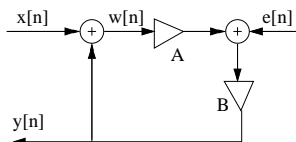


1.8 Digitaalisen suotimen piirroskaaviosta kuvassa 5 on johdettu seuraavat yhtälöt:

$$\begin{aligned} y[n] &= ABw[n] + Be[n] \\ w[n] &= x[n] + y[n] \end{aligned}$$

jossa A ja B positiivisia vakioita.

- (A) Suotimen taajuusvaste $x:n$ ja $y:n$ suhteen on $H(z) = \frac{AB+B}{1-AB}$.
 (B) Suotimen impulssivaste $x:n$ ja $y:n$ suhteen on $h[n] = (AB)^n$.
 (C) Suodinta ei voida fyysikaalisesti toteuttaa, koska siinä on kaksi sisääntuloa.
 (D) Suodinta ei voida fyysikaalisesti toteuttaa, koska siinä ei ole tarvittavia viiveitä.



Kuva 5: Monivalintatehtävä 1.7.

1.9 Äärellisen sananpituuden ("finite wordlength") aiheuttamat efektit liittyvät erityisesti

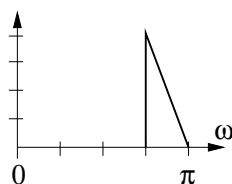
- (A) impulssi-invarianssimenetelmän käyttöön IIR-suodinsuunnittelussa.
 (B) sekvenssin matemaattiseen jaksottomuuteen, kun jaksonajaksi N_0 ei laskennallisesti saada kokonaislukua, vaikka käytännössä näin olisikin ($10\pi \approx 31$).
 (C) spektrogrammin laskemiseen äänisignaalista.
 (D) suotimen kertoimien kvantisointiin.

1.10 Jaksollinen lukuono ($N_0 = 4$) $x[n] = \{\dots, \underline{2}, 0, 0, 9, \dots\}$ laitetaan digitaalijärjestelmään

$$x[n] \rightarrow \boxed{\downarrow 5} \rightarrow \boxed{\uparrow 2} \rightarrow y[n].$$

- (A) $y[n]$ on jaksollinen jono ($N_0 = 4$) $y[n] = \{\dots, 0.8, 0, 0, 3.6, \dots\}$.
 (B) $y[n]$ on jaksollinen jono, jossa jakso $N_0 = 8$.
 (C) $y[n]$ on jaksollinen jono, jossa jakso $N_0 = 10$.
 (D) $y[n] = x[n]$.

1.11 Tutkitaan reaalisen sekvenssin $x[n]$ spektriä $|X(e^{j\omega})|$ kuvassa 6.

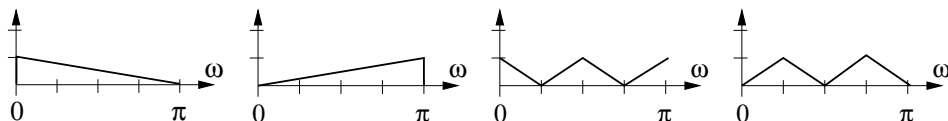


Kuva 6: Monivalintatehtävä 1.11 tutkittava $|X(e^{j\omega})|$.

Sekvenssi $x[n]$ syötetään monen näytteenottotaajuuden ("multirate") digitaalijärjestelmään $x[n] \rightarrow \boxed{\downarrow 4} \rightarrow y[n]$.

Mitä voidaan sanoa ulostulon spektristä (oletus: y-akselin skaalaukset oikein)?

- (A) Ulostulon $y[n]$ spektri on kuvassa 7(a).
 (B) Ulostulon $y[n]$ spektri on kuvassa 7(b).
 (C) Ulostulon $y[n]$ spektri on kuvassa 7(c).
 (D) Ulostulon $y[n]$ spektri on kuvassa 7(d).



Kuva 7: Monivalintatehtävän 1.11 valinnat (A) , (B) , (C) ja (D) .

1.12 Mihin alla oleva toimiva Matlab-koodin pätkä parhaiten soveltuu?

```
[x, fT] = wavread('mySignal.wav');
y = zeros(size(x));
wL = 256;
m = 0;
Z = [zeros(17,1); ones(223,1); zeros(16,1)];
for k = 1 : wL : length(x)-wL
    m = m + 1;
    tmpx = x(k : k+wL-1);
    tmpxF = fft(tmpx);
    tmpyF = tmpxF .* Z;
    y(k : k+wL-1) = real(iffT(tmpyF));
end;
```

- (A) Laskemaan signaalin energiaa 256 merkkiä pitkissä aikaikkunoissa.
 (B) Luomaan "kaikuefektin".
 (C) Muuttamaan signaalin näytteenottotaajuutta 17/256-osaan.
 (D) Ylipäästösuodattamaan signaalia normalisoidulla rajakulmataajuudella $\omega_c \approx \pi/8$.

2) (6p, **VÄLIKOE**) Valitse joko 2A tai 2B. Kirjoita tenttiessee, jossa johdanto, itse asia ja loppuyhteenvedo. Käytä tarvittaessa selkeitä visualisointeja. Rajaa aihe sopivaksi.

2A) **VAIHTOEHTO A.** FFT-algoritmit. Yleisen selostuksen lisäksi voit käyttää esimerkkinä kirjassa/kalvoissa ja laskuharjoitusmateriaalissa esiteltyä "radix-2 DIT FFT" -algoritmia, jonka perhosyhtälöt ja W_N taulukossa. Laske välivaiheittain FFT-muunnos jonolle ($N = 4$) $x[n] = -1\delta[n] - 4\delta[n-1] + 2\delta[n-2] + 3\delta[n-3]$.

2B) **VAIHTOEHTO B.** Automaattinen puheentunnistus.

3) (6p, VAIN TENTTI)

- Perustele, että digitaalinen järjestelmä $y[n] = x_1[n] \cdot (2 \cdot x_2[n - 2])$ ei ole LTI-järjestelmä.
- Perustele, miksi digitaalinen LTI-järjestelmä, jonka impulssivaste on $h[n] = (-0.5)^{n+2} \mu[-n - 2]$, ei ole kausaalinen eikä stabiili.
- Etsi seuraavan jaksollisen sekvenssin yhteinen perusjakso N_0

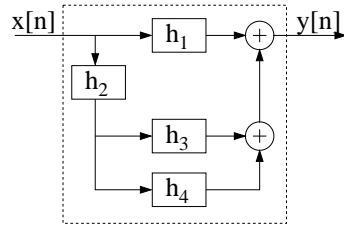
$$x[n] = 2 \cos(2\pi \cdot (500/12000)n - \pi/6) + 3 \cos(2\pi \cdot (3200/12000)n + \pi/8)$$

4) (6p, VAIN TENTTI) Tarkastellaan LTI-suodinta, joka koostuu neljästä yksinkertaisesta osasuodimesta

$$\begin{aligned} h_1[n] &= \delta[n] + 0.5\delta[n - 1] \\ h_2[n] &= 0.5\delta[n] - 0.25\delta[n - 1] \\ h_3[n] &= 2\delta[n] \\ h_4[n] &= -2 \cdot 0.5^n \mu[n] \end{aligned}$$

kuvan 8 mukaisesti.

- Kirjoita koko järjestelmän impulssivasteen muoto $h[n]$ käyttäen alijärjestelmien impulssivasteita $h_1[n]$, $h_2[n]$, $h_3[n]$ ja $h_4[n]$. Kirjoita vastaavasti koko järjestelmän siirtofunktion muoto $H(z)$ osien siirtofunktioiden avulla.
- Laske $h[n]$ ja $H(z)$.
- Onko suodin alipäästö / ylipäästö / kaistanesto / kaistanpäästö / kokopäästö ("allpass")?



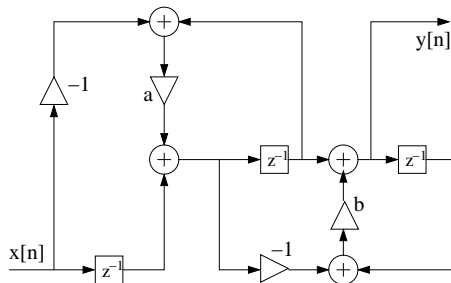
Kuva 8: Tehtävä 4, neljän LTI-suodimen muodostama kokonaisjärjestelmä $h[n]$.

5) (6p, VAIN TENTTI) Tarkastellaan kuvan 9 LTI-suodimen virtauskaaviota.

- Määrittää suodimen laskentaa kuvaavat differenssiyhtälöt ja niistä edelleen suodimen siirtofunktion muodossa

$$H(z) = G \cdot \frac{1 + b_1 z^{-1} + \dots + b_M z^{-M}}{1 + a_1 z^{-1} + \dots + a_N z^{-N}}$$

- Suodimen toteutus on kanoninen (yksinkertainen) viiveiden suhteen, jos rakenteessa olevien viiveiden lukumäärä on sama kuin suodimen asteluku. Onko kuvan rakenne kanoninen viiveiden suhteen?
- Mitä arvoja suodimen kertoimet a ja b voivat saada, jotta suodin on stabiili?



Kuva 9: Tehtävä 5, LTI-suodimen virtauskaavio.

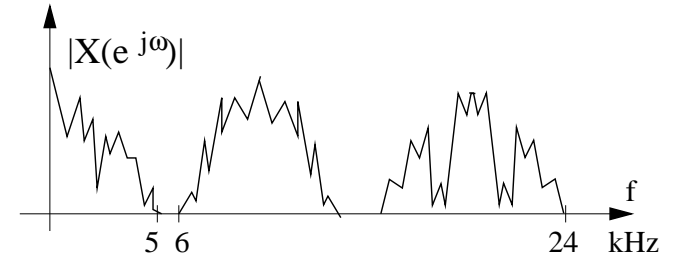
6) (6p, VAIN TENTTI) Tutkitaan digitaalista signaalia, jonka spektri on hahmoteltu kuvassa 10. Olemme kiinnostuneita signaalin taajuuskaistasta 5 kHz:iin asti. Häiritsevät taajuudet alkavat 6 kHz:sta. Näytteenottotaajuus on $f_T = 48$ kHz.

Toteuta digitaalinen FIR-suodin käyttäen ikkunamenetelmää ("Window method", "Truncated Fourier series") ja Hamming-ikkunaa.

Alla olevassa taulukossa on annettu Hamming-ikkunan funktion ja parametreja, kun suodimen arvot lasketaan välillä $-M \leq n \leq +M$.

Window	$w[n]$, $-M \leq n \leq M$	Min. stopband attenuation	Length of transition band $\Delta\omega$
Hamming	$0.54 + 0.46 \cos((2\pi n)/(2M))$	54.5 dB	$3.32\pi/M$

- Hahmottele suodimen vaatimusmäärittelyt kuvaajana.
- Sarakkeessa "Length of transition band $\Delta\omega$ " on päästö- ja estokaistan välisen kaistan leveys normalisoituna kulmataajuutena, kun M on annettu. Arvioi suodimesi tarvitsema asteluku N .
- Laske suodimen impulssivasteen arvot $h[-M]$, $h[-3]$, $h[0]$, $h[3]$ ja $h[2009]$.



Kuva 10: Tehtävä 6, syötteen spektri $|X(e^{j\omega})|$.

7) (6p, VAIN TENTTI) Olkoon käytettävissä synteettinen sekvenssi

$$x[n] = 3 \cos(2\pi \cdot (200/f_T)n) + 2 \sin(2\pi \cdot (1200/f_T)n - \pi/6) + \cos(2\pi \cdot (3400/f_T)n + \pi/8)$$

jossa näytteenottotaajuus $f_T = 12000$ Hz.

- Hahmottele sekvenssin spektri $|X(e^{j\omega})|$ välillä $0 \dots f_T/2$.
- Hahmottele sekvenssin $y_1[n]$ spektri $|Y_1(e^{j\omega})|$, kun $x[n]$ alasnäytteistetään termillä $M = 6$, eli $x[n] \rightarrow \lfloor 6 \rfloor \rightarrow y_1[n]$.
- Hahmottele sekvenssin $y_2[n]$ spektri $|Y_2(e^{j\omega})|$, kun $x[n]$ alipäästösuodatetaan desimointisuoittimella ("decimation filter", "anti-aliasing filter") ja vasta sitten alasnäytteistetään termillä $M = 6$, eli $x[n] \rightarrow \overline{\text{LP}} \rightarrow \lfloor 6 \rfloor \rightarrow y_2[n]$. Perustele desimointisuoittimen rajataajuus.

8) (1p, VÄLIKOE JA TENTTI)

Vastaa kaksiosaiseen kurssipalautteeseen ke 6.5. - ma 18.5.2009, jonne on linkit kurssin WWW-pääsivulta. Toinen kyselyistä on tietotekniikan tutkinto-ohjelman yleinen kurssilomake ja toinen tarkentavia kysymyksiä sisältävä.

Kysely kuuluu osana välikoe suoritukseen ja sen arvo on +1 pistettä. Myös tenttiin osallistujat saavat +1 pistettä kyselyyn osallistumisesta.