

Regneoppgaver til FYS 3230

**(Oppgaver gitt til eksamen i FYS 221
i årene 1994 - 1999)**

UNIVERSITETET I OSLO

Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

Eksamen i : FYS 221 - Analog og digital måleteknikk

Eksamensdag : Onsdag 14. desember 1994

Tid for eksamen : Kl. 0900 - 1500

Oppgavesettet er på 5 -fem- sider

Tillatte hjelpemidler : Godkjente elektroniske regnemaskiner

J. P. Bentley : Principles of Measurement Systems

S. Messelt : Forelesningsnotater

Tekster til laboratorieøvelser

Kopiert utdrag fra D. Wobscall : Operasjonsforsterkere

Analog Devices : Understanding Converters

Norsk-engelsk og engelsk-norsk ordbok

Kontroller at oppgavesettet er komplett før du begynner å besvare spørsmålene

Oppgave 1

- a) Spenningen inn til et 1. ordens lav-pass filter forandres plutselig ved $t=0$ fra 0 til 1 volt. Filteret består av en motstand på $10 \text{ k}\Omega$ og en kondensator på $100 \text{ }\mu\text{F}$. Hvor lang tid går det før filterets utgang blir større enn 0.5 V ?

Hva er filterets grensefrekvens målt i Hz ? Tegn opp asymptotene for filterets forsterkning og fasekarakteristikk i et Bodeplot.

- b) Et tilsvarende spenningsignal blir samlet med sampelfrekvens 1 Hz , og samplene blir bearbejdet av et digitalt lav-pass filter med samme tidskonstant som filteret i spørsmål a).

Regn ut de 4 første verdiene etter den digitale filtreringen.

- c) Finn impulsresponsen til filteret i b) ? Bruk impulsresponsen og de samlede verdiene av spenningssignalet til å regne ut 4 verdier av filterets utgangssignal. Hva kalles metoden som anvendes til dette ?

Oppgave 2

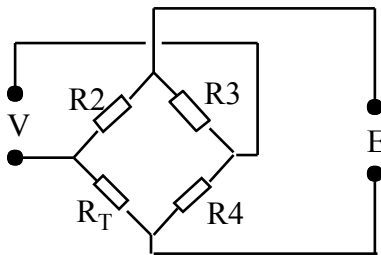
Et platina motstandstermometer skal brukes til å måle temperaturer mellom 0 og $200 \text{ }^\circ\text{C}$. Termometerets motstand i ohm er gitt ved :

$$R_T = R_0(1 + aT + bT^2)$$

hvor T = temperaturen i $^\circ\text{C}$ og $R_0 = 100 \text{ }\Omega$.

1994

- a) Bestem konstantene a og b når $R_T = 138.5 \Omega$ ved $T = 100 \text{ }^\circ\text{C}$, og $R_T = 175.83 \Omega$ ved $T = 200 \text{ }^\circ\text{C}$.
- b) Motstanden som funksjon av temperaturen approksimeres med en rett linje mellom verdiene ved $0 \text{ }^\circ\text{C}$ og $200 \text{ }^\circ\text{C}$. Hva blir formelen for denne tilnærmede linjen? Ved hvilken temperatur gir denne linjen størst feil? Hvor stor er denne maksimale feilen i % av differansen mellom verdiene ved $200 \text{ }^\circ\text{C}$ og $0 \text{ }^\circ\text{C}$?
- c) Motstandstermometeret skal brukes i en brokopleing som vist på figuren :



Broen skal være balansert ved $0 \text{ }^\circ\text{C}$, utgangsspenningen skal variere tilnærmet lineært med temperaturen i hele måleområdet.

Hvordan bør broen dimensjoneres? Velg fornuftige motstandsverdier for R_2 , R_3 og R_4 .

- d) Broen koples til en lavohmig spenningskilde på $V = 10 \text{ V}$. Utgangen koples til et μA -meter med indre motstand $2 \text{ k}\Omega$. Hva viser meteret ved $T = 200 \text{ }^\circ\text{C}$?

Oppgave 3

Tolv analoge inngangsspenninger, hver med et frekvensspektrum mellom 0 og 7 Hz, er koplet til en multiplekser. Utgangen fra multiplekseren er koplet til en P.C.M.-sender som inneholder en sampel/hold krets, en 10 bits AD-omformer og en parallell til serie omvandler. P.C.M.-signalet sendes over en linje hvor det forurenses av "hvit" støy med verdi 0.2 mW/Hz (Power spectral density).

- a) Hva er den minimale samplingsfrekvens for hver enkelt inngangsspenning? I resten av oppgaven regner vi med at samplingsfrekvensen for hver inngangsspenning er 20 Hz. Hvor mange sampler pr. sekund må AD-omformerens konvertere med denne frekvensen?
- b) Hvor lang tid bruker P.C.M.-senderen på å konvertere et sampel hvis det er en suksessiv approksimasjon AD-omformer med klokkefrekvens 100 kHz, og det går med tre klokkepulser til sampling, utlesning og resetting?

- c) Sampel/hold kretsen inneholder en kondensator som i hold-perioden utlades gjennom en motstand på $100\text{ M}\Omega$. Hva er minimum størrelse på kondensatoren for at feilen i hold-spenningen ikke skal bli større enn kvantiserings-usikkerheten i AD-omformerer ?
- d) Hvilken båndbredde må vi ha for transmisjon av P.C.M.-signalet ? P.C.M.-signalet blir mottatt av et inngangstrinn med et LP-filter. Hvilken grensefrekvens bør vi velge ? Hvor stor blir standard avviket for støyens amplitude på LP-filterets utgang ?
- e) Av og til må P.C.M.-signaler overføres lange strekninger i støyutsatte omgivelser. Er det noen enkle forholdsregler vi kan ta for å redusere støyproblemene ? (Lange utredninger ønskes ikke, etpar setninger omkring hver forholdsregel klarer seg !)

Oppgave 4

- a) En deformasjonssensor (strekkklapp) skal brukes til å måle en kraft F som virker på en bjelke som er festet sin andre ende (Se Fig. 1). Sensorens motstand er $R*(1+d)$, $R = 100\ \Omega$ og d er proporsjonal med kraften F .

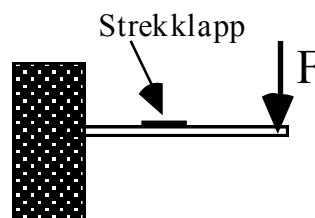


Fig. 1

Bjelken skal brukes innenfor et måleområde som tilsvarer endring i d fra 0.00 til 0.05. Tegn opp en bro med motstandsverdier som vil gi stort signal og som er balansert når $d = 0$. Hva blir broens utgangssignal når $d = 0.05$ og brospenningen er et sinusformet signal med amplitude 10 V og frekvens 1 kHz ?

- b) Broen koples til en differanseforsterker med 10 ganger forsterkning. Angi kopleingsmåte og rimelige motstandsverdier for differanseforsterkeren (som kan være en ideell operasjonsforsterker).

Hvis operasjonsforsterkeren har en C.M.R.R på 80 dB , hvor stort utgangssignal vil bli resultatet av et felles signal på begge inngangene på 1 V ?

- c) Utgangssignalet fra forsterkeren koples til inngangen (v_i) på en fasefølsom likeretter som vist på Fig 2.

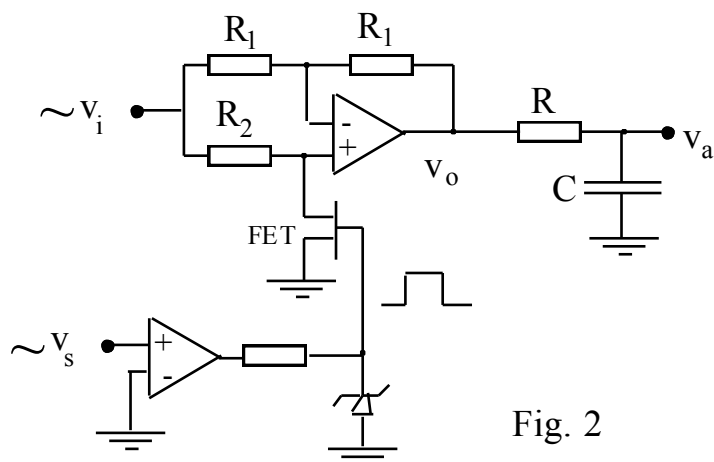


Fig. 2

$$v_s = V_s \sin(2\pi ft + \varphi), \quad RC \gg \frac{1}{f}, \quad R_2 \gg \text{ledemotstand i FET}$$

Forklar den øverste operasjonsforsterkerens forsterkning når FET-transistoren henholdsvis leder og ikke leder. Lag en skisse av v_s , v_i , v_o og v_a når faseforskjellen φ mellom v_i og v_s er 0, 90 og 180 grader.

- d) Vis at $v_a = \left(\frac{2V_i}{\pi}\right) \cos \varphi$ hvor V_i er amplituden til v_i .

Forklar kort fordelen med en fasefølsom likeretter sammenlignet med en vanlig likeretter.

- e) Hvordan vil den fasefølsomme likeretteren reagere ved hurtige endringer i kraften F ? Hva blir grensefrekvensen?

UNIVERSITETET I OSLO

Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

Eksamen i : FYS 221 - Analog og digital måleteknikk

Eksamensdag : Onsdag 13. desember 1995

Tid for eksamen : Kl. 0900 - 1500

Oppgavesettet er på 4 -fire- sider + vedlegg på 1 side.

Tillatte hjelpemidler : Godkjente elektroniske regnemaskiner

J. P. Bentley : Principles of Measurement Systems

O.Sveen og S. Messelt : Forelesningsnotater

Tekster til laboratorieøvelser

Kopiert utdrag fra D. Wobscall : Operasjonsforsterkere

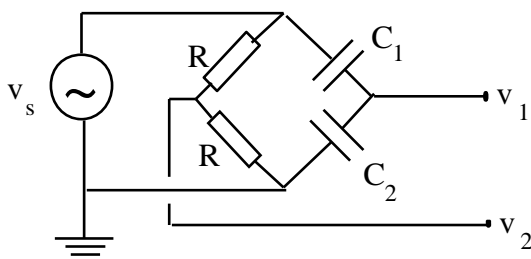
Analog Devices : Understanding Converters

Norsk-engelsk og engelsk-norsk ordbok

Kontroller at oppgavesettet er komplett før du begynner å besvare spørsmålene

Oppgave 1

- a) Som trykk-sensor skal vi bruke en differensialkondensator koplet i en brokoping som vist på figuren



$$R = 1 \text{ k}\Omega$$

$$C_1 = C_0 / (1 + kp)$$

$$C_2 = C_0 / (1 - kp)$$

$$C_0 = 50 \text{ pF}$$

$$k = 10^{-5} \text{ (1/Pa)}$$

p er trykkdifferansen

$$v_s = V_s \sin(2\pi ft)$$

Vis at $v_1 - v_2 = -v_s kp / 2$.

1995

Hvor stort blir signalet hvis $V_s = 6 \text{ V}$ og $p = 100 \text{ Pa}$? (Pa er forkortelse for trykkenheten pascal.)

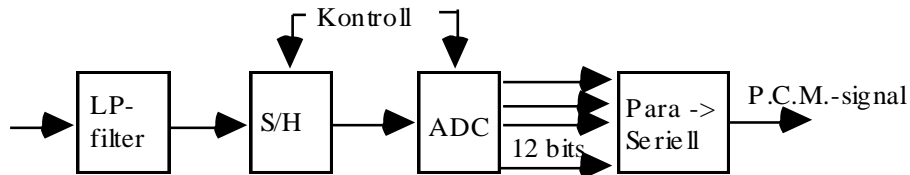
Hvor stor er Thevenin-ekvivalent impedans for broen ($C_1 \approx C_2 \approx 50 \text{ pF}$) hvis $f = 10 \text{ kHz}$?

- b) Signalene v_1 og v_2 koples til en instrumenterings-forsterker som består av tre operasjonsforsterkere (som antas ideelle). Tegn skjema for forsterkeren, og utled et uttrykk for forsterkningen uttrykt ved motstandsverdiene i instrumenteringsforsterkeren.

Hvor stort er felles (common mode) signalet internt i instrumenteringsforsterkeren ?

- c) Bestem komponentverdier slik at vi med en bryter kan velge 500 eller 1000 gangers forsterkning. Det bør være en høyohmig forbindelse fra signalet v_1 til jord. Hvorfor ?

- d) Utgangssignalet fra instrumenteringsforsterkeren koples til en digitaliseringsenhet.



Hvorfor bør det være et lav-pass filter foran sample-and-hold enheten ?

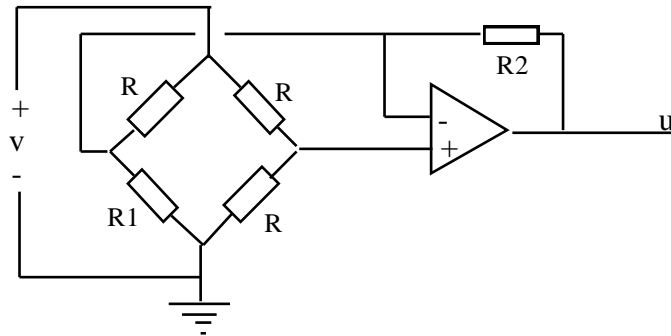
Inne i sample-and-hold enheten anvendes en kondensator til å holde signalet konstant mens det digitaliseres en sample i A/D-omvandleren. Denne kondensatoren utlades gjennom en lekkasjemotstand på $100 \text{ M}\Omega$. A/D-omvandleren er en 12 bits, suksessiv approksimasjons omvandler med måleområde $\pm 10 \text{ V}$. Den bruker 1 MHz intern klokke-frekvens. Hva er minimumstørrelsen for kondensatoren hvis ikke feilen fra S /H-enheten skal bli større enn kvantiseringsfeilen i AD-omvandleren ?

- e) P.C.M.-signalet fra digitaliseringsenheten har en "bit-rate" på 1 kHz . Hvilken båndbredde må vi ha for transmisjon av P.C.M.-signalet ? Under transmisjonen forenes P.C.M.-signalet av "hvit" støy med verdi 0.5 mW/Hz (Power spectral density). P.C.M.-signalet blir mottatt av et inngangstrinn med LP-filter. Hvilken grensefrekvens (-3 dB frekvens) bør vi velge ? Hvor stort standard avvik har støyens amplitude bak LP-filteret ?
- f) Er det noen enkle forholdsregler vi kan ta for å redusere støyproblemene når P.C.M.-signaler må sendes lange strekninger i støyutsatte omgivelser ? (Etpar setninger omkring hver forholdsregel er tilstrekkelig.)

- g) Kan man sende P.C.M.-signalet lange strekninger på en vanlig analog telefonlinje ? Hva trengs for å få sendt P.C.M.-signalet gjennom en telefonforbindelse ? Hvordan kan man få tilbake P.C.M.-signalet på mottagersiden ?

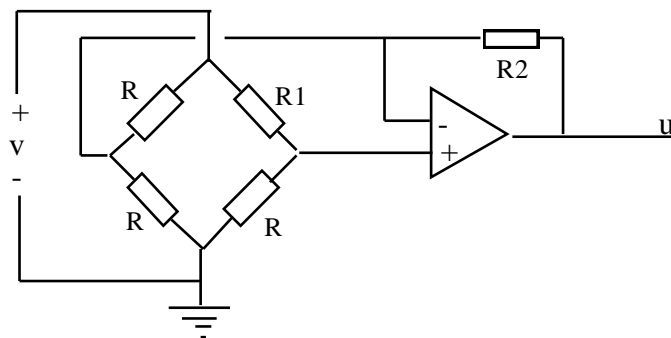
Oppgave 2

- a) En resistiv sensor R_1 er plassert i en brokoplning som vist på figuren.



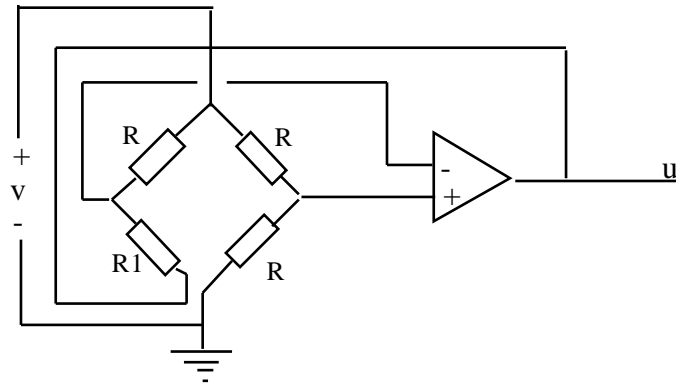
Sensorens motstand er $R_1 = R(1+a)$ hvor R er konstant (samme verdi som de andre motstandene) og a er en funksjon av temperaturen. Operasjonsforsterkeren antas ideell. Finn en formel for utgangssignalet.

- b) Finn formelen for utgangssignalet hvis vi isteden bruker denne brokoplningen



- c) Brokoplningene skal brukes for et temperaturområde som svarer til at a varierer fra 0 til 0.2. Hvis $R = 100 \Omega$, $R_2 = 2 \text{ k}\Omega$ og brospenningen $V = 4$ volt, hva blir da variasjonsområdet for utgangssignalet fra operasjonsforsterkerne i a) og b) ?
Hvor stor er ulineariteten i % av måleområdet for $a = 0.1$ for de to koplningene ?
Hvilken koplning gir minst ulinearitet ?
- d) Hva er ulineariteten for broen i spørsmål a) når koblingen til operasjonsforsterkeren fjernes ?

- e) Finn formelen for utgangssignalet for denne "brokopligen".



Hva er spesielt med denne varianten i forhold til de to andre ?

Oppgave 3

- a) Et signal er sammensatt av en blanding av hvit støy og to periodiske signaler med frekvens 3 og 4 Hz. Signalet samples av en AD-omformer som er tilkopleet en PC. Vi bruker en samplingsfrekvens på 128 Hz, og måler i 1 sekund. Etterpå bruker vi et program for å beregne det diskrete effekt-spektret (power spectrum) for de innsamlede samplene. Vi får en serie tall som svar. Hvor mange ?

Hva indikerer disse tallene ? Hvordan ville tallene vært forandret hvis signalet bare inneholdt ett av de periodiske signalene ? Hvordan ville hvit støy alene sett ut ?

- b) Støyen i signalet kan reduseres ved å bruke et digitalt filter. Skriv opp formelen for den digitale ekvivalenten til et analogt lavpass filter med grensefrekvens (-3 dB verdi) lik 4 Hz når samplingsfrekvensen fremdeles er 128 Hz.
- c) Regn ut de fire første verdiene til impulsresponsen til filteret i spørsmål b.
- d) Vi tenker oss impulsresponsen utregnet i spørsmål c skal brukes til å beregne filterets utgang når filterets inngang plutselig endres fra 0 til 1 Volt. Hva kalles den prosedyre vi må bruke for å gjøre dette ? Bruk denne prosedyre til å regne ut de fire første verdiene på filterets utgang.

Oppgave 4

- a) Signalet fra temperatursensoren AD590 (se vedlagte datablad) skal overføres gjennom en lang kabel til et målerom. Lag en målekrets med en operasjonsforsterker slik at vi får et utgangssignal proporsjonalt med temperaturen. Forsterkeren skal koples til et mA-meter som skal vise 0 ved 0 °C og fullt utslag ved 100 °C. Fullt utslag tilsvarer 1 mA gjennom meteret, som har en indre motstand på 50 Ω.

Gi en kort kommentar om dette målesystemets følsomhet for støy.

1995

UNIVERSITETET I OSLO

Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

Eksamen i : FYS 221 - Analog og digital måleteknikk

Eksamensdag : Onsdag 11. desember 1996

Tid for eksamen : Kl. 0900 - 1500

Opgavesettet er på 3 -tre- sider

Tillatte hjelpemidler : Godkjente elektroniske regnemaskiner

J. P. Bentley : Principles of Measurement Systems

O.Sveen og S. Messelt : Forelesningsnotater

Tekster til laboratorieøvelser

Kopiert utdrag fra D. Wobscall : Operasjonsforsterkere

Analog Devices : Understanding Converters

Norsk-engelsk og engelsk-norsk ordbok

Kontroller at oppgavesettet er komplett før du begynner å besvare spørsmålene

Oppgave 1

En sensor med forsterker kalibreres ved 20 °C. Kalibreringen kontrolleres ved 30 °C, og det viser seg at temperaturen virker inn på utgangssignalet (tilnærmet lineært i dette temperaturområdet). Resultatene av målingene er vist i tabellen:

Inngangssignal	Utgangssignal ved 20 °C	Utgangssignal ved 30 °C
0.0	0.50	1.50
2.0	13.50	16.90
4.0	25.70	31.34
6.0	37.10	44.82
8.0	47.70	57.34
10.0	57.50	68.90
12.0	66.50	79.50

(Enheter er uvesentlig i denne oppgaven.)

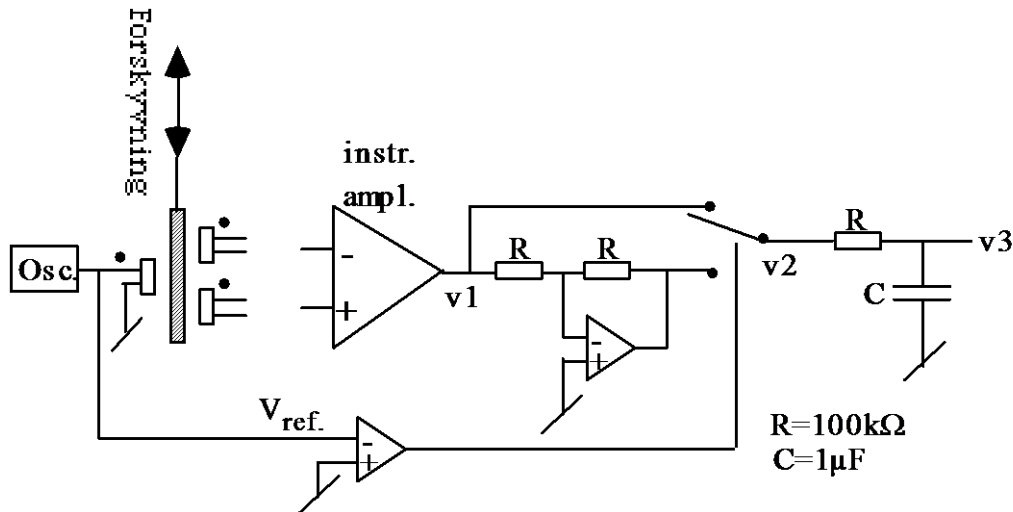
Finn en formel for utgangssignalet som funksjon av inngangssignalet og temperaturen (som gjelder for dette temperaturområdet).

(Tips: Kanskje ulineariteten kan uttrykkes av en parabel?)

1996

Oppgave 2

Figuren viser et forenklet skjema for en fasefølsom detektor-krets som skal brukes til å måle små mekaniske forskyvninger.



Osc. er en signalgenerator som gir et sinusformet signal med frekvens 1 kHz. Transduseren er en "Lineær variabel differensial transformator". Signalene fra de to sekundærspolene skal koples til en instrumenteringsforsterker og videre til en fasefølsom detektor krets.

a)

Tegn skjema for en instrumenteringsforsterker bygget med tre operasjonsforsterkere og vis hvordan sekundærspolene skal kobles til inngangene. Utled formelen for forsterkningen i instrumenteringsforsterkeren (operasjonsforsterkerne regnes ideelle). Angi passende komponentverdier slik at forsterkningen blir 50 ganger.

b)

Bryteren i detektorkretsen styres av referansesignalet, og skifter stilling etter en halv periode av signalet. Forklar kort detektorkretsens virkemåte. Tegn en skisse over signalene v_1 , v_2 og v_3 i forhold til V_{ref} når faseforskjellen er 0, 90 og 180 grader.

c)

Hvordan vil detektoren virke ved hurtige mekaniske forskyvninger? Hva blir grensefrekvensen?

Oppgave 3

Tegn prinsippet for en sample/hold krets med en felt-effekt transistor som bryter-element.

Samplings-kondensatoren C lades opp i løpet av samplingstiden $t_1=1$ mikrosekund, og holder spenningen i tiden $t_2=19$ mikrosekund. (Samplingsfrekvens 50 kHz.)

Oppladningsstrømmen begrenses av felt-effekt transistorens indre motstand på 100 ohm. I holdperioden foregår en langsom utladning av kondensatoren på grunn av lekk-strøm, som svarer til at det er en motstand på 100 Mohm i parallell med C. Hvor stor er den største og den minste verdien kondensatoren kan ha, dersom hver av de to nevnte effektene skal gi mindre enn 0.1% feil i den samlede verdien?

Hvordan kan lekk-strømmen måles? (Samplingsfrekvensen kan gjøres lavere.)

Oppgave 4

Et platina motstandstermometer er tilkopleet en målekrets som vist på figuren.

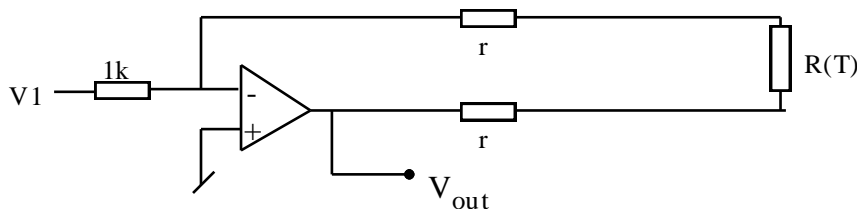
Termometerets motstand i ohm er : $R(T)=R(1+aT+bT^2)$, hvor

T = temperatur i $^{\circ}\text{C}$

$R = 100$ ohm

$a = 4.9 \cdot 10^{-3} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$

$b = -5.9 \cdot 10^{-7} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-2}$



Motstanden i lederne til termometeret er r , V_1 er en referanse spenningskilde på 6 V, operasjonsforsterkeren antas å være ideell.

a)
Bestem maksimal tillatt verdi for r hvis feilen som kabelmotstanden ($2r$) medfører skal være mindre enn $0.1 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

b)
Strømmen gjennom motstandstermometeret vil øke temperaturen til sensoren med $10 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{watt}$ avgitt i sensoren. Hvor stor feil i $^{\circ}\text{C}$ vil dette medføre ved $T=0 \text{ }^{\circ}\text{C}$?

c)
Ved hvilken temperatur blir det størst avvik hvis motstanden som funksjon av temperaturen approksimeres med en rett linje mellom $-50 \text{ }^{\circ}\text{C}$ og $200 \text{ }^{\circ}\text{C}$, og hvor stort blir avviket? Hva blir ligningen for denne linjen?

Oppgave 5

Hva er årsaken til termisk støy (Johnson noise) i en motstand?

Hva er karakteristisk for denne type støy?

En signalkilde med indre motstand $R_1=10$ kohm forbindes med en forsterker med spenningsforsterkning $A=1000$, inngangsmotstand $R_2=100$ kohm og båndbredde 100 kHz. Hvor stor blir rms-verdien (effektivverdien) av den termiske støyspenningen på utgangen av forsterkeren? (Temperatur $T=300$ °K.)

Hvis vi sampler utgangssignalet og tegner opp amplitudfordelingen av sampleverdiene grafisk, hva slags fordeling kan vi vente å få?

UNIVERSITETET I OSLO

Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

Eksamen i : FYS 221 - Analog og digital måleteknikk

Eksamensdag : Onsdag 10. desember 1997

Tid for eksamen : Kl. 0900 - 1500

Oppgavesettet er på 3 -tre- sider

Tillatte hjelpemidler : Godkjente elektroniske regnemaskiner

J. P. Bentley : Principles of Measurement Systems

O.Sveen og S. Messelt : Forelesningsnotater

Tekster til laboratorieøvelser

Kopiert utdrag fra D. Wobscall : Operasjonsforsterkere

Analog Devices : Understanding Converters

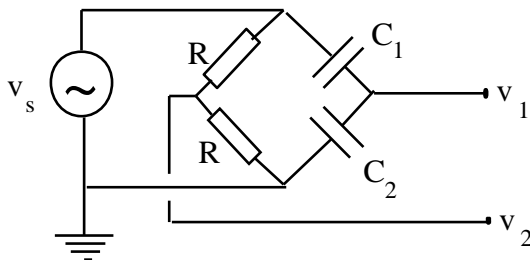
Rottman: Matematisk Formelsamling

Norsk-engelsk og engelsk-norsk ordbok

Kontroller at oppgavesettet er komplett før du begynner å besvare spørsmålene

Oppgave 1

- a) Som trykk-sensor skal vi bruke en differensialkondensator koplet i en brokopleing som vist på figuren



$$R = 2 \text{ k}\Omega$$

$$C_1 = C_0 / (1 + kp)$$

$$C_2 = C_0 / (1 - kp)$$

$$C_0 = 50 \text{ pF}$$

$$k = 10^{-5} \text{ (1/Pa)}$$

p er trykkdifferansen

$$v_s = V_s \sin(2\pi ft)$$

1997

Vis at $v_1 - v_2 = -v_s kp / 2$.

Hvor stort blir signalet hvis $V_s = 6 \text{ V}$ og $p = 500 \text{ Pa}$? (Pa er forkortelse for trykkenheten pascal.)

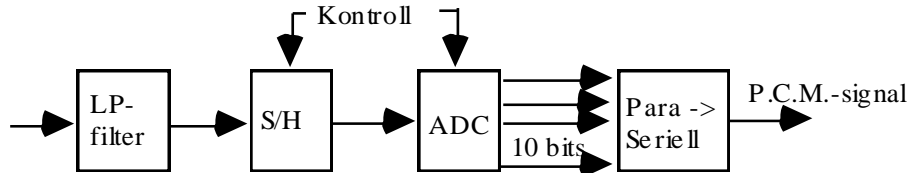
Hvor stor er Thevenin-ekvivalent impedans for broen ($C_1 \approx C_2 \approx 50 \text{ pF}$) hvis $f = 10 \text{ kHz}$?

- b) Signalene v_1 og v_2 koples til en instrumenterings-forsterker som består av tre operasjonsforsterkere (som antas ideelle). Tegn skjema for forsterkeren, og utled et uttrykk for forsterkningen uttrykt ved motstandsverdiene i instrumenteringsforsterkeren.

Hvor stort er felles (common mode) signalet internt i instrumenteringsforsterkeren?

- c) Bestem komponentverdier slik at vi med en bryter kan velge 100 eller 200 gangers forsterkning. Det bør være en høyohmig forbindelse fra signalet v_1 til jord. Hvorfor?

- d) Utgangssignalet fra instrumenteringsforsterkeren koples til en digitaliseringsenhet.



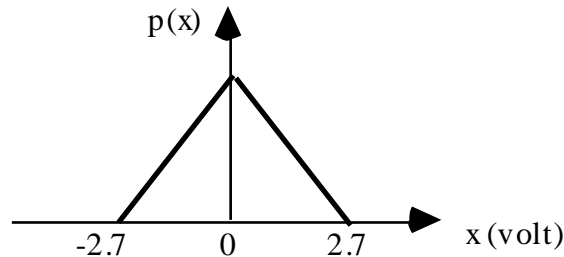
Hvorfor bør det være et lav-pass filter foran sample-and-hold enheten?

Inne i sample-and-hold enheten anvendes en kondensator til å holde signalet konstant mens det digitaliseres en sample i A/D-omvandleren. Denne kondensatoren utlades gjennom en lekkasjemotstand på $100 \text{ M}\Omega$. A/D-omvandleren er en 10 bits, suksessiv approksimasjons omvandler med måleområde $\pm 10 \text{ V}$. Den bruker 1 MHz intern klokke-frekvens. Hva er minimumstørrelsen for kondensatoren hvis ikke feilen fra S/H-enheten skal bli større enn kvantiseringsfeilen i AD-omvandleren?

- e) P.C.M.-signalet fra digitaliseringsenheten har en "bit-rate" på 1 kHz . Hvilken båndbredde må vi ha for transmisjon av P.C.M.-signalet? Under transmisjonen forenes P.C.M.-signalet av støy. P.C.M.-signalet blir mottatt av et inngangstrinn med LP-filter. Hvilken grensefrekvens (-3 dB frekvens) bør vi velge?

1997

- f) Bak LP filteret sitter en komparator. I det digitale signalet svarer logisk 1 til 5 V, og logisk 0 til 0 V. Komparatoren tolker et inngangssignal større enn 2.5 V som 1, og et inngangssignal mindre eller lik 2.5 V som 0. Hva er sannsynligheten for at 0 blir tolket som 1, og 1 blir tolket som 0, hvis vi antar at tetthetsfordelingen for støyen etter LP filteret er som vist på figuren ?



- g) Kan man sende P.C.M.-signalet lange strekninger på en vanlig analog telefonlinje ? Hva trengs for å få sendt P.C.M.-signalet gjennom en telefonforbindelse ? Hvordan kan man få tilbake P.C.M.-signalet på mottagersiden ?

Oppgave 2

- a) Spenningen inn til et 1. ordens lav-pass filter forandres plutselig ved $t=0$ fra 0 til 1 volt. Filteret består av en motstand på 20 k Ω og en kondensator på 100 μF . Hvor lang tid går det før filterets utgang blir større enn 0.9 V ?

Hva er filterets grensefrekvens målt i Hz ? Tegn opp asymptotene for filterets forsterkning og fasekarakteristikk i et Bodeplot.

- b) Et tilsvarende spenningsignal blir samlet med sampelfrekvens 1 Hz, og samplene blir bearbeidet av et digitalt lav-pass filter med samme tidskonstant som filteret i spørsmål a).

Regn ut de 4 første verdiene etter den digitale filtreringen.

- c) Finn impulsresponsen til filteret i b) ? Bruk impulsresponsen og de samlede verdiene av spenningssignalet til å regne ut 4 verdier av filterets utgangssignal. Hva kalles metoden som anvendes til dette ?

Oppgave 3

- a) Et signal er sammensatt av en blanding av hvit støy og to periodiske signaler med frekvens 3 og 4 Hz. Signalet samples av en AD-omformer som er tilkopledd en PC. Vi bruker en samplingsfrekvens på 128 Hz, og måler i 1 sekund. Etterpå bruker vi et program for å beregne det diskrete effekt-spektret (power spectrum) for de innsamlede samplene. Vi får en serie tall som svar.

Hva indikerer disse tallene ? Hvordan ville tallene vært forandret hvis signalet bare inneholdt ett av de periodiske signalene ? Hvordan ville hvit støy alene sett ut ?

- b) Signal midling (signal averaging) kan brukes til å oppdage svake signaler ødelagt av støy. Hvilke betingelser må være tilstede for at metoden skal være brukbar ?

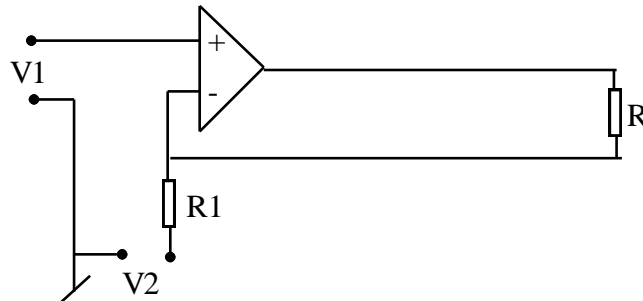
Hvor mange signaler må midles for å oppnå en forbedring av signal/støy forholdet på 30 dB ?

- c) Kjenner du en spesielt velegnet metode for å finne periodiske variasjoner i en sekvens av mange målte verdier (sampler) ? Egner denne metoden seg til å bestemme både periode og signalform ?
- d) Symmetriske firkantpulser samples og gir som resultat:
5 samples med verdi 1V, 5 samples med verdi -1V, osv. Regn ut autokorrelasjonskoeffisientene for en hel periode.

Oppgave 4

Signaler blir av og til overført som strøm. Hvorfor foretrekkes strøm-overføring fremfor spennings-overføring ?

Vi skal overføre et strøm-signal som skal variere fra 4 mA til 20 mA. Bestem verdiene for V2 og R1 som gir utgangsstrøm som varierer fra 4 til 20 mA når V1 varierer fra 0 til 1 volt.



UNIVERSITETET I OSLO

Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

Eksamen i : FYS 221 - Analog og digital måleteknikk

Eksamensdag : Onsdag 9. desember 1998

Tid for eksamen : Kl. 0900 - 1500

Oppgavesettet er på 3 -tre- sider

Tillatte hjelpemidler : Godkjente elektroniske regnemaskiner

J. P. Bentley : Principles of Measurement Systems

O.Sveen og S. Messelt : Forelesningsnotater

Tekster til laboratorieøvelser

Kopiert utdrag fra D. Wobscall : Operasjonsforsterkere

Analog Devices : Understanding Converters

Rottman: Matematisk Formelsamling

Norsk-engelsk og engelsk-norsk ordbok

Kontroller at oppgavesettet er komplett før du begynner å besvare spørsmålene

Oppgave 1

- a) En sensor med forsterker kalibreres ved 20 °C. Utgangssignalet O viser seg å variere lineært fra 25 til 205 når inngangssignalet I varierer fra 1 til 10. (Enheter er uvesentlige i denne oppgaven.)

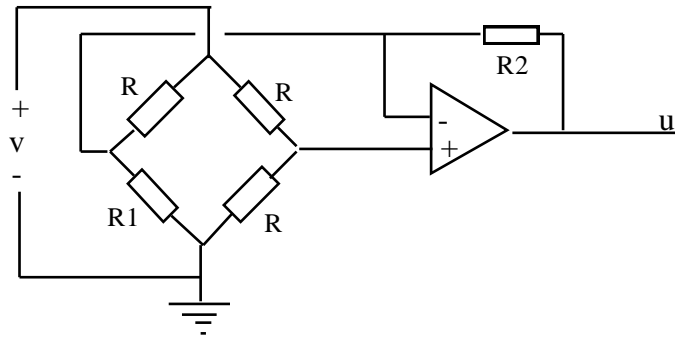
Ved kontroll viser det seg at temperaturforandringer virker inn på utgangssignalet (tilnærmet lineært). Hvis temperaturen økes til 30 °C, er utgangssignalet fortsatt en lineær funksjon av inngangssignalet, men den minste og største verdi av utgangssignalet er nå henholdsvis 5% og 10 % større enn ved 20 °C. Still opp en formel for utgangssignalet som funksjon av inngangssignal og temperatur for dette temperaturområdet.

- b) Nøyaktigere målinger viser at det bør være med en ulineær korreksjon. Den er tilnærmet en annengrads kurve som er symmetrisk om midtpunktet til variasjonsområdet for inngangssignalet I . Ved 20 °C er maksimal ulinearitet 3% av variasjonsområdet for utgangssignalet. Den er også 3% av variasjonsområdet ved 30 °C. Bestem den ulineære korreksjonen.

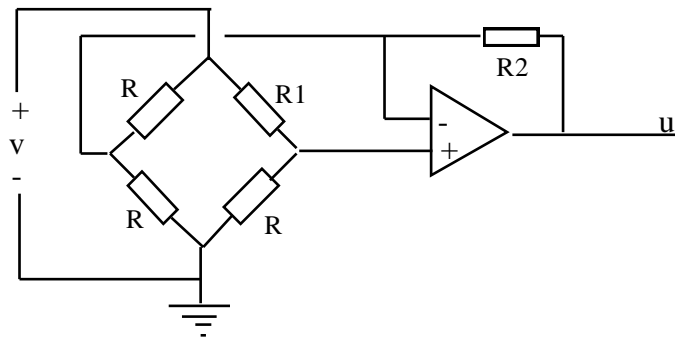
Oppgave 2

Nedenfor er vist noen eksempler på kombinasjoner av en motstandsbro og operasjons-forsterkere. Den variable resistive sensoren har motstanden $R_1 = R(1 + a)$ hvor R er konstant (samme verdi som de andre motstandene i brua) og a varierer (for eksempel med temperaturen). Operasjonsforsterkerene antas å være ideelle.

- a) Finn en formel for utgangssignalet u .



b) Finn formelen for utgangssignalet hvis vi isteden bruker denne brokopligen



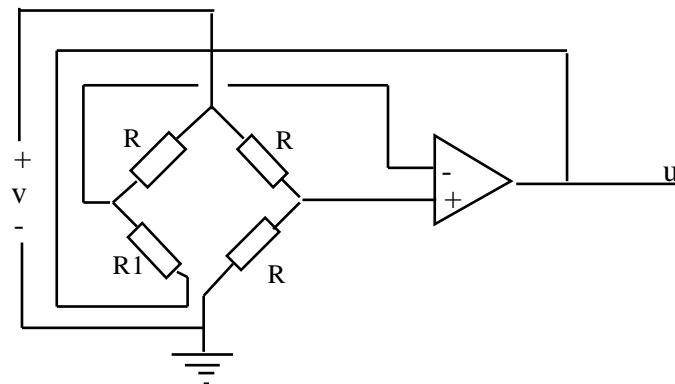
c) Brokoplignene skal brukes for et temperaturområde som svarer til at a varierer fra 0 til 0.2. Hvis $R = 100 \Omega$, $R2 = 2 \text{ k}\Omega$ og brospenningen $V = 10$ volt, hva blir da variasjonsområdet for utgangssignalet fra operasjonsforsterkerne i a) og b) ?

Hvor stor er ulineariteten i % av måleområdet for $a = 0.1$ for de to koplignene ?

Hvilken koplign gir minst ulinearitet ?

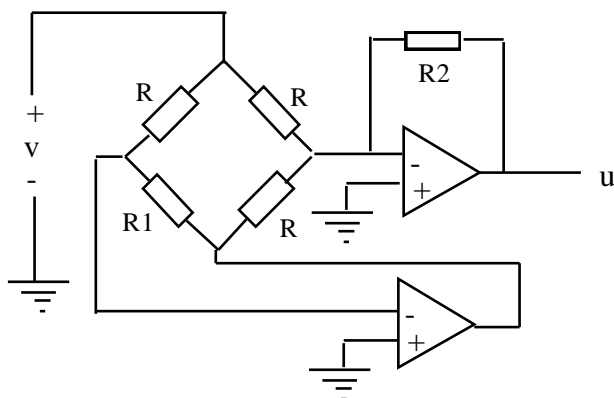
d) Hva er ulineariteten for broen i spørsmål a) når koblingen til operasjonsforsterkeren fjernes ?

e) Finn formelen for utgangssignalet for denne "brokoplignen".



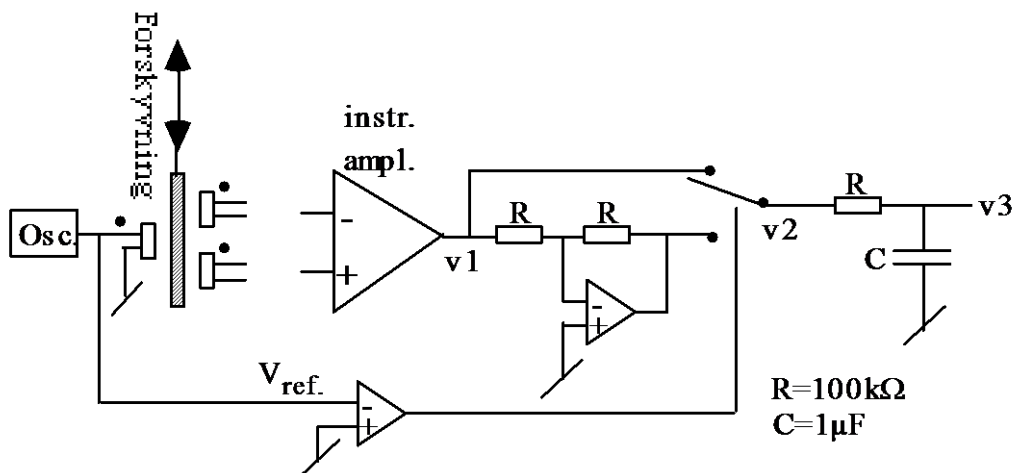
Hva er spesielt med denne varianten i forhold til de to andre ?

f) Og her er den siste oppkoplingen du skal bestemme utgangssignal på:



Oppgave 3

Figuren viser et forenklet skjema for en fasefølsom detektor-krets som skal brukes til å måle mekaniske forskyvninger.



Osc. er en signalgenerator som gir et sinusformet signal med frekvens 1 kHz. Transduseren er en "Lineær variabel differensial transformator". Signalene fra de to sekundærspolene skal kobles til en instrumenteringsforsterker og videre til en fasefølsom detektor krets.

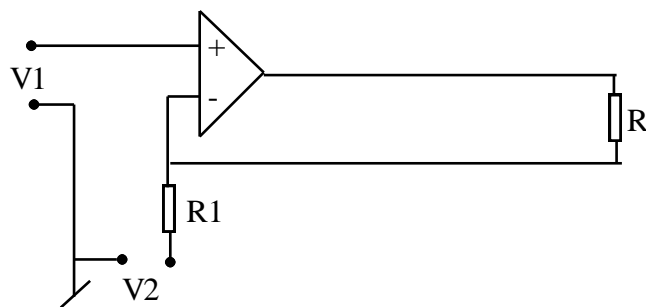
- Tegn skjema for en instrumenteringsforsterker bygget med tre operasjonsforsterkere og vis hvordan sekundærspolene skal kobles til inngangene. Utled formelen for forsterkningen i instrumenteringsforsterkeren (operasjonsforsterkerne regnes ideelle). Angi passende komponentverdier slik at forsterkningen blir 100 ganger.
- Bryteren i detektorkretsen styres av referansesignalet, og skifter stilling etter en halv periode av signalet. Forklar kort detektorkretsens virkemåte. Tegn en skisse over signalene v_1 , v_2 og v_3 i forhold til V_{ref} når faseforskjellen er 0, 90 og 180 grader.

- c) Hvordan vil detektoren virke ved hurtige mekaniske forskyvninger? Hva blir grensefrekvensen?

Oppgave 4

Signaler blir av og til overført som strøm. Hvorfor foretrekkes strøm-overføring fremfor spennings-overføring ?

Vi skal overføre et strøm-signal som skal variere fra -10 mA til +10 mA. Bestem verdiene for V2 og R1 som gir utgangsstrøm som varierer fra -10 mA til +10 mA når V1 varierer fra 0 til 1 volt.



UNIVERSITETET I OSLO

Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

Eksamen i : FYS 221 - Analog og digital måleteknikk

Eksamensdag : Onsdag 8. desember 1999

Tid for eksamen : Kl. 0900 - 1500

Oppgavesettet er på 3 -tre- sider

Tillatte hjelpemidler : Godkjente elektroniske regnemaskiner

J. P. Bentley : Principles of Measurement Systems

O.Sveen og S. Messelt : Forelesningsnotater

Tekster til laboratorieøvelser

Kopiert utdrag fra D. Wobscall : Operasjonsforsterkere

Analog Devices : Understanding Converters

Rottman: Matematisk Formelsamling

Norsk-engelsk og engelsk-norsk ordbok

Kontroller at oppgavesettet er komplett før du begynner å besvare spørsmålene

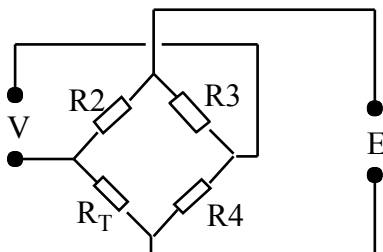
Oppgave 1

Et platina motstandstermometer skal brukes til å måle temperaturer mellom 0 og 200 °C. Termometerets motstand i ohm er gitt ved :

$$R_T = R_0(1 + aT + bT^2)$$

hvor T = temperaturen i °C, $R_0 = 100 \Omega$, $a = 3.91 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, $b = -5.85 \cdot 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-2}$.

- Hva er motstanden ved 200 °C ?
- Motstanden som funksjon av temperaturen approksimeres med en rett linje mellom verdiene ved 0 °C og 200 °C. Hva blir formelen for denne tilnærmede linjen ? Ved hvilken temperatur gir denne linjen størst feil ? Hvor stor er denne maksimale feilen i % av differansen mellom verdiene ved 200 °C og 0 °C ?
- Motstandstermometeret skal brukes i en brokoping som vist på figuren :



1999

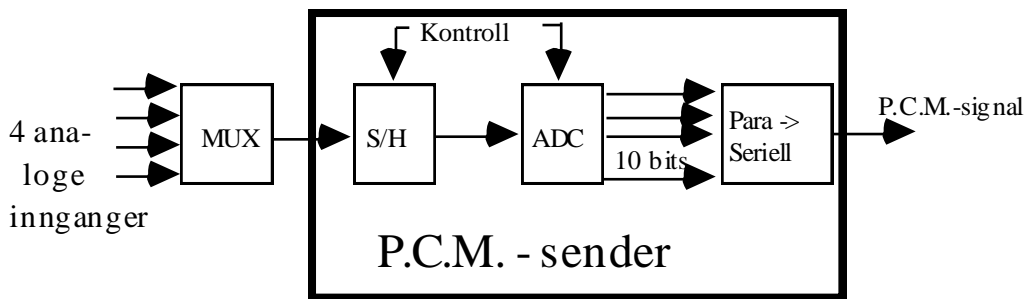
Broen skal være balansert ved $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, utgangsspenningen skal variere tilnærmet lineært med temperaturen i hele måleområdet.

Hvordan bør broen dimensjoneres? Velg fornuftige motstandsverdier for R_2 , R_3 og R_4 .

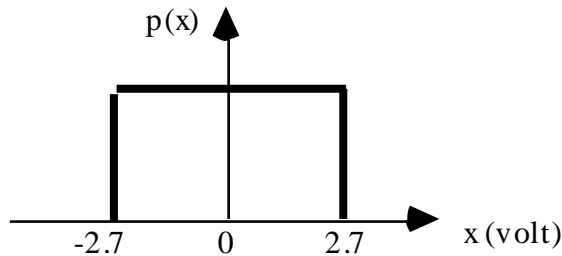
- d) Hvor stort blir avviket fra linearitet ved $T=100\text{ }^{\circ}\text{C}$ hvis $R_2=100\ \Omega$, og $R_3=R_4=10\ \text{k}\Omega$?
- e) Broen koples til en lavohmig spenningskilde på $V = 10\ \text{V}$. Utgangen koples til et μA -meter med indre motstand $2\ \text{k}\Omega$. Hva viser meteret ved $T = 200\text{ }^{\circ}\text{C}$?

Oppgave 2

Fire analoge inngangsspenninger, hver med et frekvensspektrum mellom 0 og 7 Hz, er koplet til en multiplekser. Utgangen fra multiplekseren er koplet til en P.C.M.-sender som inneholder en sampel/hold krets, en 10 bits AD-omformer og en parallell til serie omvandler. P.C.M.-signalet sendes ett bit av gangen over en linje hvor det forurenses av støy.



- a) Hva er den minimale samplingsfrekvens for hver enkelt inngangsspenning? I resten av oppgaven regner vi med at samplingsfrekvensen for hver inngangsspenning er 20 Hz. Hvor mange sampler pr. sekund må AD-omformerens konvertere med denne samplefrekvensen?
- b) Hvor lang tid bruker P.C.M.-senderen på å konvertere et sampel hvis det er en suksessiv approksimasjon AD-omformer med klokkefrekvens 100 kHz, og det går med tre klokkepulser til sampling, utlesning og resetting?
- c) Når det sendes P.C.M.-signaler fra digitaliseringsenheten, har signalene en "bit-rate" på 2 kHz. Hvilken båndbredde må vi ha for transmisjon av P.C.M.-signalet? Under transmisjonen forurenses P.C.M.-signalet av støy. P.C.M.-signalet blir mottatt av et inngangstrinn med LP-filter. Hvilken grensefrekvens (-3 dB frekvens) bør vi velge for LP-filteret?
- d) Bak LP-filteret sitter en komparator. I det digitale signalet svarer logisk 1 til 5 V, og logisk 0 til 0 V. Komparatoren tolker et inngangssignal større enn 2.5 V som 1, og et inngangssignal mindre eller lik 2.5 V som 0. Hva er sannsynligheten for at 0 blir tolket som 1, og 1 blir tolket som 0, hvis vi antar at tetthetsfordelingen for støyen etter LP filteret er som vist på figuren?



- e) Kan man sende P.C.M. - signalet lange strekninger på en vanlig analog telefonlinje ? Hva trengs for å få sendt P.C.M.-signalet gjennom en telefonforbindelse ? Hvordan kan man få tilbake P.C.M.-signalet på mottagersiden ?
- f) Hvis vi bruker FSK (frequency shift keying) med bærefrekvens 10800 Hz, og 12000 Hz og 9600 Hz for å indikere henholdsvis logisk "1" og logisk "0", hvor stor båndbredde må det da være på kanalen som overfører FSK-signalet ?

Oppgave 3

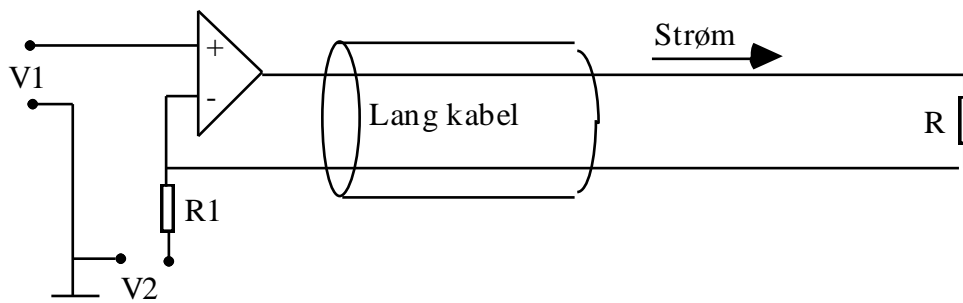
Tegn en sample/hold krets med en felt-effekt transistor brukt som bryter-element. Samplingskondensatoren C lades opp i løpet av tiden $1 \mu\text{s}$, og holder sin spenning i $19 \mu\text{s}$ (Samplingsfrekvensen er 50 kHz). Strømmen som lader opp C er begrenset av felt-effekt transistorens indre motstand på 100Ω . I hold-perioden utlades C langsomt på grunn av lekkasjestrømmer gjennom motstander som tilsammen representerer $100 \text{ M}\Omega$ i parallell med C.

Hvor stor er den største og minste verdi C kan ha, dersom hver av de nevnte effektene skal gi mindre enn 0.1 % feil i den samlede verdien ?

Oppgave 4

Signaler blir av og til overført som strøm. Hvorfor foretrekkes strøm-overføring fremfor spennings-overføring ?

Bestem verdiene for V2 og R1 som gir en utgangsstrøm som varierer fra 5 mA til 25 mA når V1 varierer fra 0 til 1 volt.



1999

Oppgave 5

- a) Signal midling (signal averaging) kan brukes til å detektere svake signaler i støy. Nevn noen betingelser som må være oppfylt for at denne metoden skal være brukbar.

Hvor mange repeterte sampler trengs for å forbedre signal/støy forholdet med 40 dB?

- b) Hvordan kan en undersøke om det er periodiske variasjoner i en sekvens av mange målte verdier (sampler) ?

Kan både periode og signalform for et eventuelt periodisk signal bestemmes ved hjelp av denne metoden ?