(\alpha \cdot \frac{1-z^{-1}}{1+z^{-1}}\right)^2 + b3 \cdot \left(\alpha \cdot \frac{1-z^{-1}}{1+z^{-1}}\right) + c3\right] \cdot \left[\left(\alpha \cdot \frac{1-z^{-1}}{1+z^{-1}}\right)^2 + b4 \cdot \left(\alpha \cdot \frac{1-z^{-1}}{1+z^{-1}}\right) + c4\right]}$$

Vidíme, že zmenou vzorkovacej frekvencie sa mení rád filtra, čo má za následok aj zmenu prenosovej funkcie. Vplyv na magnitudovú a fázovú charakteristiku je zobrazený nižšie.

### e) Nakreslite priebeh MFCH a FFCH

Magnitudova frekvencna charakteristika



Fázová frekvenční charakteristika

