

Nynorsk / Bokmål / Engelsk

NORGES TEKNISK-  
NATURVITENSKAPELIGE UNIVERSITET  
INSTITUTT FOR FYSIKK

Steinar Raaen, tel.48296758

### **Eksamen TFY4190 Instrumentering**

Torsdag 26. mai, 2011

Tid: 09.00-13.00

Tillatt ved eksamen / permitted at exam: Alternativ C / Alternative C  
Godkjend lommekalkulator / Approved pocket calculator  
K. Rottman: Mathematical formulas (or similar)  
Engelsk ordbok/English dictionary

#### **Vedlegg / Appendix:**

- Laplace transforms

**Oppgave 1 / Oppgave 1 / Problem 1**

Eit signal i form av eit einheitssteg kjem inn på eit system med transferfunksjon  $G(s) = \frac{1}{s+5}$

Finn det tidsavhengige utgangssignalet  $y(t)$ .

Kor lang tid tar det før utgangssignalet  $y(t)$  har nådd 80% av si endelege verd?

Et signal i form av et enhetstrinn sendes inn på et system med transferfunksjon  $G(s) = \frac{1}{s+5}$

Finn det tidsavhengige utgangssignalet  $y(t)$ .

Hvor lang tid tar det før utgangssignalet  $y(t)$  har oppnådd 80% av sin endelige verdi?

A signal in the form of a unit step is incident on a system with transfer function  $G(s) = \frac{1}{s+5}$

Find the time dependent out signal  $y(t)$ .

How long does it take before the signal  $y(t)$  has reached 80% of the final value?

**Oppgave 2 / Oppgave 2 / Problem 2**

a)

Finn den binære 2-komplement representasjonen av dei desimale tala -8, 13 og 42.

Bruk 8 bit binære tal.

Finn den binære 2-komplement representasjonen av de desimale tallene -8, 13 og 42.

bruk 8 bit binære tall.

Find the binary 2-complement representation of the decimal numbers -8, 13 og 42.

Use 8 bit binary numbers.

**Oppg. 2 (forts.) / Oppg. 2 (forts.) / Probl. 2 (cont.)****b)**

Subtrakt det binære talet 1000 (desimalt 8) fra 0101 (desimalt 5) ved bruk av 2-komplement metoden. Vis framgangsmåten.

Subtrakt det binære tallet 1000 (desimalt 8) fra 0101 (desimalt 5) ved bruk av 2-komplement metoden. Vis framgangsmåten.

Subtract the binary number 1000 (decimal 8) from 0101 (decimal 5) using the 2-complement method. Show how to proceed.

**c)**

Omform det desimale talet 488 til hexadesimalt format.

Konverter det desimale tallet 488 til hexadesimalt format.

Convert the decimal number 488 to hexadecimal format.

**d)**

Omform desimalt 8.125 til binært format.

Konverter desimalt 8.125 til binært format.

Convert decimal 8.125 to binary format.

**e)**

Eit "single-precision" binært tal er representert hexadesimalt ved 41C80000. Den mest signifikante bit gjev fortegnet, dei neste 8 bit gjev eksponenten, mens dei neste 23 bit gjev fraksjonen. Eksponenten er uten fortegn og en bias på 127 nyttas. Kva er den desimale verd av talet?

Et "single-precision" binært tall er representert hexadesimalt ved 41C80000. Den mest signifikante bit gir fortegnet, de neste 8 bit gir eksponenten, mens de neste 23 bit gir fraksjonen. Eksponenten er uten fortegn og en bias på 127 benyttes. Hva er den desimale verdien av tallet?

A single-precision binary number is given in hexadecimal form by 41C80000. The most significant bit gives the sign, the next 8 bits give the exponent, and the fraction is given by the final 23 bits. The exponent is without sign and a bias of 127 is used. What is the decimal value of the number?

**Oppgave 3 / Oppgave 3 / Problem 3****a)**

Anta at en 12bit AD omformer har spenningsområde fra -5 til 5 V. Utgangsspenninga er gitt ved 2-komplement binær format.

Kor stor er oppløsninga? Kor mange signifikante desimalar bør nyttas?

Kor stor er den analoge inngangsspenninga når utgangen er 1001 0011 1000?

Anta at en 12bit AD omformer har spenningsområde fra -5 til 5 V. Utgangsspenningen er gitt ved 2-komplement binær format.

Hvor stor er oppløsningen? Hvor mange signifikante desimaler bør benyttes?

Hvor stor er den analoge inngangsspenningen når utgangen er 1001 0011 1000?

Assume that a 12bit AD converter has voltage range from -5 to 5 V. The output voltage is given in 2-complement binary format.

What is the resolution? How many significant decimals should be used?

Find the analogue input voltage for binary output given by 1001 0011 1000.

**b)**

Ein 14bit DAC har spenningsreferanse  $1V \pm 0.01\%$ . Hva er oppløsningen til DAC'en? Hva er nøyaktigheten? Hvor mange bit behøves for at oppløsningen skal være like god som nøyaktigheten?

En 14bit DAC har spenningsreferanse  $1V \pm 0.01\%$ . Hva er oppløsningen til DAC'en? Hva er nøyaktigheten? Hvor mange bit behøves for at oppløsningen skal være like god som nøyaktigheten?

A 14bit DAC has a voltage reference of  $1V \pm 0.01\%$ . What is the resolution of the DAC? What is the accuracy? How many bits are needed in order that the resolution is as good as the accuracy?

**c)**

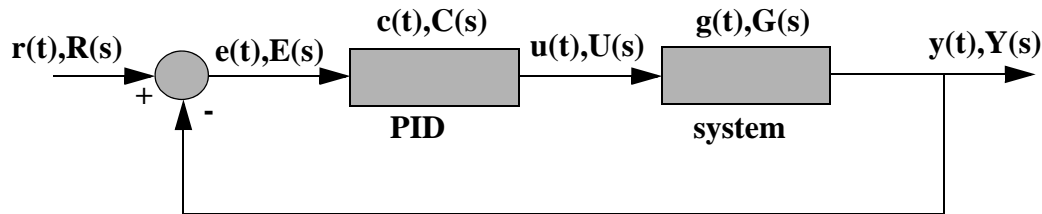
Kva er det dynamiske området (forholdet mellom største og minste verd) for ein n-bit AD spenningsomformer? Uttrykk svaret i Decibel.

Hva er det dynamiske området (forholdet mellom største og minste verdi) for en n-bit AD spenningsomformer? Uttrykk svaret i Decibel.

What is the dynamic range (ratio between largest and smallest value) for a n-bit AD voltage converter? Give the answer in Decibel.

## Oppgave 4 / Oppgave 4 / Problem 4

a)

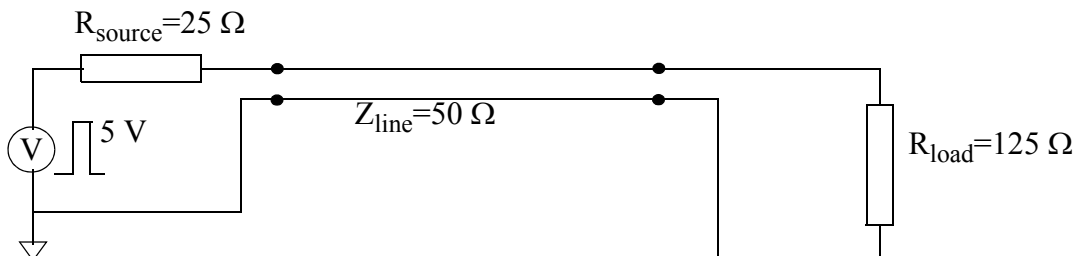


Figuren over viser eit system som er styrt ved bruk av ein PID-regulator. Finn den totale transferfunksjonen  $T(s) = Y(s)/R(s)$  for det regulerede systemet. Gjev uttrykk for  $c(t)$  og  $C(s)$  og beskriv dei ulike ledda i uttrykkane.

Figuren over viser et system som er styrt ved bruk av en PID-regulator. Finn den totale transferfunksjonen  $T(s) = Y(s)/R(s)$  for det regulerede systemet. Gi uttrykk for  $c(t)$  og  $C(s)$  og beskriv de ulike leddene i uttrykkene.

The figure above shows a system that is controlled by a PID controller. Find the combined transfer function  $T(s) = Y(s)/R(s)$  for the total system. Give expressions for  $c(t)$  and  $C(s)$  and describe the various terms in the expressions.

b)



Ein spenningspuls på 5 V sendes fra ei kilde inn på ein transmisjonslinje som vist i figuren. Ved enden av transmisjonslinjen er en last. Finn refleksjonskoeffisientane ved lasten og ved kilden. Kva er spenningsverdien etter at pulsen er reflektert første gang ved kilden?

En spenningspuls på 5 V sendes fra en kilde inn på en transmisjonslinje som vist i figuren. Ved enden av transmisjonslinjen er en last. Finn refleksjonskoeffisientene ved lasten og ved kilden. Hva er spenningsverdien etter at pulsen er reflektert første gang ved kilden?

A 5 V voltage pulse enters a transmission line as shown in the figure. At the end of the transmission line is a load. Find the reflection coefficients at the load and at the source. What is the value of the voltage after the first reflection at the source?

**Vedlegg (Appendix):** Laplace transforms

$Y(s)$	$y(t), t > 0$
$Y(s) = \int_0^{\infty} \exp(-st)y(t)dt$	$y(t)$
$Y(s)$	$y(t) = \frac{1}{j2\pi} \int_{c-j\omega}^{c+j\omega} \exp(st)Y(s)ds$
$sY(s) - y(0)$	$\frac{d}{dt}y(t)$
$s^2 Y(s) - sy(0) - y'(0)$	$y''(t)$
$\frac{1}{s}Y(s)$	$\int_0^t y(\tau)d\tau$
$F(s)G(s)$	$\int_0^t f(t-\tau)g(\tau)d\tau, \text{ convolution}$
$\frac{1}{s}$	$u(t), \text{ unit step}$
$\frac{1}{s} \exp(-\alpha s)$	$u(t - \alpha)$
$\frac{1}{s + \alpha}$	$\exp(-\alpha t)$
$\frac{1}{(s + \alpha)^2}$	$t \exp(-\alpha t)$
$\frac{\alpha}{s^2 + \alpha^2}$	$\sin(\alpha t)$

**Løsningskisse - eks. 26.mai 2011**

## Oppg.1

$$Y(s) = R(s)G(s) = \frac{1}{s} \cdot \frac{1}{s+5}$$

using Laplace table

$$y(t) = L^{-1}\{Y(s)\} = L^{-1}\left\{\frac{1}{s}G(s)\right\} = \int_0^t g(\tau)d\tau = \int_0^t \exp(-5\tau)d\tau = \frac{1}{5}[1 - \exp(-5t)]$$

The final value is  $1/5 = 0.2$ .

The time to reach 80% of final value is T (measured in seconds):

$$\frac{1}{5} \cdot \frac{4}{5} = \frac{1}{5}[1 - \exp(-5T)] \Rightarrow \exp(-5T) = \frac{1}{5} \Rightarrow T = \frac{\ln 5}{5} = 0,32s$$

## Oppg.2a

8 = 0000 1000  $\Rightarrow$  2 com. of -8 = 1 1111 1000 (neg. number)

13 = 0000 1101  $\Rightarrow$  0 0000 1101 (pos. number)

42 = 0010 1010  $\Rightarrow$  0 0010 1010 (pos. number)

## Oppg.2b

5dec = 0101  $\Rightarrow$  00101, 8dec = 1000  $\Rightarrow$  2-comp. = 11000

5dec-8dec = 5+8(2-com.) = 00101+11000 = 11101  $\Rightarrow$  2-comp. = 00011 = -3dec.

## Oppg.2c

488dec  $\Rightarrow$  488:16 = 30+8/16 ; 30:16=1+14/16 ; 1:16=0+1/16  $\Rightarrow$  1E8

## Oppg.2d

8.125dec to binary:

8:2=4 + 0 ; 4:2=2 + 0 ; 2:2=1 + 0 ; 1:2=0 + 1/2 ;  $\Rightarrow$  1000

0.125\*2=0 + 0.25 ; 0.25\*2=0 + 0.5 ; 0.5\*2=1 + 0 ;  $\Rightarrow$  .001

Therefore we get 8.125dec=1000.001

## Oppg.2e

41C80000(hex) = 0100 0001 1100 1000 0000 0000 0000 0000

MSB (most significant bit) shows the sign: 0 = positive number

Next 8 bits are the exponent: 1000 0011 = 131 (dec) - bias(127) = 4

Next 23 bits are the fraction: 100 1000 0000 0000 0000 0000 = .1001 = 1/2+1/16 (dec) = 0.5625

Therefore:  $+1.5625 \cdot 2^{**4} = 25.00$  (dec)

## Oppg.3a

Resolution:  $10V/(2^{12}-1) = 0.0024 \text{ V}$

Therefore not more than 3 significant decimals should be used.

1001 0011 1000 (2-compl. binary)  $\Rightarrow$  negative number 0110 1100 1000 = 1736 (dec)

Analogue input is  $-1736*0.0024 \text{ V} = -4.166 \text{ V}$

## Oppg.3b

Resolution:  $1/(2^{14}-1) = 0.000061$

Accuracy:  $0.01\% = 0.0001$

We see that  $1/(2^{13}-1) = 0.00012 \Rightarrow$  only 13 bits are needed for the resolution to be as good as the accuracy.

## Oppg.3c

dynamic range = ratio between largest and smallest value for an n-bit voltage converter.

$$\text{dynamic range} = 20 \cdot \log(q \cdot 2^n - 1/q) = 20 \cdot \log 2^n = 20n \cdot \log 2 = 6n \text{ [dB]}$$

## Oppg.4a

$$(R(s) - Y(s))C(s)G(s) = Y(s)$$

therefore

$$T(s) = \frac{Y(s)}{R(s)} = \frac{C(s)G(s)}{1 + C(s)G(s)}$$

and furthermore

$$c(t) = K_P e(t) + K_I \int_0^t e(t) dt + K_D \frac{d}{dt} e(t)$$

$$C(s) = K_P E(s) + K_I \frac{E(s)}{s} + K_D s E(s)$$

terms:  $K_P$  proportional,  $K_I$  integral,  $K_D$  derivative control

## Oppg.4b

$$\Gamma_{load} = \frac{R_{load} - Z_{line}}{R_{load} + Z_{line}} = \frac{3}{7}$$

$$\Gamma_{source} = \frac{R_{source} - Z_{line}}{R_{source} + Z_{line}} = \frac{-1}{3}$$

After first time reflection from load:  $V_1 = 5 \cdot (50/75) \cdot 3/7 = 1.42 \text{ V}$

After first time reflection from source:  $V_2 = V_1 \cdot (-1/3) = -0.48 \text{ V}$