



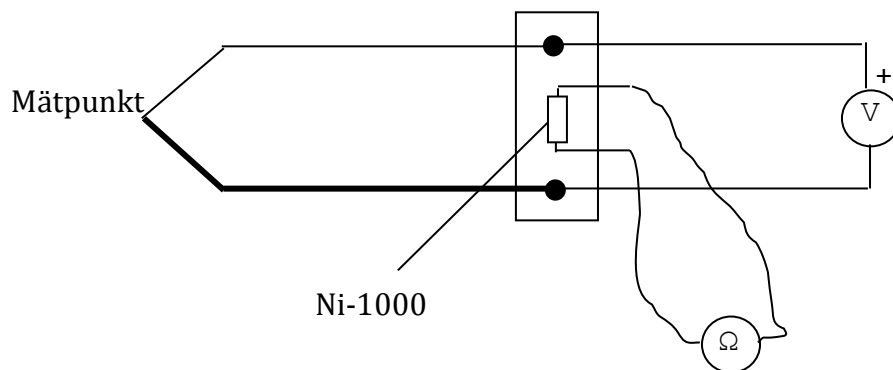
TENTAMEN

KURSNAMN	Elektriska mätsystem och mätmetoder
PROGRAM:	Elektroingenjör Åk 2 / lp 3
KURSBETECKNING	LET 271
EXAMINATOR	Göran Hult
TID FÖR TENTAMEN	2014-08-22, Kl 14.00-18.00
HJÄLPMEDEL	Typgodkänd miniräknare
ANSV LÄRARE: Telnr Besöker tentamen	Göran Hult 070-5589009 Ca Kl 16.00
DATUM FÖR ANSLAG	Granskning se kurshemsida
ÖVRIG INFORM.	Tentamen består av 50 poäng Betygsgränser: 20/30/40

- 1a** Ange 2 skäl till varför det är ur störningssynpunkt är lämpligt att använda lågohmiga givare (1p).
- 1b** Redogör i detalj för principen för 4-tråds resistansmätning och förklara varför 4-tråds resistansmätning är noggrannare än 2-trådsresistansmätning! (2p)
- 1c** Ange 2 skäl till varför man ofta använder fler än 1 töjningsgivare då man vill mäta töjning med hjälp av resistiva töjningsgivare i en Wheatstonebrygga. (1p)
- 1d** Vad är fördelarna respektive nackdelarna med ett Besselfilter i förhållande till ett Butterworthfilter? (1p)
- 1e** Hur skyddar man sig mot kapacitivt kopplade störningar?
Ange den viktigaste metoden samt ytterligare en metod. (1p)

- 2.** En 350-ohms töjningsgivare med givarfaktor 2,09 sitter tillsammans med tre 350-ohms resistorer på en stång med längden 1,80m. Givaren är monterad för att mäta stångens töjning i längdriktningen. Givaren och resistorerna är kopplade i en brygga som matas med 1,2V.
Hur mycket har stången förlängt sig om bryggans utspänning är 0,28 mV? (3p)

- 3.** Figuren nedan visar en koppling med ett termoelement Typ-T.
Vilken temperatur har mätpunkten i figuren nedan?
Referenspunktens temperatur mäts med en resistanstermometer av typen Ni-1000.
Ohmmetern visar resistansen 1,3 k Ω och voltmetern visar spänningen 3,0 mV. (4p)

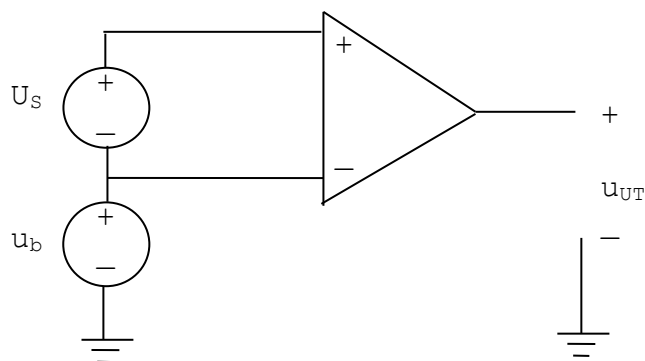


- 4.** En signal $y(t)$ är bandbredds begränsad med ett korrekt dimensionerat antialiasingfilter. Signalen $y(t)$ kopplas till en FFT-analysator. Signalen samplas med samplingshastigheten 250 S/s under "datainsamlingstiden" 64 ms.
Den insamlade datamängden ger följande resultat från FFT-analysatorn:

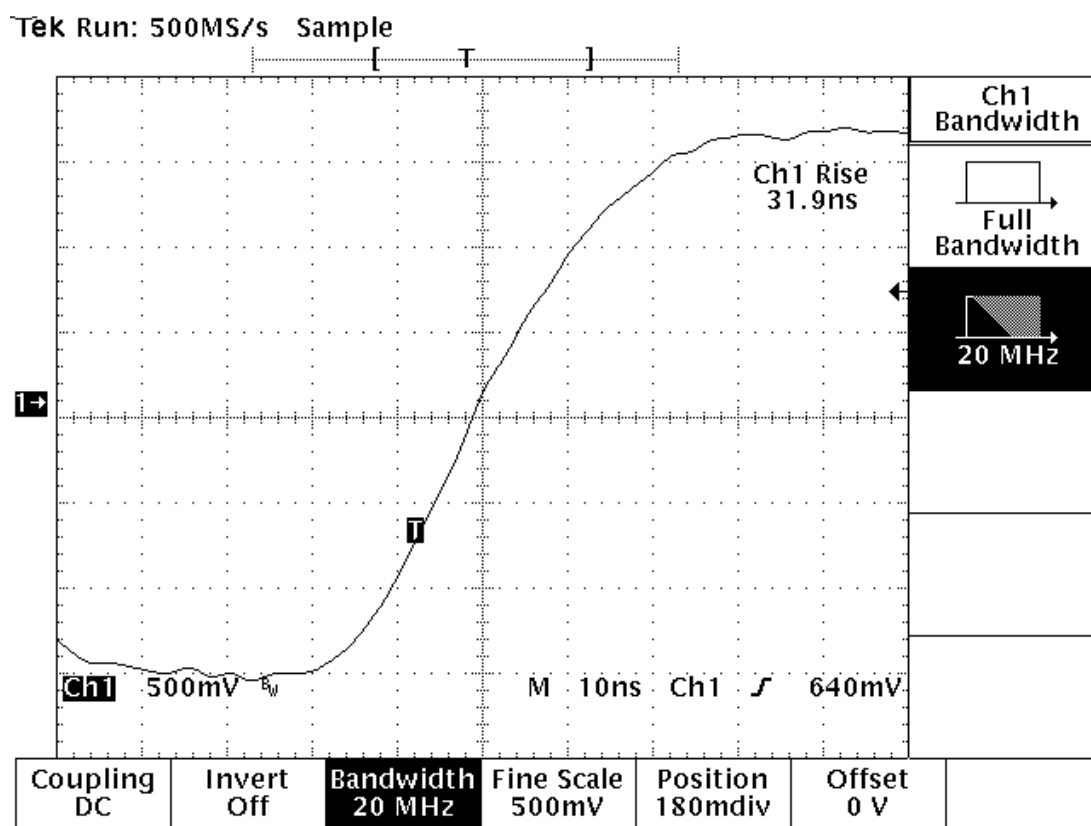
k	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$Y(k)$	2	0	3-j	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3+j	0

Bestäm ett exakt uttryck för signalen $y(t)$. (5p)

5. En spänning $U_s=10\text{ mV}$ från en givare är överlagrad på en sinusformad, 50 Hz, brumspänning u_b , vars toppvärde är 5,0 V. Givaren är kopplad till en instrumentförstärkare. Beräkningsschema syns i figuren nedan. Bestäm normalmode förstärkning och CMRR för instrumentförstärkaren om man önskar att nyttsignalen ut från förstärkaren är 2,0 V samt att 50 Hz brumspänningens toppvärde på förstärkarens utgång skall vara maximalt 1% av nyttsignalen. (4p)



6. En givare avger en pulsformad signal. Signalen ansluts till en förstärkare med bandbredden 30 MHz. Då man kopplar utgången på förstärkaren till ingången på ett oscilloskop av typen Tektronix TDS 320 erhåller man oscilloskopbilden nedan för en pulsflank. Hur stor är stigtiden för den pulsformade signalen på givarens utgång? (3p)



7.

Nedanstående figur visar diagramfönster för ett LabVIEW-program som kommunicerar med en godtycklig vågformsgenerator.

En datafil som innehåller följande sträng ges som input:

0.000 0.1000 0.2000 0.3000 0.3000 0.3000 0.3000 0.3000 0.2000 0.1000

- Vad innehåller *output1* efter att ha kört programmet? (2p)
- Vad händer vid kommando "APPL:USER 1 KHZ, 10 VPP"? (1p)
- Varför är det viktigt att koppla "error clusters" mellan alla GPIB-block? (1p)
- Rita signalen som genereras av godtycklig vågformsgenerator. (1p)

Ledtråd: Arbitrary function generator user guide

DATA VOLATILE, <value>, <value>, ...

SCPI command that downloads floating-point values between -1 and 1 to the VOLATILE memory of the arbitrary function generator. The following statement shows how to use the DATA VOLATILE command to download nine points to volatile memory:

"DATA VOLATILE, 1,0.75,0.5,0.25,0,-0.25,-0.5,-0.75,-1"

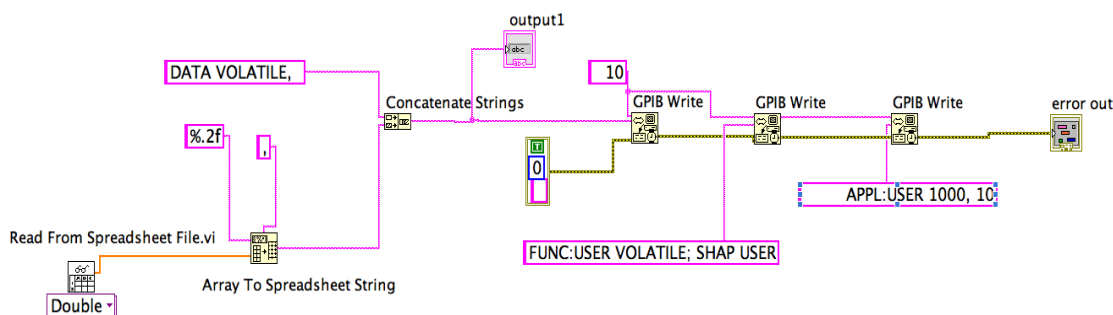
FUNCtion:USER {<arb name>|VOLATILE}

Select one of the five built-in arbitrary waveforms, one of four user-defined waveforms, or the waveform currently downloaded to VOLATILE memory. The names of the five built-in arbitrary waveforms are: "SINC", "NEG_RAMP", "EXP_RISE", "EXP_FALL", and "CARDIAC".

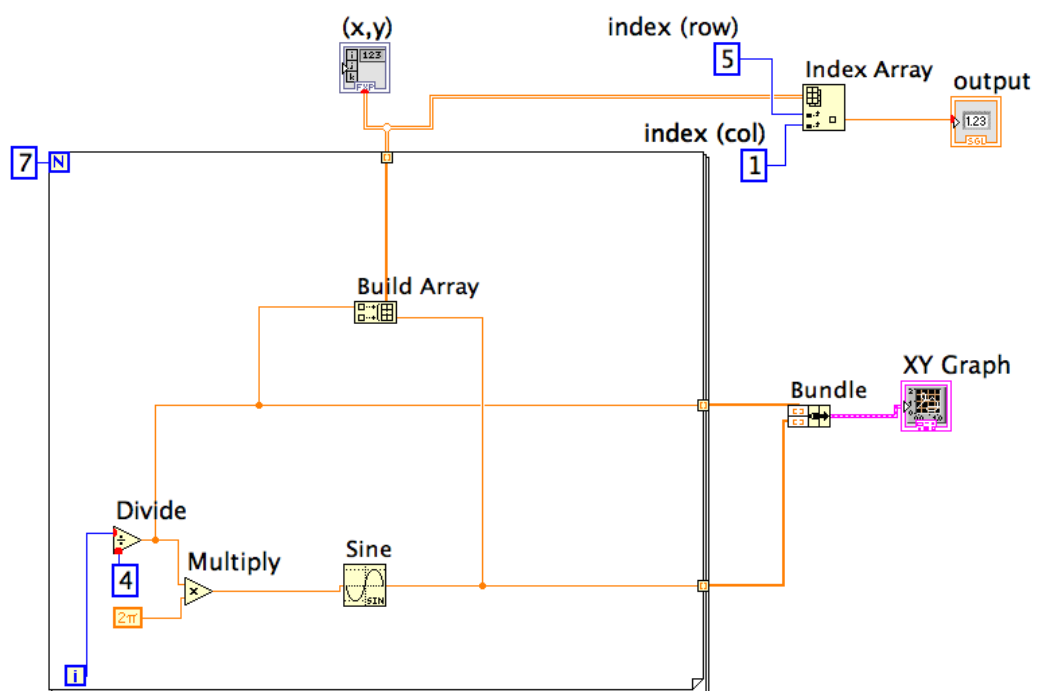
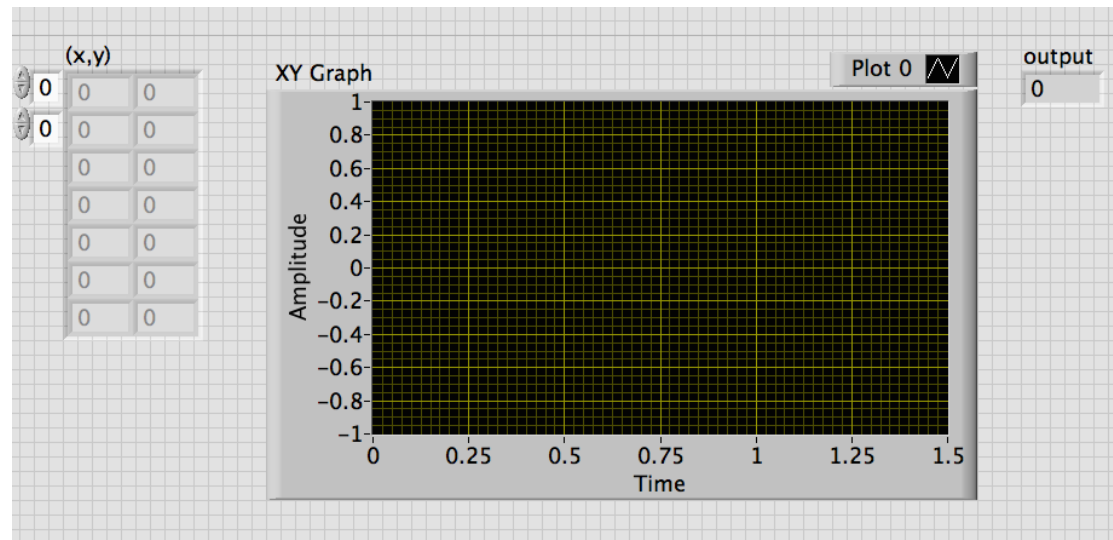
To select the waveform currently stored in volatile memory, specify the VOLATILE parameter. The keyword "VOLATILE" does not have a short form. The correct syntax is: "FUNC:USER VOLATILE". The FUNC:USER command *does not* output the selected waveform. Use the FUNC:SHAP USER command to output the waveform.

APPLY:USER [<frequency> [,<amplitude> [,<offset>]]]

Output the arbitrary waveform currently selected by the FUNC:USER command. The waveform is output using the specified frequency, amplitude, and dc offset. The waveform is output as soon as the command is executed.



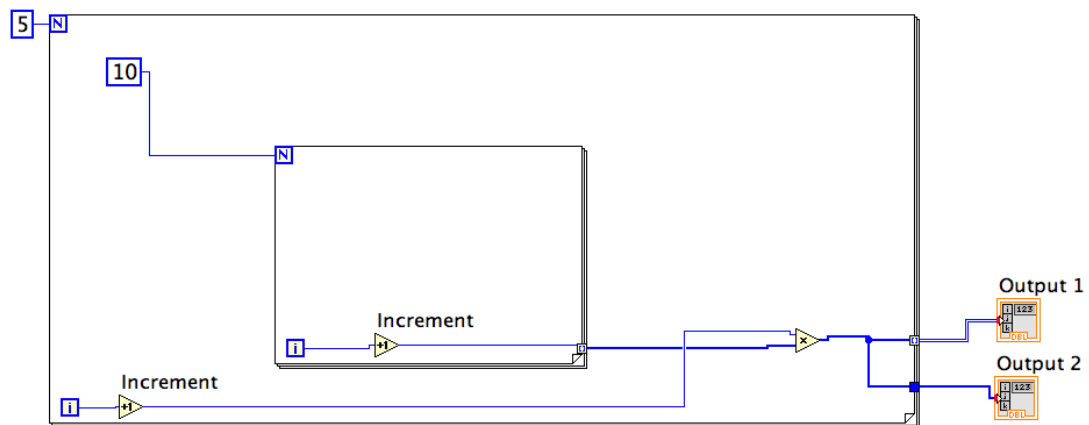
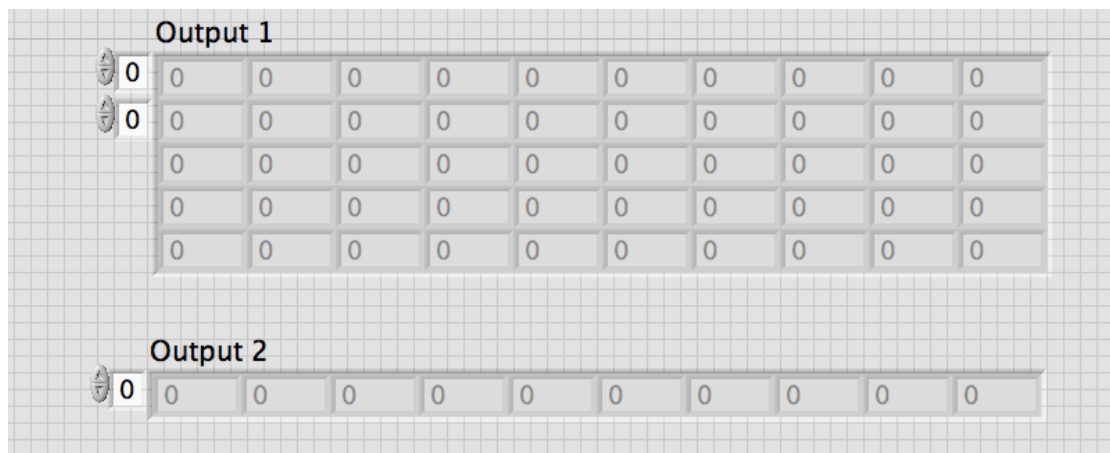
Nedanstående figurer visar panelfönster och tillhörande diagramfönster för ett LabVIEW-program.



- Förklara hur "For loop" fungerar i LabVIEW (1p)
- Du kör programmet . Vad läser du av i indikatorn (x,y)? (2p)
- Vad läser du av i indikatorn "output"? (1p)
- Rita upp utsignalen från XY Graph (2p)

9.

Nedanstående figurer visar panelfönster och tillhörande diagramfönster för ett LabVIEW-program.



- Vad innehåller Output1 efter att programmet ha kört? (2p)
- Vad innehåller Output2 efter att programmet ha kört? (1p)
- Förklara hur "auto-indexing" fungerar i LabVIEW (2p)

10.

En multimeter används för att mäta en likspänning.
De uppmätta värdena är:

0,500021 V
0,499994 V
0,499996 V
0,500045 V
0,500042 V
0,500020 V

a) Gör en punktskattning av likspänningens väntevärde. (1p)

b) Bestäm standardavvikelsen för likspänningen (Typ A). (1p)

c) Bestäm 95%-iga konfidensintervallet (Tips: Använd tabellen för kritiska värden för t-fördelningen). (1p)

d) Enligt manualen anges noggrannheten till "*14e-6 of the reading plus 2e-6 of the range*" (säkra gränser); använd 1 V för *range*. Beräkna den totala standardavvikelsen (Typ A och Typ B) (2p)

e) Antag att spänningsvärdet mäts över ett motstånd R på 100 ohm. Beräkna strömmen I som flyter genom motståndet. (1p)

f) Antag att

$$R = 100,00 \pm 0,06 \Omega$$

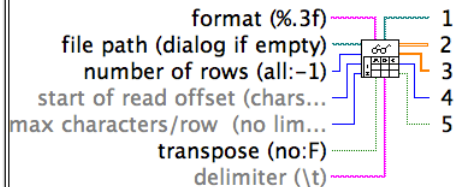
(säkra gränser). Beräkna den totala standardavvikelsen på strömmen. (3p)

Tabell: t-fördelningen

Antal sampel	Kritiska värden (coverage factor)
2	12,71
3	4,30
4	3,18
5	2,78
6	2,57
7	2,45
8	2,37

Hjälprutor

Macintosh HD:...ty.file.IIb:Read From Spreadsheet File.vi

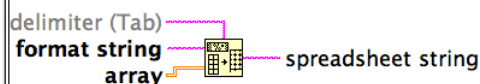


Outputs

- 1 new file path (Not A Path i...
- 2 all rows
- 3 first row
- 4 mark after read (chars.)
- 5 EOF?

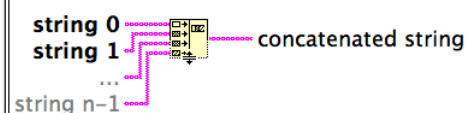
Reads a specified number of lines or rows from a numeric text file beginning at a specified character offset and converts the data to a 2D, double-precision array of numbers, strings, or integers. You must manually select the polymorphic instance you want to use.

Array To Spreadsheet String



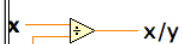
Converts an array of any dimension to a table in string form, containing tabs separating column elements, a platform-dependent EOL character separating rows, and, for arrays of three or more dimensions, headers separating pages.

Concatenate Strings



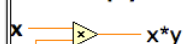
Concatenates input strings and 1D arrays of strings into a single output string. For array inputs, this function concatenates each element of the array.

Divide



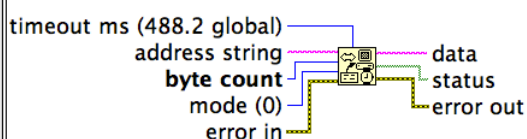
Computes the quotient of the inputs.

Multiply



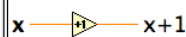
Returns the product of the inputs.

GPIB Read



Reads **byte count** number of bytes from the GPIB device at **address string**.

Increment



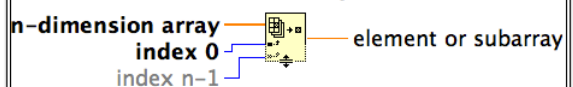
Adds 1 to the input value.

Sine



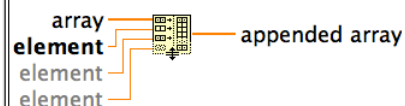
Computes the sine of **x**, where **x** is in radians.

Index Array



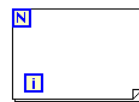
Returns the **element or subarray** of **n-dimension array** at **index**.

Build Array



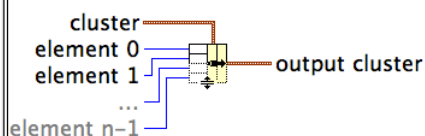
Concatenates multiple arrays or appends elements to an **n-dimensional array**.

For Loop



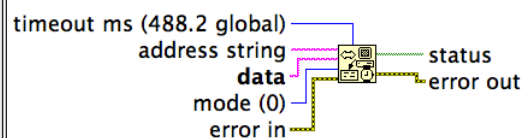
Executes its subdiagram **n** times, where **n** is the value wired to the count (**N**) terminal. The iteration (**i**) terminal provides the current loop iteration count, which ranges from 0 to **n-1**.

Bundle



Assembles a cluster from individual elements.

GPIB Write



Writes **data** to the GPIB device identified by **address string**.

Formelsamling i elektrisk mätteknik 2014

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

$$R = R_0(1 + \gamma T), \quad \text{där} \quad T = \text{Temperatur i } [^{\circ}\text{C}]$$
$$\gamma = 3,85 \cdot 10^{-3} [^{\circ}\text{C}^{-1}] \quad \text{för platina}$$
$$\gamma = 6,75 \cdot 10^{-3} [^{\circ}\text{C}^{-1}] \quad \text{för nickel.}$$
$$\gamma = 4,33 \cdot 10^{-3} [^{\circ}\text{C}^{-1}] \quad \text{för koppar.}$$

Termoelement

$$U = E_{AB}(T_2 \rightarrow 0^{\circ}) - E_{AB}(T_1 \rightarrow 0^{\circ})$$

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. Frekvensanalyser

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

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

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

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

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. Mätsystemets dynamiska egenskaper

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

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

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

ω_0 = odämpade egenfrekvensen

ζ = dämpfaktorn

Termoelementstabell, typ-T

Nedan följer en tabell över termoelementk:n (i mV) för ett termoelement av typ T. Typ T består av koppar-konstantan¹ och används i intervallet -260 C till 390 C.

°C	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1
-260	-6,258	-6,256	-6,255	-6,253	-6,251	-6,248	-6,245	-6,242	-6,239	-6,236
-250	-6,232	-6,228	-6,223	-6,219	-6,214	-6,209	-6,204	-6,198	-6,193	-6,187
-240	-6,180	-6,174	-6,167	-6,160	-6,153	-6,146	-6,138	-6,130	-6,122	-6,114
-230	-6,105	-6,096	-6,087	-6,078	-6,068	-6,059	-6,049	-6,038	-6,028	-6,017
-220	-6,007	-5,996	-5,985	-5,973	-5,962	-5,950	-5,938	-5,926	-5,914	-5,901
-210	-5,888	-5,876	-5,863	-5,850	-5,836	-5,823	-5,809	-5,795	-5,782	-5,767
-200	-5,753	-7,739	-5,724	-5,710	-5,695	-5,680	-5,665	-5,650	-5,634	-5,619
-190	-5,603	-5,587	-5,571	-5,555	-5,539	-5,523	-5,506	-5,489	-5,473	-5,456
-180	-5,439	-5,421	-5,404	-5,387	-5,369	-5,351	-5,334	-5,316	-5,297	-5,279
-170	-5,261	-5,242	-5,224	-5,205	-5,186	-5,167	-5,148	-5,128	-5,109	-5,089
-160	-5,070	-5,050	-5,030	-5,010	-4,989	-4,969	-4,949	-4,928	-4,907	-4,886
-150	-4,865	-4,844	-4,823	-4,802	-4,780	-4,759	-4,737	-4,715	-4,693	-4,671
-140	-4,648	-4,626	-4,604	-4,581	-4,558	-4,535	-4,512	-4,489	-4,466	-4,443
-130	-4,419	-4,395	-4,372	-4,348	-4,324	-4,300	-4,275	-4,251	-4,226	-4,202
-120	-4,177	-4,152	-4,127	-4,102	-4,077	-4,052	-4,026	-4,000	-3,975	-3,949
-110	-3,923	-3,897	-3,871	-3,844	-3,818	-3,791	-3,765	-3,738	-3,711	-3,684
-100	-3,657	-3,629	-3,602	-3,574	-3,547	-3,519	-3,491	-3,463	-3,435	-3,407
-90	-3,379	-3,350	-3,322	-3,293	-3,264	-3,235	-3,206	-3,177	-3,148	-3,118
-80	-3,089	-3,059	-3,030	-3,000	-2,970	-2,940	-2,910	-2,879	-2,849	-2,818
-70	-2,788	-2,757	-2,726	-2,695	-2,664	-2,633	-2,602	-2,571	-2,539	-2,507
-60	-2,476	-2,444	-2,412	-2,380	-2,348	-2,316	-2,283	-2,251	-2,218	-2,186
-50	-2,153	-2,120	-2,087	-2,054	-2,021	-1,987	-1,954	-1,920	-1,887	-1,853
-40	-1,819	-1,785	-1,751	-1,717	-1,683	-1,648	-1,614	-1,579	-1,545	-1,510
-30	-1,475	-1,440	-1,405	-1,370	-1,335	-1,299	-1,264	-1,228	-1,192	-1,157
-20	-1,121	-1,085	-1,049	-1,013	-0,976	-0,940	-0,904	-0,867	-0,830	-0,794
-10	-0,757	-0,720	-0,683	-0,646	-0,608	-0,571	-0,534	-0,496	-0,459	-0,421
0	-0,383	-0,345	-0,307	-0,269	-0,231	-0,193	-0,154	-0,116	-0,077	-0,039

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0,000	0,039	0,078	0,117	0,156	0,195	0,234	0,273	0,312	0,352
10	0,391	0,431	0,470	0,510	0,549	0,589	0,629	0,669	0,709	0,749
20	0,790	0,830	0,870	0,911	0,951	0,992	1,033	1,074	1,114	1,155
30	1,196	1,238	1,279	1,320	1,362	1,403	1,445	1,486	1,528	1,570
40	1,612	1,654	1,696	1,738	1,780	1,823	1,865	1,908	1,950	1,993
50	2,036	2,079	2,122	2,165	2,208	2,251	2,294	2,338	2,381	2,425
60	2,468	2,512	2,556	2,600	2,643	2,687	2,732	2,776	2,820	2,864
70	2,909	2,953	2,998	3,043	3,087	3,132	3,177	3,222	3,267	3,312
80	3,358	3,403	3,448	3,494	3,539	3,585	3,631	3,677	3,722	3,768
90	3,814	3,860	3,907	3,953	3,999	4,046	4,092	4,138	4,185	4,232
100	4,279	4,325	4,372	4,419	4,466	4,513	4,561	4,608	4,655	4,702
110	4,750	4,798	4,845	4,893	4,941	4,988	5,036	5,084	5,132	5,180
120	5,228	5,277	5,325	5,373	5,422	5,470	5,519	5,567	5,616	5,665
130	5,714	5,763	5,812	5,861	5,910	5,959	6,008	6,057	6,107	6,156
140	6,206	6,255	6,305	6,355	6,404	6,454	6,504	6,554	6,604	6,654
150	6,704	6,754	6,805	6,855	6,905	6,956	7,006	7,057	7,107	7,158
160	7,209	7,260	7,310	7,361	7,412	7,463	7,515	7,566	7,617	7,668
170	7,720	7,771	7,823	7,874	7,926	7,977	8,029	8,081	8,133	8,185
180	8,237	8,289	8,341	8,393	8,445	8,497	8,550	8,602	8,654	8,707
190	8,759	8,812	8,865	8,917	8,970	9,023	9,076	9,129	9,182	9,235
200	9,288	9,341	9,395	9,448	9,501	9,555	9,608	9,662	9,715	9,769
210	9,882	9,936	9,990	10,043	10,097	10,150	10,204	10,257	10,310	10,363
220	10,417	10,471	10,525	10,579	10,633	10,687	10,741	10,795	10,849	10,903
230	10,957	11,011	11,065	11,119	11,173	11,227	11,281	11,335	11,389	11,443
240	11,497	11,551	11,605	11,659	11,713	11,767	11,821	11,875	11,929	11,983
250	12,037	12,091	12,145	12,199	12,253	12,307	12,361	12,415	12,469	12,523
260	12,577	12,631	12,685	12,739	12,793	12,847	12,901	12,955	13,009	13,063
270	13,117	13,171	13,225	13,279	13,333	13,387	13,441	13,495	13,549	13,603
280	13,657	13,711	13,765	13,819	13,873	13,927	13,981	14,035	14,089	14,143
290	14,197	14,251	14,305	14,359	14,413	14,467	14,521	14,575	14,629	14,683
300	14,737	14,791	14,845	14,899	14,953	15,007	15,061	15,115	15,169	15,223
310	15,277	15,331	15,385	15,439	15,493	15,547	15,601	15,655	15,709	15,763
320	15,817	15,871	15,925	15,979	16,033	16,087	16,141	16,195	16,249	16,303
330	16,357	16,411	16,465	16,519	16,573	16,627	16,681	16,735	16,789	16,843
340	16,897	16,951	17,005	17,059	17,113	17,167	17,221	17,275	17,329	17,383