

Institutt for fysikk

Eksamensoppgave i TFY4190 Instrumentering

Faglig kontakt under eksamen: Steinar Raaen

Tlf.: 482 96 758

Eksamensdato: 16. mai 2017

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

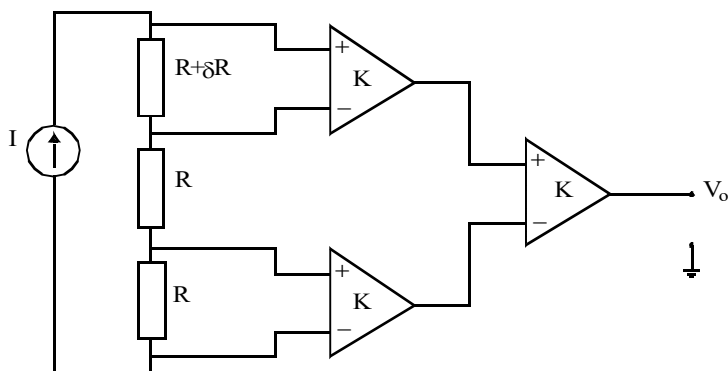
Oppgave 1

- Konverter desimalt 74.48 til binært format.
- Benytt 2-komplement metoden til å foreta binær subtraksjon av 71_{10} fra 46_{10} .
- Et "single-precision" binært tall er representert hexadesimalt ved C03B0000. 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

- Forklar kort forskjellen på stokastiske og systematiske feil. Definer begrepene presisjon og nøyaktighet ved bruk av målt verdi M_n og sann verdi Y_n .
- Gi en kort beskrivelse av Nyquists samplingsteorem.

Oppgave 3



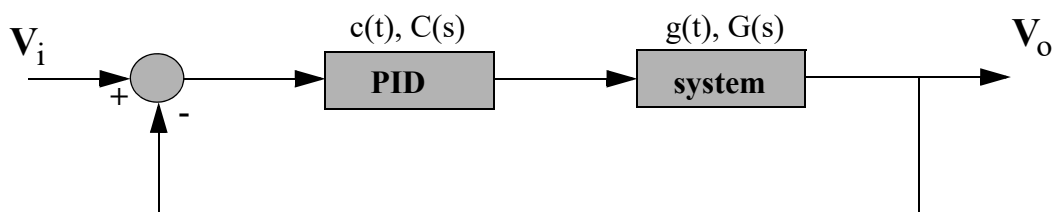
Figuren viser en "Anderson loop" krets med tre operasjons-forsterkere med forsterkning K , motstander med verdier R og $R+\delta R$, samt en strømkilde som gir strøm I . Utgangsspenningen er V_o .

- Hva blir utgangsspenningen V_o ?
- Hvilken funksjon og egenskap har kretsen ?

Oppgave 4

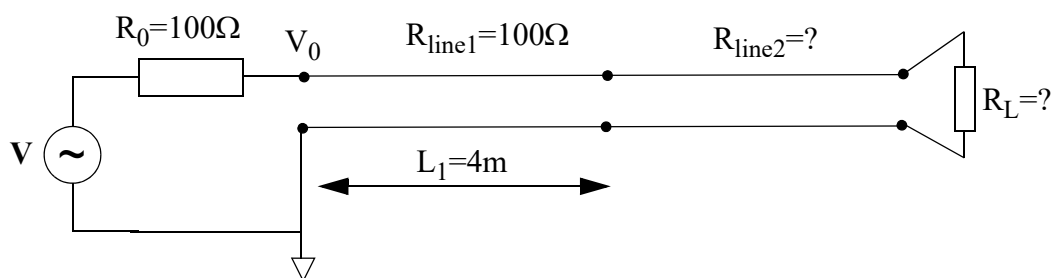
- a) En 12bit AD omformer har spenningsområde fra -10 til 10 V. Hvor stor er oppløsningen? Utgangsspenningen er gitt ved 2-komplement binær format. Hvor stor er den analoge inngangsspenningen når utgangen er 0101 1101 0101? Hvor mange signifikante desimaler bør benyttes i svaret?
- b) En spenning mellom 0 til 10 V skal genereres ved bruk av en 16 bit DAC og en referanse spenning gitt ved 10V 0.01%. Hvor stor er nøyaktigheten? Hva er oppløsningen? Hvilken nøyaktighet måtte referansespenningen ha hatt for å få fullt utbytte av 16 bits oppløsning?

Oppgave 5



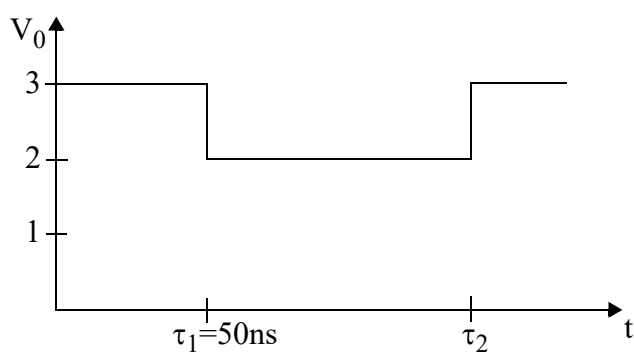
- a)
Et system er styrt ved bruk av en PID-regulator som vist i figuren over.
Gi uttrykk for transferfunksjonen til PID regulatoren og beskriv de ulike leddene.
Finn den totale transferfunksjonen $V_o(s)/V_i(s)$ for det regulerede systemet.
- b)
Bestem utgangssignalet $y(t)$ når et enhetssteg (i tidsrommet)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

Oppgave 6



En 6V stegspenning genereres av spenningskilden V . Kildemotstanden er R_0 . Stegspenningen sendes inn på transmisjonslinje 1 og videre inn på transmisjonslinje 2. Linjeimpedansen R_{line2} er reell. Ved enden av transmisjonslinje 2 er en last R_L . Tallverdier er gitt i figuren over.

Spenningen ved V_0 varierer som vist i figuren under. Etter en tid $\tau_1 = 50\text{ns}$ går signalet fra 3 til 2 V. Etter en tid τ_2 går signalet fra 2 til 3 V.



- Hva er refleksjonskoeffisienten ved enden av transmisjonslinje 1? Hva blir linjeimpedansen R_{line2} ?
- Hva er hastigheten til signalet i transmisjonslinje 1?
- Bestem lastmotstanden R_L .

Vedlegg (Appendix): Laplace transforms

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

Løsningsskisse - Eksamen 16. mai 2017

Oppg.1a

74.48:

heltallsdelen:

$$74/2 = 37 + 0$$

$$37/2 = 18 + 1/2$$

$$18/2 = 9 + 0$$

$$9/2 = 4 + 1/2$$

$$4/2 = 2 + 0$$

$$2/2 = 1 + 0$$

$$1/2 = 0 + 1/2$$

1001010

fraksjonen

$$0.48 * 2 = 0.96 + 0$$

$$0.96 * 2 = 0.92 + 1$$

$$0.92 * 2 = 0.84 + 1$$

$$0.84 * 2 = 0.68 + 1$$

$$0.68 * 2 = 0.36 + 1$$

$$0.36 * 2 = 0.72 + 0$$

$$0.72 * 2 = 0.44 + 1$$

$$0.44 * 2 = 0.88 + 0$$

01111010...

74.48 (desimalt) = 1001010.01111010... (binært)

Oppg.1b

46-71 = 101110 - 1000111 -> 0101110 (add one 0 to left)

+10111000 (2-komp., one 0 to left added)

=1|1100110 -> -0011001 = -25 (MSB=1 => negative number)

Oppg.1c

C03B0000 (hex) => 1|100 0000 0|011 1011 0000 0000 0000 0000

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

De neste 8 bits gir eksponenten: 10000000 = 128 (dec) - bias(127) = 1

De neste 23 bits gir fraksjonen: 011101100... = .0111011 = 1/4 + 1/8 + 1/16 + 1/64 + 1/128 = 0.4609...

Dermed: $-1.4609 * 2^{**1} = -2.9218$

Oppg.2a

Stokastisk feil = spredning av måledata rundt sann verdi

Systematisk feil = spredning av måledata rundt en verdi som avviker fra den sanne verdi.

Presisjon $p_n = 1 - |M_n - \bar{M}| / |\bar{M}|$

Nøyaktighet $a_n = 1 - |M_n - Y_n| / |Y_n|$

Oppg.2b

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

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

Oppg.3a

$V_o = K^2 I \delta R$.

Oppg.3b

Kretsen fungerer som en målebro med svært stor CMRR (common mode rejection ratio).

Oppg.4a

Oppløsning for en 14 bit AD spenningsomformer.

$$\Delta V = \frac{10 - (-10)}{2^{12} - 1} V = 4,88 \cdot 10^{-3} V$$

Utgangsspenningen gis ved 2komplement binært format og er:

0101 1101 0101 -> positiv inngangsspenning,

vi får: $0101 1101 0101 = 2^{10} + 2^8 + 2^7 + 2^6 + 2^4 + 2^2 + 2^0 = 1493$.

Analog innspenning er dermed: $0.00488 \cdot 1493 V = 7.286 V$.

Benytter 3 desimaler i svaret.

Oppg.4b

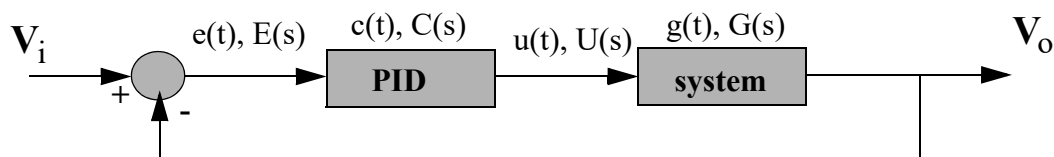
DAC 16 bit.

Nøyaktighet: $10V \cdot 0.01\% = 10 \cdot 0.0001V = \underline{0.001V}$

Oppløsning: $10V / (2^{16} - 1) = \underline{0.00015V}$

Nøyaktighet som tilsvare oppløsningen fås ved 10V 0.0015% som er 0.00015V

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

$$Y(s) = \frac{1}{s} F(s) = \frac{1}{s} \cdot \frac{1}{(2s+1)^2} \rightarrow f(t) = \frac{1}{4} \cdot t \cdot \exp\left(-\frac{t}{2}\right) \quad (\text{fra tabell})$$

$$\text{som gir} \quad y(t) = \frac{1}{4} \int_0^t t \cdot \exp\left(-\frac{t}{2}\right) dt = \frac{t}{4} \cdot (-2) \exp\left(-\frac{t}{2}\right) \Big|_0^t - \frac{1}{4} \cdot (-2) \int_0^t \exp\left(-\frac{t}{2}\right) dt$$

$$\text{dermed} \quad y(t) = \frac{t}{2} \left(-\exp\left(-\frac{t}{2}\right)\right) + \frac{1}{2} \cdot (-2) \left(\exp\left(-\frac{t}{2}\right) - 1\right)$$

$$\text{og} \quad y(t) = 1 - \exp\left(-\frac{t}{2}\right) \left(\frac{1}{2}\right) (t+2)$$

$$y(t) = 1 - \left(1 + \frac{t}{2}\right) \exp\left(-\frac{t}{2}\right)$$

Oppg.6a

Refleksjonskoeffisienten ved overgang til linje2 blir fra figuren:

$$\Gamma_L = \frac{R_{line2} - R_{line1}}{R_{line2} + R_{line1}} = -\frac{1}{3}$$

Dermed blir linjeimpedansen til linje 2:

$$\frac{R_{line2} - 100\Omega}{R_{line2} + 100\Omega} = -\frac{1}{3} \quad \text{dermed} \quad R_{line2} = 50\Omega$$

Oppg.6b

Vi ser at signalet beveger seg avstanden $2 \cdot L_1$ på tiden 50ns.

Dermed blir hastigheten $v = 8\text{m}/50\text{ns} = 1.6\text{e}8 \text{ m/s} = 0.53c$ (c =lyshastigheten)

Oppg.6c

Etter en tid τ_2 er signalet som ble reflektert ved lasten tilbake ved V_0 .

Refleksjonskoeffisienten ved lasten må derfor være $+1/3$.

$$\frac{R_L - R_{line2}}{R_L + R_{line2}} = \frac{1}{3} = \frac{R_L - 50\Omega}{R_L + 50\Omega} \quad \text{dermed} \quad R_L = 100\Omega$$