

## Vybrané príkazy Matlab-u, použiteľné na cvičeniach

FREKVENČNÉ CHARAKTERISTIKY	
Názov	Použitie a syntax
freqz freqs	<p><i>Frekvenčná charakteristika číslicového (resp. analógového) filtra</i></p> $[H, \text{theta}] = \text{freqz}(b, a, N), \quad [H, f] = \text{freqz}(b, a, N, F_s),$ $H = -\text{freqz}(b, a, \text{theta}), \quad H = \text{freqz}(b, a, f, F_s)$ <p><math>b, a</math> sú vektory koeficientov čitateľa (<math>b</math>) a menovateľa (<math>a</math>) <math>H(z)</math></p> <p>Charakteristika sa počíta v <math>N</math> bodoch z rozsahu 0 až <math>n</math>, resp 0 až <math>F_s/2</math>, ak je zadaná vzorkovacia frekvencia <math>F_s</math>. Ak sú vstupnými argumentami vektory <math>\text{theta}</math> alebo <math>f</math> (v Hz), počíta sa len pre frekvencie špecifikované v týchto vektoroch.</p> <p>Ekvivalentom funkcie <code>freqz</code> pre analógové sústavy je funkcia <code>freqs</code>:  <math>H = \text{freqs}(b, a, w)</math>, <math>w</math> je kruhová frekvencia v rad/s.</p>
grpdelay	<p><i>Skupinové oneskorenie číslicového filtra</i></p> <p>Prvý výstupný argument je skupinové oneskorenie vo vzorkách, alebo v sekundách (ak je medzi vstupnými argumentmi zadaná vzorkovacia frekvencia). Ostatné parametre sú rovnaké ako pri <code>freqz</code>.</p>

PÓLY A NULY	
Názov	Použitie a syntax
roots	<p><i>Korene polynómu</i></p> <p><code>roots(c)</code>, <math>c</math> je vektor koeficientov zoradených od najvyššej mocniny</p>
zplane	<p><i>Zobrazenie nulových bodov a pólov diskrétného systému</i></p> <p><code>zplane(z,p)</code>, <code>zplane(b,a)</code></p> <p><math>b, a</math> sú riadkové vektory koeficientov prenosovej funkcie  <math>z, p</math> sú stĺpcové vektory núl a pólov</p>
tf2zp zp2tf	<p><i>Konverzia koeficientov prenosovej funkcie na nuly, póly a zisk</i></p> $[z, p, k] = \text{tf2zp}(b/a), \quad [b, a] = \text{zp2tf}(z, p, k)$ <p><math>b, a</math> sú riadkové vektory koeficientov prenosovej funkcie  <math>z, p</math> sú stĺpcové vektory núl a pólov, <math>k</math> konštanta zisku</p>
residuez residue	<p><i>Rozklad prenosovej funkcie <math>H(z)</math> na parciálne zlomky (a opačne)</i></p> $[r, p, k] = \text{residuez}(b, a) \quad [b, a] = \text{residuez}(r, p, k)$ <p><math>b, a</math> sú vektory koeficientov prenosovej funkcie  <math>r</math> koeficienty rozkladu, <math>p</math> póly, <math>k</math> tzv. priame členy  Analogickou funkciou pre rozklad spojitého systému je <code>residue</code>.</p>

REALIZÁCIA FILTROV	
Názov	Použitie a syntax
filter	<p><i>Realizácia filtra (transponovaná priama forma II)</i></p> $y = \text{filter}(b, a, x)$ <p><math>b, a</math> sú vektory koeficientov diferenčnej rovnice (nerekurzívna časť <math>b</math>, spätnoväzbová <math>a</math>), resp. prenosovej funkcie LDI sústavy  <math>x, y</math> sú vektory vstupného, resp. výstupného signálu</p>
filtfilt	<i>Filter s nulovou fázou - dopredná a spätná filtrácia</i>
fftfilt	<i>Realizácia FIR filtra pomocou FFT s pripočítaním presahu</i>

Názov	Použitie a syntax
firl	<p><i>Metóda okien - základné typy filtrov</i></p> <p><math>b = \text{firl}(n, W_n, \text{window}, 'noscale')</math> pre DP  <math>b = \text{firl}(n, W_n, 'high', \text{window}, 'noscale')</math> pre HP  <math>b = \text{firl}(n, W_n, \text{window}, 'noscale')</math> pre PP  <math>b = \text{firl}(n, W_n, 'stop', \text{window}, 'noscale')</math> pre PZ</p> <p><math>b</math> je vektor <math>n+1</math> koeficientov (impulzová charakteristika) FIR filtra <math>n</math>-tého rádu  <math>W_n</math> je normovaná medzná frekvencia, pričom 1 korešponduje s polovicou vzorkovacej frekvencie. Pre PP a PZ je <math>W_n</math> dvojprvkovým vektorom.  Vektor <math>\text{window}</math> predstavuje okno s dĺžkou <math>n+1</math> vzoriek. Voľba 'noscale' zabraňuje dodatočnému normovaniu koeficientov.  Funkciou <math>\text{firl}</math> možno navrhovať aj viacpásmové filtre.</p>
fir2	<p><i>Lubovoľná amplitúdová frekvenčná charakteristika</i></p> <p><math>b = \text{fir2}(n, f, a, \text{window})</math></p> <p>Amplitúdová frekvenčná charakteristika filtra <math>n</math>-tého rádu je špecifikovaná vektormi <math>f</math>, <math>a</math> tak, že</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><math>f</math> je vektor frekvencií v rozsahu 0 až 1, kde hodnota 1 zodpovedá polovici vzorkovacej frekvencie; <math>f(1) = 0</math>, <math>f(\text{end}) = 1</math>,</li> <li><math>a</math> je vektor vyžadovanej amplitúdy v zodpovedajúcich bodoch vektora <math>f</math>.</li> </ul> <p>Duplicitné frekvenčné body vyjadrujú nespojitosti vyžadovanej frekvenčnej charakteristiky. Podstatou metódy je interpolácia amplitúdovej frekvenčnej charakteristiky, inverzia pomocou IFFT, skrátenie impulzovej charakteristiky a jej násobenie oknom definovaným vo vektore <math>\text{window}</math>.</p>
remez	<p><i>Filtre s rovnomerným zvlnením (Parks-McClellanov, Remezov algoritmus)</i></p> <p><math>b = \text{remez}(n, f, a)</math>, <math>b = \text{remez}(n, f, a, w)</math></p> <p><math>b</math> je vektor <math>n+1</math> koeficientov FIR filtra <math>n</math>-tého rádu s mini-max aproximáciou amplitúdovej frekvenčnej charakteristiky definovanej vektormi <math>f</math>, <math>a</math>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>vyžadovaná amplitúda na frekvenciách medzi dvojicou bodov <math>(f(k), f(k+1))</math> pre <math>k</math> nepárne je daná spojnicou bodov <math>(f(k), a(k))</math> a <math>(f(k+1), a(k+1))</math>.</li> <li>amplitúda na frekvenciách medzi dvojicou bodov <math>(f(k), f(k+1))</math> pre <math>k</math> párne nie je špecifikovaná, tieto oblasti predstavujú prechodové pásma.</li> </ul> <p>Vektor <math>w</math> určuje váhy chýb aproximácie v každom frekvenčnom pásme, t. j. jeho dĺžka je polovicou z dĺžky vektora <math>f</math> alebo <math>a</math>.  Funkciu možno použiť aj na návrh derivátorov a Hilbertových transformátorov.</p>
firls	<p><i>Návrh FIR filtrov metódou najmenších štvorcov</i></p> <p><math>b = \text{firls}(n, f, a)</math>, <math>b = \text{firls}(n, f, a, w)</math></p> <p><math>b</math> je vektor <math>n+1</math> koeficientov FIR filtra <math>n</math>-tého rádu, ktorého amplitúdová frekvenčná charakteristika je optimálna v zmysle minimálnej váženej integrálnej kvadratickej chyby cez všetky frekvenčné pásma. Vyžadovaná po častiach lineárna amplitúdová frekvenčná charakteristika je definovaná vektormi <math>f</math>, <math>a</math> rovnakým spôsobom ako pri funkcii <math>\text{remez}</math>, vektor <math>f</math> môže obsahovať aj duplicitné body (podobne ako vo funkcii <math>\text{fir2}</math>).</p> <p>Vektor <math>w</math> určuje váhy kvadratických chýb aproximácie v každom frekvenčnom pásme, jeho dĺžka je polovicou z dĺžky vektora <math>f</math> alebo <math>a</math>.  Funkciu možno použiť aj na návrh derivátorov a Hilbertových transformátorov.</p>

<b>OKNÁ</b>	
<b>Názov</b>	<b>Použitie a syntax</b>
boxcar	<i>Pravouhlé okno s dĺžkou n</i> w = boxcar(n)
bartlett triang	<i>Bartlettovo alebo trojuholníkové okno s dĺžkou n</i> w = bartlett(n), w = triang(n) Pri funkcii bartlett vektor w vždy začína a končí hodnotou 0, vo funkcii triang sú okrajové hodnoty nenulové.
hann hanning	<i>Hannovo okno s dĺžkou n</i> w = hann(n), w = hanning(n) Pri funkcii hann vektor w vždy začína a končí hodnotou 0: w = 0.5*(1-cos(2*pi*(0:n-1)/(n-1))), vo funkcii hanning sú okrajové hodnoty nenulové: w = 0.5*(1-cos(2*pi*(1:n)/(n+1))).
hamming	<i>Hammingovo okno s dĺžkou n</i> w = hamming(n)
blackman	<i>Blackmanovo okno s dĺžkou n</i> w = blackman(n)
chebwin	<i>Čebyševovo okno s dĺžkou n</i> w = chebwin(n, r), r je úroveň postranných lalokov v dB
kaiser	<i>Kaiserovo okno s dĺžkou n a parametrom alfa</i> w = kaiser(n, alfa)

<b>ODHAD PARAMETROV</b>	
<b>Názov</b>	<b>Použitie a syntax</b>
remezord	<i>Odhad rádu filtra s rovnomerným zvlnením</i> [n, fo, ao, w] = remezord(f, a, d, Fs) [n, fo, ao, w] = remezord(f, a, d) n je približný odhad rádu filtra s rovnomerným zvlnením, pričom vyžadovaná po častiach konštantná amplitúdová frekvenčná charakteristika je definovaná vektormi f, a : <ul style="list-style-type: none"> <li>• f je vektor medzných frekvencií (v rozsahu 0 až <math>F_s/2</math>, ak je v treťom argumente zadaná vzorkovacia frekvencia <math>F_s</math>, inak <math>F_s=2</math>). Prvé pásmo začína 0, posledné končí <math>F_s/2</math>, tieto dve hodnoty však už nie sú súčasťou vektora f, dĺžka f je teda o 2 menšia než dvojnásobok počtu pásiem,</li> <li>• vektor a špecifikuje amplitúdy v jednotlivých pásmach,</li> <li>• d je vektor rovnakej veľkosti ako a, určuje maximálne zvlnenia v pásmach.</li> </ul> Ďalšie výstupné parametre predstavujú konverziu špecifikácie pomocou f, a, d na f <sub>o</sub> , a <sub>o</sub> , w, ktoré možno použiť ako vstupné argumenty funkcie remez.
kaiserord	<i>Odhad parametrov Kaiserovho okna</i> [n, Wn, alfa, typ] = kaiserord(f, a, d, Fs) [n, Wn, alfa, typ] = kaiserord(f, a, d) Funkcia vráti odhad rádu filtra n a parametra alfa pre návrh FIR metódou okien s Kaiserovým oknom. Vektory f, a, d definujú vyžadovanú amplitúdovú charakteristiku rovnakým spôsobom ako vo funkcii remezord. Zostávajúce výstupné parametre Wn a reťazec typ sú určené pre funkciu fir1.

<b>BUTTERWORTHOVE, ČEBYŠEVOVE A ELIPTICKÉ FILTRE</b>	
<b>Názov</b>	<b>Použitie a syntax</b>
buttap cheblap cheb2ap ellipap	<i>Prototypy analógových DP filtrov</i> $[z, p, k] = \text{buttap}(n)$ , $[z, p, k] = \text{cheblap}(n, R_p)$ $[z, p, k] = \text{cheb2ap}(n, R_s)$ , $[z, p, k] = \text{ellipap}(n, R_p, R_s)$ Premenné $z$ , $p$ , $k$ reprezentujú nulové body, póly a zisk. Prototypy sú normalizované vzhľadom ku kruhovej frekvencii, ktorá zodpovedá poklesu o 3dB pre Butterworthov filter; pre Čebyševov filter 1. druhu a eliptický filter je hranicou oblasti rovnomerného zvlnenia v pásme prepúšťania; pre Čebyševov filter 2. druhu je začiatkom oblasti rovnomerného zvlnenia v pásme tlmenia. $R_p$ , $R_s$ sú zvlnenia v pásme prepúšťania a tlmenia, $n$ je rád filtra.
buttord cheblord cheb2ord ellipord	<i>Určenie rádu a prepočet medzných frekvencií číslicového filtra</i> $[n, W_n] = \text{xxord}(W_p, W_s, R_p, R_s)$ $W_p, W_s$ sú hraničné frekvencie pásma prepúšťania resp. tlmenia číslicového filtra normované k polovici vzorkovacej frekvencie. Pre DP a HP sú to skaláry, pre PP a PZ dvojprvkové vektory. $R_p$ je max. dovolené tlmenie (resp. zvlnenie) v pásme prepúšťania, $R_s$ je min. požadované tlmenie (resp. zvlnenie) v pásme tlmenia, zadávajú sa v dB. $W_n$ je normovaná hraničná frekvencia (resp. vektor frekvencií pre PP, PZ) číslicového filtra zohľadňujúca frekvenčné transformácie v analógovej oblasti a prepočet frekvencií pri bilineárnej transformácii, $n$ je rád filtra.
butter cheby1 cheby2 ellip	<i>Návrh jednotlivých typov číslicových filtrov bilineárnou transformáciou</i> $[b, a] = \text{butter}(n, W_n)$ , $[b, a] = \text{butter}(n, W_n, \text{typ})$ , $[b, a] = \text{cheby1}(n, R_p, W_n)$ , $[b, a] = \text{cheby1}(n, R_p, W_n, \text{'typ'})$ , $[b, a] = \text{cheby2}(n, R_s, W_n)$ , $[b, a] = \text{cheby2}(n, R_s, W_n, \text{'typ'})$ , $[b, a] = \text{ellip}(n, R_p, R_s, W_n)$ , $[b, a] = \text{ellip}(n, R_p, R_s, W_n, \text{'typ'})$ $W_n$ je normovaná hraničná frekvencia (resp. vektor frekvencií pre PP, PZ), ostatné vstupné parametre sú rovnaké ako pri zodpovedajúcich NDP prototypoch. Výstupné parametre $b$ , $a$ sú koeficienty prenosovej funkcie. Reťazec 'typ' je 'high' pre HP alebo 'stop' pre PZ.

<b>TRANSFORMÁCIE FILTROV</b>	
<b>Názov</b>	<b>Použitie a syntax</b>
bilinear	<i>Bilineárna transformácia analógového filtra na číslicový</i> $[z, p, k] = \text{bilinear}(Z, P, K, F_s)$ , $[b, a] = \text{bilinear}(B, A, F_s)$ $z, p, k$ ; $Z, P, K$ ; sú nuly, póly a zisk číslicového, resp. analógového filtra, $b, a$ ; $B, A$ ; sú koeficienty číslicového, resp. analógového filtra, $F_s$ je vzorkovacia frekvencia.
impinvar	<i>Analógovo-číslcová transformácia invarianciou impulzovej charakteristiky</i> $[b, a] = \text{impinvar}(B, A, F_s)$ , $b, a$ ; $B, A$ ; sú koeficienty číslicového, resp. analógového filtra, $F_s$ je vzorkovacia frekvencia.
lp21p lp2hp lp2bp lp2bs	<i>Frekvenčné transformácie analógového NDP na analógový DP, HP, PP, PZ</i> $[b_t, a_t] = \text{lp21p}(b, a, W_o)$ , $[b_t, a_t] = \text{lp2hp}(b, a, W_o)$ , $[b_t, a_t] = \text{lp2bp}(b, a, W_o, B_w)$ , $[b_t, a_t] = \text{lp2bs}(b, a, W_o, B_w)$ $b, a$ sú koeficienty filtra pred a $b_t, a_t$ po transformácii, $W_o$ je medzná (DP, HP) alebo stredná (PP, PZ) kruhová frekvencia, $B_w$ (PP, PZ) šírka pásma.

<b>KONVERZIA VZORKOVACEJ FREKVENCIE</b>	
<b>Názov</b>	<b>Použitie a syntax</b>
decimate	<i>Zníženie vzorkovacej frekvencie celočíselným faktorom</i> $y = \text{decimate}(x, R)$ $y = \text{decimate}(x, R, N)$ $y = \text{decimate}(x, R, 'fir')$ $y = \text{decimate}(x, R, N, 'fir')$ Decimuje signál $x$ činiteľom $R$ , používa antialiasingový filter s medznou frekvenciou $0.8(f_s/2)R$ (IIR), príp. $f_s/2R$ (FIR). Predvolený je Čebyševov IIR filter v implementácii s nulovou fázou, parametrom $N$ možno zmeniť rád filtra.
interp	<i>Zvýšenie vzorkovacej frekvencie celočíselným faktorom</i> $y = \text{interp}(x, R)$ Interpoluje signál $x$ činiteľom $R$ , používa špeciálny filter.
upfirdn	<i>Konverzia vzorkovacej frekvencie racionálnym faktorom</i> $y = \text{upfirdn}(x, h, P, Q)$ ; Mení vzorkovaciu frekvenciu signálu $x$ činiteľom $P/Q$ pomocou interpolácie, filtrácie a decimácie. Používa polyfázovú implementáciu FIR filtra zadaného vektorom impulzovej charakteristiky $h$ .
resample	<i>Konverzia vzorkovacej frekvencie racionálnym faktorom</i> $y = \text{resample}(x, P, Q)$ ; $y = \text{resample}(x, P, Q, h)$ ; Mení vzorkovaciu frekvenciu signálu $x$ činiteľom $P/Q$ pomocou interpolácie, filtrácie a decimácie. Používa polyfázovú implementáciu preddefinovaného alebo impulzovou charakteristikou $h$ zadaného FIR filtra, kompenzuje oneskorenie.

<b>SPEKTRALNA ANALÝZA</b>	
<b>Názov</b>	<b>Použitie a syntax</b>
fft	<i>Diskrétna Fourierova transformácia</i> $X = \text{fft}(x)$ $X = \text{fft}(x, N)$ Výpočet DFT signálu $x$ , ak je to možné, použije sa rýchly algoritmus FFT. DFT je počítaná z $N$ vzoriek signálu; ak je $N$ väčšie ako dĺžka signálu, $x$ je doplnený nulami („zero padding“).
ifft	<i>Inverzná diskrétna Fourierova transformácia</i> $y = \text{ifft}(X)$ , $y = \text{ifft}(X, N)$ pozri <code>fft</code>
psd	<i>Odhad výkonovej spektrálnej hustoty</i> $[P_{xx}, f] = \text{psd}(x, N_{fft}, f_v, w, o)$ Welchova metóda (spriemerný periodogram). $N_{fft}$ - počet vzoriek FFT, $f_v$ vzorkovacia frekvencia, $w$ vektor oknovej funkcie, $o$ prekrytie segmentov vo vzorkách. Vektor $f$ je frekvenčná os, vektor $P_{xx}$ spektrum.
specgram	<i>Spektrogram</i> $[P, f, t] = \text{specgram}(x, N_{fft}, f_v, w, o)$ $P$ je matica spektrogramu, vektor $t$ časová os, $f$ frekvenčná os. Vstupné argumenty - analogické funkcii <code>psd</code> .

Zdroj:

Ondráček O. , Cocherová E., Gašparík I., Púčik J.: BIOSIGNÁLY - Číslkové spracovanie signálov, strana 306 - 310