

Elektriska mätsystem och mätmetoder

Laboration 2

Instrumentförstärkare, Temperatur- och töjningsgivare

Giuseppe Durisi, Göran Hult, Jessica Chani & Sven Jacobsson

Chalmers tekniska högskola

2016

Obs! Denna laboration innehåller hemuppgifter som skall vara gjorda *innan* labtillfället!

0 Förberedelse

Följande uppgifter skall vara gjorda *innan* labbtillfället!

1. Studera instrumentförstärkaren INA126:s datablad och rita ett förslag på ett kopplingsschema om förstärkningen ska vara $F_{NM} = 10$. Glöm inte att inkludera matningsspänningarna ± 15 V samt jordanslutningarna. Rita kopplingschemat nedan.



2. Hur ser sambandet mellan resistans och temperatur ut för en Pt-100?

.....

3. Vilken *givarkonstant* har alltså Pt-100? [$\Omega/^{\circ}\text{C}$]

4. Fyll i andra kolumnen (resistans för Pt-100 givaren) i tabell 1 på sidan 4.

5. Beräkna känsligheten för Pt-100 givarens resistans vid temperaturen 50°C , d.v.s. bestäm hur många procent som resistansen ändrar sig per $^{\circ}\text{C}$ vid temperaturen 50°C . Skriv svaret i tabell 2 på sidan 5.

6. Beräkna linjäriseringsresistansen R_{lin} i uppgift 3.

7. Ange m.h.a. ekvation 1 på sidan 7 och avsnitt 2.1.2 i kursboken, sambandet mellan den uppmätta töjningen $\varepsilon_{mätt}$ och spänningen U_b i uppgift 5.

.....

1 Mät rumstemperatur med Pt-100

Anslut Pt-100-elementet direkt till multimetern HP 34401A (vilket mätområde?). Använd 6½-siffrors noggrannhet. Mät upp resistansen både m.h.a. tvåtråds- och fyrtrådsmetoden.

Tvåtrådsmetoden: [Ω],

Fyrtrådsmetoden: [Ω].

Beräkna rumstemperaturen (se förberedelseuppgift 2).

..... [$^{\circ}\text{C}$]

Hur stort mätfel får vi i tvåtrådsfallet?

..... [Ω]

Använd ditt resultat från förberedelseuppgift 3 för att räkna ut hur många $^{\circ}\text{C}$ mätfel detta motsvarar?

..... [$^{\circ}\text{C}$]

Om vi uppskattar trådlängden mellan givaren och mätinstrumentet till 0,5 meter, vad blir då mätfelet i $^{\circ}\text{C}/\text{m}$ för denna kabel om vi använder tvåtrådsmetoden?

..... [$^{\circ}\text{C}/\text{m}$]

Antag att vi använder den här givaren för att mäta temperaturen i en uppställning där avståndet mellan givare och multimeter är 20 meter. Hur många $^{\circ}\text{C}$ fel skulle vi då mäta om vi använder tvåtrådsmetoden istället för fyrtrådsmetoden?

..... [$^{\circ}\text{C}$]

2 Mät kroppstemperatur med termoelement typ T

Anslut termoelementet av typ T till multimeterns spänningsingång (kopparledaren antas ha pluspolaritet). Värm spetsen genom att hålla fingrarna om den. Läs av spänningen och använd tabell (se appendix B i kursboken) för att översätta spänning till temperatur.

Vilken temperatur har du alltså mellan fingrarna?

..... [$^{\circ}\text{C}$]

3 Linjärisering av NTC-motstånd

I denna uppgift ska vi använda ett NTC-motstånd (en termistor) med $\alpha = 3977 \text{ K}$ och resistansen $R_{25} = 2,2 \text{ k}\Omega$ vid temperaturen 25°C .

Bestäm m.h.a. avsnitt 2.5.4 i kursboken en linjäriseringsresistans R_{lin} så att man erhåller en utspänning U_R som är approximativt linjär i temperaturområdet 20°C till 60°C .

$R_{\text{lin}} = \dots\dots\dots [\Omega]$.

Labblattan i figur 1 innehåller en spänningsregulator, LM317, som är kopplad så att den drar en konstant ström om $0,12 \text{ A}$ från den inkopplade spänningskällan E . På så sätt erhålles en förlusteffekt till kylkroppen som är i princip proportionell mot den pålagda spänningen E , för $E \leq 30 \text{ V}$. Den maximala förlusteffekten är $P_{\text{max}} = 30 \text{ V} \cdot 0,12 \text{ A} = 3,6 \text{ W}$.

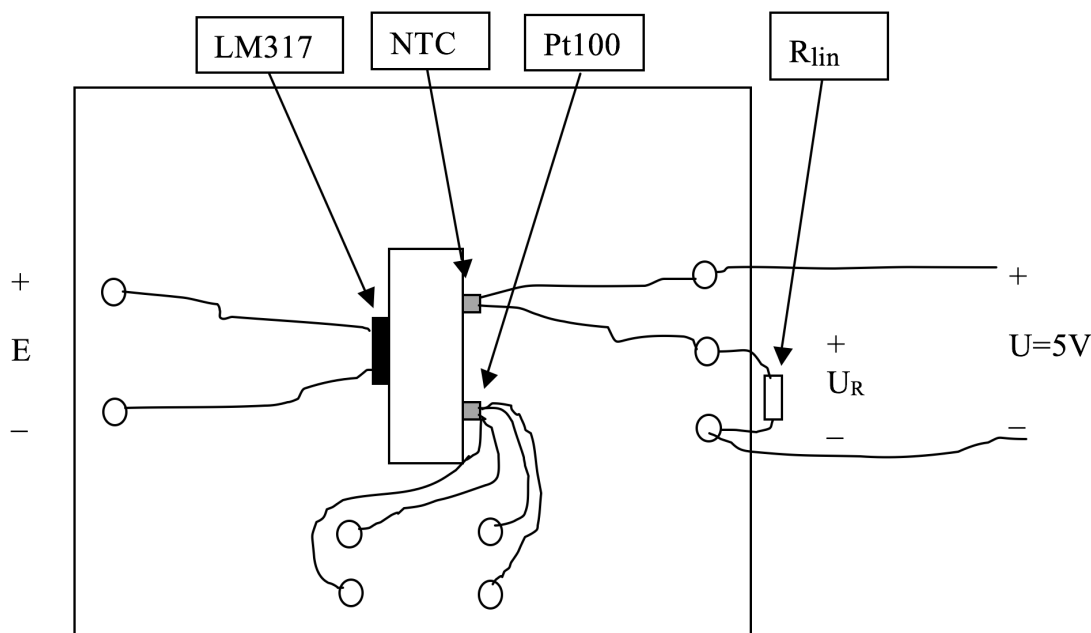


Fig. 1: Labplatta för mätning av temperatur med NTC-motstånd.

Spänningsregulatorn LM 317 är fastskruvad i en kylkropp av aluminium. Temperaturen i kylkroppen mäts dels med en Pt-100-givare och dels med ett NTC motstånd på $2,2 \text{ k}\Omega$. Eftersom kylkroppen är relativt tjock och givarna är frästa in i kylkroppen nära varandra och på lika stort avstånd från värmekällan så kan vi anta att de båda givarna mäter samma temperatur.

I mätningen antar vi att Pt-100 givaren mäter korrekt temperatur och använder den för att kalibrera NTC-givaren.

Koppla enligt figur 1. Sätt först $E = 0 \text{ V}$. Fyll i tabellen nedan med värden för resistansen för Pt-100 för aktuella temperaturer.

Mät spänningen U_R med handhållen multimeter, samt resistansen hos Pt-100 givaren med

Tabell 1: Samband mellan temperatur och spänning för Pt-100.

T [°C]	$R_{\text{Pt-100}}$ [Ω]	U_R [V]
25		
30		
35		
40		
45		
50		
55		
60		

HP-bordsmultimeter. Använd fyrtråds resistansmätning. Nu kan man öka E och då Pt-100 givarens resistans överensstämmer med tabellen noterar man värdet på U_R . Om spänningen är $E = 30$ V så kommer temperaturen att öka med cirka 5 °C/min.

Rita U_R som funktion av T i diagrammet nedan.

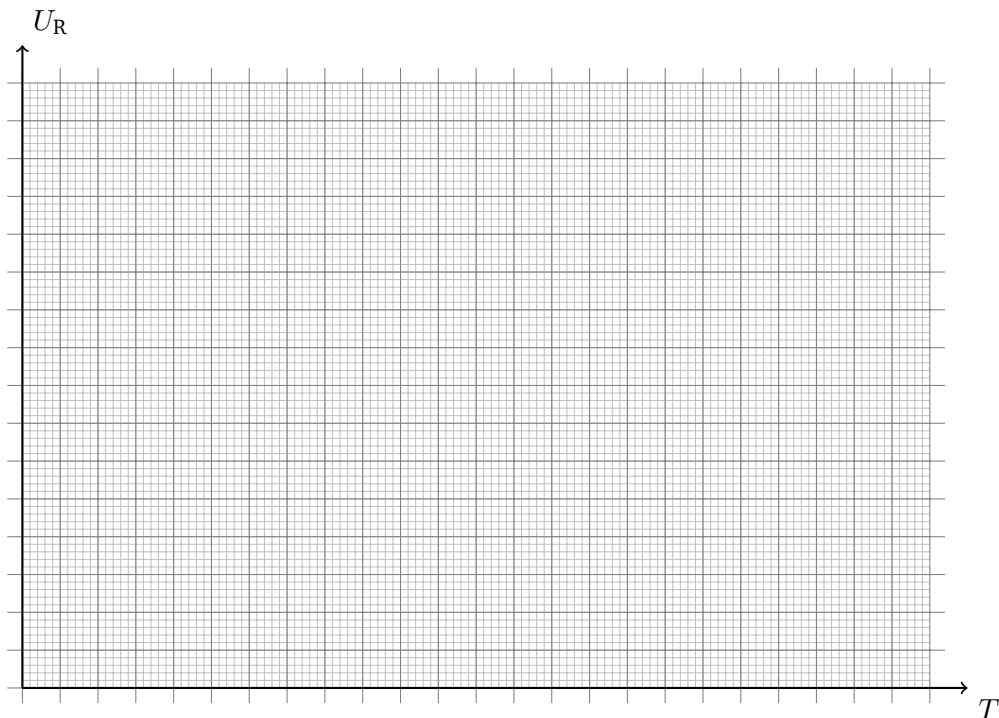


Fig. 2: Samband mellan temperatur och spänning

Anpassa en rät linje till era mätpunkter i diagrammet och anpassa en rät linje till resultatet med hjälp av räta linjens ekvation $U_R = aT + b$.

$U_R = \dots\dots\dots$ [V].

Vilken givarkonstant har alltså den linjäriserade NTC-givaren? $k = \dots\dots\dots$ [V/°C].

Bestäm känsligheten vid $T = 50$ °C för den linjäriserade NTC-givaren, d.v.s. bestäm hur många procent som utsignalen ändrar sig per °C vid temperaturen 50 °C. Jämför med känsligheten för Pt-100 givarens resistans vid temperaturen 50 °C. Fyll i tabellen nedan.

Tabell 2: Känslighet vid $T = 50$ °C.

Linjäriserad NTC [%/°C]	Pt-100 [%/°C]

Slutsats:

.....
.....
.....

Mätkopplingen för linjärisering av NTC-motstånd kan kopplas direkt till en A/D-omvandlare. Antag att spänningen U_b kopplas till oscilloskopet TBS 1052B-EDU som har en inbyggd 8-bitars A/D-omvandlare.

Om A/D-omvandlarens referensspänning är 5 V och upplösningen är 8 bitar. Vad är då spänningsupplösningen (tips: se avsnitt 4.1 i kursboken)?

$\Delta U = \dots\dots\dots$ [V].

Vad blir då mätkopplingens temperaturupplösning? Alltså, vilken är den minsta temperaturändring T som kan detekteras efter A/D-omvandling?

$\Delta T = \dots\dots\dots$ [°C].

4 EKG-mätning med instrumentförstärkare

I labbsalen finns två EKG-testbänkar uppkopplade. Vid varje testbänk genereras två signaler: en av signalerna innehåller en EKG-signal som dränks med en 50 Hz-störsignal, den andra innehåller endast 50 Hz-störningen. Målsättningen med uppgiften är att ni ska ta hitta EKG-signalen i störsignalen med hjälp av en instrumentförstärkaren INA126.

Koppla upp förstärkarkretsen från förberedelseuppgift 1 på en kopplingsplatta, använd likströmsaggregatet som matningsspänning.

Kontrollera härnäst att din koppling fungerar med hjälp av funktionsgeneratorn och oscilloskopet. Ställ in funktionsgeneratorn så att den genererar en sinusvåg med frekvensen 50 Hz och amplituden 1 V (topp-till-topp).

Anslut signalen från funktionsgeneratorn till en av instrumentförstärkare ingångar och till oscilloskopet. Jorda den andra ingången. Anslut sedan instrumentförstärkarens utgång till oscilloskopet. Om allt är rätt kopplat kommer du att se en signal som har ungefär tio gånger större amplitud än insignalen.

När du har kontrollerat med labbassistenten att din förstärkarkrets fungerar, så kan du ta med din krets till EKG-testbänken.

På testbänken: Anslut först de båda signalerna (EKG-signal och störsignal) till varsin kanal på oscilloskopet. Kan du se något annat än 50 Hz-störningen?

Anslut nu instrumentförstärkarens utgång till oscilloskopet. Försök att på egen hand att hitta EKG-signalen. Tänk efter vilken inställning oscilloskopet bör ha. Vad är den troliga frekvensen på EKG-signalen? Vilken inställning bör oscilloskopets tidbas då ha?

Bestäm "pulsen": [slag/min]

Visa labbassistenten när du lyckats få fram EKG-signalen.

Reflektion: Vi lärde oss i laboration 1 att oscilloskopet kan användas för att mäta skillnader mellan signaler. Kan man inte ansluta EKG- och störsignal direkt till oscilloskopet (alltså utan att använda instrumentförstärkare)? Varför/varför inte?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Tips: Hur stor är störsignalens amplitud? Hur stor är EKG-signalens amplitud? Vad är oscilloskopets spänningsupplösning?

5 Mät töjning av balk med helbrygga

Fyra töjningsgivare är påklitrade på en balk, två på översidan och två på undersidan (se figur 3). Om balken påverkas av en kraft underifrån kommer givarna på undersidan att töjas och de på översidan att kontraheras

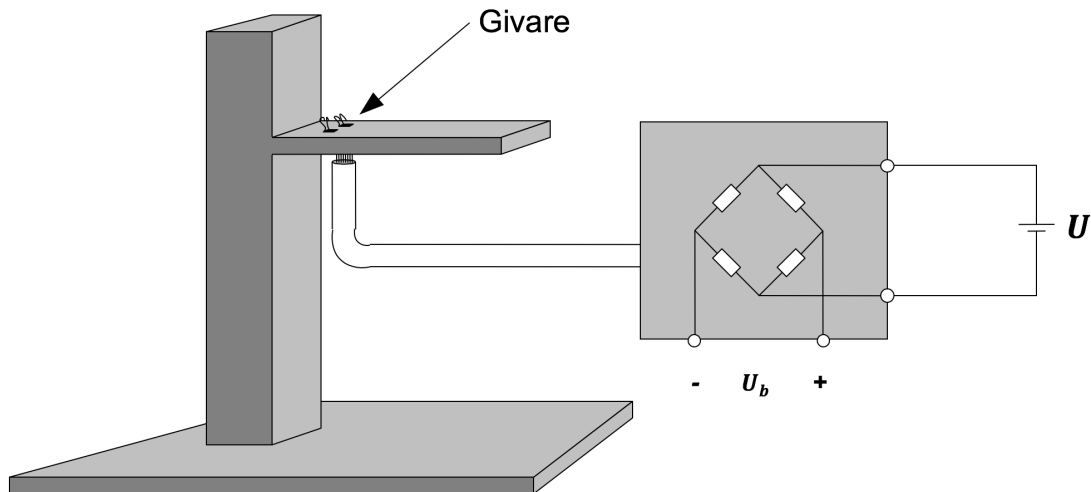


Fig. 3: Mätupställning.

Givarna är sammankopplade i en *mätbrygga* (Wheatstonebrygga) så att deras resistansändringar samverkar till maximal utspänning från bryggan. Wheatstonebryggan visas i figur 4. Här har vi förutsatt att de fyra givarna är likadana så att de får samma resistansändring men med olika tecken. Töjning och kontraktion ger då upphov till resistansändringarna $+dR$ respektive $-dR$ där $dR > 0$.

Markera i figur 5 var på balken givarna sitter om $U_b > 0$ då balken böjs uppåt.

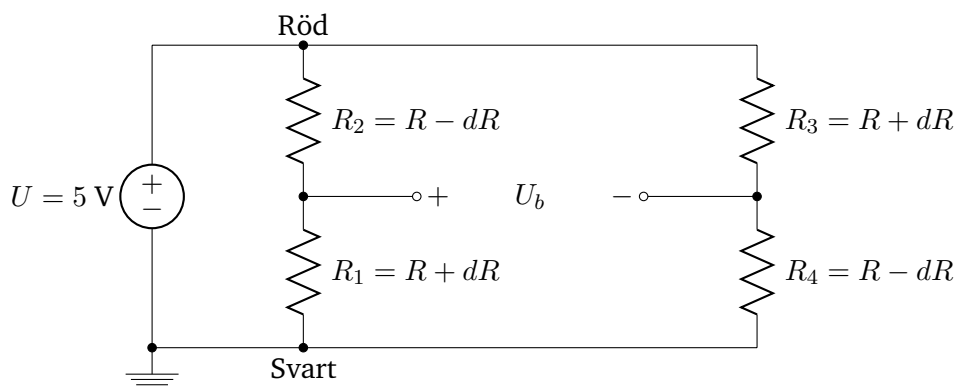


Fig. 4: Wheatstonebrygga med töjningsgivare.

Man kan visa att utspänningen U_b med denna placering av givarna, vid uppböjning, ges av

$$U_b = \frac{dR}{R} \cdot U \quad (1)$$

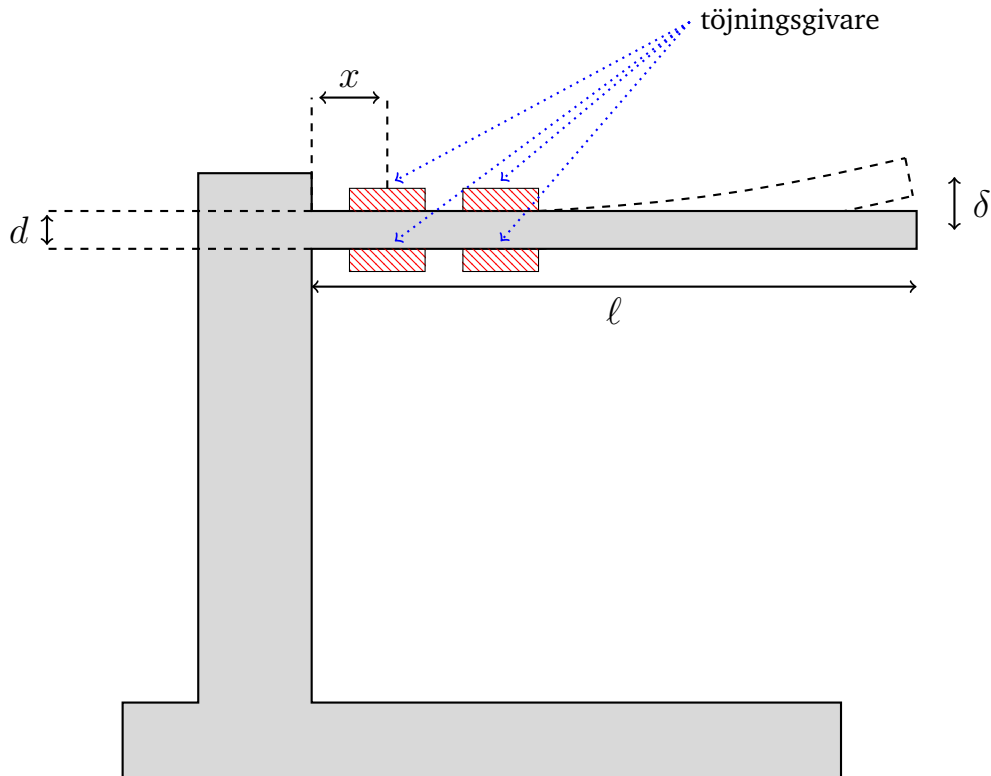


Fig. 5: Balk med töjningsgivare

Eftersom givarfaktorn är $k_f = 2,09$ blir utspänningen mycket liten ($\approx \text{mV}$) och måste normalt förstärkas i en instrumentförstärkare. I denna labb använder vi för enkelhetens skull ingen instrumentförstärkare utan mäter spänningen U_b direkt med HP-bordsmultimetern.

Anslut röd och svart sladd från bryggan till spänningen $U = 5 \text{ V}$ och koppla in HP-bordsmultimetern för att mäta bryggspänningen U_b . Anslut multimetern så att positiv spänning visa då balken böjs uppåt. Testa bryggans känslighet genom att lägga föremål på balken eller genom att böja den för hand.

Mät upp ℓ , x och d så noggrant som möjligt enligt figuren. Här är x definierat som avståndet från givarens mittpunkt till balkens infästningspunkt.

$\ell = \dots\dots\dots [\text{mm}]$

$d = \dots\dots\dots [\text{mm}]$

$x = \dots\dots\dots [\text{mm}]$

Som du säkert har konstaterat visar instrumentet inte noll trots att balken är obelastad. Detta beror bl.a. på att givarna inte är likadana vilket ger en obalansspänning som ej beror på töjningen. Denna obalans kan justeras bort med en voltmeter som kopplas in i bryggan. Vi utnyttjar istället det linjära sambandet mellan U_b och dR och nollställer i stället HP-multimetern med knappen **Null** varefter den endast visar den spänning som beror på den verkliga töjningen!

Belasta nu balken genom att med hjälp av ett stöd böja upp den några mm. Mät uppböjningen δ så noggrant som möjligt.

$\delta = \dots\dots\dots$ [mm]

Avläs multimetern för att mäta U_b :

$U_b = \dots\dots\dots$ [V]

Bestäm m.h.a. U_b , balkens töjning där givarna sitter (givarfaktorn $k_f = 2,09$):

$\varepsilon_{\text{mätt}} = \dots\dots\dots$

Man kan visa att töjningen $\varepsilon(x)$ på balkens undersida för en fast inspänd balk ges av uttrycket

$$\varepsilon(x) = \frac{3 \cdot d \cdot \delta \cdot (\ell - x)}{2 \cdot \ell^3} \quad (2)$$

Vilket värde ger detta på balkens töjning där givarna sitter?

$\varepsilon_{\text{beräknat}} = \dots\dots\dots$

Obs! Det beräknade värdet borde vara större än det mätta eftersom det förutsätter ett stelt system. Som du märker följer stolpen och bottenplattan med något i böjningen vid vår mätning.