

LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Inst. for Elektro- och Informationsteknik

SIGNALBEHANDLING I MULTIMEDIA, ETI265  
Inlämningsuppgift 2 (av 2), Task 2 (out of 2)

Inlämningstid: Inlämnas senast kl 17.00 fredagen den 12:e maj i kursens fack (ETI265) på vån 3 i E-huset.  
[Complete the task within two weeks and put it in the course mailbox at the third floor.]

Observandum: För att underlätta rättningen: [In order to simplify the correction:]  
-Lös endast en uppgift per blad. [Only solve one problem per paper sheet.]  
-Skriv namn på samtliga blad. [Please write your name on every paper sheet.]  
Påståenden måste motiveras via resonemang och/eller ekvationer.  
[Statements must be motivated by reasoning and/or equations.]  
Poäng från inlämningsuppgifterna adderas till tentamensresultatet.  
[The points from the tasks will be added to the examination score.]  
Max Tot. poäng (tentamen + båda inl.uppg) = 5.0 + 0.5 + 0.5 = 6.0  
[Max Tot. score (exam + 2 tasks) = 5.0 + 0.5 + 0.5 = 6.0 ]  
Betygsgränser för kursen: 3 ( $\geq 3.0p$ ), 4 ( $\geq 4.0p$ ), 5 ( $\geq 5.0p$ ).  
[Grading; 3 ( $\geq 3.0p$ ), 4 ( $\geq 4.0p$ ), 5 ( $\geq 5.0p$ ).]

1. Ett hjul till en hästkärra har 4 ekrar och snurrar med varvtalet 4500 varv/min motsols, (OBS! varv/**min**). Hjulet filmas med en digital kamera som tar 50 bilder/sekund. Vilken rotationshastighet (i varv/min) kommer hjulet att uppfattas ha, genom att betrakta den inspelade sekvensen? Vilken rotationsriktning kommer att uppfattas, medsols eller motsols? (0.1p)

[A wheel to a horse carriage has 4 spokes and it rotates with 4500 revolutions/min counter clockwise, (OBS! varv/**min**). The wheel is recorded by a digital film camera that operates at 50 pictures/sec. What perceived rotation speed will be the result of observing the recorded film sequence? What will be the resulting direction of rotation?]

2. Följande tids-diskreta signaler är givna;  
(2 av 3 rätt svar ger 0.2p)  
[The following discrete-time signals are given;]

$$x_1(n) = \begin{bmatrix} -2 & 1 \\ \uparrow & \end{bmatrix}, \quad x_2(n) = \begin{bmatrix} 2 & -1 & 2 & 1 & -1 \\ \uparrow & & & & \end{bmatrix}, \quad x_3(n) = \begin{bmatrix} 2 & -1 \\ \uparrow & \end{bmatrix}$$

- a) Bestäm resulterande sekvens ur faltningsuttrycket;  
 $y(n) = x_1(n) * x_2(n) * x_3(-n)$ .  
[Determine the resulting sequence from;  $y(n) = x_1(n) * x_2(n) * x_3(-n)$ ]
- b) Bestäm resulterande modulo 4 sekvens ur faltningsuttrycket;  
 $x_1(n) \otimes_4 x_2(-n) \otimes_4 x_3(n)$ .  
[Determine the resulting modulo 4 sequence from;  $x_1(n) \otimes_4 x_2(-n) \otimes_4 x_3(n)$ ]

c) Bestäm en sekvens  $s(n)$  i modulo 2 så att följande uppfylls;

$$x_1(n) \otimes_2 s(n) = x_3(n).$$

[*Determine a sequence  $s(n)$  in modulo 2 such that the following is fulfilled;  $x_1(n) \otimes_2 s(n) = x_3(n)$ ]*

3. Signaler samplas, sampelomvandlas och rekonstrueras idealt enligt deluppgifter nedan. Bestäm vilka signaler som erhålls.

[*Signals are sampled, down sampled or up-sampled and reconstructed ideally according to the items below. Determine what the resulting signal will be.* ]

a) Signalen  $\cos(2\pi 450t)$  samplas med  $F_s = 1000$  Hz, nedsamplas med en faktor 3 (dvs decimeras genom att bara vart tredje sampel behålls), samt rekonstrueras idealt (med  $F_s = 1000$  Hz). (0.1p)

[*The signal  $\cos(2\pi 450t)$  is sampled using  $F_s = 1000$  Hz, and then down sampled by a factor 3 (i.e. only every third sample value is kept). The resulting signal is then ideally reconstructed (using  $F_s = 1000$  Hz).*]

b) Signalen  $\cos(2\pi 1680t)$  samplas med  $F_s = 600$  Hz, uppsamplas med en faktor 3 (dvs interpoleras genom att 2 nollor läggs till mellan varje sampelvärde), samt rekonstrueras idealt med en ny samplefrekvens,  $F_s = 500$  Hz. (0.1p)

[*The signal  $\cos(2\pi 1680t)$  is sampled with  $F_s = 600$  Hz, up-sampled (i.e. after every sample value 2 zeroes are inserted), and then ideally reconstructed with a new sample rate,  $F_s = 500$  Hz]*

Lycka till! [*Good Luck!*]

# Svar, Answers:

1. Svar: Hjulet snurrar med 4500 varv/min motsols, vilket ger  $4500/60 = 75$  varv/s dvs  $+75$  Hz. Sampeltakten är  $F_s = 50$  Hz vilket ger den normerade frekvensen  $f_0 = 75/50 = 3/2$ . Det betyder att varje eker kommer att förflytta sig  $3/2$  varv motsols mellan varje sampel. Om en eker befinner sig i viss position i ett visst sampel kommer den att förflytta sig  $+3/2 = +6/4$  varv motsols, dvs ekern kommer att befinna sig på motsatt sida från sin ursprungliga position, vid nästa sampel. Eftersom alla ekrar alltid kommer att hamna på jämna fjärdedelar av ett varv kommer vi att uppfatta ett stillastående hjul dvs normerad frekvens  $f_0 = 0 = 0$  varv/min.

2. Svar: a)

$$y(n) = [4 \quad -12 \quad 13 \quad -10 \quad -3 \quad 7 \quad -2]$$

- b)

$$y(n) = [-14 \quad 5 \quad -6 \quad 11]$$

- c) Definiera den okända sekvensen  $s(n)$  enligt,

$$s(n) = s_1\delta(n) + s_2\delta(n-1)$$

En modulo 2 faltning mellan  $s(n)$  och  $x_1(n)$  mha tex en faltningstabell ger följande ekvationssystem;

$$\begin{aligned} s_1 - 2s_2 &= 2 \\ -2s_1 + s_2 &= -1 \end{aligned} \tag{1}$$

Lösningen av ovanstående ger följande svar;

$$s(n) = \begin{bmatrix} 0 & -1 \\ \uparrow & \end{bmatrix}$$

SVAR 3a. Vi har den verkliga frekvensen  $F_0 = \pm 450$  Hz före sampling och vi har normerade frekvensen  $f_0 = \pm \frac{9}{20} \pm k$  efter sampling. Decimering med faktor 3 ger ny normerad frekvens  $f_0 = \pm \frac{27}{20} \pm k = \mp \frac{7}{20} \pm k$  och efter ideal rekonstruktion har vi den verkliga frekvensen  $F_0^{ut} = \pm \frac{7}{20} \cdot 1000 = 350$  Hz. Dvs vår utsignal är given av  $y(t) = \cos(2\pi 350t)$ .

SVAR 3b. Vi har den verkliga frekvensen  $F_0 = \pm 1680$  Hz före sampling och vi har normerade frekvensen  $f_0 = \pm \frac{1}{5} \pm k$  efter sampling. Efter interpolering har vi de normerade frekvenserna

$$f_i = \frac{\pm \frac{1}{5} \pm k}{3} = \pm \frac{1}{15}, \pm \frac{4}{15}, \pm \frac{2}{5}$$

ty alla dessa komponenter hamnar innanför det fundamentala frekvensområdet vid interpoleringen. Detta motsvarar de verkliga frekvenserna (efter ideal rekonstruktion med  $F_s = 500$ ),

$$F_0 = \pm 33\frac{1}{3} \text{ Hz}, F_1 = \pm 133\frac{1}{3} \text{ Hz}, F_2 = \pm 200 \text{ Hz},$$

Dvs vår utsignal blir  $y(t) = \cos(2\pi\frac{100}{3}t) + \cos(2\pi\frac{400}{3}t) + \cos(2\pi 200t)$