

Institutt for fysikk

Eksamensoppgave i TFY4190 Instrumentering

Faglig kontakt under eksamen: Steinar Raaen

Tlf.: 482 96 758

Eksamensdato: 30. mai 2014

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.

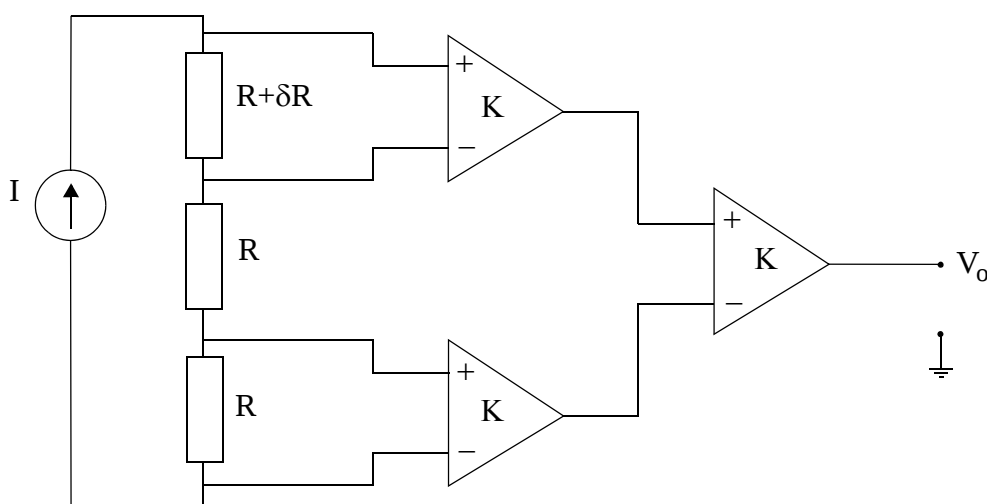
Oppgave 1

- Finn en binær 2-komplement representasjon av de desimale tallene -17, -38 og -120.
- Konverter desimalt 17.22 til binært format.
- Et “single-precision” binært tall er representert hexadesimalt ved D0380000. 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

- Anta at Y_n er sann verdi og M_n er målt verdi av en størrelse. Bruk dette til å definere begrepene nøyaktighet og presisjon.
- Skriv opp uttrykk for gjennomsnittsverdi beregnet som (i): RMS (root mean square) og (ii): likerettet gjennomsnitt. Hva blir forskjellen for funksjonen $U(t) = \sin(\omega t)$?

Oppgave 3



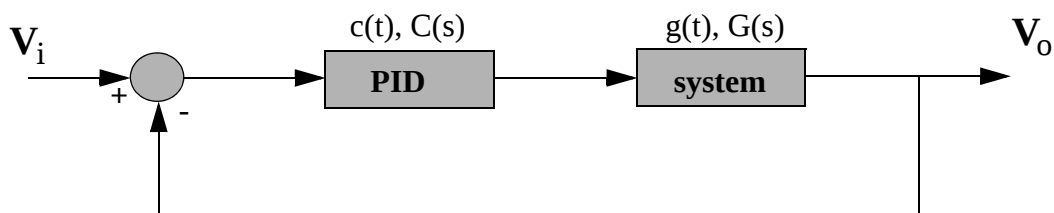
Figuren over viser en “Anderson loop” krets med tre operasjonsforsterkere med forsterkning K og motstander med verdier R og $R + \delta R$ og en strømkilde som gir strøm I . Utgangsspenningen er V_o .

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

Oppgave 4

- a) En 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 1111 1001 0000?
- b) Et signal har maksimal frekvens $f_{\max}$. Anta at det skal gjøres en digital sampling av signalet. Hvordan bør signalet samples for å unngå aliasing? (Hint: benytt Nyquist samplings teorem).

Oppgave 5



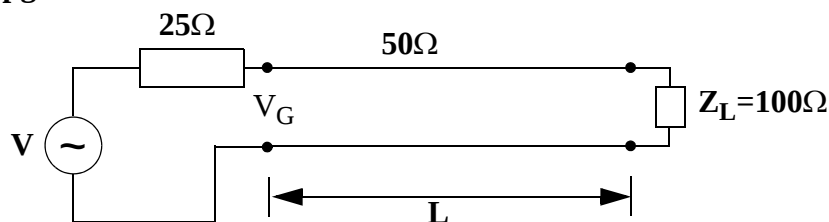
a)

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 regulerde systemet.

b)

Bestem utgangssignalet $y(t)$ når et enhetssteg (i tidsrommet) kommer inn på et system med transfer-funksjon $F(s) = \frac{4s}{s^2 + 1}$.

Oppgave 6



Et høyfrekvent spenningssignal med amplitude på 2V sendes fra en kilde inn på en transmisjonslinje med impedans 50Ω og lengde L som vist i figuren over. Kildeimpedansen er 25Ω . Ved enden av transmisjonslinjen er en last med impedans $Z_L = 100\Omega$.

- a) Hva er refleksjonskoeffisienten Γ_L ved lasten? Hva er refleksjonskoeffisienten Γ_G for det reflekterte signalet ved generatoren?
- b) Spenningen $V(d)$ nær lasten kan skrives (hvor $d=0$ ved lasten, β er bølgetallet og j er den imaginære enhet):

$$V(d) \sim 1 + \Gamma_L e^{-j2\beta d}$$

Hvordan varierer spenningen i nærheten av lasten?

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 30. mai 2014

Oppg.1a

-17 = -10001 => 2-komp. = 101111 (neg. tall)
-38 = -100110 => 2-komp. = 1011010 (neg. tall)
-120 = -01111000 => 2-komp. = 10001000 (neg. tall)

Oppg.1b

17.22 : heltallsdelen 17 => 10001,
0.22*2 = 0.44 => 0
0.44*2 = 0.88 => 0
0.88*2 = 1.76 => 1
0.76*2 = 1.52 => 1
0.52*2 = 1.04 => 1
0.04*2 = 0.08 => 0
0.08*2 = 0.16 => 0
etc
17.22 (desimalt) = 10001.0011100.... (binært)

Oppg.1c

D0380000 (hex) => 1|101 0000 0|011 1000 0000 0000 0000
MSB (most significant bit) gir fortegnet: 1 = negative number
De neste 8 bits gir eksponenten: 10100000 = 160 (dec) - bias(127) = 33
De neste 23 bits gir fraksjonen: 011 1 = .0111 = 1/4 + 1/8 + 1/16 = 0.4375
Dermed: $-1.4375 \cdot 2^{33} = -1.4375 \cdot 8.590 \cdot 10^9 = -1.235 \cdot 10^{10}$

Oppg.2a

Nøyaktighet $A_n = 1 - |Y_n - M_n| / |Y_n|$
Presisjon $P_n = 1 - |M_n - \langle M \rangle| / |\langle M \rangle|$, hvor $\langle M \rangle$ er middelveien

Oppg.2b

RMS gjennomsnitt: $\omega T = 2\pi$

$$U_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T (\sin \omega t)^2 dt} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T \frac{(1 - \cos 2\omega t)}{2} dt} = \sqrt{\frac{1}{2}} = 0,707$$

Likerettet gjennomsnitt:

$$U_{ave} = \frac{1}{T} \int_0^T |\sin \omega t| dt = \frac{1}{T} \int_0^{\frac{T}{2}} (\sin \omega t) dt = \frac{2}{T} (-\omega \cos \omega t) \Big|_0^{\frac{T}{2}} = \frac{\omega}{\pi} \left(-\frac{1}{\omega} \cos \omega t \right) \Big|_0^{\frac{\pi}{\omega}} = \frac{2}{\pi} = 0,64$$

Oppg.3a

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

Oppg.3b

Kretsen fungerer som en målebro med svært stor CMRR.

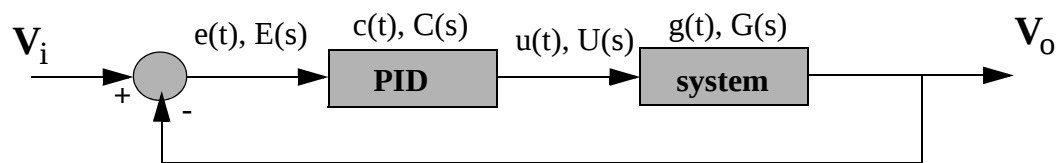
Oppg.4a

Oppløsning: $10V / (2^{14} - 1) = 0.00061V$
1111 1001 0000 (2-kompl. binært) => negativt tall 000 0111 0000 = -112 (dec)
Analog inngang er $-112 \cdot 0.00061V = -0.068V$

Oppg.4b

Nyquist: samplingsfrekvens $f_s > 2f_{\max}$. Benytt lavpassfilter med cut-off frekvens $f_s/2$ for å fjerne høyfrekvente komponenter.

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

$$Y(s) = \frac{1}{s} F(s) = \frac{1}{s} \frac{4s}{s^2 + 1} = \frac{4}{s^2 + 1} \rightarrow y(t) = 4 \sin t$$

Oppg.6a

$$\Gamma_L = \frac{100 - 50}{100 + 50} = \frac{1}{3}$$

$$\Gamma_G = \frac{25 - 50}{25 + 50} = -\frac{1}{3}$$

Oppg.6b

Vi må se på realdelen av $V(d)$

$$\text{Re}[V(d)] \sim 1 + \Gamma_L \cos 2\beta d$$

som gir maksimum ved lasten ($d=0$).