

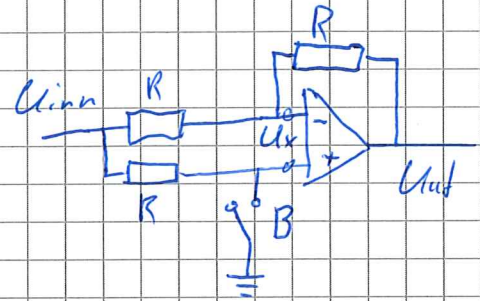
1 a) Når B er lukket:

$$U_{inn} - U_{ut} = \frac{(U_{inn} - U_x) \cdot 2R}{R}, U_x = 0V$$

$$-U_{ut} = 2U_{inn} - U_{inn}$$

$$-U_{ut} = U_{inn}$$

$$\frac{-U_{ut}}{U_{inn}} = 1 \Rightarrow \frac{U_{ut}}{U_{inn}} = -1$$



Når B er åpen:

$$\frac{U_x - U_{ut}}{R} = I, (U_{inn} - U_{ut}) = \frac{U_x - U_{ut}}{R} \cdot 2R$$

$$U_{inn} = 2U_x + U_{ut}$$

$$U_{inn} - 2U_x = U_{ut}$$

$$\frac{U_{ut}}{U_{inn}} = -\frac{2U_x}{U_{inn}}$$



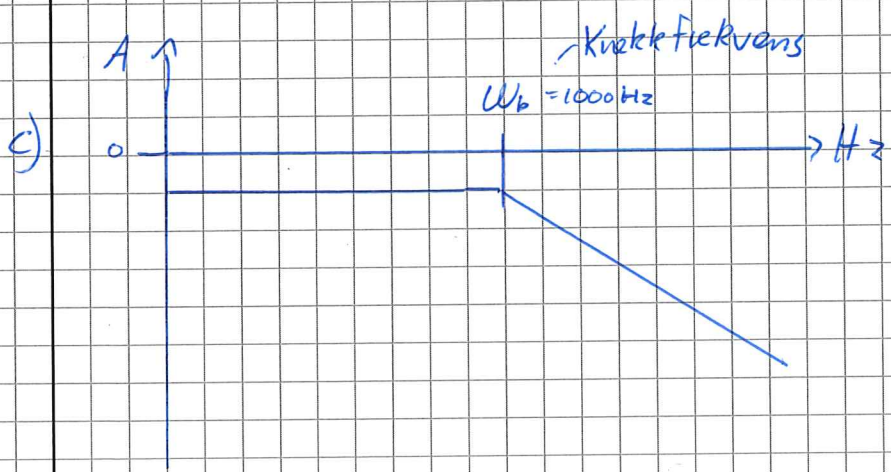
1 b) $I = \frac{U_{inn}}{R_1}$

c) $U_{out} = \frac{U_{inn}}{R_1} \cdot \left(R_2 + \frac{1}{j\omega C} \right)$

$\frac{U_{out}}{U_{inn}} = - \left(\frac{R_2}{R_1} + \frac{1}{j\omega C \cdot R_1} \right)$

$\frac{U_{out}}{U_{inn}} = - \frac{(R_2 \cdot j\omega C + 1)}{R_1 \cdot j\omega C}$

$\frac{U_{out}}{U_{inn}} = - \frac{(1 \cdot 10^3 \cdot j\omega \cdot 1 \cdot 10^{-6} + 1)}{1 \cdot 10^3 \cdot j\omega \cdot 1 \cdot 10^{-6}}$



$\omega_b = \frac{1}{C \cdot R_2} = 1000$



1 d)

Fra formelark:

$$U_{ut} = \left(1 + \frac{2 \cdot R_1}{R_0}\right) \cdot \frac{R_3}{R_2} \cdot (U_1 - U_2)$$

eller $U_2 = U_a$
og $U_1 = U_b$

$$\begin{aligned} R_0 &= 5 \text{ k}\Omega \\ R_2 &= 10 \text{ k}\Omega \\ R_3 &= 50 \text{ k}\Omega \end{aligned}$$

Ønsker:

$$U_{ut} = 100 \cdot (U_b - U_a)$$

$$\text{Så } \left(1 + \frac{2 \cdot R_1}{R_0}\right) \cdot \frac{R_3}{R_2} = 100$$

$$\left(1 + \frac{2 \cdot R_1}{5 \cdot 10^3}\right) \cdot \frac{50 \cdot 10^3}{10 \cdot 10^3} = 100$$

$$1 + \frac{2 \cdot R_1}{5 \cdot 10^3} = \frac{100}{5}$$

$$2R_1 = (20 - 1) \cdot 5 \cdot 10^3$$

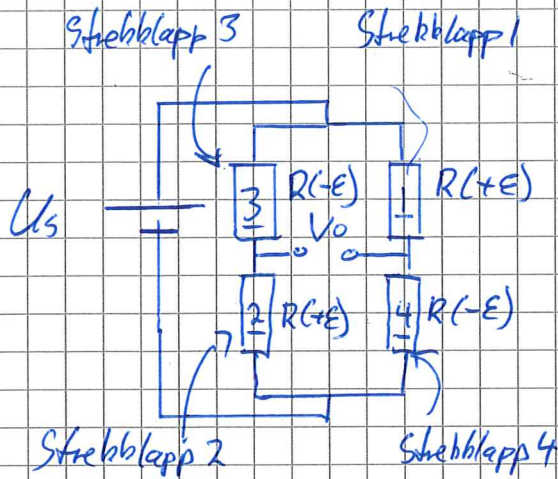
$$R_1 = \frac{95000}{2}$$

$$R_1 = 47,5 \text{ k}\Omega$$

Ved $R_1 = 47,5 \text{ k}\Omega$ er $U_{ut} = 100(U_b - U_a)$



2 a)



Kobler Strøbblokkene som opplever strekk diagonalt hverandre, og del samme med de som opplever trykk

b)
$$E = \frac{V_o}{GF \cdot U_s}$$

$$E = \frac{G \cdot 2F \cdot L}{E \cdot B \cdot t^2}$$

$$V_o = \frac{G \cdot 2F \cdot L \cdot GF \cdot U_s}{E \cdot B \cdot t^2}$$

$$V_o = \frac{G \cdot 2 \cdot F \cdot 25 \text{ cm} \cdot 2,12 \cdot 5 \text{ V}}{2,1 \cdot 10^{11} \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot 25 \text{ cm} \cdot (2,5 \text{ cm})^2}$$

$$V_o = 9,6914 \cdot 10^{-6} \cdot F \left[\frac{\text{V}}{\text{N}} \right]$$

c) $F = 2,5 \text{ kN}$

$$V_o (F=2,5 \text{ kN}) = 9,6914 \cdot 10^{-6} \cdot 2500 \text{ N} \frac{\text{V}}{\text{N}}$$

$$V_o (F=2,5 \text{ kN}) = \underline{\underline{0,0242285 \text{ V}}}$$

d) se neste ark.

2 d) Det burde benyttes en instrumenteringsforsterker

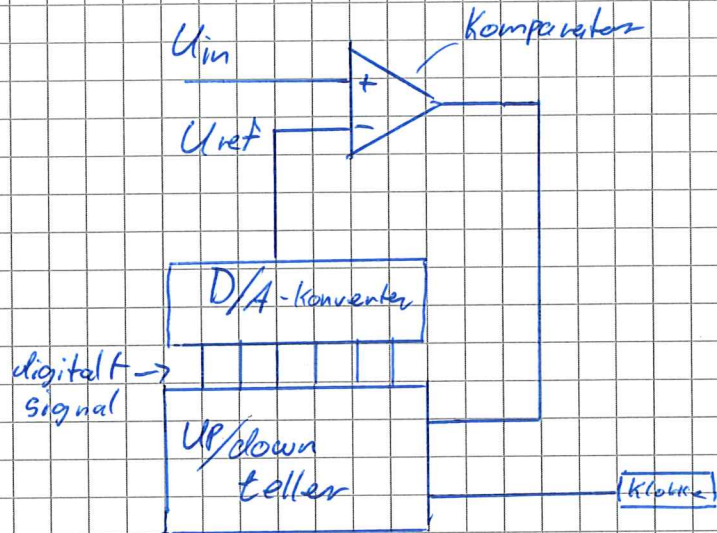
$$\text{Forsterkning } A = \frac{U_{\text{ut}}}{U_{\text{in}}} = \frac{10 \text{ V}}{0,0242285 \text{ V}} = 412,73 \approx 413$$

Den må ha en forsterkning på ca 413

[Bruker denne for å unngå at det går strøm gjennom måleforsterkeren, den måler bare spenningsforskjellen]



3 a) A/D konverter:



Virke måte:

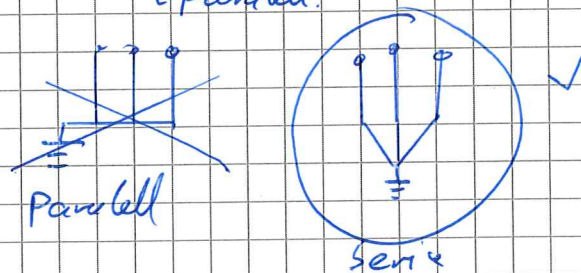
1. En komparator sammenligner 2 spenninger, U_{in} og U_{ref} . Basert på hvem som har størst spenning sender den ut et høyt eller lavt signal (1 eller 0). Om $U_{in} > U_{ref} \rightarrow 1$, og om $U_{in} < U_{ref} \rightarrow 0$
2. En teller tar så inn det høye eller lave signalet og teller opp eller ned på hver klokke puls.
3. Tallet som da er i telleren er det digitale signalet vi skulle konvertere til. Dette signalet blir da også konvertert tilbake til et analogt signal kalt U_{ref} som brukes for å sammenlignes med U_{in} .

3 b) Aliaseffekten er når det leges nye signaler som ikke finnes under sampling.

Dette skjer om man ikke følger Nyquist's samplings teorem som sier at man ikke kan sample frekvenser som er større enn halvdelen til samplings frekvensen.

Unngå derfor dette ved å ikke sample frekvenser større enn $\frac{1}{2} W_{\text{sample}}$, eks ved sampling på 44 KHz, ikke sample signaler større enn 22 KHz

c) Galvanisk kobling, tiltak: Koble jording i serie og ikke i parallell.



Kapasitiv kobling:

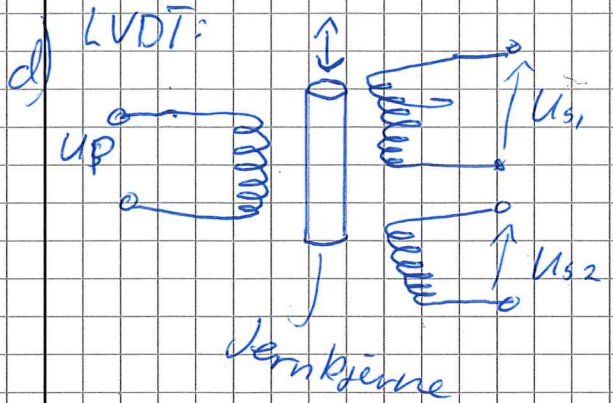
tiltak: Bruke skjerming på ledningen, viktig å koble skjerming til jord nok ganger på en ende. Kan også bruke en differensial forsterker

Induktiv kobling

tiltak: Tvinn ledningene for at magnetfeltet skal motvirke hverandre. Kan også benytte ferrit ring.



3



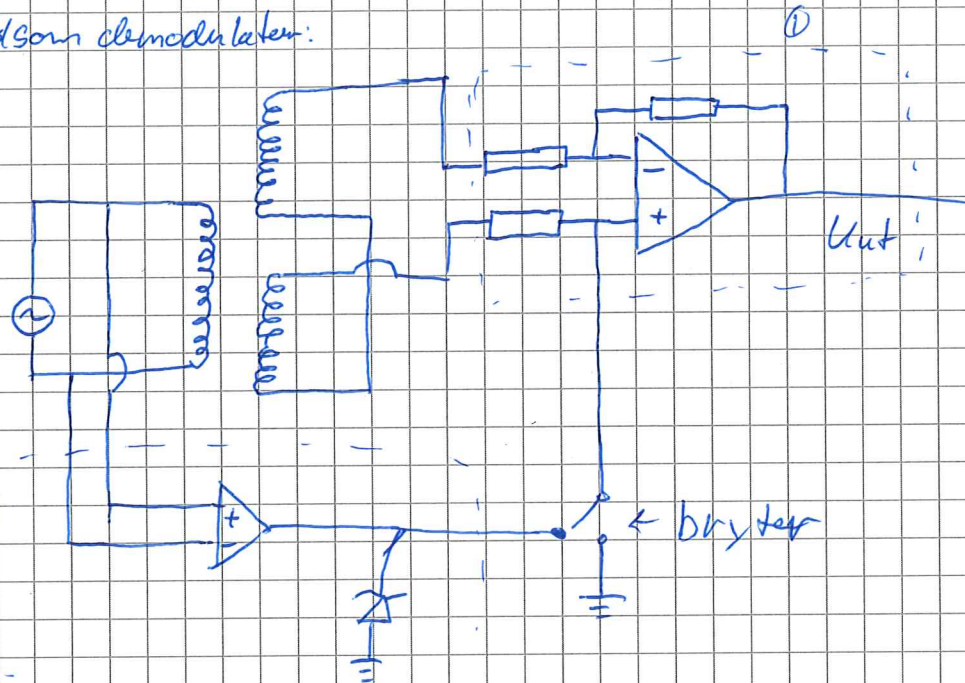
En jernkjerne kan bevege seg frem og tilbake litt inne i 3 spoler.

Det sendes spenning inn i U_1 som får induisert spenning til jernkjerne

Avhengig av posisjonen til kjernen vil strømmen fordele seg mellom U_3 og U_4 . Ved å se på spenningdifferansen kan man ~~bestemte~~ avgjøre posisjonen. Siden mest spenning vil ha i den spolen som er viklet flest ganger rundt kjernen.

3 e)

Fasefølsom demodulator:



Not

En fasefølsom demodulator ser på om strømmen på sekundær siden av LVDT er i fase eller motfase med strømmen fra strømkilden. Dette avgjør om bryteren skal stå åpen eller bli lukket, som avgjør om spenningen vil få en forsterkning på -1 eller 1 . Blir forsterkningen $= -1$ er den i fase, og $= 1$ er den i motfase. Dette sier oss da hvilken side jernkjerneen i LVDT'en er på.



4 a) På grunn av gir forholdet mellom hjul og motor vil enkoderen bevege seg dobbelt så mye som hjulet. Beveger hjulet seg 0,1 mm vil enkoderen bevege seg 0,2 mm.

enkoderen må ha en oppløsning på 0,2 mm

b) $\frac{360^\circ}{0,2} = 1800$, oppløsningen til enkoderen må være på 0,2 mm

b) $\frac{360^\circ}{0,2} = 1800$, enkoderen må ha 1800 spalter for å kunne detektere endringer på 0,2 mm, dvs 900 spalteåpninger

c) Ved å se på om ~~chA chB~~ $S_1 = S_2$ og om ~~chA chB~~ $S_3 = S_4$

State	chA	chB
S ₁	H	L
S ₂	H	H
S ₃	L	H
S ₄	L	L

Hvis utvikler seg som pilene og

Et tilstander seg ikke mellom A og B,

H → H, L → L osv.

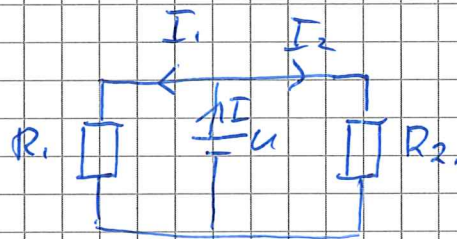
Om det er omvendt, at tilstander endrer seg snarere hjulet andre veien.

L → H, H → L osv.



4 d) PSD:

Strømmene I_1 og I_2 på virkes av posisjonen til x pga hvordan posisjonen av gir hvor mye motstand spennings kretser. Ved lengre avstand blir spennings oppnem mer materialet som er det samme som høyere motstand.



R_1 og R_2 varierer med posisjonen x

$$I_1 = \frac{U}{R_1(x)} \quad I_2 = \frac{U}{R_2(x)}$$

$$I = I_1 + I_2 \quad \left[\frac{R}{\text{mm}} \right]$$

$$R_1(x) = R \cdot x_1 \quad \left[\frac{R}{\text{mm}} \right]$$

$$R_2(x) = R \cdot x_2$$



5

a) Systematiske feil har et gjennomsnitt som er enten negativt eller positivt og forårsakes av en feil som ofte kan fikses om den blir funnet.

Tilfeldige feil har et gjennomsnitt = 0 og oppstår helt tilfeldig og forårsakes derfor ikke av noe som enkelt kan fikses.

b) x middelværdi : $\bar{x} = \frac{\sum x}{n} = \frac{403,1}{4} = \underline{\underline{100,775}}$

Varians : $S^2 = \sqrt{\frac{SS_x}{n-1}} = \sqrt{\frac{S_x^2 - \frac{S_x^2}{n}}{n-1}}$ Metode fra MA 155

$S_x^2 = \sum x_i^2 = 40640,93$

$S_x = 403,1$ ikke $\sqrt{\quad}$

$S^2 = \sqrt{\frac{40640,93 - \frac{403,1^2}{4}}{4-1}} = \underline{\underline{6,1758}}$

Standardavvik : $s = \sqrt{S^2} = \sqrt{6,1758} = \underline{\underline{2,4851}}$

c) $\sigma^2 = 0,1 \rightarrow \sigma = 0,3162$ [Bruker metode fra MA 155]
 $\mu = 45,4 = 45,4$

$P(x > 45,7) = 1 - P(x \leq 45,7) = 1 - \Phi_{(45,4, 0,3162)}(45,7)$

Bruker også kalkulator
 $= 1 - \text{NormCD}(-10^9, 45,7, 0,3162, 45,4)$
 $= 0,171369 = \underline{\underline{17,1369\%}}$

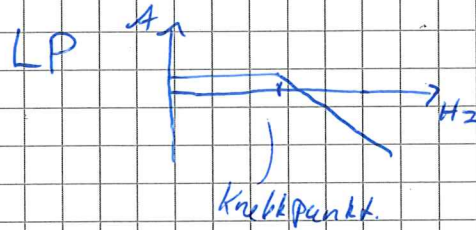
der $\Phi_{(\mu, \sigma)}(x) = \text{NormCD}(-10^9, x, \sigma, \mu)$

Det er 17,1369% sannsynlig at $x > 45,7$

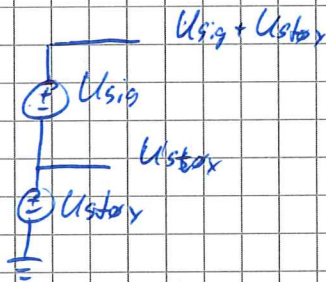


5

d) Ved å bruke et lowpass filter vil man redusere / fjerne høy frekvent støy fra et lav frekvent signal



rike faks støy:



Kan begrenses ved bruk av skjerming for å forhindre at støyens spenning kommer inn i systemet / ledningene

induktiv & boblet støy:

Ved å finne kablene ut støyen motvirke seg selv og bli redusert.



5 g)

$$P = a_0 + a_1 \cdot V + a_2 \cdot V^2 + a_3 \cdot V^3$$

$$a = \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{bmatrix} = (X^T \cdot X)^{-1} \cdot X^T \cdot y$$

$$X = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0^2 & 0^3 \\ 1 & 10 & 10^2 & 10^3 \\ 1 & 20 & 20^2 & 20^3 \\ 1 & 30 & 30^2 & 30^3 \\ 1 & 40 & 40^2 & 40^3 \\ 1 & 50 & 50^2 & 50^3 \\ 1 & 60 & 60^2 & 60^3 \end{bmatrix}$$

$$y = \begin{bmatrix} 0,7700 \\ 2,6700 \\ 6,1700 \\ 18,4700 \\ 34,7700 \\ 58,2700 \\ 90,1700 \end{bmatrix}$$

$$a = \begin{bmatrix} 0,77 \\ 0,05 \\ 0,012 \\ 2 \cdot 10^4 \end{bmatrix}$$

$$P = 0,77 + 0,05 \cdot V + 0,012 \cdot V^2 + 2 \cdot 10^4 \cdot V^3$$