NTNU
Det skapende universitet

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

a) Finn en binær 2-komplement representasjon av de desimale tallene -17, -38 og -120.

b) Konverter desimalt 17.22 til binært format.

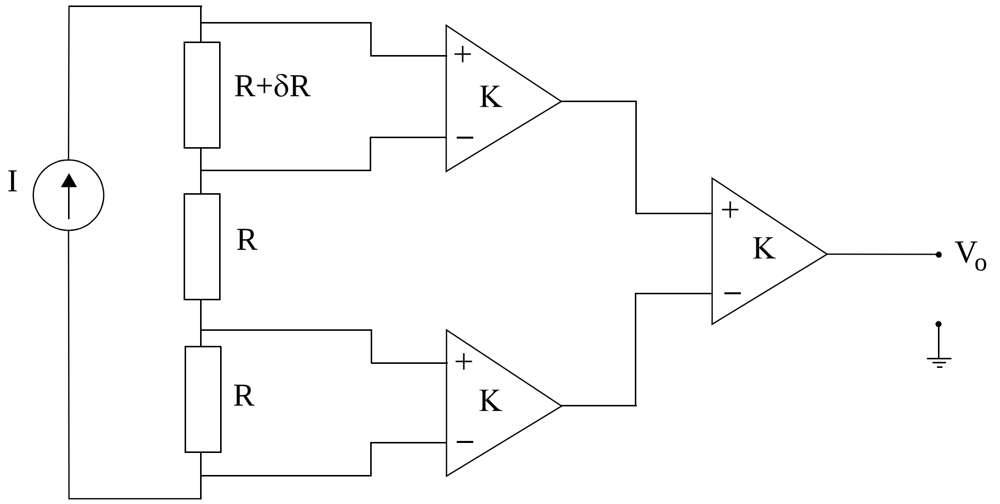
c) Et “single-precision” binært tall er representert hexadesimalt ved D0380000. Den mest signifikante bit gir fortegnet, de neste 8 bit gir eksponenten, mens de neste 23 bit gir fraksjonen. Eksponenten er uten fortegn og en bias på 127 benyttes. Hva er den desimale verdien av tallet?

Oppgave 2

a) 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.

b) 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+δR og en strømkilde som gir strøm I. Utgangsspenningen er V_o.

a) Hva blir utgangsspenningen V_o?

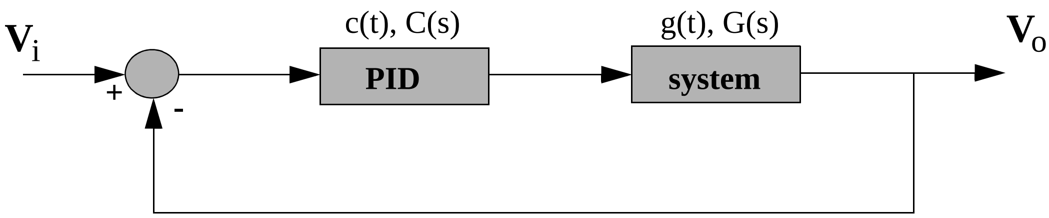
b) Hvilken funksjon og egenskap har kretsen?

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).

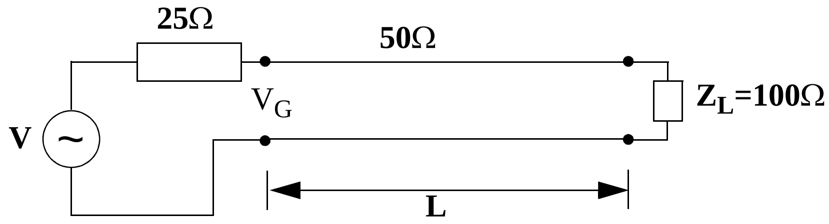
Oppgave 5



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 regulerte systemet.

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

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=100Ω.

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

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 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*2**33 = -1.4375*8.590*10^9 = -1.235*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 <M> er middelverdien

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:

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

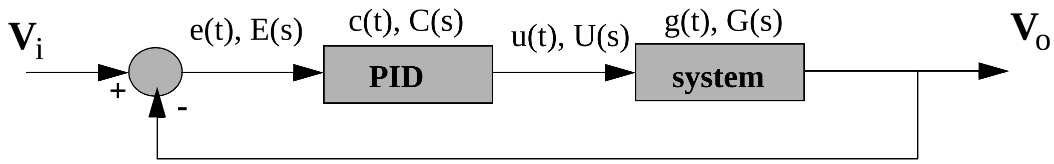
Oppg.3a
$V_o = K^2 I\delta R$.

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*0.00061 V = -0.068 V

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)

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

som gir maksimum ved lasten (d=0).