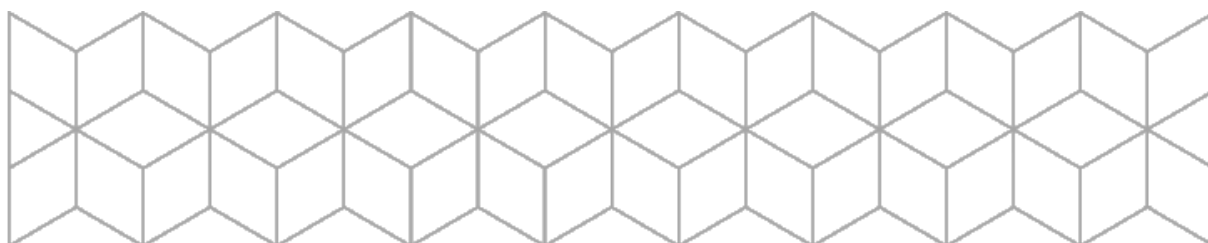


Løsningsforslag til

EKSAMEN

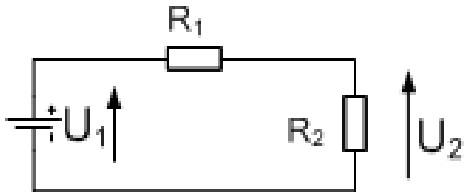
Emnekode: ITD12011	Emnenavn: Fysikk og kjemi
Dato: 3 Mai 2023	Eksamenstid: 9:00 til 13:00
Hjelpemidler: <ul style="list-style-type: none">• 4 sider (A4)(2ark) med egne notater• Ikke-kommuniserende kalkulator• Prosjektoppgaven, som blir delt ut på eksamensdagen	Faglærer: Erling P. Strand
Om eksamensoppgaven og poengberegning: <p>Oppgavesettet består av tittelside, 5 sider med oppgaver og 3 sider med vedlegg, totalt 8 sider. Kontroller at oppgavesettet er komplett før du begynner å besvare oppgaven.</p> <p>Alle spørsmål på oppgavene skal besvares, og alle spørsmål teller likt i bedømmingen av eksamen.</p>	
Sensurfrist: 24. mai 2023 Karakterene er tilgjengelige for studenter i Studentweb www.hiof.no/studentweb	

Alle utregninger må tas med i besvarelsen! Noen formler finnes i vedlegg.



Oppgave 1

Gitt følgende krets:



$$U_1 = 5,0 \text{ V}, \quad R_1 = 680 \, \Omega \quad \text{og} \quad R_2 = 560 \, \Omega$$

a) Hvor stor er strømmen I , som går igjennom motstanden R_1 ?

$$I = \frac{U_1}{(R_1 + R_2)} = \frac{5,0 \text{ [V]}}{(680 + 560) [\Omega]} = \frac{5,0 \text{ [V]}}{1240 \text{ [\Omega]}} = 4,0 \text{ [mA]}$$

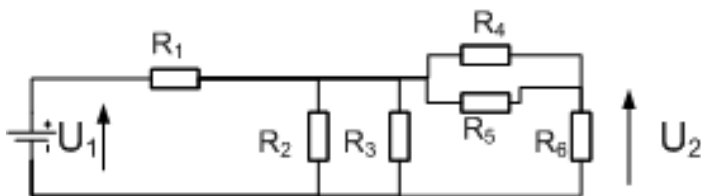
b) Hvor stor er spenningen U_2 ?

$$U_2 = I \cdot R_2 = 4,0 \cdot 10^{-3} \text{ [A]} \cdot 560 \text{ [\Omega]} = 2,26 \text{ [V]} = 2,3 \text{ [V]}$$

c) Hvor stor er effekten i R_2 ?

$$P = U_2 \cdot I = 2,26 \cdot 4,0 \cdot 10^{-3} \text{ [W]} = 9,0 \text{ [mW]}$$

Gitt følgende krets:



$$U_1 = 5,0 \text{ V}, \quad R_1 = 680 \, \Omega, \quad R_2 = 560 \, \Omega, \quad R_3 = 820 \, \Omega, \quad R_4 = R_5 = 1000 \, \Omega \quad \text{og} \quad R_6 = 480 \, \Omega$$

d) Hvor stor er spenningen U_2 ?

Regner først ut R_{45} , som er parallellkoblingen av R_4 og R_5 .

$$R_{45} = \frac{R_4 \cdot R_5}{(R_4 + R_5)} = \frac{1000 \cdot 1000}{(1000 + 1000)} = 500 \text{ [\Omega]}$$

R_{45} seriekoblet med R_6 gir R_{456} : $R_{456} = R_{45} + R_6 = 500 \text{ [\Omega]} + 480 \text{ [\Omega]} = 980 \text{ [\Omega]}$

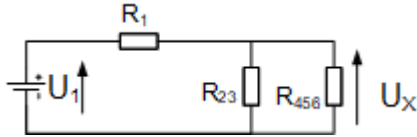
Regner ut R_{23} som er parallellkoblingen av R_2 og R_3

$$R_{23} = \frac{R_2 \cdot R_3}{(R_2 + R_3)} = \frac{560 \cdot 820}{(560 + 820)} = \frac{459200}{1380} = 333 \text{ [\Omega]}$$

R_{23} parallellkoblet med R_{456} kaller vi R_X

$$R_X = \frac{R_{23} \cdot R_{456}}{(R_{23} + R_{456})} = \frac{333 \cdot 980}{(333 + 980)} = \frac{326098}{1313} = 248 \text{ } [\Omega]$$

Ekvivalentskjema



Regner ut spenningen over R_{23} , som vi kaller U_X

$$U_X = \frac{U_1}{(R_1 + R_X)} \cdot R_X = \frac{5,0 \text{ [V]}}{(680 + 248)} \cdot 248 = 1,3 \text{ [V]}$$

Strømmen gjennom R_{456} kaller vi I_{456} :

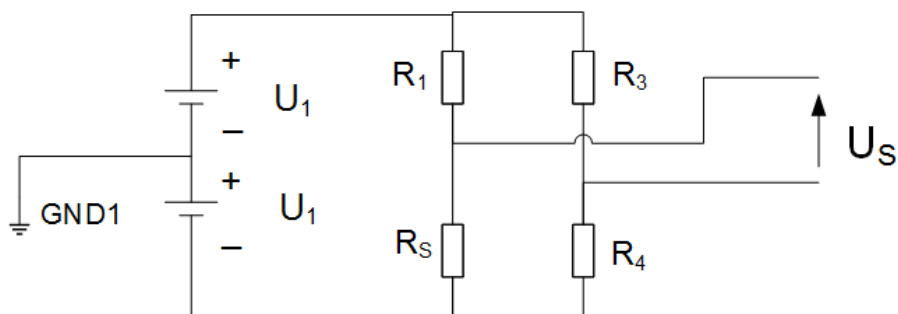
$$I_{456} = \frac{U_X}{R_{456}} = \frac{1,3 \text{ [V]}}{980 \text{ } [\Omega]} = 1,36 \text{ [mA]}$$

$$U_2 = I_{456} \cdot R_6 = 1,36 \text{ [mA]} \cdot 480 \text{ } [\Omega] = 0,65 \text{ [V]} = 0,7 \text{ [V]}$$

Oppgave 2

a) Anta at du skal måle temperaturen vha en PT1000 sensor. Se datablad i vedlegg. Temperaturområdet skal være fra $-30,0 \text{ } ^\circ\text{C}$ til $+40,0 \text{ } ^\circ\text{C}$. Det skal være et balansert system, og du skal bruke Wheatstones målebro. Forsyningsspenningen til målebroa skal være $\pm 10,0 \text{ V}$. Når temperaturen er $-30,0 \text{ } ^\circ\text{C}$ skal spenningen U_S ut fra målebrua være $0,0 \text{ V}$.

l) Lag en kretstegning av Wheatstones målebro. Gi motstandsverdiene navnene R_1 , R_2 , R_3 og sensoren R_S .



II) *Beregn motstandene i målebroa.*

Finner først verdiene for sensoren R_s . Leser av i tabellen

Ved $-30,0\text{ }^\circ\text{C}$ $\rightarrow R_s = 882,2\ \Omega$

Ved $+40,0\text{ }^\circ\text{C}$ $\rightarrow R_s = 1155,4\ \Omega$

Da spenningen ut av målebrua skal være $0,0\text{ V}$ ved $-30,0\text{ }^\circ\text{C}$, Må $R_1 = R_s$ ved $-30,0\text{ }^\circ\text{C}$. $R_1 = 882,2\ \Omega$

R_3 og R_4 lager referansepunktet for U_s . Det referansepunktet skal være på $0,0\text{ V}$. Da må $R_3 = R_4$. Vi bør velge en motstand som er i samme området som R_1 og R_s . Vi kan f.eks velge $R_3 = R_4 = 1,0\text{ k}\Omega$

III) *Hva blir spenningen U_s ut fra målebroa når temperaturen er $+40,0\text{ }^\circ\text{C}$?*

Regner ut spenningen over R_s ved $+40,0\text{ }^\circ\text{C}$

$$U_{RS} = \frac{(10,0 - -10,0)\text{ [V]}}{(R_1 + R_s)} \cdot R_s = \frac{20,0}{(882,2 + 1155,4)} \cdot 1155,4 = 11,34\text{ [V]}$$

$$U_s = U_{RS} - 10,0\text{ [V]} = 11,34\text{ [V]} - 10,0\text{ [V]} = 1,34\text{ [V]}$$

b) *Nå skal du forsterke opp U_s vha en balansert forsterker (se vedlegg).*

Spenningen ut fra den balanserte forsterkeren, U_2 , skal variere fra $0,0\text{ V}$ til $5,0\text{ V}$ når temperaturen varierer mellom $-30,0\text{ }^\circ\text{C}$ til $+40,0\text{ }^\circ\text{C}$. Regn ut forsterkningen, og verdien på R_G i den balanserte forsterkeren.

Spenningen inn på forsterkeren, U_s varierer mellom $0,0\text{ [V]}$ og $1,34\text{ [V]}$. Da skal spenningen ut av forsterkeren U_2 variere mellom $0,0\text{ [V]}$ og $5,0\text{ [V]}$

Forsterkningen G må da være

$$G = \frac{5,0}{1,34} = 3,73$$

For å regne ut motstandsverdien R_G på forsterkeren, bruker vi formelen oppgitt på forsterkeren:

$$G = \left(\frac{50 \text{ K}\Omega}{R_G} \right) + 1 = 3,73$$

$$R_G = \frac{50 \text{ K}\Omega}{2,73} = 18,3 \text{ K}\Omega$$

c) *Hva er fordelene og ulempene ved å bruke henholdsvis et balansert system og et ubalansert system?*

Balansert system:

Fordeler: Støy blir borte i den balanserte forsterkeren fordi den forsterker opp differansen mellom + og – ledningen. Støy kommer med lik polaritet og styrke på både + og – ledningen.

Ulemper: Det må to ledninger per signal, en + og en -.

Ubalansert system

Fordeler: Kun en ledning per signal, og et felles jordledning for alle signalene.

Ulemper: Støy blir også forsterket opp.

d) *Nå skal utgangen på den balanserte forsterkeren kobles til en 10 bit ADC, med $FSR = 5,0 \text{ V}$.*

l) *Hvor stor blir kvantiseringsfeilen, angitt i grader Celsius (°C)?*

Da vi skal angi kvantiseringsfeilen i °C, angir vi FSR i °C

$$FSR = (+40,0 - - 30,0) \text{ °C} = 70,0 \text{ °C}$$

Kvantiseringsfeilen er $\pm 1/2$ LSB. Regner først ut 1 LSB

$$1 \text{ LSB} = \frac{FSR}{(2^{10} - 1)} = \frac{70,0 \text{ [°C]}}{1023} = 0,068 \text{ °C}$$

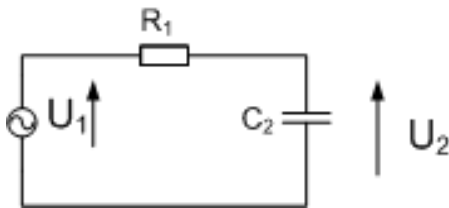
Kvantiseringsfeilen blir da $\pm 0,034 \text{ °C}$

II) Hva kan man gjøre for å få denne kvantiseringsfeilen mindre?

Kvantiseringsfeil kan bli mindre ved å øke antall bit, eller minske temperaturområdet som skal måles.

Oppgave 3

Gitt følgende lavpassfilter:



a) Beregn R_1 og C_2 slik at grensefrekvensen $f_G = 500$ Hz.

$$f_G = 500 = 1/(2\pi CR)$$

$$R = 1/(2\pi C \cdot 500) = 1/(3141 \cdot C)$$

Velger f.eks $C = 100$ nF. Det gir

$$R = 1/(3141 \cdot 100 \cdot 10^{-9}) = 3,18 \cdot 10^3 [\Omega] = 3,2 [\text{K}\Omega]$$

b) Utled uttrykket for U_2/U_1 . Symbolene R_1 og C_2 skal inngå i uttrykket (ikke tallverdiene for R_1 og C_2)

$$U_2 = \frac{U_1}{(R_1 + Z_{C2})} \cdot Z_{C2}$$
$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{Z_{C2}}{(R_1 + Z_{C2})} = \frac{1}{R_1 + \frac{1}{j2\pi f C_2}} = \frac{1}{1 + j2\pi f C_2 R_1}$$

c) Hva blir uttrykket for U_2/U_1 når grensefrekvensen f_G skal inngå i uttrykket?

I uttrykket for grensefrekvensen er

$$2\pi C_2 R_1 = \frac{1}{f_G}$$

Hvis dette settes inn i uttrykket for U_2/U_1 , får vi:

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{Z_{c2}}{(R_1 + Z_{c2})} = \frac{\frac{1}{j2\pi f C_2}}{R_1 + \frac{1}{j2\pi f C_2}} = \frac{1}{1 + j2\pi f C_2 R_1} = \frac{1}{1 + j\left(\frac{f}{f_G}\right)}$$

- d) Tegn kurven for U_2/U_1 på et semilogaritmisk papir. Bruk frekvensen på x-aksen og amplituden, med benevnelsen dB på y-aksen. Tegn fra frekvensene $0,1 \cdot f_G$ til $10 \cdot f_G$.

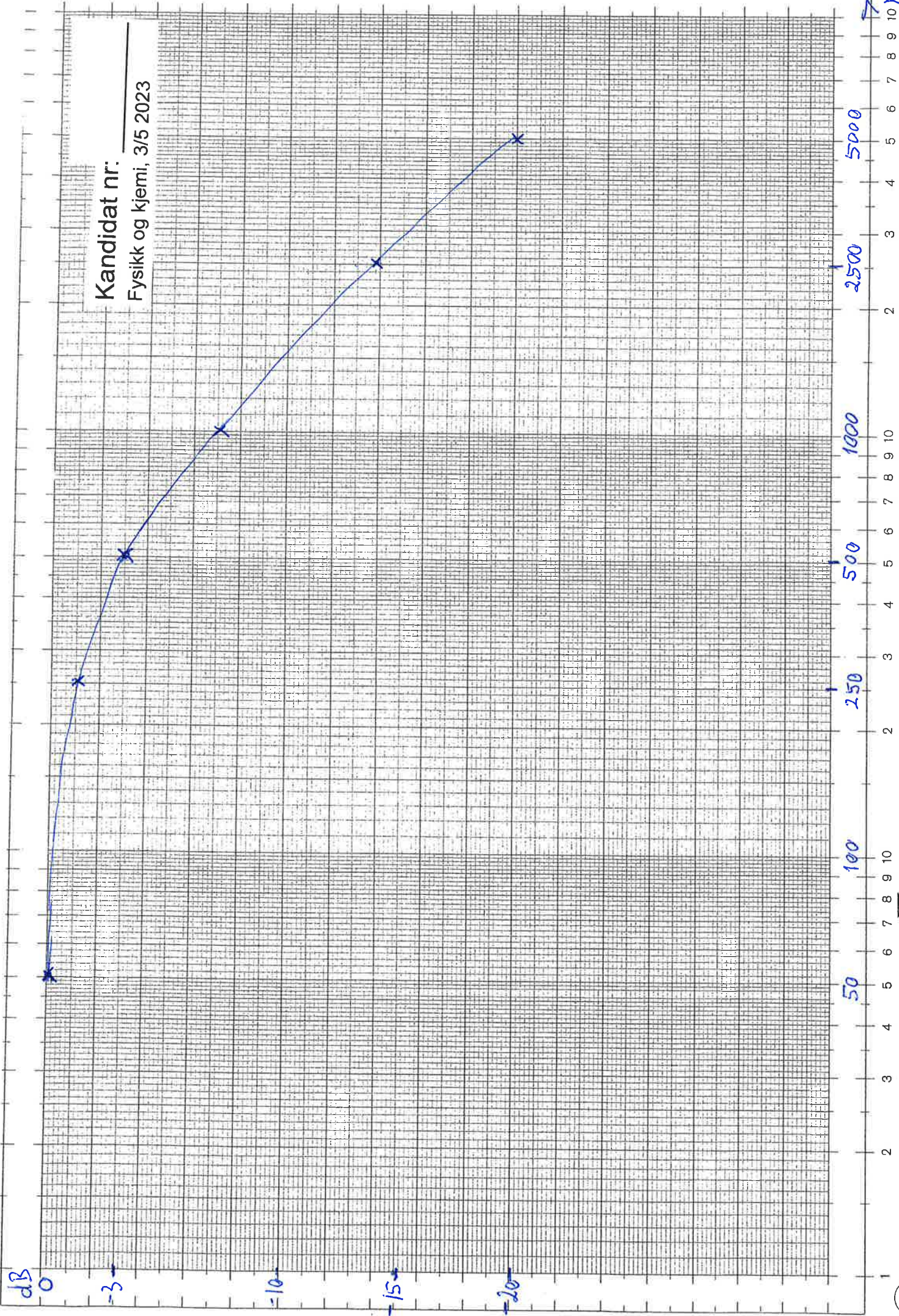
Regner først ut dempningen

$\frac{f}{f_G}$	$\frac{U_2}{U_1}$ [ggr]	$\frac{U_2}{U_1}$ [dB]	f [Hz]
0,1	0,995	-0,04	50
0,5	0,89	-0,97	250
1,0	0,71	-3,0	500
2,0	0,45	-6,99	1000
5,0	0,20	-14,15	2500
10,0	0,10	-20,04	5000

Kurve: se eget ark

Kandidat nr:

Fysikk og kjemi, 3/5 2023



Eine Achse logar. geteilt von 1 bis 1000, Einheit 90 mm, die andere in mm

Bestell-Nr. 667 056, Nr. 373 1/2 A 4 MADE IN GERMANY

EINBECK

SCHLEICHER & SCHÜLL GMBH,

SELECTA

Oppgave 4

- a) *Forklar hvordan en induktiv sensor virker, og beskriv hva du kan måle med den. Husk å ta med forutsetningene som må ligge til grunn for å kunne bruke en induktiv sensor.*

En induktiv sensor virker ved at måleobjektet påvirker B-feltet rundt den induktive sensoren. Selve sensoren kan være en spole eller en Hall-effekt.

Spole: Enhver forandring av B-feltet i nærheten av spolen, vil spolen reagere på. Spolen vil ikke ha noen forandring av B-feltet. Spolen reagerer ved å lage en spenning, slik at B-feltet kan opprettholdes. Det kalles en induert spenning. Denne spenningen kan måles på spolens tilkoblingspunkter.

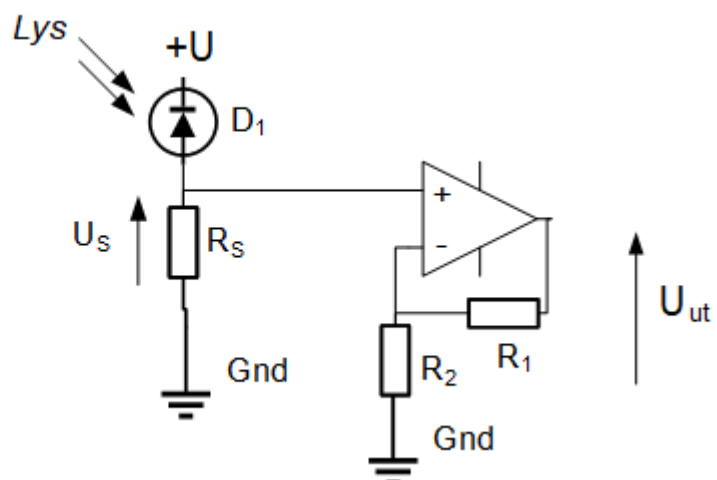
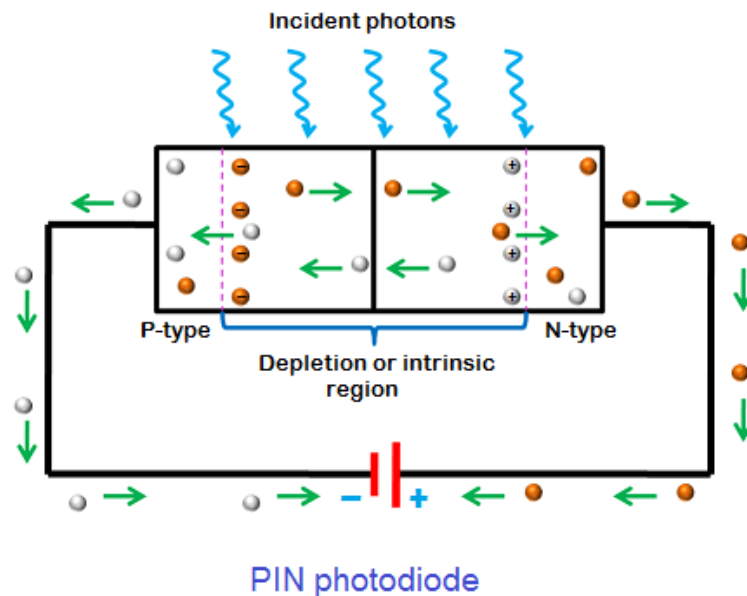
Hall-effekt: Denne baserer seg på Lorentz kraften, som «dytter» på en ladning som beveger seg i et B-felt. Det sendes en elektrisk strøm gjennom sensoren. Strømmen, altså ladninger i bevegelse, vil dreie av til ytterkantene av sensoren, hvis sensoren er i et B-felt. Det blir da negativ ladning på den ene siden, og positiv ladning på den andre siden av sensoren. Dette blir da en spenning, som kan måles. Det blir større spenning jo mer ladning som bøyes av, dvs jo større Lorentz-kraften er. Så en forandring av B-feltet vil da kunne detekteres.

Et B-felt vil forandres hvis et magnetisk materiale beveger seg. Et eksisterende B-felt rundt en spole, vil forandres hvis et materiale med en annen magnetisk ledningsevne (permeabilitet) enn f.eks. luft, beveger seg i nærheten av spolen.

Forutsetningene er altså at det som skal detekteres må forandre, eller påvirke, B-feltet i nærheten av sensoren.

b) Forklar hvordan en lysdetektor, som er laget vha halvleder, virker. Ta også med et krettskjema fra og med lysdetektoren, til og med forsterkeren. Ingen beregninger på komponentverdier er nødvendig.

En PN-overgang, hvor overgangen mellom P og N er utvidet med et «intrinsikt» område, og hvor lys kan treffe, kalles PIN photodiode. I en vanlig diode er området mellom P og N uten noen form for ladningsbærere, og vil dermed ikke lede strøm i sperreretning. Lyset vil gjøre at ladningsbærere blir laget i dette I-området. Lyset påvirker elektronene, og løfter de opp i en høyere bane. Da blir det både et elektron og et hull, som er ladningsbærere. PIN-photodioden vil dermed kunne lede strøm, i sperreretning.

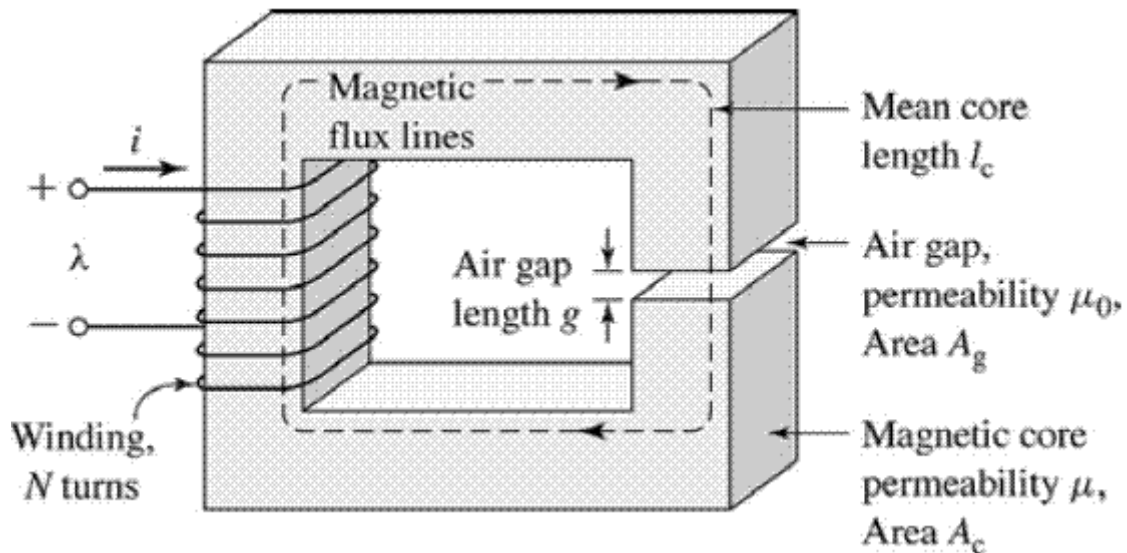


Krettskjemaet viser hvordan photodioden er forspent i sperreretning. Når det kommer lys på den, vil ladningsbærere lages, slik at det går strøm igjennom

dioden. Strømstyrken er gitt av antall ladningsbærere som lages, som er gitt av lysstyrken. Denne strømmen går igjennom en motstand R_s , slik at en spenning U_s blir laget. Størrelsen av denne spenningen er dermed bestemt av lysstyrken.

Det er også mulig å bruke en phototransistor. Denne forspennes på mye av den samme måten, hvor C kobles til + og E kobles til R_s . B tar inn lyset, og lager ladningsbærere, som gjør at det går en strøm fra C til E, og videre ned i motstanden.

Oppgave 5



Arealet A_c i kjernen og arealet på luftgapet A_g er $6,0 \text{ cm}^2$. Den totale lengden på kjernen;

$$l_c = 9,0 \text{ cm} + 2 \cdot 10,0 \text{ cm} + 2 \cdot 4,0 \text{ cm} = 37,0 \text{ cm}.$$

Lengden på luftgapet; $g = 1,0 \text{ cm}$.

Den relative permeabiliteten på materialet i kjernen $\mu_r = 1200$. Permeabiliteten i luft μ_0 finner du i vedlegg.

a) Hvor stor reluktans er det i kjernematerialet?

$$\mathfrak{R}_{m1} = \frac{l}{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot A} = \frac{0,37 \text{ [m]}}{4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot 1200 \cdot 6,0 \cdot 10^{-4} \left[\frac{\text{Wb}}{\text{A} \cdot \text{t} \cdot \text{m}} \cdot \text{m}^2 \right]} = 4,09 \cdot 10^5 \left[\frac{\text{A} \cdot \text{t}}{\text{Wb}} \right]$$

b) *Hvor stor er den totale reluktansen?*

Den totale reluktansen, R_m , er lik summen av reluktansen i kjernematerialet pluss reluktansen i luftgapet, R_{m2} :

$$\mathfrak{R}_{m2} = \frac{l}{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot A} = \frac{0,01 [m]}{4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot 1 \cdot 6,0 \cdot 10^{-4} \left[\frac{Wb}{A \cdot t \cdot m} \cdot m^2 \right]} = 1,32 \cdot 10^7 \left[\frac{A \cdot t}{Wb} \right]$$

Den totale reluktansen blir da:

$$\mathfrak{R}_m = \mathfrak{R}_{m1} + \mathfrak{R}_{m2} = 4,09 \cdot 10^5 + 1,32 \cdot 10^7 = 1,36 \cdot 10^7 \left[\frac{A \cdot t}{Wb} \right]$$

c) *Hvor stort B-felt får du, hvis du sender en strøm på $I = 10,0 A$ i ledningen, og det er $N = 50$ viklinger.*

Regner først ut fluksen:

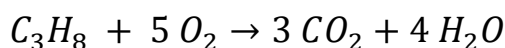
$$\phi = \frac{N \cdot I}{\mathfrak{R}_m} = \frac{50 \cdot 10,0 [A \cdot t]}{1,36 \cdot 10^7 \left[\frac{A \cdot t}{Wb} \right]} = 367,6 \cdot 10^{-7} [Wb]$$

Den fluksen fordeler seg over arealet A_g , som gir en flukstetthet:

$$B = \frac{\phi}{A_g} = \frac{362,3 \cdot 10^{-7} [Wb]}{6,0 \cdot 10^{-4} [m^2]} = 61,3 \cdot 10^{-3} [T] = 61,3 [mT]$$

Oppgave 6

Når propan (C_3H_8) forbrenner, dannes det karbondioksyd (CO_2) og vann (H_2O). Den balanserte likningen er



a) *Hvor stor masse CO_2 blir dannet, da et mol propan (C_3H_8) forbrenner? Angi svaret i gram.*

Regner først ut molekylmassen til CO₂

$$C = 12,01 = 12,01 \text{ [u]}$$

$$\underline{2 \cdot O = 2 \cdot 16,00 = 32,00 \text{ [u]}}$$

$$\text{Sum} \quad \quad \quad 44,01 \text{ [u]}$$

CO₂ har massen 44,01 [g/mol]

Av likningen ser vi at et mol C₃H₈ gir 3 mol CO₂

$$3 \text{ mol CO}_2 \text{ har massen } 3 \cdot 44,01 \text{ [g]} = 132,03 \text{ [g]}$$

b) Hvor stor masse CO₂ blir dannet, da 11,000 kg propan brenner opp.

Vi finner først antall mol propan det er i 11,000 kg propan.

Må først finne molekylmassen til propan C₃H₈:

$$3 \cdot C = 3 \cdot 12,01 = 36,03 \text{ u}$$

$$\underline{8 \cdot H = 8 \cdot 1,008 = 8,06 \text{ u}}$$

$$\text{Sum} \quad \quad \quad = 44,09 \text{ u}$$

C₃H₈: har massen 44,09 [g/mol]

I 11000 g propan er det

$$\frac{11000 \text{ [g]}}{44,09 \text{ [g/mol]}} = 249,49 \text{ [mol]}$$

For hvert mol propan blir det 3 mol CO₂.

$$\text{Da vi har } 249,49 \text{ mol propan får vi } 3 \cdot 249,49 = 748,47 \text{ mol CO}_2$$

$$\text{Da får vi } 249,49 \text{ [mol]} \cdot 44,01 \text{ [g/mol]} = 32940 \text{ [g]} = 32,94 \text{ [kg]} \text{ CO}_2$$

VEDLEGG

Exp.	Prefiks	Symbol	Desimal
10 ⁹	Giga	G	1 000 000 000
10 ⁶	Mega	M	1 000 000
10 ³	Kilo	k	1 000
10 ⁻³	milli	m	0,001
10 ⁻⁶	micro	μ	0,000 001
10 ⁻⁹	nano	n	0,000 000 001
10 ⁻¹²	pico	p	0,000 000 000 001

$$Z_C = \frac{1}{j \cdot 2\pi f \cdot C}$$

$$f_G = \frac{1}{2\pi \cdot C \cdot R}$$

Reluktans: $R_m = \mathcal{R} = \frac{l}{\mu_r \mu_0 A}$ hvor $\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$ [H/m], l er lengden, A er arealet og μ_r er relativ permeabilitet. Kan også bruke benevnelsen:
 $\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$ [Wb/(A·t·m)]

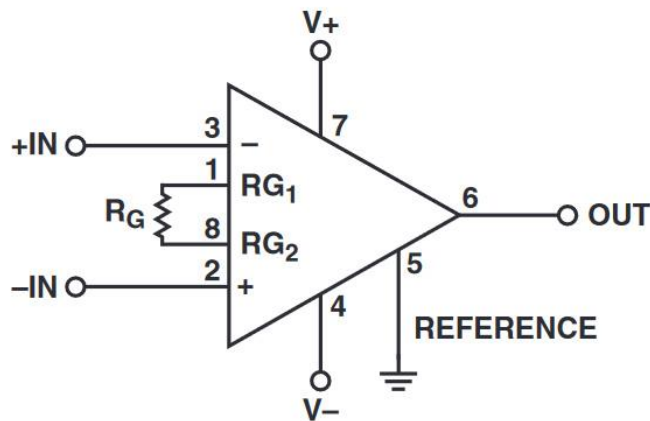
Magnetomotorisk spenning eller magnetomotorisk kraft: $F_m = N \cdot I$

$$\text{Magnetisk fluks: } \phi = \frac{F_m}{R_m}$$

$$\text{Magnetisk flukstetthet: } B = \frac{\phi}{A}$$

Avogadros tall, $N_A = 6,022 \cdot 10^{23}$

Atommasseenheten $u = 1,660 \cdot 10^{-27}$ kg



$$G = \frac{V_{OUT}}{(+IN) - (-IN)} = \left(\frac{50k\Omega}{R_G} \right) + 1$$

FOR SOL CONNECT SENSE TO OUTPUT

Sensor resistance values for Pt1000 element

(TG-D1/Pt1000, TG-DH/..., TG-A1/..., TG-AH/..., TG-K3/..., TG-KH/..., TG-R5/..., TG-UH/...)

Resistance related to temperature for platinum element PT1000. Resistance in Ohms. According to IEC751 (1985), DIN 43760 (1980), BS 1904 (1984).

°C	0.0	-1.0	-2.0	-3.0	-4.0	-5.0	-6.0	-7.0	-8.0	-9.0
-50.0	803.1									
-40.0	842.9	838.8	834.8	830.8	826.9	822.9	818.9	815.0	811.0	807.0
-30.0	882.2	878.3	874.3	870.4	866.4	862.5	858.5	854.6	850.6	846.7
-20.0	921.6	917.7	913.7	909.8	905.9	901.9	898.0	894.0	890.1	886.2
-10.0	960.9	956.9	953.0	949.1	945.2	941.2	937.3	933.4	929.5	925.5
0.0	1000.0	996.1	992.2	988.3	984.4	980.4	976.5	972.6	968.7	964.8
°C	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0
0.0	1000.0	1003.9	1007.8	1011.7	1015.6	1019.5	1023.4	1027.3	1031.2	1035.1
10.0	1039.0	1042.9	1046.8	1050.7	1054.6	1058.5	1062.4	1066.3	1070.2	1074.0
20.0	1077.9	1081.8	1085.7	1089.6	1093.5	1097.3	1101.2	1105.1	1109.0	1112.8
30.0	1116.7	1120.6	1124.5	1128.3	1132.2	1136.1	1139.9	1143.8	1147.7	1151.5
40.0	1155.4	1159.3	1163.1	1167.0	1170.8	1174.7	1178.5	1182.4	1186.2	1190.1
50.0	1194.0	1197.8	1201.6	1205.5	1209.3	1213.2	1217.0	1220.9	1224.7	1228.6
60.0	1232.4	1236.2	1240.1	1243.9	1247.7	1251.6	1255.4	1259.2	1263.1	1266.9
70.0	1270.7	1274.5	1278.4	1282.2	1286.0	1289.8	1293.7	1297.5	1301.3	1305.1
80.0	1308.9	1312.7	1316.6	1320.4	1324.2	1328.0	1331.8	1335.6	1339.4	1343.2
90.0	1347.0	1350.8	1354.6	1358.4	1362.2	1366.0	1369.8	1373.6	1377.4	1381.2
100.0	1385.0	1388.8	1392.6	1396.4	1400.2	1403.9	1407.7	1411.5	1415.3	1419.1
110.0	1422.9	1426.6	1430.4	1434.2	1438.0	1441.7	1445.5	1449.3	1453.1	1456.8

