



elab008a

Den inre resistansens betydelse i mätinstrument

Namn	Datum	Handledarens sign.
------	-------	--------------------

I den här laborationen undersöks hur inkopplingen av en multimeter påverkar en strömkrets.

Den påverkan som instrumenten i den här laborationen visar sig ha gäller emellertid för alla typer av instrument som kopplas galvaniskt till ett mätobjekt, även oscilloskop, frekvensräknare med flera. Avsikten med laborationen är att skapa en medvetenhet om mätinstruments begränsningar och en nödvändigt kritisk hållning till de mätningar man gör på elektronik.

Laborationen genomförs med fördel som jämförande mätningar mellan en analog multimeter av äldre typ och en mera modern digital multimeter men fungerar även med endast en typ av instrument tillgängligt. Mätresultaten kommer givetvis att variera beroende på instrumentens kvalitet men slutsatserna kommer ändå att vara entydiga.

Förbered laborationen genom att läsa igenom de inledande avsnitten om inre resistans samt om den analoga och digitala multimeterns uppbyggnad.

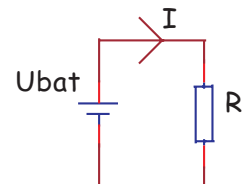
Inre resistansen och dess betydelse

När ett mätinstrument kopplas in påverkas strömmar och spänningar i kopplingen och därmed blir mätresultatet mer eller mindre felaktigt. Det är därför viktigt att känna till i vilka mätsituationer risken för felaktiga mätvärden är som störst.

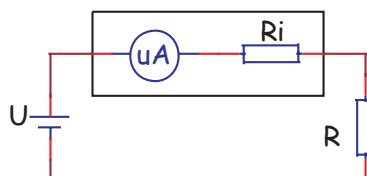
Problemet vid mätning av ström

Vi vill mäta strömmen i en enkel krets med spänningskällan E och resistansen R . Strömmen I kan då beräknas som $I = E / R$.

För att mäta ström måste instrumentet kopplas in så att strömmen tvingas passera genom instrumentet. Det ideala är att instrumentet fungerar som en perfekt ledare utan resistans. I verkligheten är det annorlunda.



Man kan symbolisera instrumentet som en visare (av mätvärdet) i serie med instrumentets egen inre resistans.



Med instrumentet inkopplat i kretsen gäller istället $I = E / (R + R_i)$ och man inser av formeln att R_i skall vara så litet som möjligt för att påverka så lite som möjligt och visa korrekt mätresultat. Vid små strömmar dvs. då R är stort blir R_i av mindre betydelse. Om däremot R är litet i förhållande till R_i blir felet större. Vid strömmätning gäller därför generellt att mätinstrumentet skall ha **låg inre resistans** och att påverkan blir störst vid mätning av små strömmar i låghmiga kretsar.

Problemet vid mätning av spänning

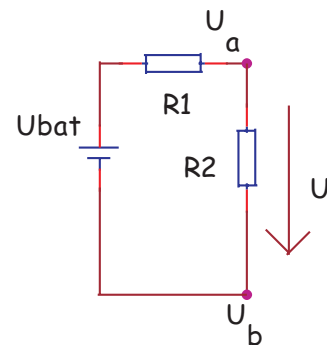
Spänning definieras som **energi/laddning** eller i formel: $U = E/Q$ där U är beteckningen för spänning, E för energi och Q för laddning. Enheten för spänning är V (volt).

När man mäter spänning mäter man potentialskillnad dvs. den **potentiella skillnaden** mellan laddningarnas energi. Det är ungefär som att mäta temperaturen i två olika rum med ett instrument som visar skillnaden.

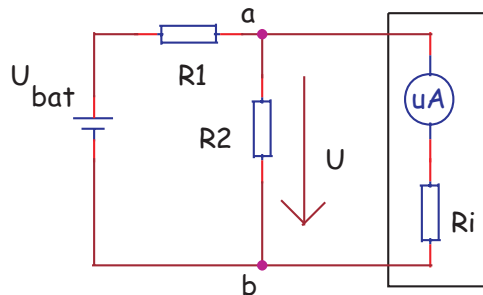
I motsats till strömmätning behöver inte strömmen i kretsen passera genom instrumentet.

Spänningen U i schemat är skillnaden i potential dvs $U_a - U_b$.

Teoretiskt gäller att $U = U_a - U_b = U_{bat} \cdot R_2 / (R_2 + R_1)$.



Instrumentet som skall mäta spänningen U kopplas in mellan a och b , de två noder som skall jämföras. I verkligheten kommer en liten mätström att gå genom instrumentet vilket kan symboliseras på samma sätt som ovan, en visare av mätvärdet och en inre resistans (R_i).



Med instrumentet inkopplat gäller nu istället $U = U_{bat} \cdot (R_2 // R_i) / ((R_2 // R_i) + R_1)$ där $R_2 // R_i = R_2 \cdot R_i / (R_2 + R_i)$. ($R_2 // R_i$ läses som R_2 parallellt med R_i).

Matematiskt gäller att $R_2 // R_i \rightarrow R_2$ då $R_i \rightarrow \infty$ dvs. R_i skall vara så stor som möjligt.

Detta inses kanske enklare bara genom att studera schemat. För att R_i skall påverka så lite som möjligt skall R_i helst inte vara inkopplat alls dvs. motsvara ett oändligt stort motstånd.

Även om nu R_i är stort så finns det där och påverkar, vilket innebär att problemet blir större ju större R_2 är. För små R_2 spelar ett stort R_i ingen roll. För stora R_2 spelar även ett stort R_i roll. Generellt gäller därför för spänningsmätning att instrumentets inre resistans skall vara **så stor som möjligt** och att påverkan blir störst vid mätning i höghögmiga kretsar.

Det kan tyckas som om kraven på instrumentet vid ström- respektive spänningsmätning är oförenliga. I verkligheten är det inte så vilket framgår nedan.

Den analoga multimeteren

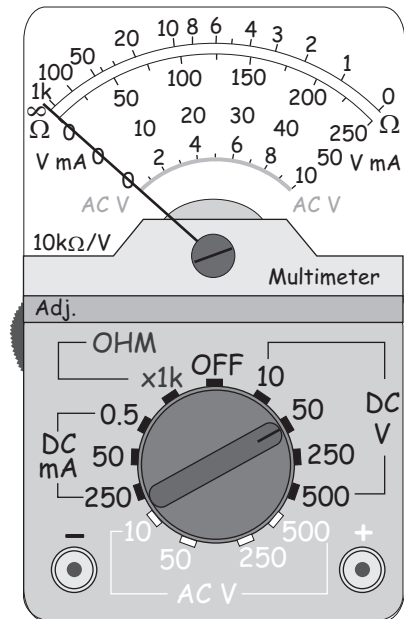
I en analog multimeter (kallades förr universalinstrument) passerar mätströmmen en upphängd spole med visare.

Spolen sitter monterad i ett magnetfält. När spolen genomflytes av ström blir det ett magnetfält även runt spolen. På samma sätt som två magneter antingen attraherar eller repellerar varandra kommer spolen med sitt magnetfält att vrida sig under påverkan av det fasta magnetfältet (därav namnet vridspoleinstrument).

Vridningsvinkeln är proportionell mot spänningen (strömmens styrka).

Den enkla och vanligaste typen av analog multimeter har inte någon inbyggd förstärkare utan strömmen till vridningen tas från mätobjektet.

Bilden t.h. visar en synnerligen enkel typ av analog multimeter.

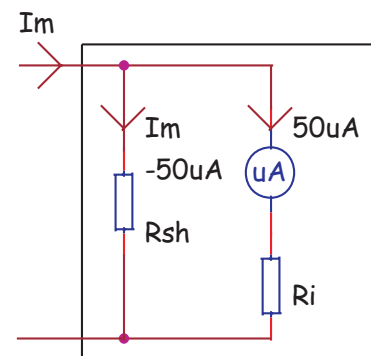


Strömmätning

Det krävs ytterst lite ström I_m (50 – 100 μA) för fullt utslag. Spolens resistans R_i kan vara till exempel 2500 ohm.

Vid mätning av större strömmar går den mesta strömmen genom en shunt R_{sh} utanför själva vridspolen.

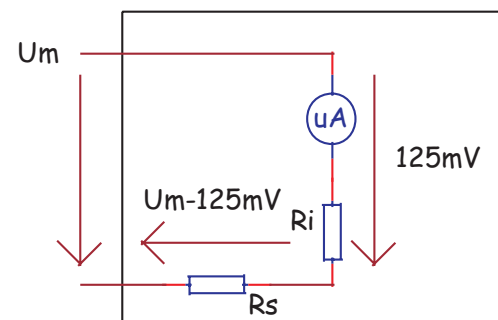
Med shunten inkopplad uppvisar instrumentet en betydligt lägre inre resistans ($R = R_{sh} // R_i$). Från detta inses att problemet med instrumentets påverkan uppstår vid mätning av **små strömmar** speciellt i **lågohmiga kretsar**.



Spänningsmätning

Vid spänningsmätning gäller fortfarande att det krävs 50 μA som vid spolresistansen 2500 ohm motsvarar 125 mV fullt utslag. För att kunna mäta högre spänning kopplas ett motstånd i serie med vridspolen. **Seriemotståndet** R_s höjer instrumentets inre resistans.

Man inser att problemet med instrumentets påverkan uppstår vid mätning av små spänningar i kombination med högohmig krets. En vanlig inre resistans vid spänningsmätning ligger i allmänhet på 20 – 40 kohm /V. För 10V området motsvarar detta 200 – 400 kohm. För 125 mV-området motsvarar det 2,5 – 5 kohm.



Det finns analoga multimetrar med inbyggd förstärkare. Dessas påverkan på mätobjektet är i nivå med den digitala multimeterens (se nedan).

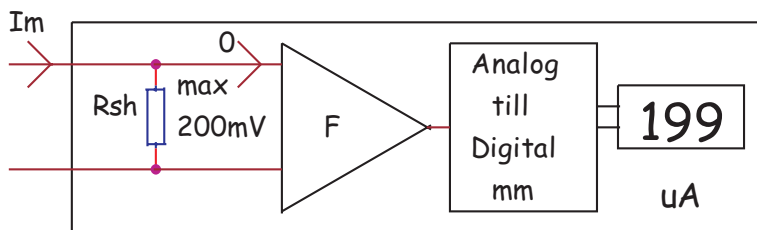
Begreppet multimeter syftar på att instrumentet kan mäta flera olika storheter. Standard är spänning, ström och resistans men det är ganska vanligt att instrumentet även klarar att mäta kapacitans, en transistors strömförstärkning och ibland även frekvens.

Den digitala multimetern

I en digital multimeter passerar mätströmmen genom ett internt mätmotstånd. Spänningsfallet över motståndet förstärks elektroniskt inne i instrumentet och omvandlas sedan till mätvärdet som visas genom siffrorna på displayen. En digital multimeter innehåller ett batteri för elektroniken i instrumentet (förstärkare mm). Tack vare egen strömkälla och inbyggd förstärkare kan den nödvändiga mätströmmen vara liten.

Strömmätning med digital multimeter

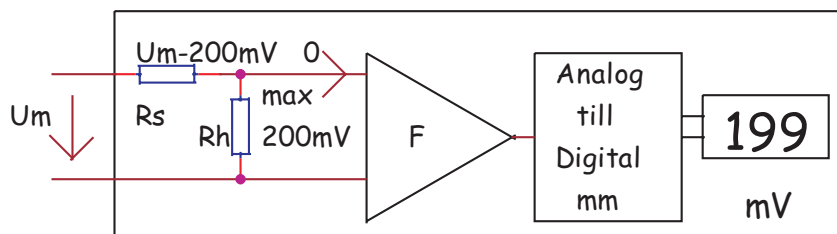
Vid strömmätning kopplas en liten resistans in i kretsen.



Instrumentet mäter sedan spänningsfallet över denna resistans vilket blir proportionellt mot strömmen. Kvaliteten på instrumentets förstärkare (F) bestämmer hur stort spänningsfallet och därmed resistansens storlek måste vara. En billig digital multimeter har ofta en högre inre resistans vid strömmätning än ett instrument av vridspoletyp utan förstärkare.

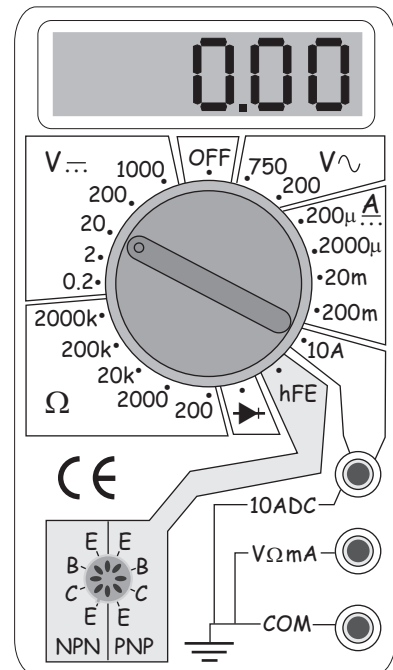
Spänningsmätning med digital multimeter

Vid spänningsmätning tillkommer en serieresistans (R_s) precis som i fallet med den analoga multimetern.



Moderna instrumentförstärkare är mycket höghögna vilket innebär att det är en hög inre resistans som kopplas in vid spänningsmätning. 4-10 Mohm är ett vanligt värde. En digital multimeter ger därför i allmänhet (även en billig sådan) mera tillförlitliga resultat vid spänningsmätning än ett dyrt vridspoleinstrument utan förstärkare.

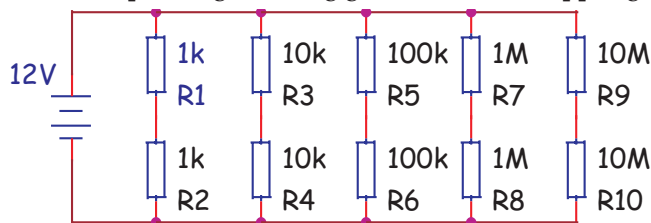
OBS: Dina mätinstrument ser antagligen inte ut exakt som något av de på bilderna.



Spänningsmätning med analog och digital multimeter

Du skall nu göra spänningsmätningar med en multimeter. Om du har tillgång till såväl en analog multimeter som en digital multimeter gör du samma mätningar med båda.

- För att undersöka skillnaden vid spänningsmätning gör du den här kopplingen:



- Mät spänningen över vart och ett av motstånden enligt tabellen nedan, dels med analoga och dels med digitala multimetern.

R	U_analog	U_digital
R1 (1 kohm)		
R3 (10 kohm)		
R5 (100 kohm)		
R7 (1 Mohm)		
R9 (10 Mohm)		

- Vilken spänning förväntar du dig vid varje mättillfälle?

_____ V

- Vid vilken mätning blir felet störst?

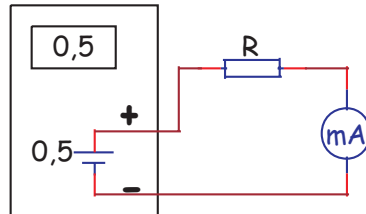
- Försök ta reda på vilken inre resistansen som tillverkaren uppger för respektive instrument. På den analoga multimetern står det oftast under skalorna. För den digitala multimetern får man titta i användarmanual eller datablad.

Analog multimeter: _____ Digital multimeter: _____

- Är det önskvärt att instrumentets inre resistans är så hög eller låg som möjligt vid spänningsmätning?

Strömmätning med analog och digital multimeter

- Koppla nu enligt det här schemat:



Observera att spänningen som du hämtar från kraftaggregatet skall vara 0,5 V i serie med R och att vi försummar kraftaggregatets egen inre resistans eftersom den säkert är obetydlig jämförd med 3,3kohm.

- Mät strömmen dels med $R = 100 \text{ ohm}$ och dels med 10 kohm - fyll i tabellen.
- Beräkna också vilken strömmen skulle bli om instrumentet inte är inkopplat - skriv in resultatet i tabellen.

R	I_analog	I_digital	Beräknad ström
100 ohm			
10 kohm			

- Vilken slutsats kan du dra från mätningarna?

- Är det önskvärt att instrumentets inre resistans är hög eller låg vid mätning av ström?

Mina synpunkter

Jag tycker den här laborationen var:

- Tråkig Jobbig Rolig
 Svår Lagom Lätt Lärrik och/eller: _____

Lämna gärna dina synpunkter i rutan ovan och/eller direkt till författaren nilsake@bde.se.

Du hittar fler laborationer och annat som hör till ämnet ellära på hemsidan: www.bde.se/ellara.htm