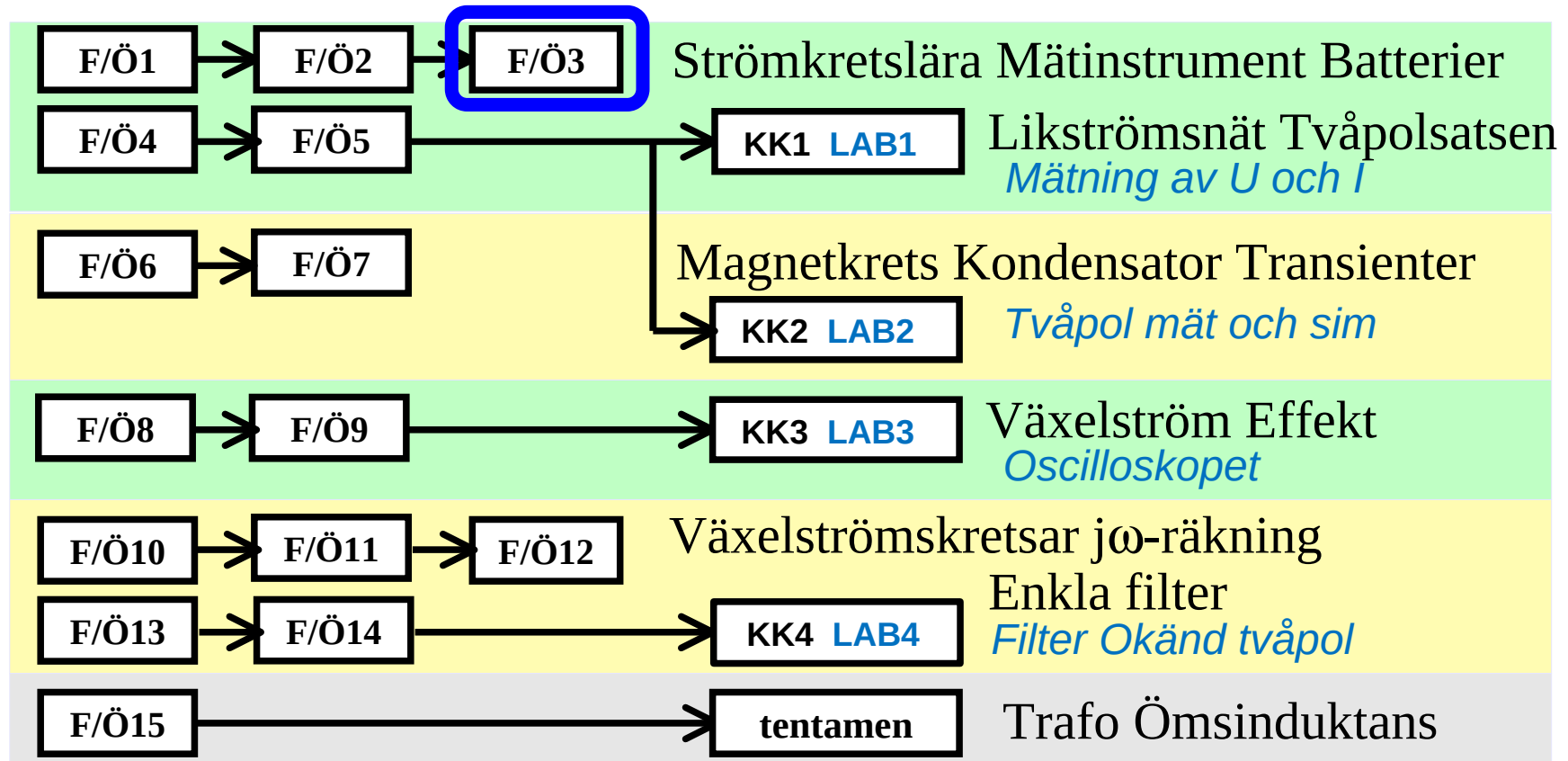


IF1330 Ellära

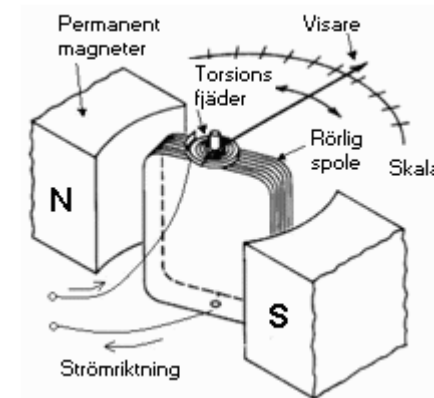


*Föreläsningar och övningar bygger på varandra! Ta alltid igen det Du missat!
Läs på i förväg – delta i undervisningen – arbeta igenom materialet efteråt!*

Multimetern

Vridspoleinstrument

Spolen befinner sig i magnetfältet mellan två magnetpoler. Den är lagrad så att den enda möjliga rörelsen är en vridning. På spolen är en visare monterad som på en skala anger vridningen.



När det flyter ström genom spolen uppstår det krafter som vrider denna. På ett sk. **vridspoleinstrument** har man en återförande torsionsfjäder som är fäst i visaren. Utslaget på skalan blir då proportionellt mot strömmen. (Under förutsättning att den magnetiska kretsen utförts så att magnetfältet förblir homogent och konstant under spolens vridning).

En sk. **galvanometer** saknar denna återförande torsionsfjäder, den är därför mycket känslig och används främst som en *indikator* för att påvisa om det flyter någon ström eller ej i en ledare.

Digitala instrument?

Idag är det mycket vanligt att man använder digitalinstrument, men många mätningar blir i praktiken bättre med visarinstrument. Om signalen varierar under mätningen, som ofta är fallet, så är det enklare att uppskatta medelvärde och variation med ett visarinstrument än med ett digitalt instrument.

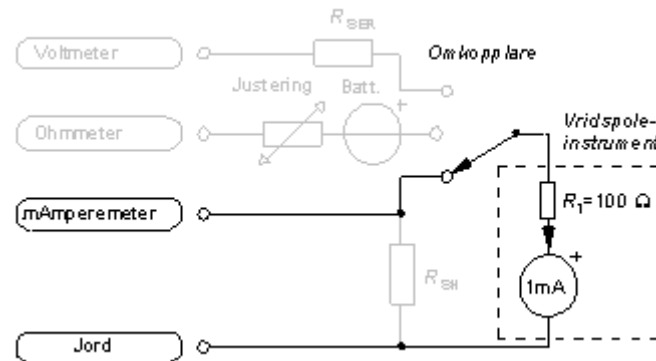


De digitala instrumenten har hög inre resistans och hög känslighet. De "fångar" därmed lätt upp störningar som av misstag kan uppfattas som mätsignalen.

Visarinstrumentet kommer därför fortfarande att ha en framtid som billigt och enkelt testinstrument.

Beräkning av förkopplingsmotstånd (spänningsdelare) och shuntar sker på samma sätt för digitala instrument som för vridspoleinstrument.

mAmpere-mätaren



Vridspoleinstrumentet är i princip ett strömmättningsinstrument. För fullt utslag krävs tex 1 mA. Ett sådant instrument har en spole lindad med många varv tunn tråd som sammantaget kan ha resistansen 100 Ω . Med Ohms lag kan spänningsfallet över instrumentet vid *fullt utslag* beräknas till:

$$I \times R = 0,001 \times 100 = 0,1 \text{ V.}$$

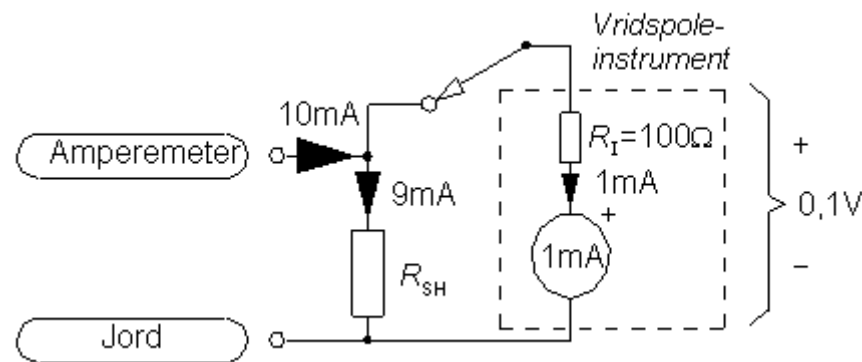
Således även en 0,1V mätare!

Instrumentets känslighet brukar anges med Ohm/Volt-talet. Här $100/0,1 = 1000 \Omega/V$.

10 mAmpere-mätaren

Antag att vi vill mäta större strömmar än 1mA.

För att få mätaren att tex. göra fullt utslag för **10 mA** behöver vi en sk. **shuntresistor** R_{SH} som avgrenar 9 mA från instrumentet ($10 = 9 + 1$).

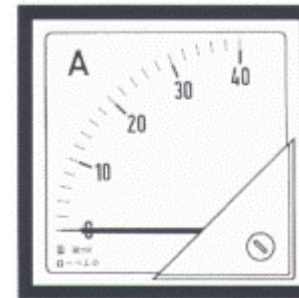
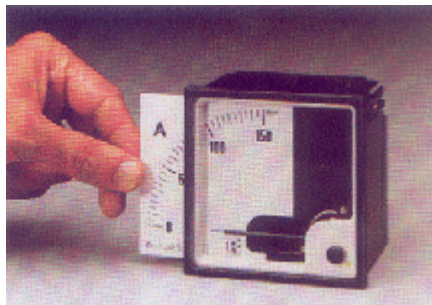


Shuntresistorn och visarinstrumentet är parallellkopplade med varandra. De har då samma spänning över sig, vid fullt utslag 0,1 V. Shuntresistorn kan beräknas med Ohm's lag

$$R_{SH} = 0,1/0,009 = 11,11 \ \Omega.$$

Ampere-mätaren

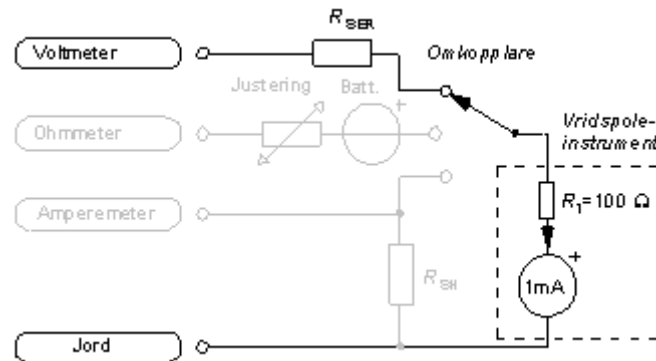
Ett sådant resistansvärde kan vara svårt att få tag på, såvida man inte köper resistanstråd och mäter upp en lämplig längd. (En Nikrotal-tråd med diametern 1 mm har resistansen 1,39 Ω /m. För 11,11 Ω behövs $11,11/1,39 = 7,99$ m, det vill säga c:a 8 m.)



Figuren visar principen, denna utbytbara skala passar till ett 40 A instrument!

Med hjälp av shuntresistorer kan man således skräddarsy instrumentet för olika mätområden. För att få mätvärdet att stämma överens med den använda shunten kan man stoppa in en passande utbytbar skala.

1 Volt-mätaren

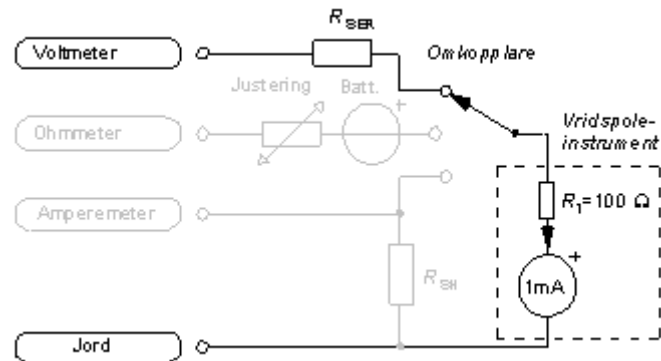


På samma gång som vridspoleinstrumentet är en strömmätare med fullt utslag för 1mA, säger Ohm's lag att den då även är en spänningsmätare med fullt utslag för 0,1 V.

Ofta vill man kunna mäta högre spänningar än 0,1 V. Vanliga batterier har tex spänningarna 1,5V 4,5V 9V 12V osv.

För att få mätaren att tex. göra fullt utslag för **1 V** behöver man en serieresistor R_{SER} som sänker spänningen med 0,9 V så att instrumentet får 0,1 V. En sådan resistor brukar kallas för ett **förkopplingsresistor**.

1 Volt-mätaren

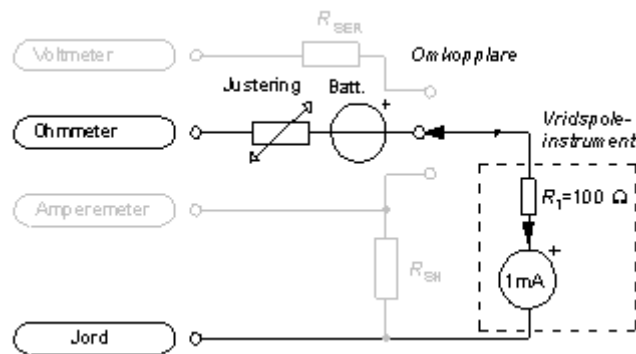


Förkopplingsresistorn och visarinstrumentet är seriekopplade med varandra. De har då samma ström genom sig, vid fullt utslag 1 mA (0,001 A). Förkopplingsresistorn kan beräknas med Ohm's lag $R_{SER} = 0,9/0,001 = 900 \Omega$.

Med hjälp av förkopplingsresistorer kan man således skräddarsy instrumentet för olika spänningsområden.

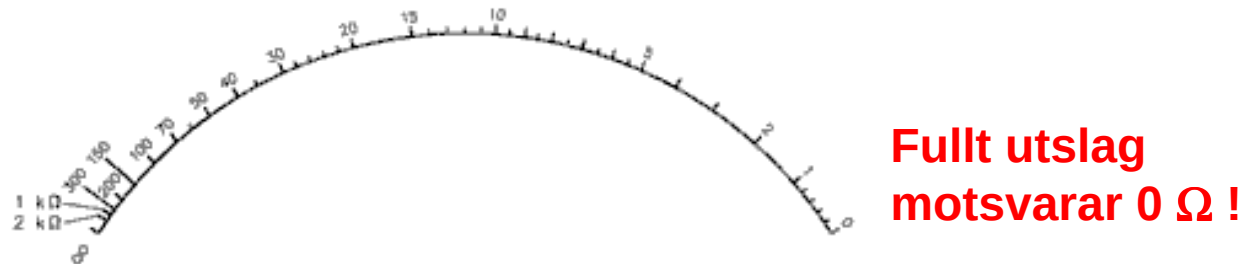


OHM-mätaren



Vridspoleinstrumentet är en strömmätare (eller spänningsmätare). För att mäta resistanser mäter man den ström som passerar genom resistorn när den ansluts till en känd spänning. Detta är en indirekt mätning, Ohm's lag gör det sedan möjligt att beräkna och tillverka en OHM-skala till instrumentet.

OHM-mätaren

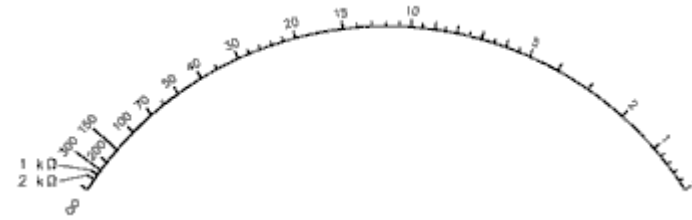
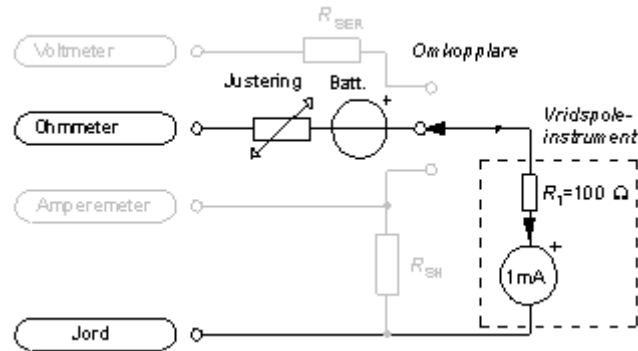


Vid OHM-mätning har man ett inbyggt batteri i instrumentet. Detta är seriekopplat med vridspoleinstrumentet och en varierbar justerresistor.

Eftersom batteriets spänning varierar från "dag till dag" börjar man med att kalibrera instrumentet. Om man "kortsluter" instrumentets mätledningar har man i princip anslutit ett känt motstånd till instrumentet - nämligen 0 Ω . Med justerresistorn ser man till att instrumentet gör fullt utslag eftersom det är detta som motsvarar 0 Ω på OHM-skalan.

Ju *större* resistans som mäts desto *mindre* ström går genom instrumentet och desto *mindre* blir utslaget. OHM-skalan går därför som synes från höger till vänster (baklänges)!

OHM-mätaren



Hur tillverkar man OHM-skalan? När man kalibrerar instrumentet med *kortslutna mätkablar* blir strömmen från batteriet 1mA. Resistansen i kretsen är $R_I + R_{JUST}$.

Om instrumentets batteri har spänningen 1,5V och instrumentet som tidigare har den inre resistansen 100 Ω får vi justerresistorns inställda värde till $R_{JUST} = 1,5/0,001 - 100 = 1400 \text{ } \Omega$.

När man känner R_{JUST} kan instrumentets utslag vid mätning av olika resistorer beräknas.

Antag tex. att man mäter en 200 Ω resistor, strömmen genom instrumentet blir då $1,5/(1400 + 100 + 200) = 0,88 \text{ mA}$, det vill säga att 200 Ω -markeringen ska placeras vid 88% av fullt utslag.

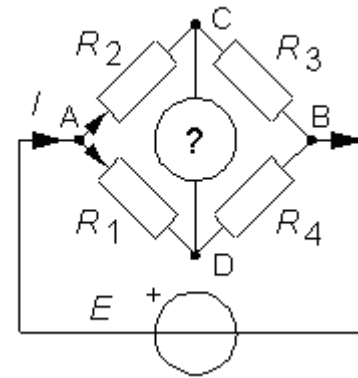
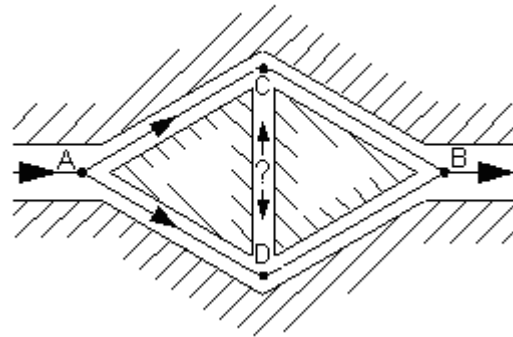
William Sandqvist william@kth.se

Wheatstonebryggan



William Sandqvist william@kth.se

Wheatstonebrygga – grenat flodsystem



Antag att
 $R_4 = R_x$

Indikatorn är strömlös när $U_{R_4} = U_{R_3}$. Spänningsdelning ger:

$$\cancel{E} \frac{R_4}{R_1 + R_4} = \cancel{E} \frac{R_3}{R_2 + R_3} \Leftrightarrow \cancel{R_4 R_2} + \cancel{R_4 R_3} = R_3 R_1 + \cancel{R_3 R_4}$$

$$R_4 = R_1 \frac{R_3}{R_2}$$

Wheatstonebryggan

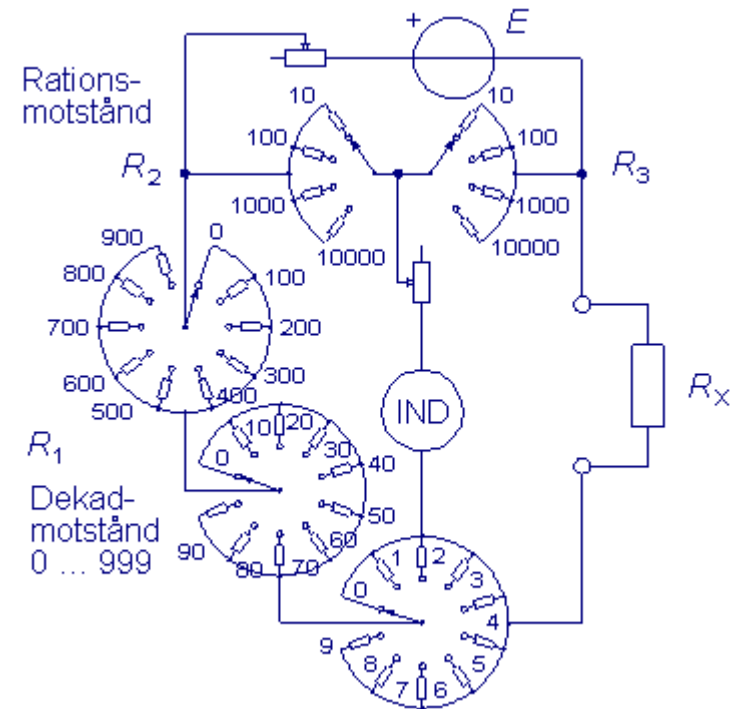
Wheatstonebrygga för noggranna resistansmätningar

Kretsschemat visar utförandet av en brygga med god noggrannhet. När bryggan är balanserad, det vill säga när indikatorn IND visar 0, gäller att:

$$R_x = R_1(R_3/R_2)$$

Med de så kallade rationsmotstånden R_3 och R_2 kan kvoten R_3/R_2 ställas in på någon av multiplikatorerna 10^{-3} , 10^{-2} , 10^{-1} , 1, 10, 10^2 , 10^3 .

Man väljer den multiplikator som ger flest siffror på dekadmotståndet R_1 . (R_1 är ett dekadmotstånd med vanligen 3-6 dekader).

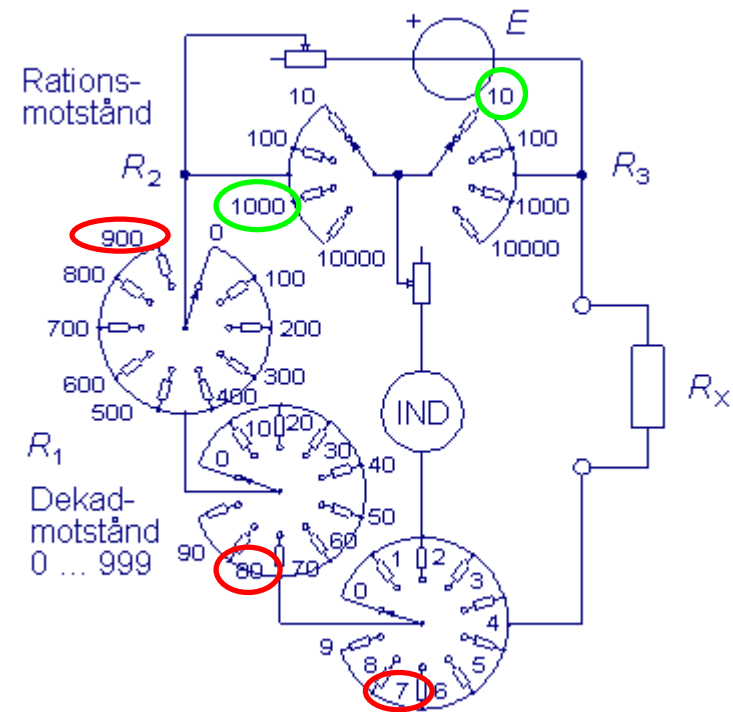


Som Indikator används ett vridspoleinstrument utan återföringsfjäder!



$$R_x = ?$$

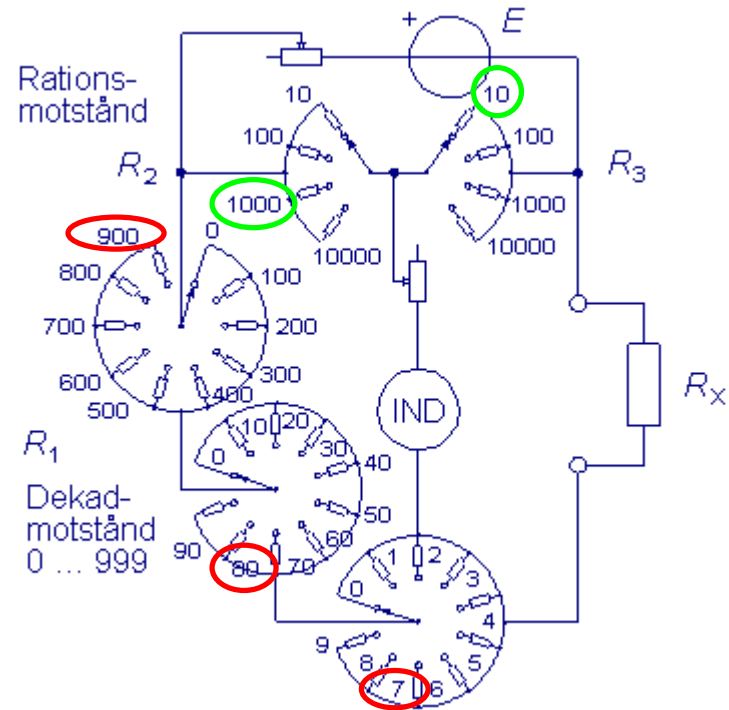
$$R_x = R_1 \frac{R_3}{R_2}$$



$$R_x = ?$$

$$R_x = R_1 \frac{R_3}{R_2}$$

$$R_x = \frac{987}{1000} \frac{10}{1} = 9,87 \, \Omega$$



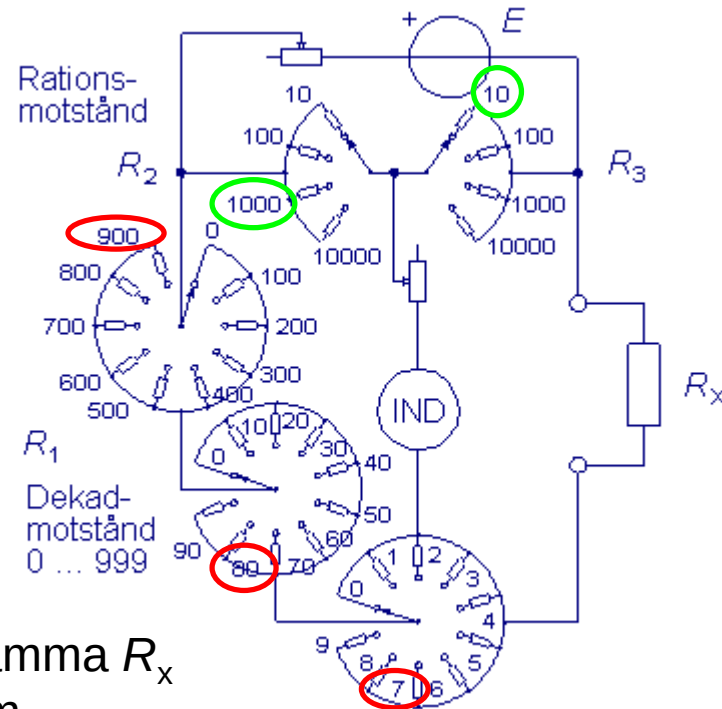
$$R_x = ?$$

$$R_x = R_1 \frac{R_3}{R_2}$$

$$R_x = \frac{987 \cdot 10}{1000} = 9,87 \, \Omega$$

Balanseringsmetoden för att bestämma R_x är enkel att använda, men långsam.

Den fungerar vid tex. temperaturmätning, men inte om man vill följa ett snabbt dynamiskt förlopp.



William Sandqvist william@kth.se

Lab 1 DMM Fluke 45



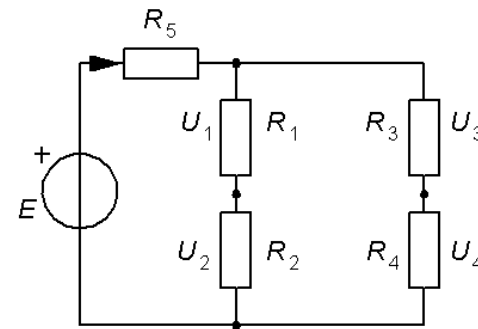
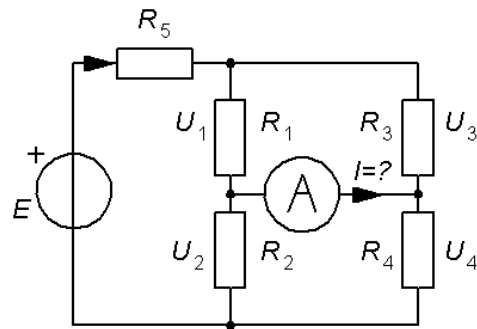
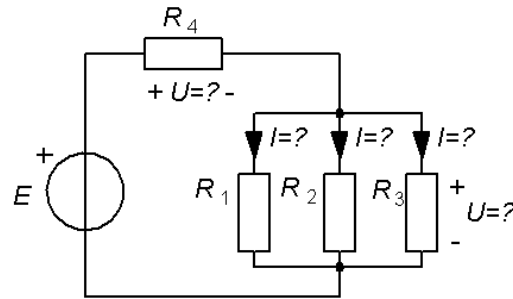
Förberedelseuppgifter och mätningar.

Meningen med förberedelseuppgifterna är att Du ska kunna **jämföra** dina uppmätta värden med dina i förväg beräknade värden. Har Du *inte* gjort förberedelseuppgifterna finns det därför heller ingen anledning att göra laborationen (vid det tillfället).

Varje student gör egna förberedelser som redovisas, prydligt uppställda, på papper.

Förberedelseuppgifter

Beräkna spänningar och strömmar att jämföra dina mätresultat med.

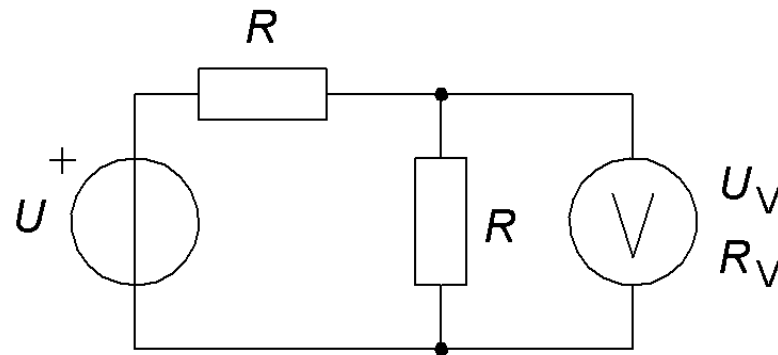


Förberedelser

U_V blir $U/2$ om voltmeteren är ideal. Om voltmeteren har den inre resistansen R_V blir U_V mindre än $U/2$.

Tag fram en *formel* så att R_V kan beräknas utifrån denna mätning.

$$R_V(U, R, U_V) = ?$$

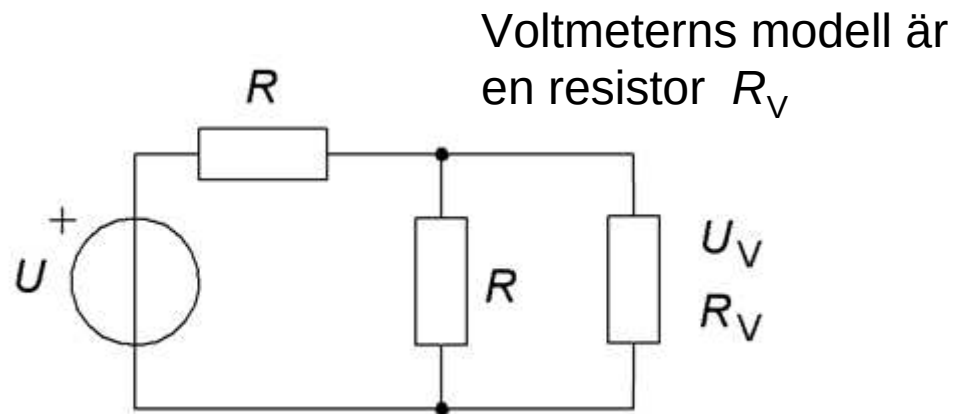


Förberedelser

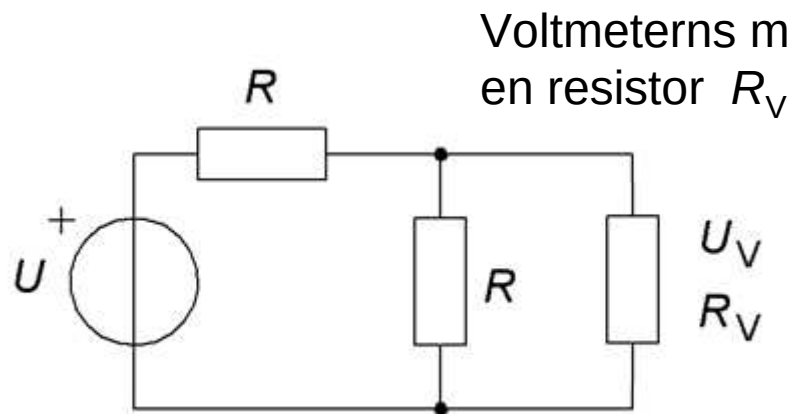
U_V blir $U/2$ om voltmeteren är ideal. Om voltmeteren har den inre resistansen R_V blir U_V mindre än $U/2$.

Tag fram en *formel* så att R_V kan beräknas utifrån denna mätning.

$$R_V(U, R, U_V) = ?$$



Förberedelser



Spänningsdelning:

$$U_V = U \frac{\frac{R \cdot R_V}{R + R_V}}{R + \frac{R \cdot R_V}{R + R_V}}$$

Hur löser man ut R_V ?

Förberedelser

$$U_V = U \frac{\frac{R \cdot R_V}{R + R_V}}{R + \frac{R \cdot R_V}{R + R_V}}$$

Man kan *inte* kalla variabler för vad som helst i **WolframAlpha**!

Förslag:

$$\begin{aligned} U_V &\rightarrow u \\ U &\rightarrow a \\ R &\rightarrow r \\ R_V &\rightarrow x \end{aligned}$$

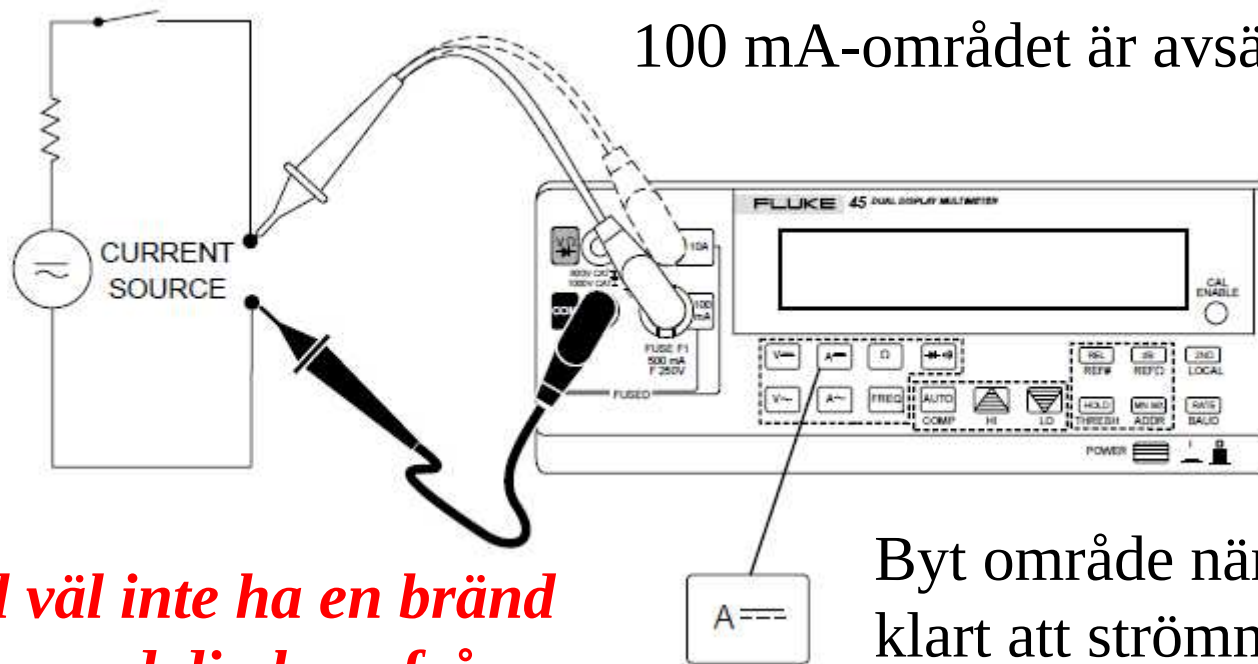
<http://www.wolframalpha.com/>



Ström-mätning



Prova *alltid* 10 A-området först!
100 mA-området är avsäkrat.



Du vill väl inte ha en bränd säkring med dig hem från labben som souvenir ?

Byt område när det står klart att strömmen är mindre än 100 mA!

Rätt mätområde

Börja alltid med **10A**-området, men stanna *inte* kvar där.



Spädbarnsvåg?

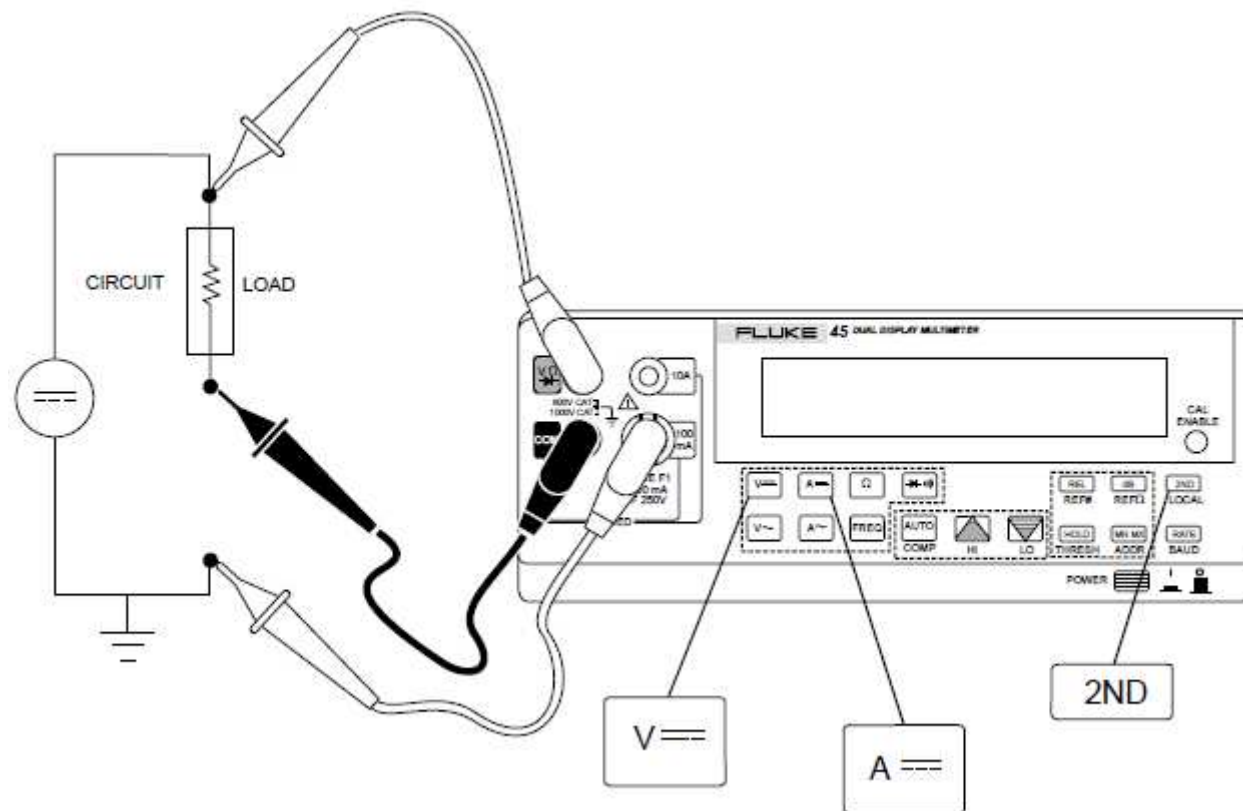
*Vilken våg
väljer Du till
spädbarnet?*

*Vilken mäter
rätt?*

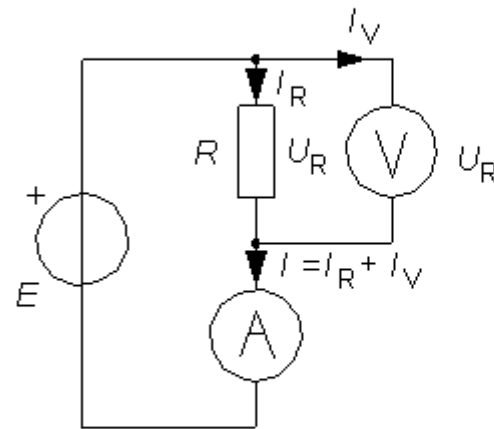
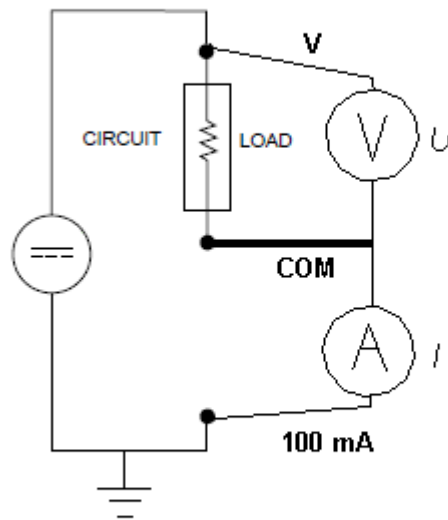


Fordonsvåg?

Spänning *och* ström

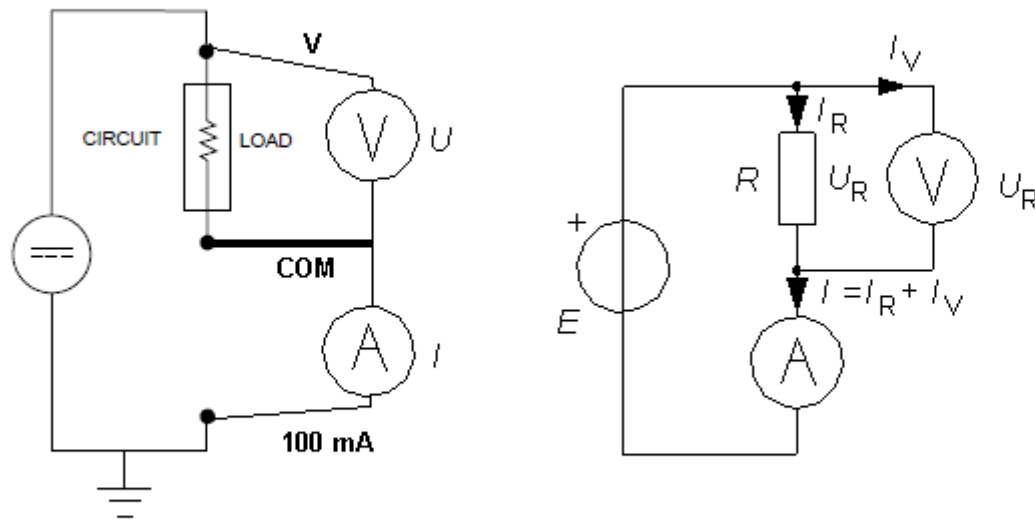


Spänning *och* ström



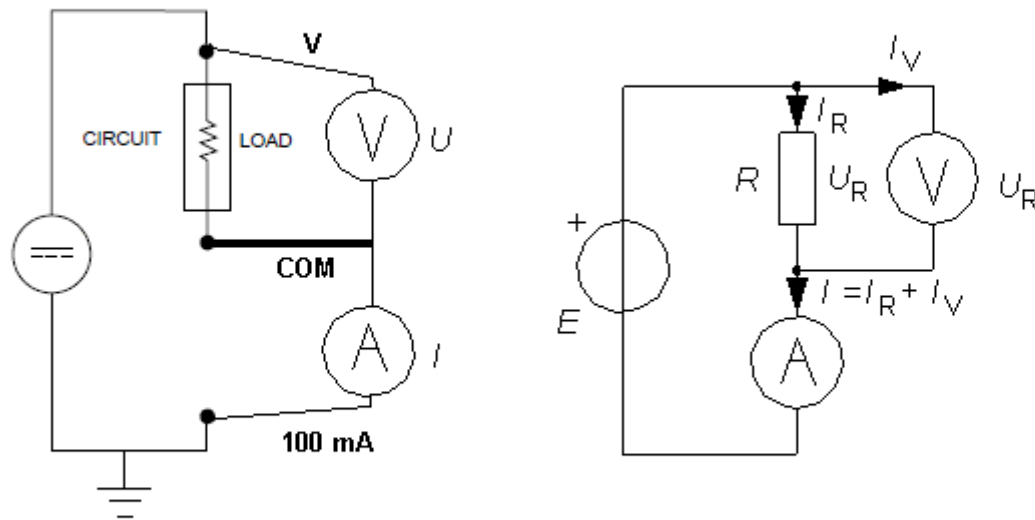
Spänning *och* ström

Spänningsriktig mätning av R .



Spänning *och* ström

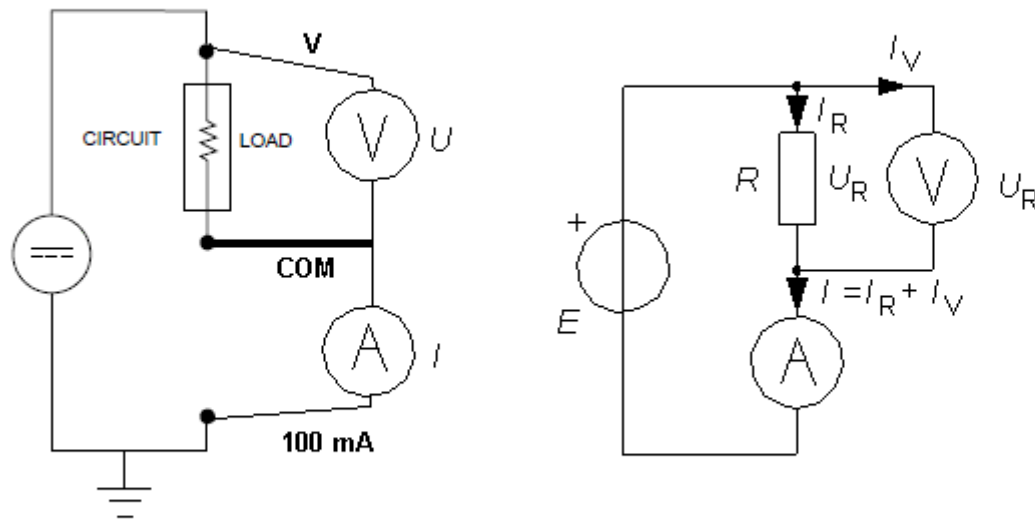
Spänningsriktig mätning av R .



$$R = \frac{U_R}{I - I_V} \quad I_V \approx 0 \Rightarrow R \approx \frac{U_R}{I}$$

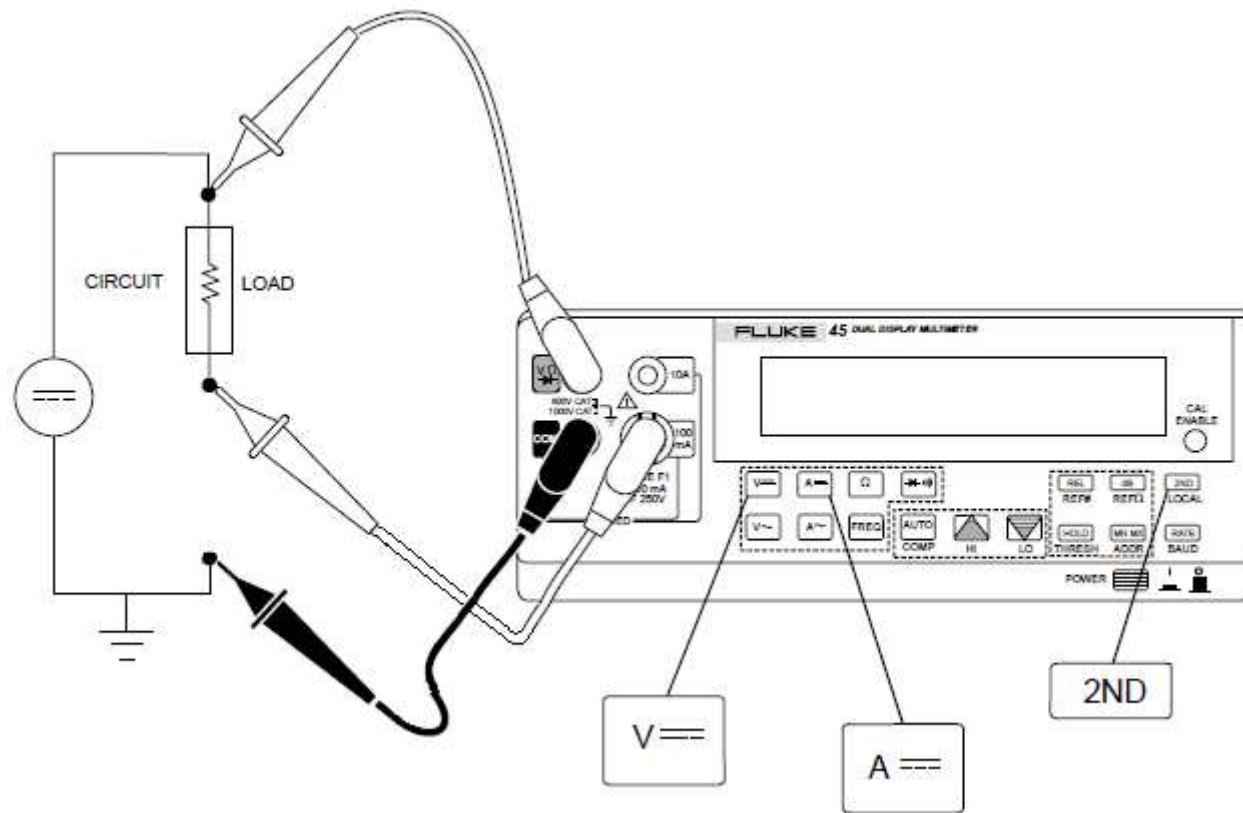
Spänning *och* ström

Spänningsriktig mätning av R .

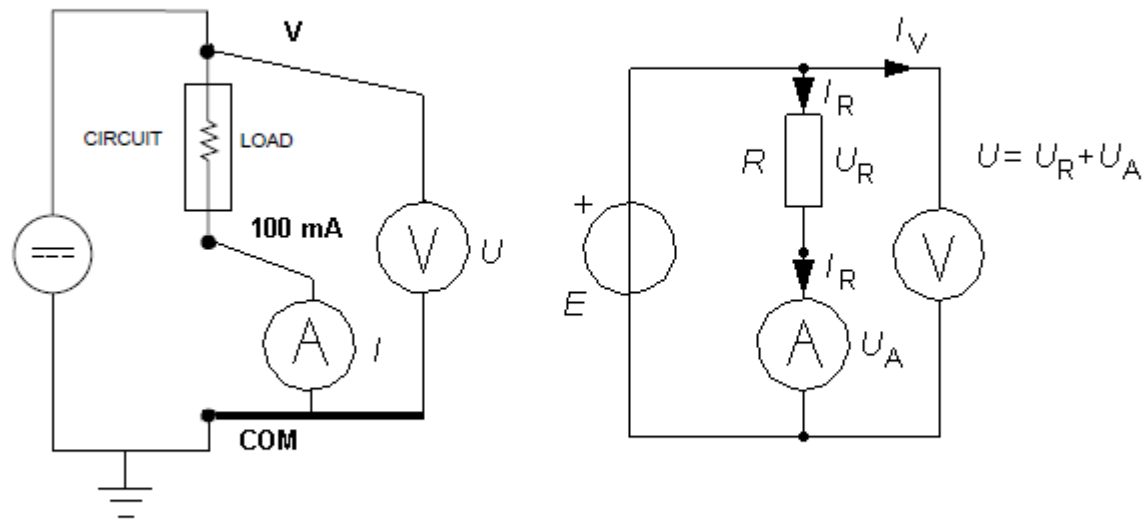


$$R = \frac{U_R}{I - I_V} \quad \boxed{I_V \approx 0} \Rightarrow \boxed{R \approx \frac{U_R}{I}}$$

Spänning *och* ström

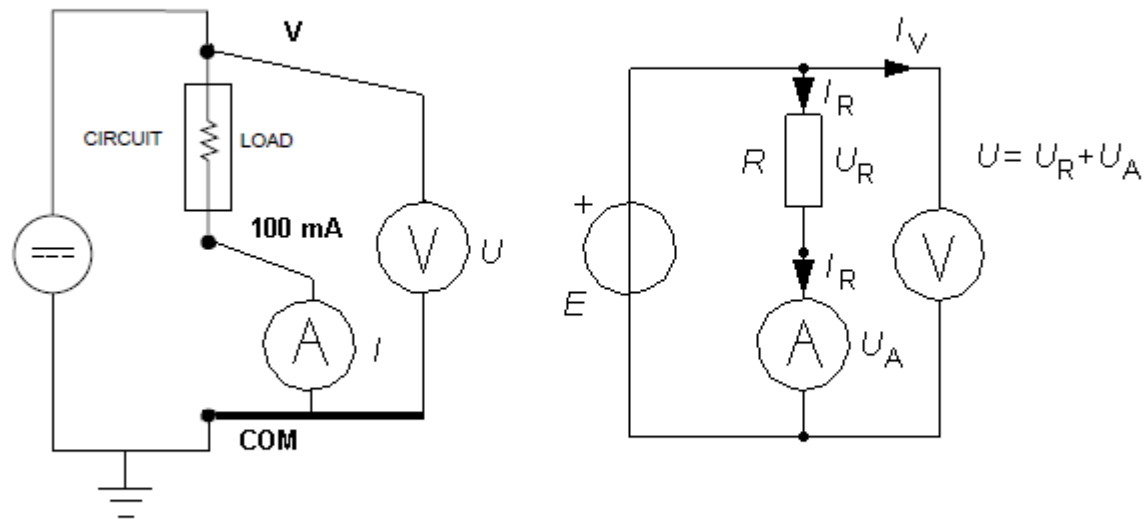


Spänning *och* ström



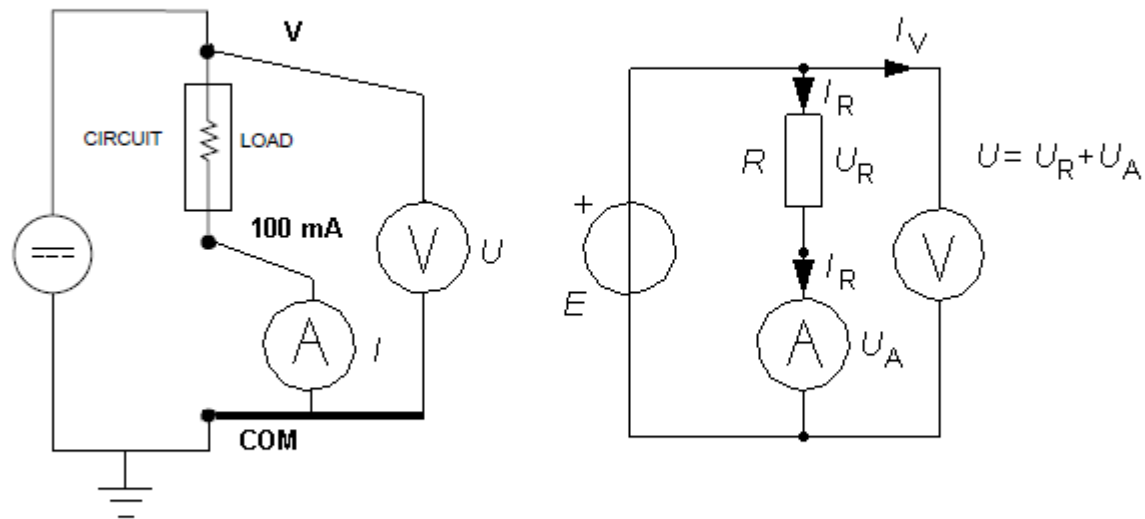
Spänning *och* ström

Strömriktig mätning av R .



Spänning *och* ström

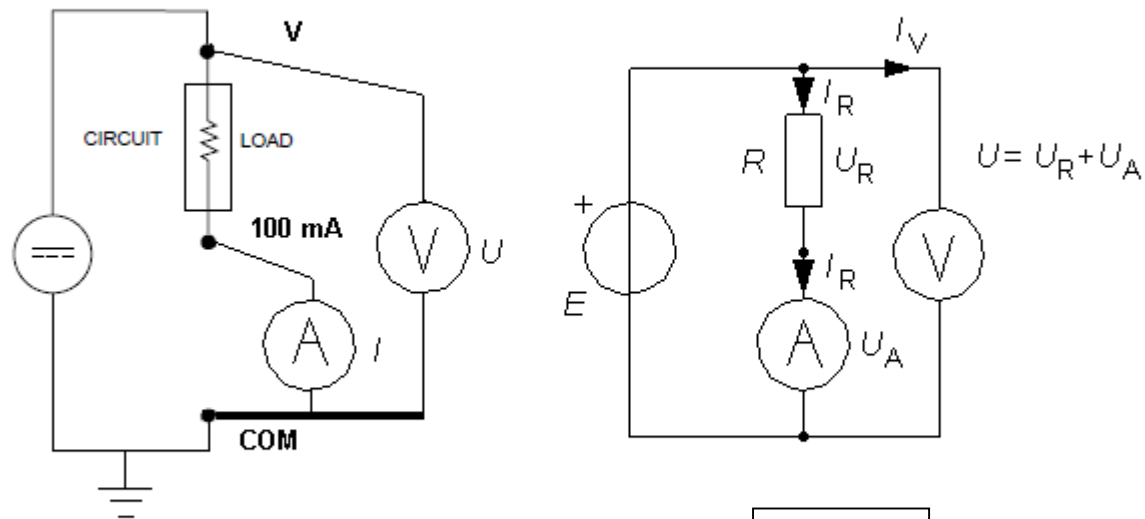
Strömriktig mätning av R .



$$R = \frac{U - U_A}{I_R} \quad U_A \approx 0 \Rightarrow R \approx \frac{U}{I_R}$$

Spänning *och* ström

Strömriktig mätning av R .



$$R = \frac{U - U_A}{I_R} \quad \boxed{U_A \approx 0} \Rightarrow \boxed{R \approx \frac{U}{I_R}}$$

DVM mätfel



Alla mätningar har **mätfel**.

Mäter man med ett digitalt instrument så orsakas mätfelet både av instrumentets analoga delar, och av instrumentets AD-omvandlare. Mätfelen är dessutom olika för olika mätområden.

Exempel.

DVM Beckman 3020 20V-området. Felet anges som $\pm 0,6\%$ av *avläst värde* ± 3 enheter i sista siffran.

Avläst värde "12,35 V".

$$\text{Fel} = \pm 0,6\% \cdot 12,35 \pm 0,01 \cdot 3 = \pm 0,074 \pm 0,03 = \pm 0,1$$

$$\text{Mätvärde} = 12,35 \pm 0,1 \quad 12,25 \dots 12,45$$

Measurement rate?



Snabbare mätningar – sämre noggrannhet!

Selecting A Measurement Rate (Rate)

The meter takes measurements at one of three, user-selectable rates: slow, medium, and fast. Rate selection allows you to maximize either measurement speed or noise rejection, which affects accuracy (see Table 3-9). The rate selected is indicated by "S," "M," "F" (slow, medium, or fast, respectively) in the primary display.

Press **[RATE]**, located in the lower-right corner of the front panel, to step through measurement rates. The selected rate applies to all basic measurements, except frequency. (When frequency is measured, the rate is a factor of the frequency being measured (see Table 3-6), and pressing **[RATE]** has no effect on the frequency update rate.)

Table 3-9. Display Measurement Rates for Single Function Measurements

Measurement Rate	Digits	Display Counts	Results Per Second
Slow	5	99,999*	2-1/2
Medium	4-1/2	30,000	5
Fast	3-1/2	3,000	20
* All ranges and functions except ohms will display up to 99999. Ohms displays up to 98000 (typical).			

DVM mätfel Fluke 45 (Accuracy)

Ohms

Range	Resolution			Accuracy	Typical Full Scale Voltage	Max Current Through the Unknown
	Slow	Medium	Fast			
300 Ω	—	10 m Ω	100 M Ω	0.05 % + 2 + 0.02 Ω	0.25	1 mA
3 k Ω	—	100 M Ω	1 Ω	0.05 % + 2	0.24	120 μ A
30 k Ω	—	1 Ω	10 Ω	0.05 % + 2	0.29	14 μ A
300 k Ω	—	10 Ω	100 Ω	0.05 % + 2	0.29	1.5 μ A
3 M Ω	—	100 Ω	1 k Ω	0.06 % + 2	0.3	150 μ A
30 M Ω	—	1 k Ω	10 k Ω	0.25 % + 3	2.25	320 μ A
300 M Ω *	—	100 k Ω	1 M Ω	2 %	2.9	320 μ A
100 Ω	1 m Ω	—	—	0.05 % + 8 + 0.02 Ω	0.09	1 mA
1000 Ω	10 m Ω	—	—	0.05 % + 8 + 0.02 Ω	0.10	120 μ A
10 k Ω	100 m Ω	—	—	0.05 % + 8	0.11	14 μ A
100 k Ω	1 Ω	—	—	0.05 % + 8	0.11	1.5 μ A
1000 k Ω	10 Ω	—	—	0.06 % + 8	0.12	150 μ A
10 M Ω	100 Ω	—	—	0.25 % + 6	1.5	150 μ A
100 M Ω *	100 k Ω	—	—	2 % + 2	2.75	320 μ A

*Because of the method used to measure resistance, the 100 M Ω (slow) and 300 M Ω (medium and fast) ranges cannot measure below 3.2 M Ω and 20 M Ω , respectively. "UL" (underload) is shown on the display for resistances below these nominal points, and the computer interface outputs "+1 E-9".



Hela Fluke 45 manualen finns att läsa från en länk på kurshemsidan.



[Fluke 45 manual](#)

DVM inre impedans Fluke 45

DC Voltage

Range	Resolution			Accuracy	
	Slow	Medium	Fast	(6 Months)	(1 Year)
300 mV	—	10 μ V	100 μ V	0.02 % + 2	0.025 % + 2
3 V	—	100 μ V	1 mV	0.02 % + 2	0.025 % + 2
30 V	—	1 mV	10 mV	0.02 % + 2	0.025 % + 2
300 V	—	10 mV	100 mV	0.02 % + 2	0.025 % + 2
1000 V	—	100 mV	1 V	0.02 % + 2	0.025 % + 2
100 mV	1 μ V	—	—	0.02 % + 6	0.025 % + 6
1000 mV	10 μ V	—	—	0.02 % + 6	0.025 % + 6
10 V	100 μ V	—	—	0.02 % + 6	0.025 % + 6
100 V	1 mV	—	—	0.02 % + 6	0.025 % + 6
1000 V	10 mV	—	—	0.02 % + 6	0.025 % + 6

Input Impedance

10 M Ω in parallel with <100 pF

Note

In the dual display mode, when the volts ac and volts dc functions are selected, the 10 M Ω dc input divider is in parallel with the 1 M Ω ac divider.



Hela Fluke 45 manualen finns att läsa från en länk på kurshemsidan.



[Fluke 45 manual](#)

William Sandqvist william@kth.se