

# SIGNALS AND SYSTEMS - QUIZ 12

## Problem 1

Hvilket udsagn om analog-fil-digital konvertering er sandt?

- 1: Kvantisering sker før sampling.
- 2: Sampling sker før kvantisering.
- 3: Sampling og kvantisering er to udtryk for det samme.

## Sol

Sampling  $\approx$  Opsamling af en værdi (signal).

Kvantisering  $\approx$  Aftrunding af en værdi.

Man er nødt til at opsamle en værdi inden man kan afrunde.

## Svar: 2

## Problem 2

Når reference spændingen af en 10-bit ADC er 5V, så toggler det mindst signifikante bit (LSB) når spændingen på det mælte signal stiger med:

1: En værdi mellem 10 mV - 50 mV

2: En værdi mellem 5 mV - 10 mV

3: En værdi under 5 mV.

Sol

$$V_{\text{toggle, LSB}} = \frac{\text{range}}{2^N} = \frac{5V - 0V}{2^{10}} = \frac{5V}{1024} = 4.88 \text{ mV}$$

Svar: 3

### Problem 3

Et cosinus-signal  $x(t)$  med frekvensen 300 Hz samples med samplingsfrekvensen 1000 Hz.  
Vælg det sande udvalg.

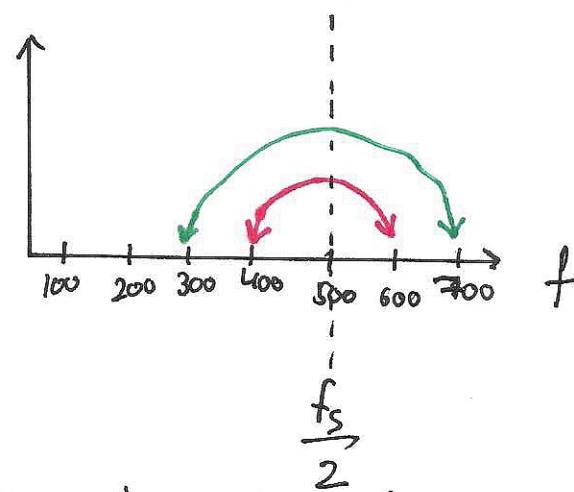
1:  $x(t)$  har en aliaseret frekvens i 500 Hz.

2:  $x(t)$  har et alias i 700 Hz.

3:  $x(t)$  har et alias i 1000 Hz.

Sol

$$f_s = 1000 \text{ Hz}$$



Frekvensfoldningen afgører, at ved  $f_s = 1000 \text{ Hz}$  har 300 Hz et alias i 700 Hz

Svar: 2

## Problem 4

Et bioelektrisk signal med spændingsinterval  $-1 \text{ mV} - +1 \text{ mV}$  skal digitaliseres.

ADC'en accepterer input i spændingsintervallet  $0 - 5 \text{ V}$ .

Det digitaliserede signal skal kunne registrere en amplitudeændring på det uforstørrede signal ned til  $3 \mu\text{V}$ . Vælg det sande udsagn.

1: Der behøves en forstærkning på 2500, et offset på  $2.5 \text{ V}$  og en 10-bit ADC.

2: Der behøves gain på 2000, et offset på  $1 \text{ mV}$  og en 8-bit ADC.

3: Der behøves gain på 3000, et offset på  $5 \text{ V}$  og en 12-bit ADC.

Sol

Find gain og offset.

$$\left. \begin{array}{l} 0 = -1 \text{ mV} \cdot a + b \\ 5 = 1 \text{ mV} \cdot a + b \end{array} \right\} \begin{array}{l} a = 2500 \quad (\text{Gain}) \\ b = 2.5 \text{ V} \quad (\text{Offset}) \end{array}$$

Kan kun være 1.

$$\Delta V_{\text{toggle}} = \frac{\text{range}}{2^N} \cdot \frac{1}{\text{gain}} = \frac{5 \text{ V} - 0 \text{ V}}{2^{10}} \cdot \frac{1}{2500} = 1.95 \mu\text{V}$$

10 bit ADC er nok.

Svar: 1

## Problem 5

En ADC har en teoretisk dynamic range på 96 dB, men en effektiv dynamic range på 90 dB.

Vælg sande udsagn.

1: 11 bits kan bruges, 1 bit kan ikke.

2: 12 bits kan bruges, 1 bit kan ikke.

3: 15 bits kan bruges, 1 bit kan ikke.

### Sol

Hver 6 dB i dynamic range svarer til 1 bit.

$$N_{\text{teoretisk}} = \frac{96 \text{ dB}}{6 \frac{\text{dB}}{\text{bit}}} = 16 \text{ bits}$$

$$N_{\text{eff}} = \frac{90 \text{ dB}}{6 \frac{\text{dB}}{\text{bit}}} = 15 \text{ bits}$$

15 ud af 16 bits kan bruges.

### Svar: 3

## Problem 6

Et signal med frekvensindhold 0-300 Hz ønskes samplet, med en 10-bit ADC. Over 300 Hz falder signalets amplitude med  $6 \frac{\text{dB}}{\text{oktav}}$ . Der benyttes et 2.ordens lavpasfilter med  $f_c = 300 \text{ Hz}$  til at dæmpe frekvenser.

Hvad er den mindste samplingfrekvens der kan benyttes, hvis signalet ved  $\frac{f_s}{2}$  ønskes dæmpet så meget, at signalet ikke detekteres af ADC'en.

1:  $f_s = 3 \text{ kHz}$

2:  $f_s = 4 \text{ kHz}$

3:  $f_s = 5 \text{ kHz}$

### Sol

10 bit ADC har dynamic range DR:  $10 \text{ bit} \cdot 6 \frac{\text{dB}}{\text{bit}} = 60 \text{ dB}$

Så ved  $\frac{f_s}{2}$  kræves dæmpning på 60 dB.

Signalet falder naturligt med  $6 \frac{\text{dB}}{\text{oktav}} = 20 \frac{\text{dB}}{\text{dec}}$  efter 300 Hz.

2.ordens lavpasfilter dæmper med  $40 \frac{\text{dB}}{\text{dec}}$  efter 300 Hz.

Tilsammen:  $60 \frac{\text{dB}}{\text{dec}}$

Dæmpningen starter ved 300 Hz. 1 dekade efter 3000 Hz.

$$|H(j\omega)| = -60 \frac{\text{dB}}{\text{dec}} \cdot 1 \text{ dec} = -60 \text{ dB} \quad (\text{ved } 3000 \text{ Hz})$$

$f_s$  skal mindst være  $f_s = 6000 \text{ Hz}$  hvis der ved  $\frac{f_c}{2} = 3000 \text{ Hz}$  ønskes 60 dB dæmpning.

Svar: Ingen sande udsagn.

## Problem 7

Vælg sande udsagn om Butterworth filtertypen.

1: I kursets lærebog defineres Butterworthfilteret ved dens overføringsfunktion.

Falsk: Den defineres ved amplituderesponsen.

2: I kursets lærebog defineres Butterworthfilteret ved dens amplituderespons.

Sandt.  $|H(j\omega)| = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{\omega}{\omega_c}\right)^{2n}}}$

3: Filterets poler ligger samtidigt fordelt på en enhedskrue i ~~venstre~~ venstre halvplan i s-domænet.

Sandt i kun venstre halvplan. Poler i RHP medfører ustabilt system.

Svar: Mere end ét sandt udsagn.

## Problem 8

Vælg sande udsagn.

1: For et Butterworth filter med ulige orden og knækfrekvens  $s = 1 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$ , ligger der altid en pol i +j.

Falsk: polerne ligger altid i venstre halvplan.

2: For et Butterworth filter med lige orden og knækfrekvens på  $1 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$ , indgår alle poler i kompleks konjugerede par.

Sandt:  $H_{\text{Butter}}(s) = \frac{1}{s^2 + a_{11}s + a_{00}} \cdot \frac{1}{s^2 + a_{21}s + a_{20}} \cdot \dots$  koeficienterne

$a_{11}, a_{10}, a_{21}, a_{20}, \dots$  er reelle. Derfor vil polerne optræde i kompleks konjugerede par.

Der vil ikke være nogle 1. ordens stager, så ingen polerne på realaksen.

Svar: 2

## Problem 9

1: For et 5. ordens filter faktoriseres overføringsfunktionen i ét første-ordenstrin, og 2 identiske 2. ordenstrin.

Falsk: 2. ordenstrinene er ikke identiske.

2: For et 2. ordenstrin <sup>filter</sup> faktoriseres overføringsfunktionen i 2 første-ordenstrin.

Falsk: Man beholder 2. ordenstrinnet samlet.

3: Når overføringsfunktionen faktorisres i en række 2. ordenstrin, vil hver anden-ordenstrin have forskellige Polplaceringer, forskellige koefficenter og forskellige komponentværdier.

Sandt

Svar: 3

## Problem 16

Om implementeringen af et Butterworthfilter via et eller flere Sallen-key kredsløb skal det sande udsagn vælges.

1: Ét Sallen-key kredsløb kan implementere et 4. ordens Butterworthfilter.

Falsk: Sallen-key kan kun implementere et 2. ordenstrin.

2: Komponentværdierne udregnes i første omgang for et filter med knakfrekvens i  $\frac{1}{\text{rad}} \frac{1}{s}$ .

Sandt: De udregnes for et normaliseret filter.

3: Ønskes en knakfrekvens forskellig fra  $\frac{1}{\text{rad}} \frac{1}{s}$  benyttes impedansskalering til at flytte knakfrekvensen.

Falsk: Man bruger frekvensskalering.

Svar: 2

## Problem 11

Vælg sande udsagn.

1: Ét Sallen-key kredsløb kan implementere et 2.ordens Butterworth filter.

Sandt.

2: For et 4.ordens Butterworthfilter skal der bruges to identiske Sallen-key kredsløb. i serie.

Falsk: kredsløbene skal ikke være identiske.

3: Ønskes en knækfrekvens forskellig fra 1 rad bemyttes frekvensskalering.

Sandt: Man skaltere (divider) kapacitorerne med  $k_f$ .

4: Ved frekvensskalering skal kondensatorverdierne skaleres med samme faktor som knækfrekvensen skaleres med.

Sandt.

Svar: Mere end ét sandt udsagn.