



Chalmers Tekniska Högskola

Institutionen för Signaler och System

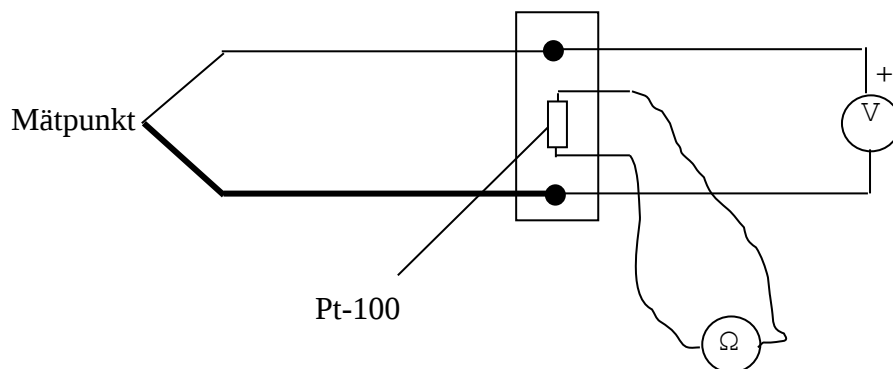
TENTAMEN

KURSNAMN	Elektriska mätsystem och mätmetoder
PROGRAM:	Elektroingenjör Åk 2 / lp 3
KURSBETECKNING	LET 271
EXAMINATOR	Göran Hult
TID FÖR TENTAMEN	2013-03-14, Kl 14.00-18.00
HJÄLPMEDEL	Typgodkänd miniräknare
ANSV LÄRARE: telnr besöker tentamen	Göran Hult 070-5589009 Ca Kl 15.00 och 17.00
DATUM FÖR ANSLAG	Granskning måndag 8/4 kl 12.00-13.00 Nordöstra Sammanträdesrummet, J427, Jupiter vån4
ÖVRIG INFORM.	Tentamen består av 50 poäng Betygsgränser: 20/30/40

Chalmers Tekniska Högskola
Institutionen för Signaler och System

- 1a** Vilka är de 3 vanligaste typerna av AD-omvandlare? (1p)
- 1b** Ange 2 skäl till varför det är ur störningssynpunkt är lämpligt att använda lågohmiga givare. (1p)
- 1c** Rita ett schema som visar hur man kopplar 2 likadana NTC-motstånd i en halvbrugga så att utspänningen från bryggan ökar då NTC-motstånden blir varmare. Polaritet på alla spänningar ska vara utsatta i schemat (1p)
- 1d** Vad menas med läckage i samband med DFT? Hur kan man reducera läckaget? (1p)
- 1e** Beskriv det karakteristiska med ett Butterworthfilter respektive ett Besselfilter. (1p)
- 1f** Vad menas med Seebeckeffekten? (1p)

- 2.** Figuren nedan visar en koppling med ett termoelement Typ-T.
Referenspunktens temperatur mäts med en resistanstermometer av typen Pt-100.
Ohmmetern i figuren visar resistansen $112\ \Omega$ och voltmeteren visar spänningen $-1,95\ \text{mV}$.
Vilken temperatur har mätpunkten i figuren nedan? (4p)

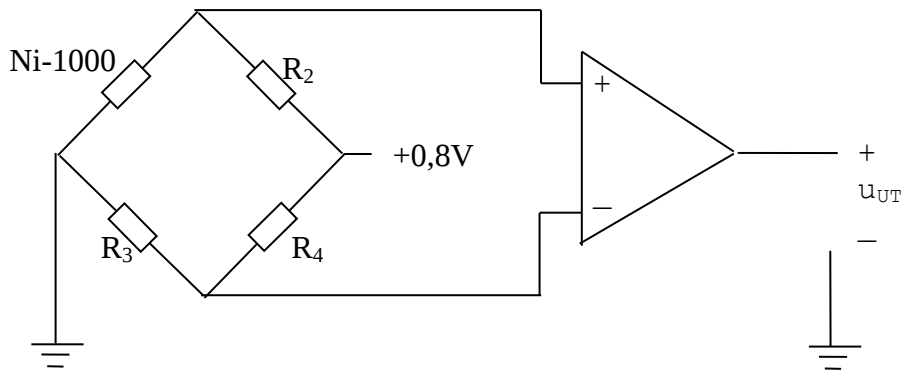


- 3.** En 350-ohms töjningsgivare med givarfaktor $2,09$ sitter klistrad på en stång med längden $1,80\text{m}$. Givaren är monterad för att mäta stångens töjning i längdriktningen. Töjningsgivaren och 3 stycken 350 ohms resistorer är kopplade i en Wheatstonebrygga som matas med $1,5\text{V}$.
Hur stor blir bryggans utspänning om stången förlängs $0,3\text{mm}$? (3p)

Chalmers Tekniska Högskola
Institutionen för Signaler och System

4. En instrumentförstärkare används för att förstärka signalen från en Ni-1000 givare som är kopplad i en Wheatstonebrygga. Se figur nedan. $R_2 = R_3 = R_4 = 1000 \Omega$.
 Antag att Ni-1000 givarens temperatur är 105°C .
 Bestäm önskat CMRR för instrumentförstärkaren så att felet i utspänningen på grund av Common Mode-spänningar är max 0.2% .

(4p)



5. En signal $y(t)$ är bandbredds begränsad med ett korrekt dimensionerat antialiasingfilter. Signalen $y(t)$ kopplas till en FFT-analysator. Signalen samplas med samplingshastigheten 2000 S/s under tiden: $0 \leq t \leq 8 \text{ ms}$.
 Den insamlade datamängden ger följande resultat från FFT-analysatorn:

k	0	1	2	3	4	5	6	7
$Y(k)$	2	0	$3+j4$	0	0	0	$3-j4$	0

Bestäm ett exakt uttryck för signalen $y(t)$.

(5p)

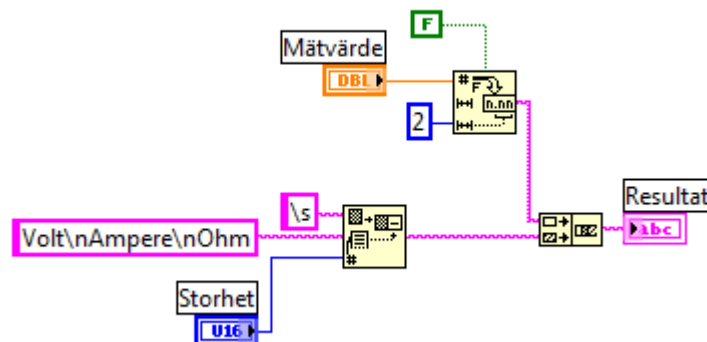
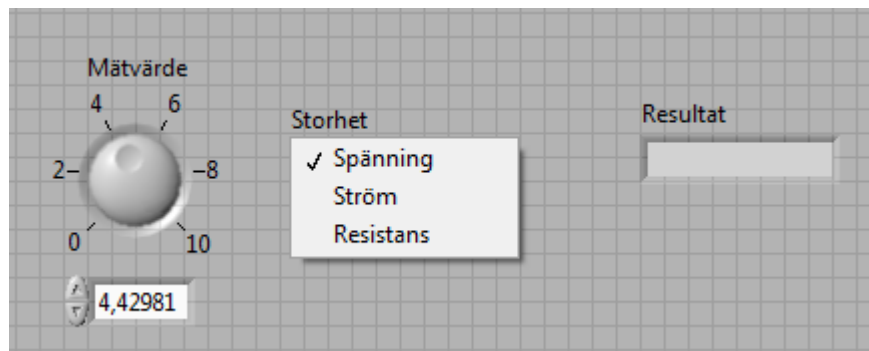
6. En sinusoscillator med utfrekvens 258 kHz ansluts till ingången på ett digitalt minnesoscilloskop av typen Tektronix TDS320. Minnesoscilloskopet har följande inställningar:
 Vertikalförstärkare: 100 mV/Div , Horisontalförstärkare 2.5 ms/Div , Samplingshastighet 20 kS/s .
 Vilken frekvens kan man avläsa på oscilloskopets bildskärm? (3p)

Chalmers Tekniska Högskola
Institutionen för Signaler och System

7. I LabVIEW finns ett antal kortkommandon. Vad händer vid följande kommandon?

CTRL+E	(1p)
CTRL+B	(1p)
CTRL+L	(1p)

8. Nedanstående figur visar panelfönster och tillhörande diagramfönster för ett LabVIEW-program. I diagramfönstret är strängkonstanterna presenterade i formatet `""\ 'Codes Display"`.

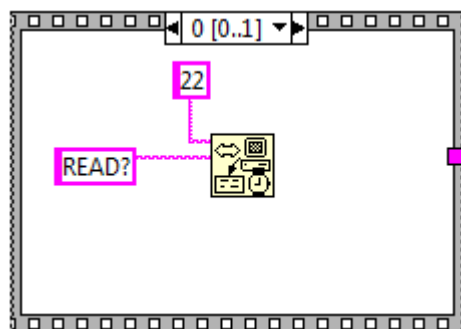
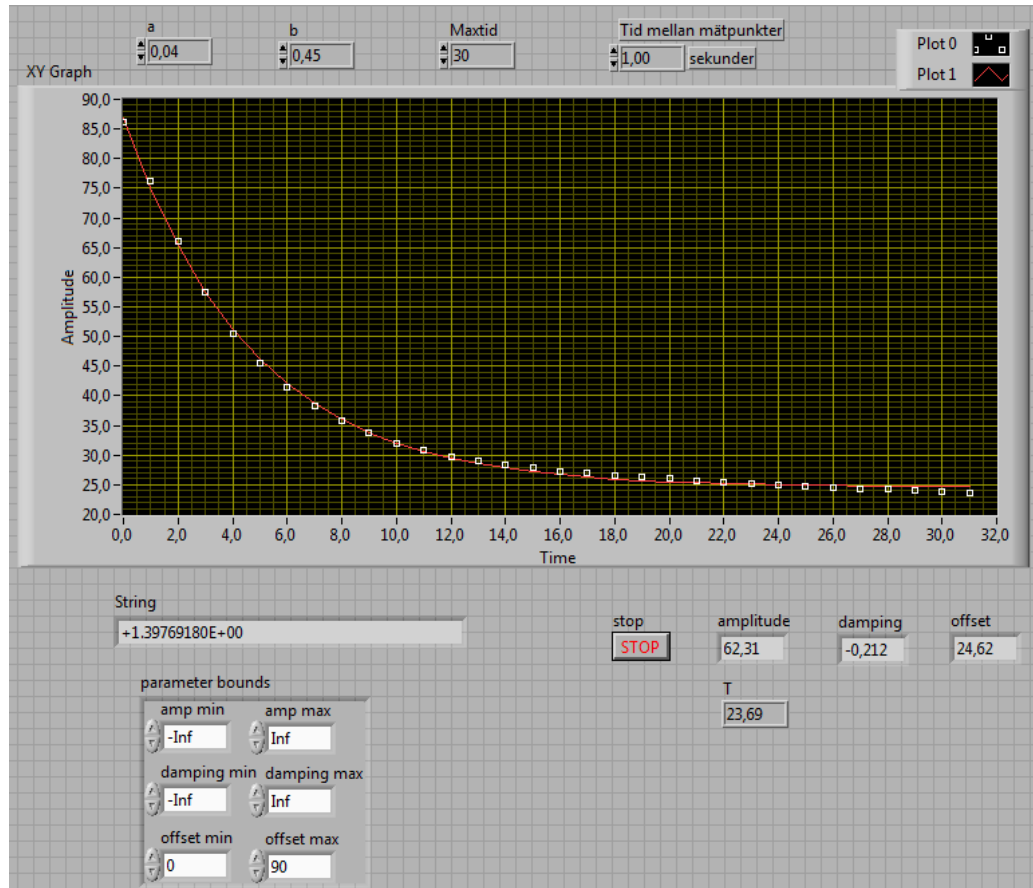


- Vad kommer det att stå i rutan "Resultat" efter en programkörning när resultatet presenteras i formatet "Normal Display"? (4p)
- Vad står det i samma ruta när formatet ändras till `""\ 'Codes Display"`? (1p)

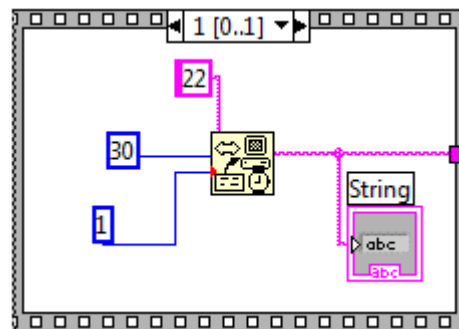
9. Nedanstående figurer visar panelfönster och tillhörande diagramfönster för ett LabVIEW-program som kommunicerar med en multimeter. Multimetern registrerar data från en temperaturgivare bestående av en spänningskälla, ett NTC-motstånd och lineariseringsmotstånd. Panelfönstret visar resultatet av ett avkylningsförlopp där givaren kylts i strömmande luft. Sekvensruta A visas också i den redovisade bilden av sekvensruta D.

Chalmers Tekniska Högskola

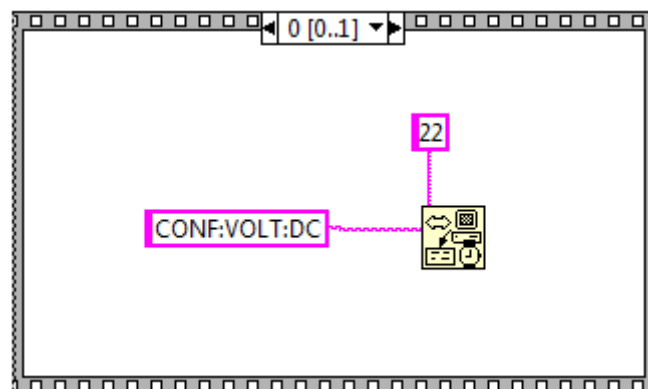
Institutionen för Signaler och System



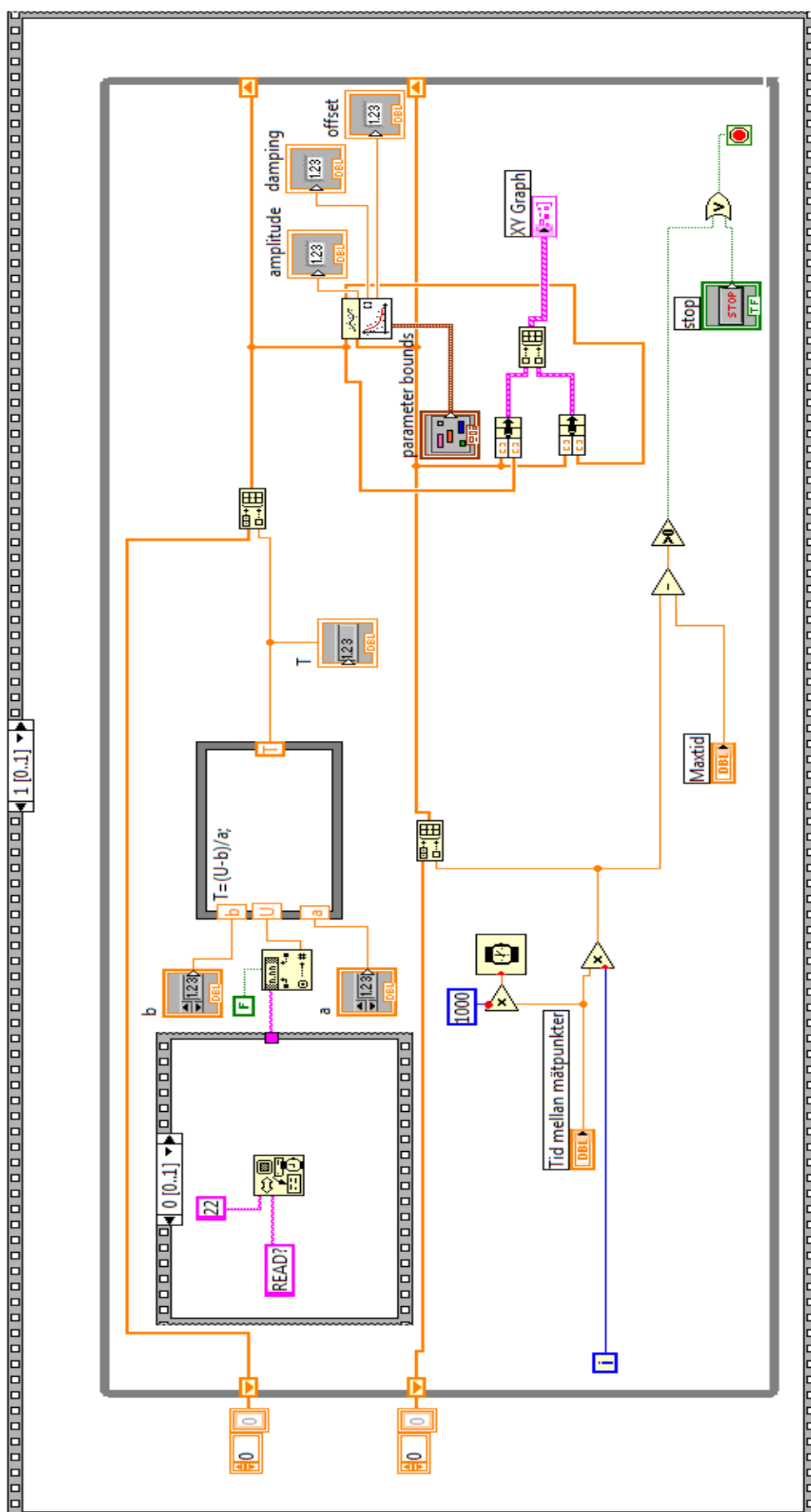
Sekvensruta A



Sekvensruta B



Sekvensruta C



Chalmers Tekniska Högskola
Institutionen för Signaler och System

- a Vilka övriga programstrukturer förutom sekvensrutor finns i programmet? (2p)
- b Beskriv programmets funktion och i vilken ordning de olika sekvenserna utförs vid en programkörning? (3p)
- c. Vilka ”kontroller” finns i panelfönstret? (1p)
- d. Vilka ”indikatorer” finns i panelfönstret? (1p)
- e. Beräkna ett värde på temperaturgivarens tidskonstant. (1p)
- f. Vilka förändringar skall göras i programmet för att mäta temperaturen med en Pt100-givare. (2p)

10

En temperaturgivare bestående av en spänningskälla, ett NTC-motstånd och lineariseringsmotstånd har kalibrerats och kalibreringen gav följande samband mellan utspänning U (V) och temperatur T (°C):

$$U = 0,0395 \cdot T + 0,342$$

I dokumentationen från kalibreringen står det att givarens mätosäkerhet i temperaturintervallet 25 - 55 °C är $\pm 0,6$ °C (säkra gränser). I en viss tillämpning skall spänningen U mätas med en portabel multimeter med $3^{3/4}$ siffrors upplösning. I manualen till multimetern kan man läsa följande data:

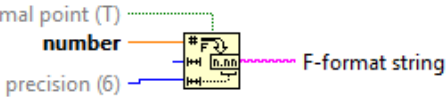
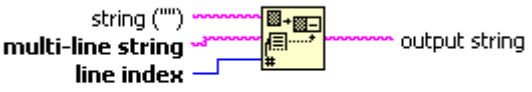
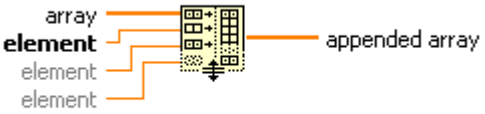
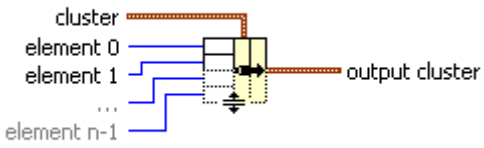
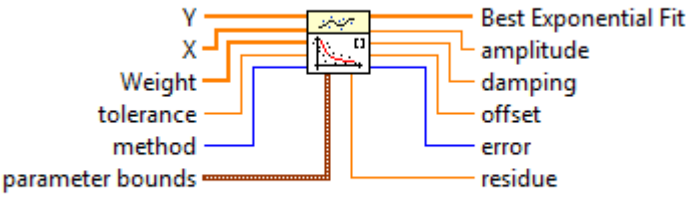
DC VOLTAGE

Range	Accuracy	Resolution
400 mV	$\pm(0,3 \% \text{ of rdg} + 1 \text{ dgt})$	100 μV
4 V		1 mV
40 V		10 mV
400 V		100 mV
1000 V	$\pm(0,5 \% \text{ of rdg} + 1 \text{ dgt})$	1 V

Vid ett visst mättillfälle uppmättes ett stabilt mätvärde på 1,573 V.

- a) Vilket mätområde användes i spänningsmätningen? (1p)
 - b) Sätt upp ett uttryck för temperaturen och ange mätvärdet i °C. (1p)
 - c) Gör upp en osäkerhetsbudget och beräkna osäkerheten i temperaturvärdet ($k = 2$). (4p)
 - d) Vilken är den dominerande mätosäkerheten? (1p)
- Antag rektangulärfördelade osäkerheter där osäkerheterna är angivna med säkra gränser.

Hjälprutor

Number To Fractional String  use system decimal point (T) number precision (6) F-format string Converts number to an F-format (fractional notation), floating-point string at least width characters wide or wider if necessary.	Pick Line  string (\"'\") multi-line string line index output string Chooses a line from multi-line string and appends that line to string.
Build Array  array element element element appended array Concatenates multiple arrays or appends elements to an n-dimensional array.	Bundle  cluster element 0 element 1 ... element n-1 output cluster Assembles a cluster from individual elements.
NI_AALPro.lvlib:Exponential Fit.vi  Y X Weight tolerance method parameter bounds Best Exponential Fit amplitude damping offset error residue Returns the exponential fit of a data set (X, Y) using the Least Square, Least Absolute Residual, or Bisquare method. Exponential Fit Details This VI uses the iterative general Least Square method and the Levenberg-Marquardt method to fit data to an exponential curve of the general form described by the following equation: $f = ae^{bx} + c$ where x is the input sequence X, a is amplitude, b is damping, and c is offset. This VI finds the values of a, b, and c that best fit the observations (X, Y). The following equation specifically describes the exponential curve resulting from the exponential fit algorithm: $y[i] = ae^{bx[i]} + c$	

Formelsamling i elektrisk mätteknik

2. Givare

Resistans i ledare

$$R = \rho \cdot \frac{L}{A} \quad \text{där} \quad \rho = 1,7 \cdot 10^{-2} \quad [\Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}] \quad \text{för koppar}$$

Wheatstonebrygga

Kvartsbrygga: $U_b = \frac{dR}{4 \cdot R + 2 \cdot dR} \cdot U \approx \frac{1}{4} \cdot \frac{dR}{R} \cdot U \quad \text{då} \quad dR \ll R$

Halvbrygga: $U_b \approx \frac{1}{2} \cdot \frac{dR}{R} \cdot U \quad \text{då} \quad dR \ll R$

Helbrygga: $U_b = \frac{dR}{R} \cdot U$

Motståndstermometer

$$R = R_0(1 + \gamma T), \quad \text{där} \quad T = \text{Temperatur i } [^{\circ}\text{C}]$$

$\gamma = 3,85 \cdot 10^{-3} [^{\circ}\text{C}^{-1}] \quad \text{för platina}$
 $\gamma = 6,75 \cdot 10^{-3} [^{\circ}\text{C}^{-1}] \quad \text{för nickel.}$
 $\gamma = 4,33 \cdot 10^{-3} [^{\circ}\text{C}^{-1}] \quad \text{för koppar.}$

Töjningsgivare

$$\varepsilon = \frac{dL}{L} \quad r = \frac{dR}{R} \quad k_f = \frac{r}{\varepsilon}$$

3. Förstärkare

Förstärkning

$$F = \frac{u_{ut}}{u_{in}} \quad F = 20 \cdot \log \left| \frac{u_{ut}}{u_{in}} \right| \quad [\text{dB}]$$

Instrumentförstärkare

$$u_{ut} = F_{NM} \cdot u_{NM} + F_{CM} \cdot u_{CM}$$

$$CMRR = \frac{F_{NM}}{F_{CM}} \quad CMRR = 20 \cdot \log \left| \frac{F_{NM}}{F_{CM}} \right| \quad [\text{dB}]$$

4. AD-omvandlare

$$\Delta U = \frac{U_{REF}}{2^n} \quad D_{ut} = \text{round} \left(\frac{u_{in}}{\Delta U} \right) \quad u_{in} = D_{ut} \cdot \Delta U \pm \frac{1}{2} \Delta U$$

5. Frekvensanalysatorer

$$X(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \cdot e^{-j\omega t} dt$$

$$X(k) = \frac{1}{T} \int_0^T x(t) \cdot e^{-jk\omega_0 t} dt, \quad \omega_0 = \frac{2\pi}{T}$$

$$X(\Omega) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x(n) \cdot e^{-j\Omega n} \quad \Omega = 2\pi \frac{f}{f_s}$$

$$X(k) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x(n) \cdot e^{-jk\Omega_0 n}, \quad \Omega_0 = \frac{2\pi}{N}$$

$$\text{DFT: } X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) \cdot e^{-jk\Omega_0 n}, \quad \Omega_0 = \frac{2\pi}{N} \quad \Delta f = \frac{f_s}{N}$$

6. Medelvärdesbildning

$$\text{Väntevärde: } E(X) = \mu \approx \bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$$

$$\text{Varians: } V(X) = \sigma^2 \approx \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2$$

$$SNR = \frac{\mu}{\sigma}$$

$$\text{Medelvärdesbildning: } \sigma_{ny} = \frac{\sigma}{\sqrt{N}}$$

8. Anslutning av mätsignalen

$$\text{Reflektionskoefficient: } r = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0}$$

9. Databehandling

Polynomansättning: $f(x) = c_0 + c_1x + c_2x^2 + \dots$ Minstakvadratlösningen ges av:

$$C = (A^T A)^{-1} A^T M, \text{ där}$$

$$C = \begin{pmatrix} c_0 \\ c_1 \\ c_2 \\ \vdots \end{pmatrix} = \text{Koefficientmatrisen}$$

$$A = \begin{pmatrix} 1 & x_1 & x_1^2 & \dots \\ 1 & x_2 & x_2^2 & \dots \\ 1 & x_3 & x_3^2 & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots \end{pmatrix} = \text{Observationsmatrisen}$$

$$M = \begin{pmatrix} y_1^m \\ y_2^m \\ y_3^m \\ \vdots \end{pmatrix} = \text{Mätdata matrisen}$$

10. Mätosäkerheten

$$y_0 = \hat{y} \pm 2 \cdot u(\hat{y}), \quad \text{där} \quad u^2(\hat{y}) = \sum_i u_i^2(y) = \text{totala variansen.}$$

Typ A-osäkerhet: $u(y) = \frac{s(y)}{\sqrt{n}}$ där $s(y)$ = standardavvikelsen (uppskattad) och n = antalet medelvärdesbildningar.

Typ B-osäkerhet (homogen fördelning): $u(y) = \frac{1}{\sqrt{3}} \delta y$, där δy är de säkra gränserna i en homogen fördelning.

Sammansatt mätstorhet: $y_0 = f(x_1, x_2, \dots, x_N) \Rightarrow u_i(\hat{y}) = c_i \cdot u(x_i)$, där

$$c_i = \text{känslighetskoefficienten} = \left. \frac{\partial f}{\partial x_i} \right|_{x_i = \hat{x}_i}$$

$$u^2(\hat{y}) = \sum_i u_i^2(\hat{y}) = \sum_i \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 \cdot u^2(x_i)$$

11. Störningar i mätsystem

Johnsonbrus: $e_N = \sqrt{4kTRB}$, där $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \left[\frac{\text{J}}{\text{K}} \right]$, T = Temperatur i [K]

Brustäthet: $\alpha = \frac{e_N}{\sqrt{B}} \left[\frac{\text{V}}{\sqrt{\text{Hz}}} \right]$

13. Mätssystemets dynamiska egenskaper

1:a ordningens system: $H(s) = \frac{K}{s \cdot \tau_0 + 1}$ $B = \frac{1}{2\pi\tau_0} \text{ [Hz]}$

Stigtid: $t_r \approx 2,2 \cdot \tau_0 \approx \frac{0,35}{B}$ Total stigtid: $t_{r,tot} = \sqrt{t_{r1}^2 + t_{r2}^2 + t_{r3}^2 + \dots}$

2:a ordningens system: $H(s) = \frac{1}{\frac{1}{\omega_0^2} s^2 + \frac{2\xi}{\omega_0} s + 1}$ där:

ω_0 = odämpade egenfrekvensen

ξ = dämpfaktorn