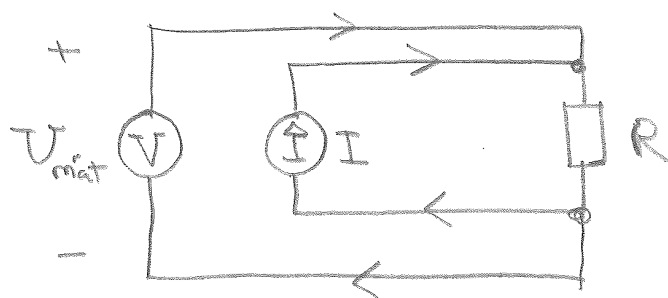


1a)



$$V_{\text{mät}} = R \cdot I$$

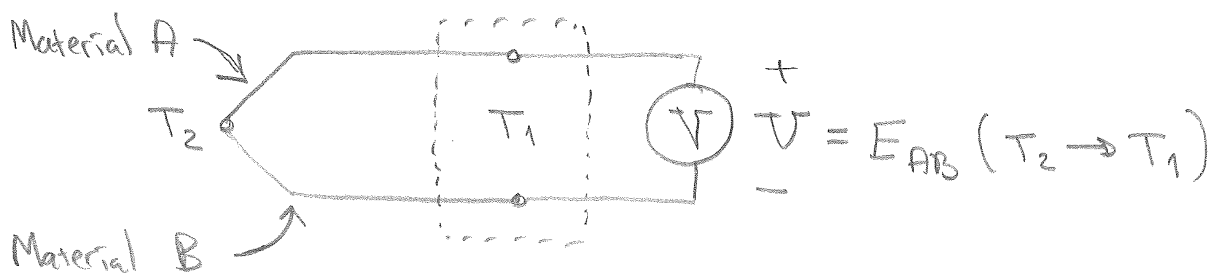
$$\Rightarrow R_{\text{mät}} = \frac{V_{\text{mät}}}{I} = R!$$

- + Fyrtrådsmetoden är oberoende av kabelresistans
- Vid tvåtrådsmätning ingår kabelresistans i $R_{\text{mät}}$.

1b) Man får en frekvensoberoende spänningsdelning, dessutom högre ingångsimpedans.

1c) # komparatorer = $2^n - 1 = 2^{10} - 1 = \underline{1023 \text{ st}}$

1d) Seebeck-effekten: temp. gradient skapar EMK.
EMK kan mätas genom att använda två ledare av olika material (termoelement).



1e) Skenbar töjning: om givare och mätobjekt har olika temperaturutvidning så kommer temp.-variationer uppfattas som verklig töjning.

Åtgärd: placera motverkande givare i en Wheatstonebrugga.

$$2a) \text{ Halvbrygga } \Rightarrow \begin{cases} V_{NM} = V_b = 20 \text{ mV} \\ V_{CM} = 10/2 \text{ V} = 5 \text{ V} \end{cases}$$

$$\text{Instrumentförstärkare } \Rightarrow V_{ut} = F_{NM} V_{NM} + \underbrace{F_{CM} V_{CM}}_{= \text{störning}}$$

Vi önskar att

$$F_{CM} V_{CM} < 0,01 \cdot F_{NM} V_{NM}$$

$$\Rightarrow \frac{F_{NM}}{F_{CM}} > \frac{V_{CM}}{0,01 \cdot V_{NM}} = \frac{5}{0,01 \cdot 20 \cdot 10^{-3}} = 25 \cdot 10^3$$

$$\Rightarrow \text{CMRR} = 20 \log_{10} \left(\frac{F_{NM}}{F_{CM}} \right) = \underline{\underline{88 \text{ dB}}}$$

$$2b) F_{NM} V_{NM} = 1 \text{ V} \Rightarrow F_{NM} = \frac{1}{20 \cdot 10^{-3}} = \underline{\underline{50 \text{ ggr}}}$$

$$\Rightarrow F_{CM} < \frac{F_{NM}}{25 \cdot 10^3} = \frac{50}{25 \cdot 10^3} = \underline{\underline{0,002 \text{ ggr}}}$$

3a) Spänning på AD-omv. ingång måste ligga i intervallet $[0\text{ V}, 10\text{ V}]$. Detta innebär att givarsignalen måste ligga mellan $[0\text{ mV}, 10\text{ mV}]$ (eftersom $F = 1000$).

$$\begin{aligned}\Rightarrow U_g &= E_{AB} [T_{\text{mät}} \rightarrow 25^\circ\text{C}] \\ &= E_{AB} [T_{\text{mät}} \rightarrow 0^\circ\text{C}] - \underbrace{E_{AB} [25^\circ\text{C} \rightarrow 0^\circ\text{C}]}_{= 0.992\text{ mV}} \\ &\in [0, 10]\text{ mV}\end{aligned}$$

$$\Rightarrow E_{AB} [T_{\text{mät}} \rightarrow 0^\circ\text{C}] \in [0.992, 10.992]\text{ mV}.$$

$$\Rightarrow T_{\text{mät}} \in [25^\circ\text{C}, 231^\circ\text{C}].$$

3b) Minsta spänningsändring motsvarande 1°C i intervallet $[25^\circ\text{C}, 231^\circ\text{C}]$ är då temp. ändrat från 25°C till 26°C .

$$\Rightarrow \Delta U = F \cdot 0.041\text{ mV} = 0.041\text{ V}.$$

$$\Rightarrow n = \left\lceil \log_2 \left(\frac{10\text{ V}}{0.041\text{ V}} \right) \right\rceil = \lceil 7.93 \rceil = \underline{\underline{8\text{ bitar}}}$$

4a) Signalens högsta frekvenskomponent är 250 Hz.

$$\Rightarrow F_s > 2 \cdot 250 = \underline{\underline{500 \text{ s/s}}}$$

4b) Maxamplituden är $A_{\max} = 2 + 4 = 6 \text{ V}$

Minamplituden är $A_{\min} = 2 - 4 = -2 \text{ V}$

$$\Rightarrow U_{\text{ref}}^+ = 6 \text{ V} \text{ och } U_{\text{ref}}^- = -2 \text{ V}$$

4c) Maximala kvantiseringsfelet är

$$\frac{\Delta U}{2} = \frac{U_{\text{ref}}^+ - U_{\text{ref}}^-}{2 \cdot 2^n} = \frac{8}{2^{n+1}} = \frac{8}{2^9} = \underline{\underline{0.016 \text{ V}}}$$

5a) Antal sampel: $N = \frac{T_{\text{mät}}}{T_s} = \frac{200 \cdot 10^{-3}}{1 \cdot 10^{-3}} = 200.$

Toppar vid index $k=20$ och $N-k=180.$

Index k motsvarar frekvensen

$$f_{\text{mät}} = \frac{k}{N} F_s = \frac{20}{200} \cdot 1000 = 100 \text{ Hz}.$$

Signalens amplitud är $2 \cdot |X(20)| = 0.5$

$\Rightarrow$ Signal A.

På grund av vikning så gäller att

$$f_{\text{mät}} = |f - M \cdot F_s|, \text{ där } M \text{ är ett heltal}$$

$$|900 \text{ Hz} - 1 \cdot 1000 \text{ Hz}| = 100 \text{ Hz}$$

$\Rightarrow$ Signal C har också amplituden 0.5.

Också cosinussignaler vid 100 Hz och 1100 Hz kommer att adderas pga vikning.

$\Rightarrow$ Signal E.

SVAR: A, C, E.

5b) Antal sampel: $N = 200 \cdot \cancel{10^3} \cdot 5 \cdot \cancel{10^3} = 1000$ st

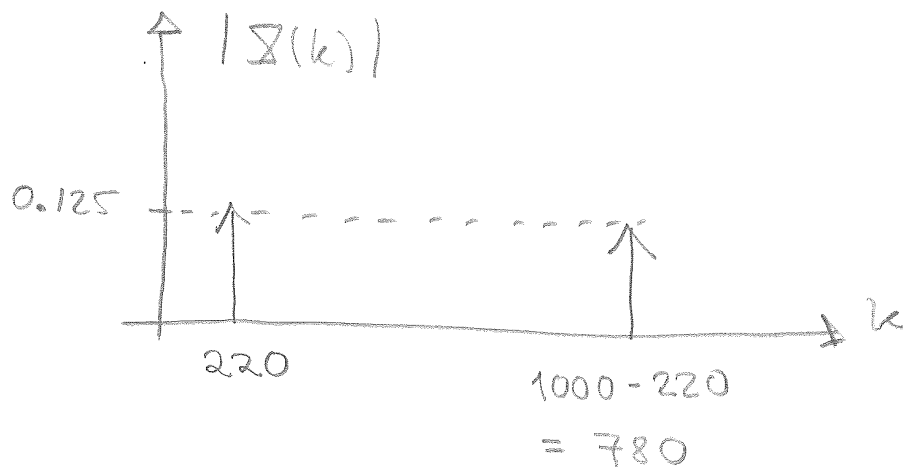
Signal "D" har frekvensen $f = 1100$ Hz

$$\Rightarrow k = \frac{f}{\Delta f} = \frac{N \cdot f}{F_s} = \underline{220}$$

$$\sum < F_s / 2$$

$\Rightarrow$ ingen vinkning

$\Rightarrow$ Amplitudspektrum



6a) $t_{ut} = \sqrt{t_{in}^2 + t_{amp}^2 + t_{osc}^2}$

$$\Rightarrow t_{amp} = \sqrt{t_{ut}^2 - t_{in}^2 - t_{osc}^2}$$

där $t_{osc} = \frac{0.35}{150 \cdot 10^6} = \underline{2.1875 \text{ ns}}$

$$\Rightarrow t_{amp} = \sqrt{34^2 - 29^2 - 2.1875^2} = \underline{17.61 \text{ ns}}$$

6b) $B_{amp} = \frac{0.35}{17.61 \cdot 10^{-9}} = 19.9 \text{ MHz} \approx \underline{\underline{20 \text{ MHz}}}$

$$7a) \hat{R} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N R_i = \underline{\underline{174.064 \Omega}}$$

$$7b) \hat{\sigma} = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (R_i - \hat{R})^2} = 1.033 \Omega$$

$$\Rightarrow u_A(R) = \hat{\sigma} / \sqrt{N} = \underline{\underline{0.422 \Omega}}$$

$$7c) N=6 \Rightarrow k=2.57$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow R &\in [\hat{R} - k u_A(R), \hat{R} + k u_A(R)] \\ &= \underline{\underline{[172.980, 175.149] \Omega}} \end{aligned}$$

eller

$$R = \hat{R} \pm k u_A(R) = \underline{\underline{174.064 \pm 1.085 \Omega}}$$

$$\begin{aligned} 7d) \Delta R &= \frac{0.002}{100} \cdot 174.064 + \frac{0.0005}{100} \cdot 1000 \\ &= \underline{\underline{0.0085 \Omega}} \end{aligned}$$

$$\Rightarrow u_B(R) = \frac{\Delta R}{\sqrt{3}} = \underline{\underline{0.0049 \Omega}}$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow u(R) &= \sqrt{u_A^2(R) + u_B^2(R)} \\ &\approx u_A(R) \\ &= \underline{\underline{0.422 \Omega}} \end{aligned}$$

$$7e) \frac{\Delta}{T} = \frac{1}{8} \left(\frac{\hat{R}}{R_0} - 1 \right) = \underline{\underline{109.725 \Omega}}$$

$$7f) \quad u(\gamma) = \frac{\Delta\gamma}{\sqrt{3}} = 1.732 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}.$$

$$u(R_0) = \frac{\Delta R_0}{\sqrt{3}} = \frac{1}{\sqrt{3}} = 0.5774 \text{ } \Omega.$$

känslighetskoefficienter:

$$c_R = \frac{\partial T}{\partial R} = \frac{1}{\gamma R_0} = 1.4815 \text{ } ^\circ\text{C } \Omega^{-1}$$

$$c_{R_0} = \frac{\partial T}{\partial R_0} = \frac{-R}{\gamma R_0^2} = -2.5787 \text{ } ^\circ\text{C } \Omega^{-1}$$

$$c_\gamma = \frac{\partial T}{\partial \gamma} = -\frac{1}{\gamma^2} \left(\frac{R}{R_0} - 1 \right) = -1.6256 \cdot 10^4 \text{ } ^\circ\text{C}^2$$

Total osäkerhet:

$$\begin{aligned} u(T) &= \sqrt{c_R^2 u(R)^2 + c_{R_0}^2 u(R_0)^2 + c_\gamma^2 u(\gamma)^2} \\ &= \underline{\underline{1.6150 \text{ } ^\circ\text{C}}} \end{aligned}$$

$$\Rightarrow \underline{\underline{T = 109.725 \text{ } ^\circ\text{C} \pm 1.6150 \text{ } ^\circ\text{C}.}}$$

8a) En for-loop exekverar koden ett fixt antal ggr för stigande loopindex.

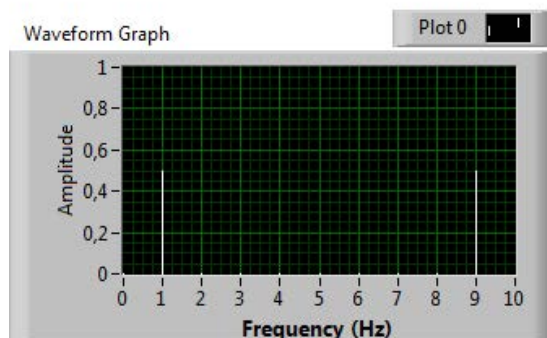
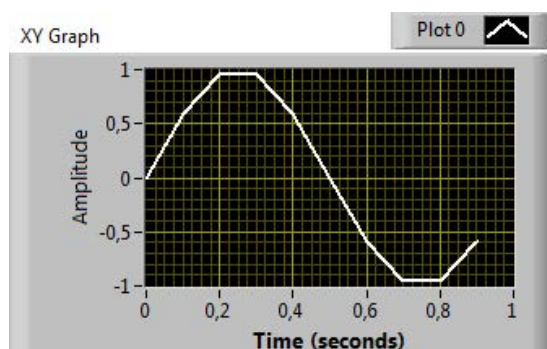
8b) Se figur nedan.



8c) Autoindexerade tunnlar används för att skicka ut data från en loopstruktur. De lagrar varje element anslutet till tunneln i en indexerad array.

9a) Koden i de olika rutorna körs sekvensiellt.

9b-e) Se figur nedan.



(x,y)	
0	0
0,1	0,587785
0,2	0,951057
0,3	0,951057
0,4	0,587785
0,5	1,22465E-16
0,6	-0,587785
0,7	-0,951057
0,8	-0,951057
0,9	-0,587785

Output
0,5

10a) "output string 1": HORIZONTAL:MAIN:SCALE 2.5e-3.
"output string 2": CH1:VOLTS 100e-3.

10b) Programmet gör följande:

1. Ber oscilloskopet att identifiera sig.
2. Läser in svaret och visar det i "read buffer".
3. Skickar kommandot "HORIZONTAL:MAIN..." till oscilloskopet som sätter horisontalskalen till 2.5 ms/ruta.
4. Skickar kommandot "CH1:VOLTS 100e-3" som sätter oscilloskopets vertikalskala till 100 mV/ruta.
5. Visar felinformation i "error out".

10c) För att kontrollera dataflöden så att kommanden utförs i rätt ordning.
Dessutom felhantering.