

Digitaaliset suodattimet: viikkotenti 4, 2018

1. Puheentunnistussovelluksessa on tärkeää säilyttää suodatettavan signaalin aaltomuoto, joten suodatuksen viiveen on oltava taajuudesta riippumaton vakio. Saat tehtäväksesi valita sopivan/sopivia suodattimia alla olevasta joukosta, joista kaikki eivät sovellu tarkoitukseen. In a speech recognition application it is important to keep the waveform of the signal unchanged through filtering. This means that the filtering needs to be a constant one, independent of the frequency. You are given the task to select a suitable filter or filters from the set below. Not all are good for the purpose.

$$h_1(n) = [1 \ -5 \ 20 \ 20 \ 5 \ -1]$$

$$h_2(z) = [1 \ -3 \ 18 \ 18 \ -3 \ 1]$$

$$h_3(z) = [1 \ -5 \ 20 \ 1 \ -20 \ 5 \ -1]$$

$$h_4(z) = [1 \ -5 \ 20 \ 0 \ -20 \ 5 \ -1]$$

- 1a. Perustele, minkä tai mitkä valitset. Kaikki soveliaat on osoitettava.

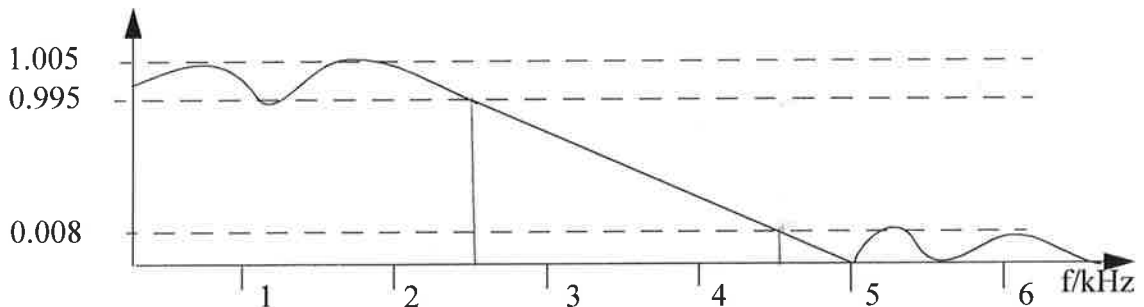
Explain, which one or ones of the filters you select. Indicate all the suitable ones

- 1b. Laske ja piirrä valitsemasi suodattimen vaihe- ja amplitudivasteet ($\pi/2$ välit riittävät)

Calculate and plot the phase and magnitude responses of your filter ($\pi/2$ intervals suffices).

2. Pääset tutkimaan kilpailijan vastaavaa laitetta, jossa toteat käytetyksi näytteistystaajuudeksi 16kHz. Asiantunteva kaverisi onnistuu JTAG-liittimen kautta lukemaan laitteen rekisterien sisällöt joka kellojaksolle. Syöttämällä sopivaa testisignaalia, saat määritetyksi sen ensimmäisen digitaalisen suodattimen karkean amplitudivasteen, joka on alla olevassa kuvassa..

You get an opportunity to study a device by a competing company, and notice it uses 16kHz sampling frequency. Your expert friend succeeds in reading the contents of the registers of the device at each clock cycle from the JTAG-connector. After feeding appropriate test data, you obtain the following approximate amplitude response for its first digital filter.



- 2a. Jos toteutus perustuu ikkunamenetelmällä suunniteltuun suodattimeen, mitä ikkunafunktiota on käytetty, kun tavoitteena on ollut tehdä spesifikaatiot täyttävä lyhin mahdollinen suodatin? Perustele.

If the realization is a filter designed using the window method, what window function may have been used, as an obvious goal has been to get the shortest filter for the specifications? Justify your choice

- 2b. Laske 3 kerrointa kohdan 2a suodattimelle. (Jos olet varma, että mokasit kohdassa 2a, valitse Blackman-ikkuna).

Calculate 3 coefficients for the filter of question 2a. (If you are sure that you erred in 2a, select the Blackman-window).

(Tables on the flip side of this sheet!)

Impulse response symmetry	Number of coefficients N	Frequency response $H(\omega)$	Type of linear phase
Positive symmetry, $h(n) = h(N-1-n)$	Odd	$e^{-j\omega(N-1)/2} \sum_{n=0}^{(N-1)/2} a(n) \cos(\omega n)$	1
	Even	$e^{-j\omega(N-1)/2} \sum_{n=1}^{N/2} b(n) \cos\left[\omega\left(n - \frac{1}{2}\right)\right]$	2
Negative symmetry, $h(n) = -h(N-1-n)$	Odd	$e^{-j[\omega(N-1)/2 - \pi/2]} \sum_{n=1}^{(N-1)/2} a(n) \sin(\omega n)$	3
	Even	$e^{-j[\omega(N-1)/2 - \pi/2]} \sum_{n=1}^{N/2} b(n) \sin\left[\omega\left(n - \frac{1}{2}\right)\right]$	4

$$a(0) = h[(N-1)/2]; \quad a(n) = 2[h(N-1)/2 - n]; \quad b(n) = 2h(N/2 - n)$$

Filter type	Ideal impulse response, $h_D(n)$	
	$h_D(n), n \neq 0$	$h_D(0)$
Lowpass	$2f_c \frac{\sin(n\omega_c)}{n\omega_c}$	$2f_c$
Highpass	$-2f_c \frac{\sin(n\omega_c)}{n\omega_c}$	$1 - 2f_c$
Bandpass	$2f_2 \frac{\sin(n\omega_2)}{n\omega_2} - 2f_1 \frac{\sin(n\omega_1)}{n\omega_1}$	$2(f_2 - f_1)$
Bandstop	$2f_1 \frac{\sin(n\omega_1)}{n\omega_1} - 2f_2 \frac{\sin(n\omega_2)}{n\omega_2}$	$1 - 2(f_2 - f_1)$

Type	Δf	A_p (dB)	A_s (dB)	Window function
Rectangle	$0.9/N$	0.7416	21	1
Hanning	$3.1/N$	0.0546	44	$0.5 + 0.5 \cos\left(\frac{2\pi n}{N}\right)$
Hamming	$3.3/N$	0.0194	53	$0.54 + 0.46 \cos\left(\frac{2\pi n}{N}\right)$
Blackman	$5.5/N$	0.0017	74	$0.42 + 0.5 \cos\left(\frac{2\pi n}{N-1}\right) + 0.08 \cos\left(\frac{4\pi n}{N-1}\right)$