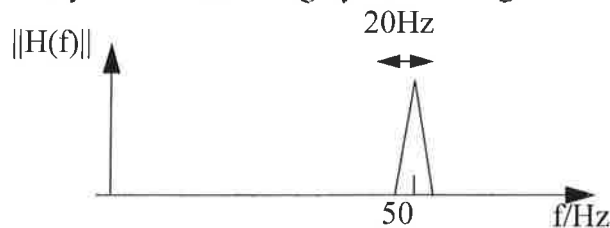


Digitaaliset suodattimet: viikkotentti 5, 2018

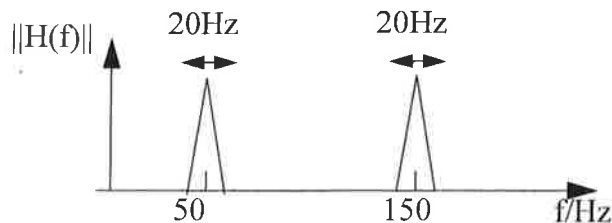
1. Start-up -yritys tuotteistaa poikkeusolosuhteisiin tarkoitettua EKG-mittalaitetta. Sähköverkosta peräisin oleva n. 50Hz häiriö kuitenkin osoittautuu riesaksi ja sinut haetaan apuun digitaalisten suodattimien kurssia taklaavana. Dieselgeneraattorisähkön taajuus vaihtelee ja häiriöongelman tiedetään olevan ratkaistavissa adaptiivisella suodatuksella. Stä varten häiriösignaalia on poimittavava referenssiksi mittaussignaalista. Koska mittalaitteessa on hyvin vähän laskentatehoa, päätät suunnitella tarkoitukseen rekursiivisen digitaalisen FIR-suodattimen taajuusnäytteistysmenetelmää käyttäen. Toteat tarvittun suodattimen päästökaistan olevan karkeasti kuvan 1 mukaisen.

A start-up company is designing a EKG-measurement device for emergency conditions. It has run into problems due to about 50Hz disturbance that originates from the varying frequency of diesel generator electricity. You are grabbed from the Digital Filters course to find a solution. It is known that adaptive filtering is needed, but it needs the extraction of the disturbance signal for reference. As very little computing power is available in the device, you decide to use frequency sampling method to design a recursive digital FIR-filter. You notice that the pass-band of the necessary filter should roughly be as in Figure 1 below.



Kuva 1/Figure 1

- 1a. Valitse käytettävä näytteistystaajuus ja taajuusnäytteistysväli. Perustele valintasi!
Choose the sampling frequency to be used and the frequency sampling interval. Justify your choices
 - 1b. Määritä ratkaisullesi reaalikertoiminen, siirtofunktio ja sen realisaatiokaavio.
Present the transfer function of your solution and its realization diagram.
2. Ratkaisuasi testattaessa paljastuvat lisäksi sähköverkon 150Hz harmonisen komponentin aiheuttamat häiriöt. Tarkemmin harkittuasi toteat tarvittavan amplitudivasteeltaan kuvan 2 esittämä suodatin. Niinpä suunnittelet tarkoitukseen ei-rekursiivisen digitaalisen FIR -suodattimen.
When your solution is tested, the 150Hz component is also identified as a source for disturbances. You conclude that the needed filter should have the amplitude response shown in Figure 2. As a result you design the digital FIR-filter using non-recursive frequency sampling method. This filter must have real coefficients, and in addition it should exhibit linear phase behavior.



Kuva 2/Figure 2

- 1a. Valitse käytettävä näytteistystaajuus, taajuusnäytteistysväli ja kaikkien magnitudiltaan nol-
lasta poikkeavien taajuusnäytteiden arvot vaiheineen (voit esittää myös kompleksilukuina).
Perustele!

Choose the sampling frequency to be used and the frequency sampling interval, as well as all
the frequency samples with non-zero magnitudes with their phases (complex numbers are also
OK). Justify!

- 1b. Määritä suodattimellesi ainakin yksi sen kertoimista.
Calculate at least one of the coefficients of the filter.

$$H(z) = \frac{1-z^{-N}}{N} \sum_{k=0}^{N-1} \frac{H(k)}{1-e^{j2\pi k/N} z^{-1}} = H_1(z)H_2(z)$$
$$h(n) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} H(k)e^{j2\pi nk/N}$$

Patching/paikonta: week exam 4, problem 2; better points replace the previous ones on personal points account. Viikkotentti 4, tehtävä 2; paremmat pisteet korvaavat aiemmat henkilökohtaisella pistetilillä.

3. Eräiseen älyrannekkeeseen tarvitaan digitaalinen FIR-suodatin, joka viivästää signaalia vakioajan taajuudesta riippumatta. Päätät prujata sen kilpailijan laitteesta. Mittaat tuolle 44.1kHz näytteistystaajuudella toimivalle suodattimelle seuraavat taulukon tulokset.

A smart bracelet needs a digital FIR filter that delays the signal constant time regardless of the frequency. You decide to copy the solution from a competing device. The table below shows your measurement results for that 44.1kHz filter.

| | | | | | | | | |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Frequency (kHz) | 0 | 2.5 | 5.0 | 7.5 | 10.0 | 12.5 | 15.0 | 17.5 |
| Output level | 1.000 | 1.007 | 0.993 | 1.000 | 0.710 | 0.002 | 0.003 | 0.001 |

Jos kilpailijan toteutus perustuu ikkunamenetelmällä suunniteltuun FIR-suodattimeen, mitä ikkunafunktiota on käytetty, jos tavoitteena on ollut lyhin mahdollinen suodatin? Laske 2 kerrointa tuollaiselle suodattimelle. Jos et ole varma ikkunafunktiosta valitse Blackman.

If the realization of the competitor is a FIR filter designed using the window method, which window function has been used, if the objective has been the shortest filter? Calculate 2 coefficients for such a filter. If you are not sure which window to use, select the Blackman-window.

| 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 | $0.42 + 0.5 \cos\left(\frac{2\pi n}{N-1}\right) + 0.08 \cos\left(\frac{4\pi n}{N-1}\right)$ |

| 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 | $2f_1 \frac{\sin(n\omega_1)}{n\omega_1} - 2f_2 \frac{\sin(n\omega_2)}{n\omega_2}$ | $1 - 2(f_2 - f_1)$ |