

Institutt for fysikk

## Eksamensoppgave i TFY4190 Instrumentering

Faglig kontakt under eksamen: Steinar Raaen

Tlf.: 482 96 758

Eksamensdato: 11. juni 2016

Eksamenstid (fra-til): 9:00 – 13:00

Hjelpemiddelkode/Tillatte hjelpemidler:

Alternativ C, Godkjent lommekalkulator

K. Rottmann: Mathematical formulas (eller tilsvarende)

Engelsk ordbok

Målform/språk: Bokmål

Antall sider: 5

Kontrollert av:

---

Dato

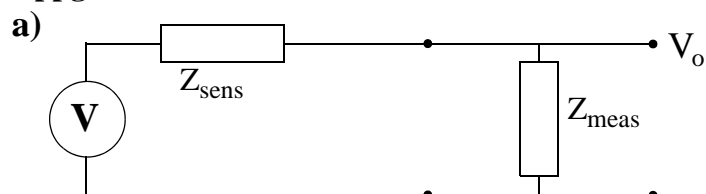
Sign

---

Merk! Studenter finner sensur i Studentweb. Har du spørsmål om din sensur må du kontakte instituttet ditt. Eksamenskontoret vil ikke kunne svare på slike spørsmål.

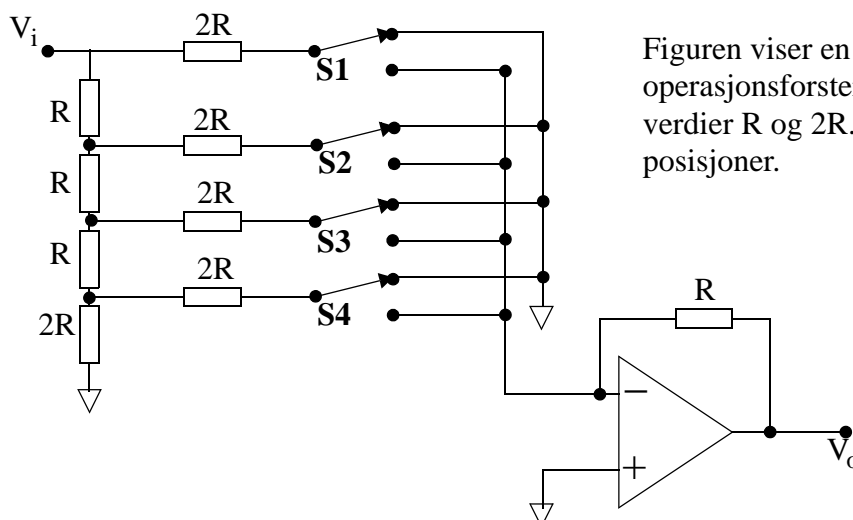
**Oppgave 1**

- a) Benytt 2-komplement metoden til å foreta binær subtraksjon av  $61_{10}$  fra  $36_{10}$ .
- b) Konverter desimalt 97.36 til binært format.
- c) Et “single-precision” binært tall er representert hexadesimalt ved B07A1000. 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?

**Oppgave 2**

Figuren over viser en ekvivalent krets for en spenningskilde og en målekrets. Hvordan bør impedansene velges for å minimere unøyaktighet i utgangssignalet  $V_o$ ? Hvordan bør impedansene velges for å maksimere overføring av effekt?

- b) Gi en kort beskrivelse av samplingsteoremet (Nyquists samplingsteorem).

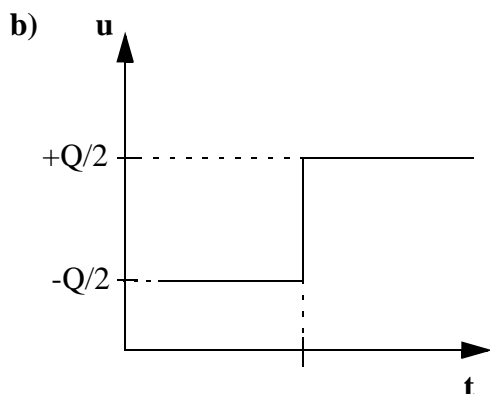
**Oppgave 3**

Figuren viser en krets med en ideell operasjonsforsterker og motstander med verdier  $R$  og  $2R$ . Bryterne S1 til S4 har to posisjoner.

- a) Forklar kort virkemåten til kretsen. Hvilken funksjon har kretsen?
- b) Hvilken verdi får transferfunksjonen  $V_o/V_i$  når bryterne S1 og S2 er i øvre posisjon, og bryterne S3 og S4 er i nedre posisjon?

### Oppgave 4

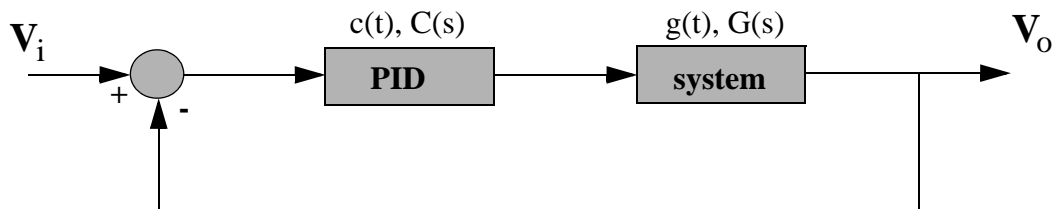
- a) En 14bit AD omformer har spenningsområde fra -5 til 5 V. Hvor stor er oppløsningen? Utgangsspenningen er gitt ved 2-komplement binær format. Hvor stor er den analoge inngangsspenningen når utgangen er 11 0011 1001 0100? Hvor mange signifikante siffer bør benyttes i svaret?



Figuren viser oppløsningen til den variable størrelsen  $u$ .

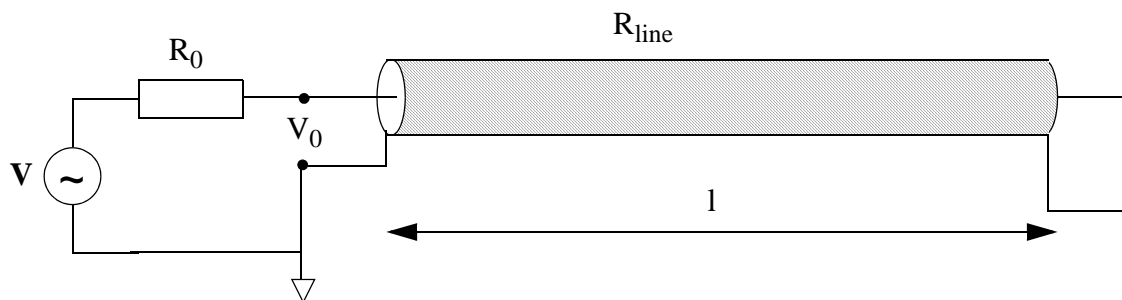
En variabel størrelse har uniform sannsynlighetsfordeling slik at  $f(u) = 1/Q$ , hvor  $Q$  er oppløsningen til størrelsen  $u$ . Kvantiseringsfeilen er gitt som RMS (root mean square) verdien av variabelen. Finn kvantiseringsfeilen?

### Oppgave 5



- a) Et system er styrt ved bruk av en PID-regulator som vist i figuren over. Gi uttrykk for transferfunksjonen til PID regulatoren og beskriv de ulike leddene. Finn den totale transferfunksjonen  $V_o(s)/V_i(s)$  for det regulerte systemet.
- b) Bestem utgangssignalet  $y(t)$  når et enhetssteg (i tidsrommet) kommer inn på et system med transfer-funksjon  $F(s) = \frac{1}{s+2}$

## Oppgave 6



En stegspenning med verdi  $U$  genereres av spenningskilden  $V$ . Kildemotstanden er  $R_0$  og linjeimpedansen er  $R_{\text{line}}$  (reell). Transmisjonslinja (lengde  $l$ ) er kortsluttet ved enden ( $Z_{\text{last}} = 0$ ). Tiden det tar for signalet å gå gjennom transmisjonslinja med lengde  $l$  er  $\tau$ .

- Hva er refleksjonskoeffisienten ved enden av transmisjonslinja?
- Anta at  $R_0 = R_{\text{line}}$  og tegn spenningen  $V_0$  som funksjon av tiden.
- Anta at  $R_0 > R_{\text{line}}$  og tegn spenningen  $V_0$  som funksjon av tiden. Indiker effekten av et lite tap i transmisjonslinja på grafen.

**Vedlegg (Appendix):** Laplace transforms

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

## Løsningsskisse - Eksamen 11. juni 2016

### Oppg.1a

36-61 = 100100 - 111101  $\rightarrow$  0100100 (add one 0 to left)  
+1000011 (2-komp., one 0 to left added)  
=1|100111  $\rightarrow$  - 0011001 = -25 (MSB=1  $\Rightarrow$  negative number)

### Oppg.1b

97.36:

heltallsdelen:

97/2= 48 + 1/2  
48/2= 24 + 0  
24/2 = 12 + 0  
12/2 = 6 + 0  
6/2 = 3 + 0  
3/2 = 1 + 1/2  
1/2 = 0 + 1/2

1100001

fraksjonen

0.36\*2 = 0.72 + 0  
0.72\*2 = 0.44 + 1  
0.44\*2 = 0.88 + 0  
0.88\*2 = 0.76 + 1  
0.76\*2 = 0.52 + 1  
0.52\*2 = 0.04 + 1  
0.04\*2 = 0.08 + 0

0101110...

97.36 (desimalt) = 1100001.0101110.... (binært)

### Oppg.1c

B07A1000 (hex) $\Rightarrow$  1|011 0000 0|111 1010 0001 0000 0000 0000

MSB (most significant bit) gir fortegnet: 1 = negative number

De neste 8 bits gir eksponenten: 01100000 = 96 (dec) - bias(127) = -31

De neste 23 bits gir fraksjonen: 11110100001 = .11110100001 =  $1/2+1/4+1/8+1/16+1/64+1/2048$   
= 0.95361...

Dermed:  $-1.954*2^{*-31} = -1.954*4.657*10^{-10} = -9.0998*10^{-10}$

### Oppg.2a

Minimere usikkerhet ved å kreve at  $Z_{\text{meas}} \gg Z_{\text{sens}}$

Maximere energi overføring ved impedancetilpasning  $Z_{\text{meas}} = Z_{\text{sens}}^*$  (kompleks konjugert)

### Oppg.2b

Nyquist: samplingsfrekvens  $f_s > 2f_{\text{max}}$ .

Benytt lavpassfilter med cut-off frekvens  $f_s/2$  for å fjerne høyfrekvente komponenter.

### Oppg.3a

Kretsen er en DAC (digital til analog konverter).

Strømmen på grunn av strømkilden  $V_i$  halveres for hvert trinn i stigen, slik at strøm gjennom bryter S2 er halvparten av strøm gjennom bryter S1, etc.

### Oppg.3b

Transferfunksjonen blir (inverterende forsterker, eller strøm-spennings omformer):

$$\frac{V_o}{R} = -\frac{V_i}{2R}\left(\frac{1}{4} + \frac{1}{8}\right) = -\frac{3V_i}{16R} \quad \Rightarrow \quad \frac{V_o}{V_i} = -\frac{3}{16}$$

som er proporsjonalt med 3, dvs 0011 i binær form. Hvis alle bryterne var i nedre posisjon ville

$$\frac{V_o}{R} = -\frac{V_i}{2R}\left(\frac{1}{1} + \frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8}\right) = -\frac{15V_i}{16R} \quad \Rightarrow \quad \frac{V_o}{V_i} = -\frac{15}{16}$$

som er proporsjonalt med 15, dvs 1111 i binær form.

### Oppg.4a

Oppløsning for en 14 bit AD spenningsomformer.

$$\Delta V = \frac{5 - (-5)}{2^{14} - 1} V = 6,1 \cdot 10^{-4} V$$

Utgangsspenningen gis ved 2komplement binært format og er:

11 0011 1001 0100 -> negativ inngangsspenning,

2komp. gir: 1100 0110 1100 =  $2^{11} + 2^{10} + 2^6 + 2^5 + 2^3 + 2^2 = 3180$ .

Analog innspenning er dermed:  $-0.00061 \cdot 3180V = -1.9398 V$ .

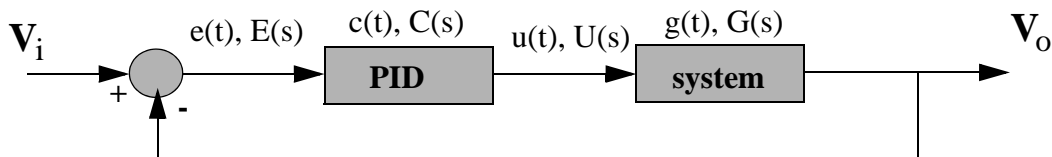
Benytter 4 desimaler i svaret.

### Oppg.4b

Kvantiseringsstøy.

$$u_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{Q} \int_{-Q/2}^{Q/2} u^2 dt} = \sqrt{\frac{Q^2}{12}} = \frac{Q}{\sqrt{12}}$$

### Oppg.5a



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

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

ledd:  $K_P$  proporsjonal,  $K_I$  integral,  $K_D$  derivativ kontroll

$$(V_i(s) - V_o(s)) C(s) G(s) = V_o(s)$$

therefore

$$\frac{V_o(s)}{V_i(s)} = \frac{C(s) G(s)}{1 + C(s) G(s)}$$

### Oppg.5b

Ved bruk av appendiks fås

$$Y(s) = \frac{1}{s} F(s) = \frac{1}{s} \cdot \frac{1}{s+2} \rightarrow f(t) = \exp(-2t) \quad (\text{fra tabell})$$

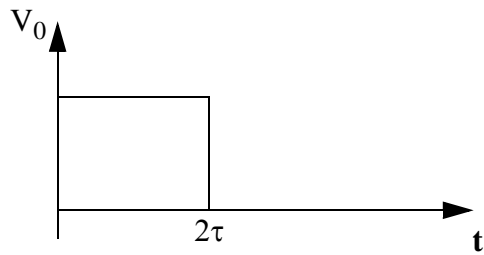
$$\text{som gir} \quad y(t) = \int_0^t \exp(-2t) dt = -\frac{1}{2} \exp(-2t) \Big|_0^t = \frac{1}{2} \{1 - \exp(-2t)\}$$

### Oppg.6a

$$\Gamma_L = \frac{Z_L - R_{line}}{Z_L + R_{line}} = -1 \quad \text{hvis} \quad Z_L = 0$$

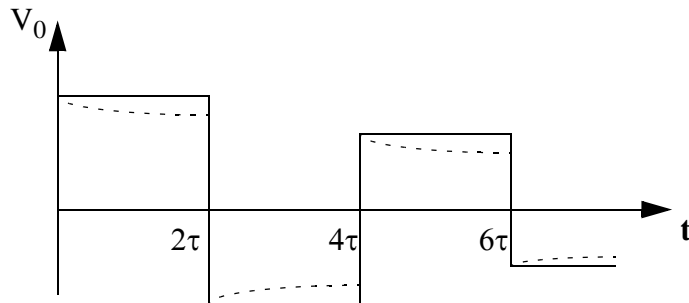
### Oppg.6b

$R_0 = R_{line}$  gir at  $\Gamma_{gen} = -1$  ved kilden



### Oppg.6c

$R_0 > R_{line}$  gir at  $\Gamma_{gen} > 0$  ved kilden



Punktlinje viser demping av signal grunnet transmisjonslinje med tap.