

## Hae omat paperisit ja säästä ne!

Omat paperit voi hakea tämän viikon laskuharjoitustilaisuuksista (ke 29.2. 10-12 H, to 1.3. 14-16 K) ja tämän jälkeen T-talosta 3. kerroksen palautuslaatikon viereisen pitkän käytävän (ovesta sisään) lokerikosta. HAE OMA PAPERISI!

Pistekirjanpito on Nopassa kohdassa "Tulokset". Noin 40 % papereista on pikaisesti tarkastettu. Ota huomioon kommentit sekä alla olevat yleiset kommentit, jos papereitasi ei ole tarkastettu. Korjaa "vakavat" virheet (jotka eivät pelkkiä typoja) ja palauta huhtikuun palautuksen yhteydessä. SÄILYTTÄ HAKEMASI NIPPU SELLAISENAAN KOKO KEVÄÄN!!! Tee mahdolliset korjaukset uusille papereille eli jätä assarin merkinnät jäljelle.

Tentin korvaavien pistetehtävien seuraava DL on 23.4.2012, jolloin suurin osa tehtävistä tulisi olla tehtynä. Varaa riittävästi aikaa ja taustamateriaalia sekä käytä hyväksesi laskaritilaisuuksia kysyäksesi tehtävistä, joista et saa itse (tai ryhmän kanssa) selvää. Huomioi alla olevat huomiot ensimmäisestä palautuksesta.

Huomaa myös tehtävä 104 (ja 201): kirjoita referaatti jostain DSP-sovellusaiheesta: puheentunnistus sopii tähän hyvin. Akatemiaturkija Kalle Palomäki pitää luennon puheentunnistuksesta ma 19.3.2012 klo 10 C-salissa. Lisäksi pistetehtävissä on pakollisena 102, jossa tutkimusryhmä kerää suomalaisten puhumaa englantia maaliskuussa. Tästä keräyksestä saa myös lisäpisteen kevään tenttiin.

## Joitakin kommentteja tehtäviin

101. Tehtävien ensimmäisen DL oli 27.2.2012, jolloin niitä palautti 77 opiskelijaa. Ajankäyttö: alle 5 h: 9, 5-10 h: 25, yli 10 h: 12. Arvosanoitve tässä vaiheessa: as 1-2: 9, as 3-4: 47, as 5: 21.

105. Käytä Eulerin kaavaa ja jaa kukin kosini / sini kahteen osaan (neg. ja pos. taajuus). Ei ole olemassa muuta "sievennystä". Katso esimerkkitehtävä [T2]. Muutamia virheitä, kun unohdettu sinin osalta imaginääritermi  $1/(2j)$ .

106. Monia erilaisia tehtäviä tehtäväpankista. Katso tehtäväpaperin vinkkilatikon vinkit.

\*)  $H(\omega) = \dots$ , virheitä vaiheessa: kun  $\omega = [0, \pi]$ , niin  $e^{-j\omega}$  piirtää ympyrää myötäpäivään (eikä vastapäivään niinkuin  $e^{j\omega}$ ).

\*)  $x^{2008} = -1$  tuottaa kaavakoelman mukaan 2008 eri juurta yksikköympyrälle tasavälisesti.

Jos  $x = 1 + j$  eli  $|x| = \sqrt{2}$  ja  $\omega = \pi/4$ :  $x = \sqrt{2}e^{j\pi/4}$ , niin  $x^2 = (1 + j)(1 + j) = 1 + 2j + j^2 = 2j$  eli  $2e^{j\pi/2}$ , ja  $x^3 = (1 + j)(1 + j)(1 + j) = 2j - 2 = 2\sqrt{2}e^{j3\pi/2}$ , ja  $x^N = |x|^N e^{j\omega N}$ . Napakoordinaatistoesityksessä kertolaskussa pituudet (itseisarvot) kerrotaan ja kulmat summataan yhteen.

Eräs suodintyyppi on kampsuodin, esim.  $H(z) = 1 + z^{-8}$ , jonka napanollakuvio saadaan  $1 + z^{-8} = 0$  eli ratkaisemalla  $z^8 = -1$ . Syötä Matlabiin tai Octaveen `freqz([1 0 0 0 0 0 0 0 1], 1)` ja `zplane([1 0 0 0 0 0 0 0 1], 1)`.

107. Aloita pisteestä  $(-1, 0)$  ja etene myötäpäivään  $3\pi/8$ :n välein. Jaksollisuus:  $N = 16$ , huomaa, että  $n, N \in \mathbb{Z}$ .

108. Huomioi erityisesti sekvenssin kääntäminen  $x[-n + 2]$ . Tällöin voi taulukoida, jos tuntuu hankalalta:

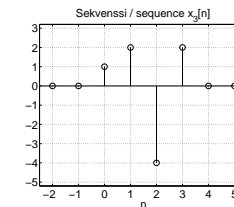
$n$	$x[n]$	$x[-n + 2]$
-1	0	$x[-(-1) + 2] = x[3] = 5$
0	0	$x[-(0) + 2] = x[2] = 4$
1	2	$x[-(1) + 2] = x[1] = 2$
2	4	0
3	5	0

(1004) Consider the following three sequences  $x_i[n]$  with three different expressions – using  $\sum_k c_k \cdot \delta[n - k]$ , sequence  $\{ \dots \}$ , where underlined number is at origo, and a graph with "stems":

$$x_1[n] = 4\delta[n] - \delta[n - 1] + 2\delta[n - 2] + \delta[n - 3]$$

$$x_2[n] = \{ \underline{0}, 0, 0, 1, -4, 1, 4 \}$$

$x_3[n]$  as shown below



a) Now we are computing

$$x_4[n] = x_1[n] + x_2[n] + x_3[n]$$

$$x_5[n] = 2x_1[n - 1] - 3x_2[n] + 5x_3[n + 3]$$

$$x_6[n] = x_2[-n + 2] + x_3[n]\mu[-n + 4]$$

The solutions are:

$$x_4[n] = 5\delta[n] + \delta[n - 1] - 2\delta[n - 2] + 4\delta[n - 3] - 4\delta[n - 4] + \delta[n - 5] + 4\delta[n - 6]$$

$$x_4[n] = \{ \underline{5}, 1, -2, 4, -4, 1, 4 \}$$

$$x_5[n] = 5\delta[n + 3] + 10\delta[n + 2] - 20\delta[n + 1] + 10\delta[n] + 8\delta[n - 1] - 2\delta[n - 2] + \delta[n - 3] + 14\delta[n - 4]$$

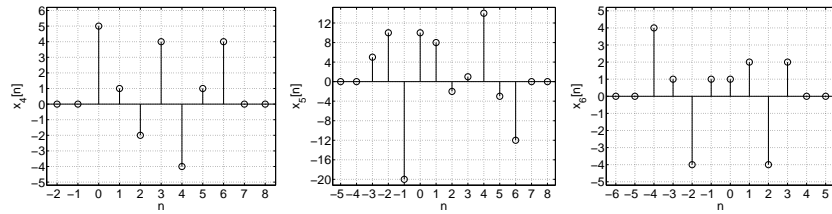
$$x_5[n] = \{ 5, 10, -20, \underline{10}, 8, -2, 1, 14, -3, -12 \}$$

$$x_6[n] = 4\delta[n + 4] + \delta[n + 3] - 4\delta[n + 2] + \delta[n + 1] + \delta[n] + 2\delta[n - 1] - 4\delta[n - 2] + 2\delta[n - 3]$$

$$x_6[n] = \{ 4, 1, -4, 1, \underline{1}, 2, -4, 2 \}$$

b) The length  $L\{ \cdot \}$  and the index of first non-zero element  $A\{ \cdot \}$  are:

	$x_1[n]$	$x_2[n]$	$x_3[n]$	$x_4[n]$	$x_5[n]$	$x_6[n]$
$L\{ \cdot \}$	4	4	4	7	10	8
$A\{ \cdot \}$	0	3	0	0	-3	-4

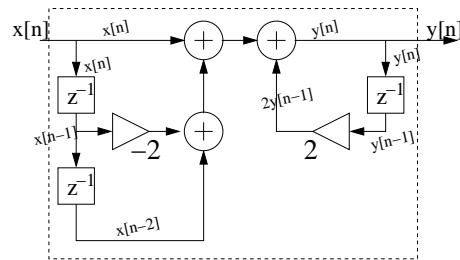


Kuva 1: Problem ??: Sequences  $x_4[n]$ ,  $x_5[n]$ , and  $x_6[n]$ .

109. **TARKISTA TAKAISINKYTKENNÄN ETUMERKIT!!!** Kun  $x$  tai  $y$  termejä siirretään yhtäsuuruusmerkin toiselle puolelle, merkki luonnollisesti vaihtuu. Katso esim. [T23], jossa alla oleva esimerkki

$$y[n] - 2y[n - 1] = x[n] - 2x[n - 1] + x[n - 2]$$

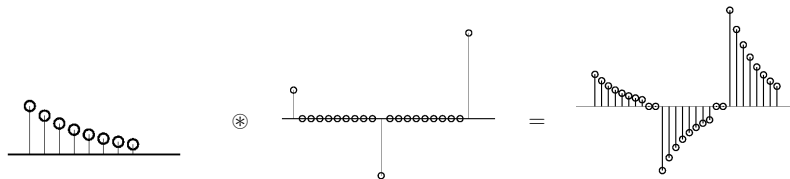
$$y[n] = 2y[n - 1] + x[n] - 2x[n - 1] + x[n - 2]$$



Jos suodin annetaan impulssivasteen avulla  $h[n] = 0.04\delta[n] + 0.46\delta[n - 1] + \dots$ , niin piirrä kuitenkin lohkokaavio  $x:n$  ja  $y:n$  merkinnöillä  $y[n] = 0.04x[n] + 0.46x[n - 1] + \dots$

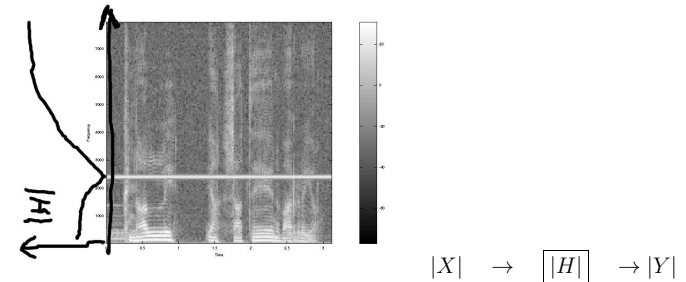
$$x[n] \rightarrow \boxed{h[n]} \rightarrow y[n] = h[n] \otimes x[n]$$

110. Konvoluutiota voi laskea monin eri tavoin, katso [T30].



121. Matlab #1 kierroksen tehtävässä 4 analysoitiin kompleksiarvoista funktiota  $H(\omega) = 1 - 1.176e^{-j\omega} + e^{-j2\omega}$ . Tästä piirrettiin mm. itseisarvo  $|H|$ , kun  $\omega = [0, \pi]$ . Vastaavasti tässä tehtävässä for-loopissa laskettiin suodatusta aikatasossa  $y[n] = x[n] - 1.176x[n - 1] + x[n - 2]$ . HUOMAA "samat kertoimet". Voidaan osoittaa, että aikatason  $y[n] = x[n] - 1.176x[n - 1] + x[n - 2]$  Fourier-muunnos tuottaa  $H(\omega)$ :n eli suotimen taajuusvasteen. Taajuustasossa spektrin (spektrogrammin) ja suotimen magnitudivasteen tulos antaa suodatetun spektrin.

Huomaa skaalaukset: normalisoitu kulmataajuus  $\omega = 2\pi(f/f_T)$  eli nyt  $\omega = 2\pi(2400/16000) = 0.3\pi \approx 0.94$  (rad).



$$|X| \rightarrow \boxed{|H|} \rightarrow |Y|$$

122. Tehtävä on suoritettu oikein, jos KUULET näppäinääniä. Matlab #2:n ekassa tehtävässä on generoitu pieni demosekvenssi sekä itsenäisesti 440 Hz:n ääni. Matlabissa pitää kirjoittaa ajallisen keston määräävä vektori  $n = [0 : 959]$ ; ja / tai  $t = n/f_T$  riippuen kirjoitetaanko signaali  $\cos(2\pi \cdot (f/f_T) \cdot n)$  vai  $\cos(2\pi \cdot f \cdot t)$ . Normalisoitu (näytteenottoaajuuden suhteen) kulmataajuus  $\omega = 2\pi(f/f_T)$ , yksikkötarkastelulla  $[\omega] = \text{Hz}/\text{Hz} = 1$  (rad/näyte).

Yleinen virhe oli laskea  $x_1[n] = \cos(2\pi 697 \cdot n)$ , kun  $n = [0, 959] \in \mathbb{Z}$ . Tällöinhän  $x_1[0] = \cos(0) = 1$ ,  $x_1[1] = \cos(2\pi 697) = \cos(0) = 1$ ,  $x_1[2] = \cos(2\pi 697 \cdot 2) = \cos(0) = 1$ , jne. Eli signaali kohtiin tulee pelkkää ykköstä (vakiota), eikä silloin signaali värähtele (informaatiota). Pitää olla  $x_1[n] = \cos(2\pi(697/8000) \cdot n)$ , jotta tulee oikein.

Kuuntelemisen lisäksi kannattaa piirtää spektrogrammi, joka usein on paljon havainnollisempi kuin esim. aaltomuoto. myGenDTMF.m-funktion alussa kommentteissa on "sopivia" parametreja spektrogrammifunktiolle. ÄLÄ KÄYTÄ Matlabin oletusarvoista spectrogram(x) vaan määrittele kaikki parametrit spectrogram(x, win, overlap, nDFT, fT, 'yaxis'). Tässä win aikaikkunan pituus näytteissä (esim. 512), overlap vierekkäisten aikaikkunoiden päällekkäisyys (esim. 256), nDFT kuinka monessa pisteessä DFT lasketaan (väh. win, usein sama). Se, ovatko parametrit 512 - 256 - 512, vai  $2^{-4, \dots, 2}$ -kertaisia, riippuu miten nopeita / hitaita ilmiöitä signaalissa tapahtuu ( $f_T$ :n suhteen). Octavassa käytetään specgram-funktiota, jossa parametrit hieman eri järjestyksessä specgram(x, win, fT, nDFT, overlap).

215. WaveSurfer. Tätä ohjelmaa käytetään puhekeräyksessä.

Miksi /s/ ei näy perustaaajuutena. Yleisin "väärä" kommentti oli, että /s/:n taajuus on niin korkea, ettei se näy, kun akseli oli vain alle 400 Hz. Mutta kun katsoo /s/:n aaltomuotoa, niin se hyvin kohinamaista, eikä siitä löydy mitään jaksoa, joka toistaisi itseään. Suomen /s/ ei ole (yleensä) jaksollinen (soinnillinen). Eri kielissä on toki olemassa soinnillisiakin /s/:iä.

"Pitch detection" - kyseessä on siis algoritmi, joka pyrkii löytämään jakson, ja jos se ei sitä löydä, ei se myös sitä ilmoita. Kone ei näe mitään itseään toistavaa jaksoa signaalissa, vaan sen täytyy laskennallisin menetelmin "kokeilla" ja löytää tuo jakso.

216. Audacity.

217. Octave. Jos sinulla ei ole Matlabia, niin asenna Octave ja hyödynnä kurssin mittaan.