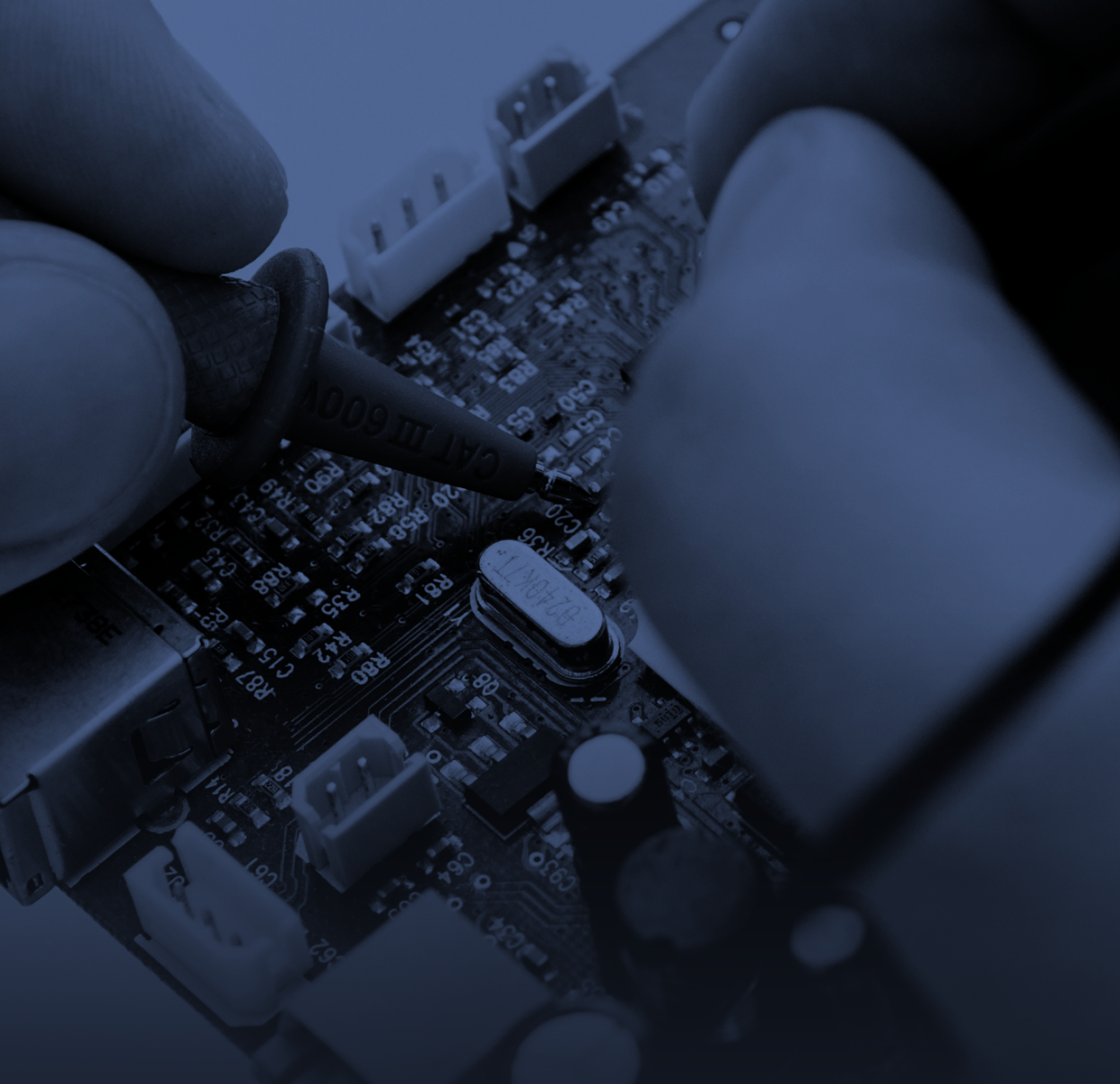




Hur fungerar multimetern?

Multimetern är det viktigaste och mest använda instrumentet både vid undersökning och felsökning. Det finns flera varianter att välja mellan. Här går vi igenom en del allmänna multimeterkunskaper och goda råd innan vi startar med mätning.

Hur fungerar en multimeter?

Oavsett om en elektrisk krets behöver kontrollmätas eller felsökas, på fältet eller stationärt, behövs ett instrument som klart och tydligt visar status för det som mäts.

Multimetern jämfört med oscilloskopet

Beroende på vad som ska mätas och vilka krav som ställs på mätningen används antingen oscilloskop eller multimeter. De ersätter inte varandra utan kompletterar snarare varandra utifrån sina styrkor. Den här guiden handlar om multimetern, men det kan vara bra att förstå den huvudsakliga skillnaden mellan en multimeter och ett oscilloskop.



Oscilloskopet

Ett oscilloskop används för att mäta både lik- och växelström och ger en visuell framställning av spänningssignaler som vågformer, där den vertikala (Y) axeln representerar spänningen och den horisontella (X) axeln representerar tid.

Med oscilloskopet kan du studera signalers tidsförlopp och mäta amplitud, frekvens och fasförskjutning mellan signaler. Det används främst för att se hur en signal varierar över tid och snabba förändringar.



Multimetern

Multimetern är det mest använda instrumentet både vid undersökning och felsökning. Den mäter statiska (stillastående) eller långsamma storheter som spänning, ström och resistans. Den visar exakta numeriska värden, men ger ingen visuell representation av hur en signal varierar över tid.



Analoga multimeter

Den analoga multimetern används allt mer sällan. Det på grund av att digitala multimetrar har en högre noggrannhet, är enklare att avläsa samt har ett lägre inköpspris. Ett annat viktigt skäl är att avläsningen på analoga instrument kan ge parallaxfel dvs. att ögat läser av nålens position från sidan istället för rakt ovanför skalan. En av de största fördelarna med analoga multimetrar är dess förmåga att ge en

kontinuerlig, flytande visning av signalförändringar. Det är särskilt användbart när man mäter gradvisa förändringar i signaler, där rörelsen av nålen gör det enkelt att observera variationer eller fluktuationer. Det visar sig genom att visarnålen rör sig ryckigt eller svänger regelbundet. Detta är en indikation på att mätningen bör göras med oscilloskop för bättre analys.

Valet mellan en analog och en digital multimeter beror på användarens behov. Om exakta mätvärden och mångsidighet är viktigt, är en digital multimeter det bästa valet. För mer grundläggande, snabba avläsningar av gradvisa förändringar kan en analog multimeter vara tillräcklig och ibland mer användarvänlig.



Uni-T UT139B, Multimeter med många mätområden

DMM - Digital multimeter

Den digitala multimetern visar mätvärden i klartext på sin display. Vid mätning jämförs den uppmätta spänningen med en mycket stabil referensspänning. Skillnaden förstärks och värdet omvandlas med en AD-omvandlare (analog till digital) till siffror. Det krävs en del kunskaper om elektronik för att förstå hur en multimeter fungerar, men inte för att använda den. En annan benämning för multimeter är universalinstrument.

Val av mätområde

Den digitala multimetern mäter många storheter, t.ex. spänning (volt), ström (ampere) och resistans (ohm), frekvens (Hz) och kapacitans (F). För mätning med en multimeter är det viktigt att instrumentet ställs in rätt. Först väljs storhet, t.ex. volt, ampere eller ohm. Hos enklare instrument måste även rätt mätområde för respektive storhet väljas. Som nybörjare är det faktiskt bättre att välja ett lite dyrare instrument som automatiskt väljer mätområde (se nedan).



Manuellt val av mätområde

Manuellt val även kallat "manual range" är vanligt, särskilt hos billigare instrument. Det är inget fel alls att välja ett instrument med manuell inställning, men det kräver lite mer av användaren.

När storheten är vald (t.ex. volt eller ampere) behöver det område mätningen avser väljas. För DC volt kan det vara 200 mV, 2V, 20V eller 200V.

Värdet anger den maximala spänning som förväntas av mätningen. Om mätningar ska göras i bilen eller båten, som har ett 12 voltsystem, väljs området för 20V. Saknas kännedom om vilken spänning du kommer att stöta på: starta med det högsta värdet, i det här fallet på 200V, välj sedan ett lägre värde efter som. Samma princip gäller för alla storheter instrumentet kan mäta.



Automatiskt val av mätområde - Auto range

Anges som "auto range". Här görs endast valet av storhet, t.ex. volt, därefter sköter multimetern resten. En multimeter med funktionen "auto range" kostar något mer, men förenklar och minskar risken att göra fel – det bästa nybörjarinstrumentet således.

Polaritet och märkning av ingångar

Instrumentet har en positiv (+) och en negativ (-) ingång. Den negativa ingången är färgmarkerad med svart, samt ofta märkt med COM. Den positiva ingången är färgmarkerad röd, och ibland med ett (+). Den positiva ingången kopplas till den punkt i kretsen som har den högre potentialen. Multimetern tar inte skada av att kopplas in med felaktig polaritet, det som händer är att instrumentet visar ett minustecken (-) framför mätvärdet i displayen. Om en växelspanning (AC) mäts i likspänningsläget (DC) kommer multimetern att visa 0 efter som att signalen lika ofta är positiv som negativ.

Viktigt att hålla koll på är att vid amperemätning används en separat ingång, märkt just ampere. Här måste instrumentet kopplas in på rätt sätt, annars kan det skada både instrumentet och det man mäter. Mer om amperemätning på sida 11.



Bar graph

Simulerar en analog visare. För att digitala multimetrar ska kunna ge en indikation på små och snabbare variationer finns ett fält i displayen som visar mätvärdet som en streckad stapel, ett stapeldiagram.

Diodtest

Diodtestfunktionen hos en multimeter funktions-
testar dioder genom att lägga en spänning över den
och på så sätt visa om dioden är hel. För att mäta fler
diodegenskaper behövs ett specialinstrument.

Fasföljdstestning

En multimeter med fasföljdsvisare känner av tidsförskjutningen mellan faserna och visar dess ordningsföljd: L1, L2, L3. Används vid inkoppling av maskiner och motorer där fasföljd är viktig.

Frekvensmätning (Hz)

Multimetrar med frekvensmätning kan visa den uppmätta sinusvågens frekvens i antal svängningar per sekund, dvs. Herz (Hz).

Multimetrar som har möjlighet att mäta duty-cycle (pulsbredd) kan även mäta fyrkantsvåg. Då mäts den procentuella tid av hela pulsen som är i aktivt läge (hög) dvs. har sin "duty". Talet beräknas genom att tiden för den höga signalen divideras med den totala tiden för hela pulscykeln multiplicerat med 100.

Exempel: Om en fyrkantspuls är aktiv (hög) under 10 ms och inaktiv (låg) under 10 ms är duty cycle 50%. Detta eftersom den aktiva tiden är hälften av den totala. Duty Cycle-mätning kan användas i system som använder pulsbreddsmodulering (PWM) för sin effekterglering. T.ex. LED-dimmer, motorer och spänningsomvandlare.

Hold - Fryst mätvärden

Funktionen "Hold" används för att hålla kvar, (frysa) ett mätvärde i displayen. Funktionen är användbar när displayen inte kan ses vid mätögonblicket, alternativt då mätvärdet behöver antecknas i efterhand.

Induktansmätning (H)

En multimeter med induktansmätning kan mäta induktansen i en elektrisk spole (drossel) vid en specifik frekvens. Enheten mäts i Henry och vanligtvis handlar det om värden på mikro Henry (μH) och milli Henry (mH).

Isolationsmätning

En isolationstestare även kallad isolationsmotståndstestare eller megger, använder en hög likspänning för att upptäcka läckströmmar mellan ledare och jord.

Jordfelsbrytartest - RCD

Jordfelsbrytaren kan rädda liv genom att lösa ut om apparater blir strömförande. För att testa att en jordfelsbrytare löser ut som den ska genererar jordfelsbrytartestaren en felström till jord. Felströmmen är

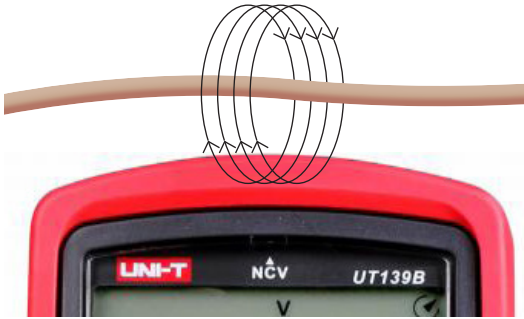
30 mA, vilket är tillräcklig för att avgöra att jordfelsbrytaren fungerar och löser ut som den ska.

Kapacitansmätning (F)

Funktionen används för enklare mätning av kapacitansen i en kondensatorer. Enheten mäts i Farad och vanligtvis handlar det om värden på mikro Farad (μF) och nano Farad (nF).

Kontinuitet - kortslutningsmätning

Kontinuitet (lågohms-mätning) innebär att man kontrollerar om det finns förbindelse mellan två punkter i en krets. Instrumentet avger en ljudsignal när proberna har förbindelse med varandra. Det är en mycket användbar funktion för att kontrollera funktionen hos ledarna i en kabel, hur anslutningarna i en omkopplare är kopplade, om en säkring är hel, etc.



Kontaktlös mätning (NCV)

Kontaktlös mätning, eller NCV (Non Contact Voltage) gör det möjligt att detektera nätspänning (AC 230/400V) utan att behöva vidröra mätobjektet. När NCV-sensorn närmar sig en spänningsförande ledare (eller objekt) indikeras närvaron av nätspänning med en ljus- och/eller ljudsignal.

Max/Min/Avg

Multimetrar med dessa funktioner kan lagra och visa högsta, lägsta och medelvärde i den uppmätta signalen.

Math mode

Multimetrar med s.k. Math-mode kan utföra beräkningar. Detta är särskilt användbart när flera samtidiga mätdata behöver analyseras.

Exempel på Math mode-funktioner:

REL dvs. relativ mätning där multimetern subtraherar ett värde från ett annat.

RMS (Root Mean Square) som beräknar

effektivvärdet hos en växelspanning (Se. True RMS). *dB* - Decibelmätning dvs. effektförändring och signalstyrka.

Frekvens och period för signaler som varierar över tid.

Math mode-funktioner effektiviserar analysen eftersom multimetern själv räknar ut värdet snarare än att den görs manuellt.

Resistansmätning (R)

Resistansmätning mäter och visar motståndsvärdet i Ohm (Ω).

Temperaturmätning

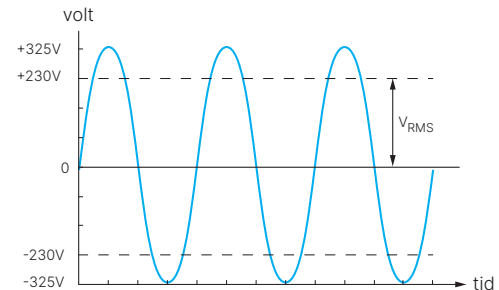
Mätningen sker med ett termoelement (temperaturgivare) som levereras med instrumentet. Den vanligaste standarden för termoelement är Typ-K.

Triggerfunktion

Multimetrar med triggerfunktion har möjlighet att utföra en uppgift på en given "signal" manuellt via en knapp eller automatiskt vid ett visst mätvärde t.ex. en spänningsnivå, ström, frekvens eller med en signal från ett annat mätinstrument. Triggerfunktionen gör det alltså möjligt att mäta vid ett valt tillfälle, exakt tidpunkt eller händelse.

True RMS

True RMS eller sant effektivvärde.



Multimetrar som kan mäta RMS (Root Mean Square), beräknar det effektiva värdet av en sinusvåg. En multimeter med TrueRMS däremot, kan mäta det effektiva värdet även om vågen inte är en ren sinusvåg som t.ex. fyrkans-, triangel- eller en sinusvåg med mycket störningar i orsakade av t.ex. en ojämn belastning.



Instrumentsäkringar

Det brukar finnas en eller flera säkringar i multimetern som löser ut om strömmen blir för stor t.ex. om den mäts felaktigt, direkt över ett batteri. Det är speciella (mycket snabba) säkringar. Instrumentsäkringar är dyra och utbyte brukar kräva att instrumentet ska skruvas upp.



Noggrannhet och upplösning hos digitala multimetrar

Det går inte att få ett helt exakt mätresultat. Det beror på att inga mätinstrument har 100% mätnoggrannhet. Dessutom har mätinstrumentet en display med en upplösning som begränsar hur många siffror och decimaler som kan visas. Vid mätning är det därför önskvärt att känna till och kunna beräkna det totala mätfelet i resultatet.

För att kunna göra det behöver instrumentets avvikelse vara känd. Avvikelsen kallas onoggrannhet och anges i procent. Det finns ytterligare en parameter som ska adderas till onoggrannheten. Den brukar beskrivas som t.ex. ± 2 siffror (counts). Vad som gäller finns att hitta i instrumentets manual eller datablad.

Multimeterns onoggrannhet

Exempeldata hos en multimeter.
Onoggrannheten anges per mätområde:

DC volt: $\pm 0,5\% + 2$ siffror (+2 counts)
AC volt: $\pm 0,8\% + 3$

DC ampere: $\pm 0,7\% + 2$
AC ampere: $\pm 1,0\% + 3$
Resistans ohm: $\pm 1,0\% + 2$

Exempel beräkning av onoggrannhet:

Uppmätt DC volt: 5,000 V

(tre decimaler i display)

Onoggrannhet: $\pm 0,5\% = \pm 0,025 \text{ V} = \pm 25 \text{ mV}$

Lägst: $5,000 \text{ V} - 0,025 \text{ V} = 4,975 \text{ V}$

Högst: $5,000 \text{ V} + 0,025 \text{ V} = 5,025 \text{ V}$

Siffran 2 avser den sista siffran i displayen.

Lägst: $4,975 (-2) = 4,973 \text{ V}$

Högst: $5,025 (+2) = 5,027 \text{ V}$

Det verkliga mätvärdet är: $4,973 - 5,027 \text{ V}$.

Osäkerheten hos mätningen är

$5,027 - 4,973 \text{ V} = 0,054 \text{ V} = 54 \text{ mV} (\pm 27 \text{ mV})$.

När väl förståelsen finns för hur det fungerar, finns det ett enklare sätt att göra ovanstående beräkning:

$0,5\%$ av $5,000 \text{ V} = 0,025 \text{ V}$

+ 2 siffror ($2 \times 0,001$) = 0,002 (0,001 efter som mätvärdet visas med tre decimaler)

= en osäkerhet med: $\pm 0,027 \text{ V} (27 \text{ mV})$.

Instrumentets inre resistans kan påverka mätresultatet

Vid mätning med en multimeter går det inte att mäta utan att påverka det som mäts. Alla mätinstrument har nämligen en inre resistans som påverkar mätresultatet.

Inre resistansens vid mätning av spänning (volt)

Så fort mätproberna ansluts till mätpunkterna blir multimetern en del av den elektriska krets som ska mätas. Det går därför inte att mäta någonting utan att påverka det som mäts. Det flyter alltid, om än försumbart, en ström genom instrumentet mellan de båda mätpunkterna. För att hålla den strömmen så låg som möjligt vid mätning av spänning, behöver den inre resistansen vara så hög som möjligt i förhållande till det som mäts för att inte påverka mätresultatet.

En ideal voltmeter har oändligt hög inre resistans, men en sådan voltmeter existerar inte. Eftersträvarsvärt är att multimetern har en inre resistans på minst 10 Mohm.

Inre resistans vid mätning av ström (ampere)

Det omvända gäller för mätning av ström då multimetern behöver ha en så låg inre resistans som möjligt för att inte själv påverka strömmen.

För att mäta ström används därför ett

shuntmotstånd som sitter inbyggt i multimetern, vilket i sammanhanget betyder att den ström som passerar shunten ger upphov till ett mycket litet spänningsfall över shunten. Spänningsfallet används för att beräkna den ström som flyter igenom shunten. Multimetern har därför en separat ingång för mätning av ström som är kopplad över en shunt. Shunten tål högre strömmar (t.ex. 10A). Ingången är märkt med A, medan ingångar anpassade för lägre strömmar har en anslutning märkt mA (milli ampere).

Tips: kontrollera alltid att mätsladden sitter i rätt uttag om mätningen växlar mellan ström och spänning för att inte skada instrumentet och det som ska mätas.

Läs mer den inre resistansens inverkan på sida 13.

Displayens upplösning - skallängd

Displayens upplösning beror på hur många siffror (en. digits) den kan visa. Vanligt är att displayen kan visa tal mellan 0-1999, dvs. 2000 nummer. Detta kallas för att multimetern har en skallängd (en. counts) på 2000. Ju större skallängd ett instrument har desto fler decimaler kan visas, och på så sätt kan mätvärden med större noggrannhet visas. Ibland anges skallängden som $3\frac{1}{2}$ siffror.



Tre instrument med olika skallängd

Siffror (digits) och skallängd (counts)

Displayens upplösning beskriver hur många siffror den har och därmed hur stora tal den kan visa. En display med två siffror kan visa ett tal från 0-99, alltså totalt 100 värden. Den har en skallängd på 100, enkelt att förstå.

Det som krånglar till det, är att de flesta displayer hos multimetrar har en första siffra som är begränsad till ett lägre tal än 9. Vanligt är att displayens första siffra

bara kan visa 0 eller 1. En display med fyra siffror (digits) kommer då kunna visa ett tal på 0-1999, alltså ha en skallängd på 2000 (counts). En bättre multimeter har ofta en skallängd på 20 000 eller mer. En sådan display har fem siffror där den första siffran kan visa 1 eller 0, alltså 0-19 999.

Nu mer anges vanligen bara skallängden (hur stora tal displayen maximalt kan visa). I multimeterns datablad anges ibland skallängden som ett *bråktal*.

$3\frac{1}{2}$ siffror (digits), vad betyder det?

En vanlig upplösning hos multimetrar är $3\frac{1}{2}$ siffror. Trean visar att displayen har tre siffror vilka kan visa talet 0-9, de tre siffrorna kan alltså visa 0-999.

Bråktalet avser alltid displayens först siffra och anger: högsta värde / antal värden.

$1/2$ anger att displayens första siffra kan visa en 1:a, med 2 olika värden (0 eller 1).

$5/6$ anger att displayens första siffra kan visa en 5:a med 6 olika värden (0 till 5).

När upplösningen anges till $3\frac{1}{2}$ betyder det att displayen sista tre siffror kan visa 0-9, medan den första siffran kan visa 0 eller 1. Displayen kan då visa 0-1999.

Att beskriva upplösningen som $3\frac{1}{2}$ siffror (digits) är alltså exakt samma sak som att beskriva den som 2000 nummer (counts).

Siffror (Digits)	Displayen visar	Skallängd (Counts)
$3\frac{1}{2}$	$\pm 0-1999$	2 000
$3\frac{5}{6}$	$\pm 0-5999$	6 000
$4\frac{1}{2}$	$\pm 0-19999$	20 000
$4\frac{3}{4}$	$\pm 0-39999$	40 000
$5\frac{1}{2}$	$\pm 0-1999999$	200 000
$6\frac{1}{2}$	$\pm 0-19999999$	2 000 000

Tabellen visar översättning mellan siffror och skallängd.

Upplösning och onoggrannhet har en relation

Ju fler siffror displayen kan visa, desto fler blir decimalerna i mätvärdet. Instrumentets förmåga att visa mätvärden med stor precision är alltså kopplat både

till dess mätnoggrannhet och diplayens förmåga att visa många decimaler. Inte helt förvånande att en multimetrar med större skallängd har bättre mät-noggrannhet och ett högre pris.

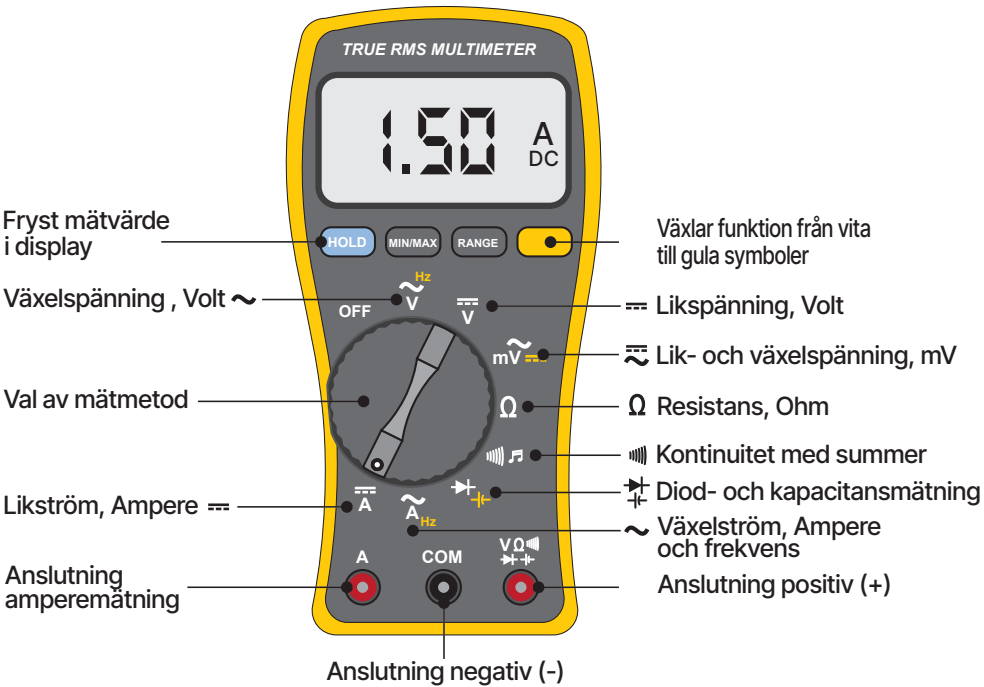
Område	Skallängd 2000 3 1/2 siffror ± 0-1999	Exempelmätvärde
200 mV	199,9	23,6 mV
2 V	1,999	1,421 V
20 V	19,99	13,84 V
200 V	199,9	118,4 V
600 V	0999	234 V

Exempel på vad en display med **2000** i skallängd visar i olika mätområden. Notera hur många decimalerna är för respektive mätområde.

Område	Skallängd 20 000 4 1/2 siffror ± 0-19999	Exempelmätvärde
200 mV	199,99	23,63 mV
2 V	1,9999	1,4213 V
20 V	19,999	13,842 V
200 V	199,99	118,43 V
600 V	0999,9	234,4 V

Exempel på vad en display med **20 000** i skallängd visar i olika mätområden. Jämför skillnaden med 2000 i skallängd.

Multimeterns funktioner och symboler

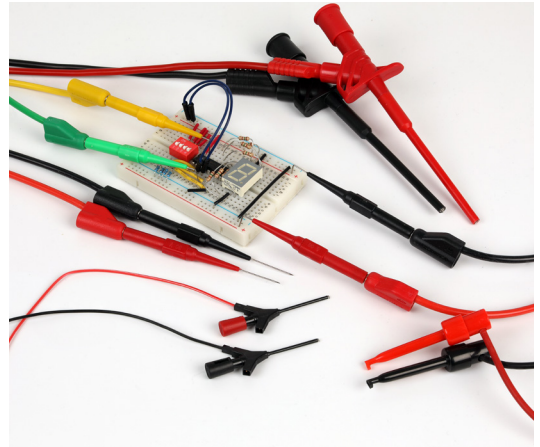


En uppsjö av mätsladdar och mätprober



Stackade banankablar

Multimetern levereras med ett par standardmätprober. Multimeterns probanslutning är standardiserad till 4 mm, även kallad banankontakt. Kontakterna är gjorda för att passa med både vanliga 4 mm banankontakter och säkerhetskontakter som är extra isolerade. Den standardiserade kontakten gör att det finns en uppsjö av prober, mätsladdar och klämmor att välja mellan.



Klämmor kan fästas direkt på en ledare och smala spetsprober passar i kopplingsdäck. Mätsladdar med banankontakter är lätta att förgrena (stacka) varför man alltid behöver en uppsättning av dessa. Det finns också prober med olika säkerhetskategorier. Ska man arbeta med 230/400V, är det viktigt att välja en säker mätprob.

Mäta spänning (volt) med en multimeter

Viktigt vid spänningsmätning

Vid mätning av spänning är det viktigt att tänka på att instrumentet är inställt för just för spänningsmätning (volt), inte ström (ampere) eller något annat. Dessutom ska instrumentet ställas in för att mäta rätt slags spänning.

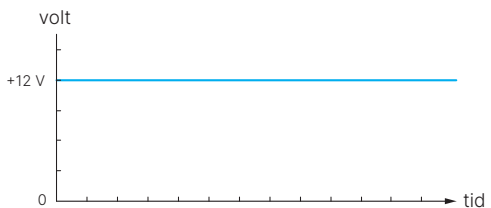
Det finns två sorter, likspänning och växelspänning.

Förkortning	Betydelse
DCV	Likspänning - Spänningsmätning
ACV	Växelspänning - Spänningsmätning
DCA	Likström - Strömmätning
ACA	Växelström - Strömmätning
COM	Minuspol (-)

Vanliga multimeterförkortningar

Lik- eller växelspänning

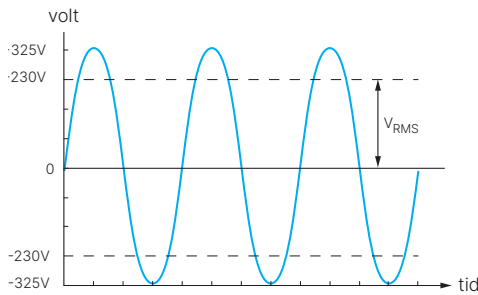
Det viktigt att veta om det är likspänning eller växelspänning som skall mätas.



Likspänning: Grafen visar spänningen från ett batteri, DC

Vid likspänning går strömmen alltid samma håll genom kretsen. Ett batteri är en typisk likspänningskälla.

Hur fungerar en multimeter?



Växelspänning: Grafen visar spänningen från ett eluttag, AC

Vid växelspänning växlar spänningens värde och polaritet. Nätspänningen i våra eluttag är exempel på växelspänning.

Mätning av spänning, DCV eller ACV

Vid mätning av spänning måste instrumentet ställas in för rätt sorts spänning.

På multimetern används V  som symbol för likspänning.

En annan vanlig beteckning är bokstäverna DCV - Direct Current Voltage, som innebär likspänning.

Växelspänning betecknas med en vågform  eller med ACV - Alternate Current Voltage, som innebär växelspänning.



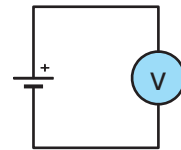
Oftast finns det två eller fler ingångar som markerar pluspolen. De som betecknas med bokstäverna "A" och/eller "mA/μA" är avsedda för strömmätning. Dessa ingångar ska inte användas vid spänningsmätning!

Att felaktigt koppla in sig på en strömmätningssingång i avsikten att mäta spänning leder till kortslutning, vilket kan skada både kretsen och instrumentet. Mer om detta längre fram då det handlar om strömmätning.

Är märkning beroende av fabrikat?

Multimetrar av olika fabrikat kan ha något olika märkning än det som beskrivs här. Med ovanstående grundläggande kunskaper, går det snabbt att

klura ut eventuella olikheter. Likheten mellan olika instrument är stor, och tillvägagångssätt för mätning i en krets är identisk oavsett modell och fabrikat.



Spänningsmätning över ett batteri

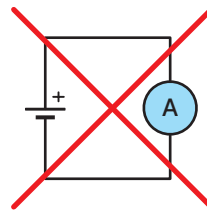
Kopplingsschema för mätning av batterispanning

Schemat ovan visar symbolen för voltmeter inkopplad över ett batteri.

Parallellkoppling

Lägg märke till att voltmeter är inkopplad parallellt över batteriet. Denna typ av koppling kallas parallellkoppling.

All mätning av potentialskillnad (spänning) sker genom parallellkoppling.

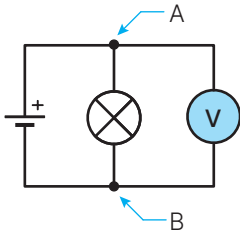


Varning, detta kan förstöra instrumentet

Det värsta felet man kan göra

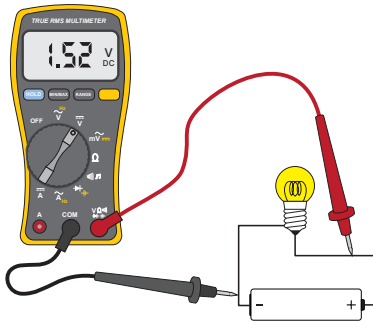
Det tål att upprepas att det allvarligaste felet som kan göras vid mätning av spänning (V) är att instrumentet är felaktigt inställt för strömmätning (A). När instrumentet är inställt för strömmätning fungerar det som en ledare. Strömmen kommer då att rusa genom instrumentet och bli så stor att dess säkring i bästa fall går söder. I värsta fall går instrumentet sönder. Det är väldigt lätt att göra det här felet när t.ex. batterispanning ska mätas direkt efter en strömmätning utan att instrumentet kopplats om för spänningsmätning.

Spänning mäts parallellt över lampan eller direkt över batteriet



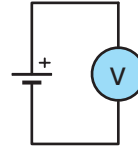
Mäta spänning över en lampa

Vi tänker oss att vi vill ta reda på vilken spänning som finns över en lampa i kretsen. Att mäta en spänning kallas att mäta potentialskillnaden. När potentialskillnaden mäts över lampan, eller vilken annan komponent som helst, ska instrument parallellkopplas (punkt A och B i bilden ovan), vilket i verkligheten kan se ut så här:

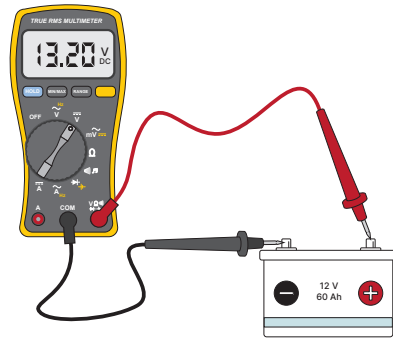


Spänning mäts parallellt över lampan eller batteriet

Lägg märke till att multimetern är inställd för att mäta likspänning (DCV). Mätproberna kopplas parallellt över det som ska mätas.



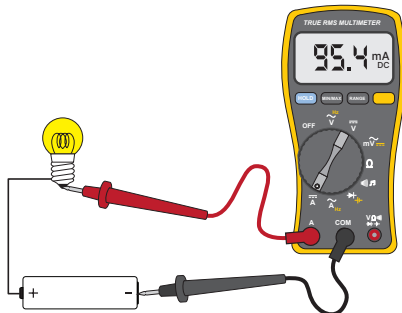
Det går också bra att mäta spänning direkt över ett batteri. Att mäta spänning över ett batteri kallas för att mäta dess polspänning.



Spänning mäts parallellt över bilbatteri

Spänningsmätning av ej inkopplat bilbatteri (öppen krets) visar 13,2 V. Att spänningen är högre än batteriets angivna spänning beror bl.a. på batteriets laddningsstatus.

Mäta ström (ampere) med en multimeter



Ström mäts i serie med lampan

Att mäta ström

Vid mätning av strömmen som flyter genom en ledare, måste strömmen passera genom amperemetern dvs. genom instrumentets shunt.

Vi kopplar in vår digitala multimeter inställd för strömmätning enligt bilden.

Strömmen som går igenom lampan och passerar också genom mätinstrumentet. Instrumentet är inställt på området A $\equiv$ som är likström.

Här mäter instrumentet 95,4 mA.

Välj rätt typ av ström

Precis som vid spänningsmätning måste instrumentet först ställas in på vilken slags ström som ska mätas dvs. växel- eller likström (AC eller DC). Vid likström flyter strömmen åt samma håll medan hos växelström växlar (byter) strömmen riktning hela tiden.

På multimetern används A som symbol för likström och en vågform $\sim$ för växelström.

En annan vanlig beteckning är förkortningen:

DCA - Direct Current Ampere, som är likström

ACA - Alternate Current Ampere, som är växelström.

Rätt polaritet

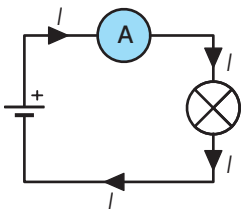
Slutligen har polariteten betydelse även vid strömmätning. Instrumentets plusingång ska kopplas till den punkt i kretsen som har den högre potentialen. Om man kopplar in fel, kommer ett minustecken att visas i displayen.



Ingångar för strömmätning

Separata ingångar för att mäta ström

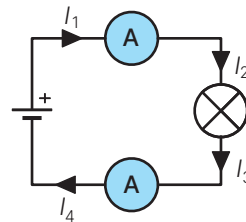
Ofta finns det flera ingångar för att mäta ström. Instrumentet på bilden har en ingång för att mäta stora strömmar (upp till 10 A) och en ingång för små strömmar (mA/μA).



Amperemetern kopplas in i serie

Schemat ovan visar hur en amperemeter som mäter ström ska kopplas in. Vid strömmätning kopplas amperemetern in i serie med lampen.

Strömmen (I) går genom lampen och instrumentet och har samma storlek genom hela kretsen (95,4 mA). All strömmätning sker genom en seriekoppling.

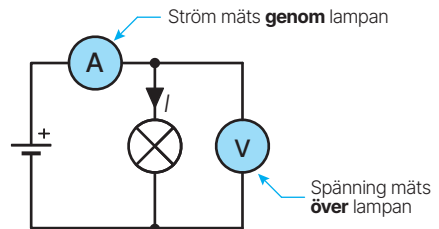


Båda amperemätarna visar samma värde

Strömmen har samma storlek både före och efter lampen

Det spelar ingen roll var i kretsen amperemetern kopplas in, den kommer att visa samma sak: $I_1 = I_2 = I_3 = I_4$.

Jämför ström- och spänningsmätning



Spänning mäts parallellt, ström mäts seriellt

Exemplet visar samtidig mätning av ström och spänning.

En bra minnesregel: Strömmätning alltid sker genom Seriekoppling. Mätning av Potentialskillnad (spänning) sker med Parallellkoppling.

Välj en säker multimeter!



Instrumentsäkerhet

En multimeter ska vara CE-märkt och märkas med vilken kategori de har enligt standarden IEC 61010-1. Kontrollera att instrumentet och

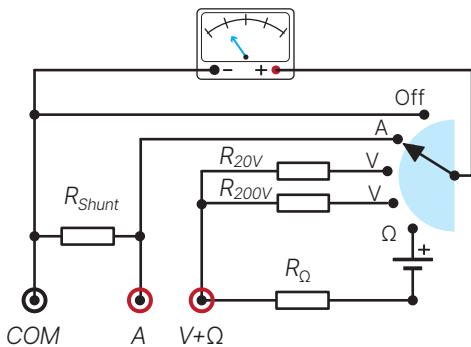
mätprober klarar minst den säkerhetskategori mätningarna avser. Tabellen visar förenklat skillnaden mellan olika kategorier.

Kategori	Spänningsklass	Område
I	Klenspänning	Inomhus
II	230V 1-fas apparater	Inomhus
III	400V 3-fas maskiner	Inomhus
IV	400V installation	Utomhus

Mättekniska problem, inre resistans

Multimetern kan inte mäta helt rätt

Vid mätning med en multimeter går det inte att mäta utan att påverka det du mäter. En ideal voltmetr med oändligt hög resistans, eller en ideal amperemeter helt utan resistans existerar inte. Alla mätinstrument har något som kallas för inre resistans vilken påverkar mätresultatet. Man behöver alltså både känna till instrumentets onoggrannhet och dess påverkan på den krets du avser att mäta.

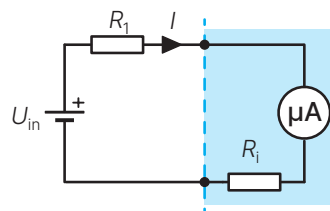


Principen för hur en multimeter fungerar

Som man kan se i principskissen för en multimeter finns flera resistanser som kommer att påverka mätresultatet. När en resistans serie- eller parallellkopplas förändras resistansen och därmed både spänningen över den, och strömmen genom den.

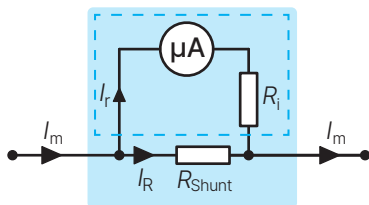
Problemet vid strömmätning

Vid strömmätning kopplas mätinstrumentet in i serie med den ledare där strömmen skall mätas. I kopplingsschemat ser man amperemeterns inre resistans R_i som kommer att påverka kretsen.



Amperemetern har en inre resistans

I amperemetern finns en inre resistans (R_i) i serie med instrumentet. Den inre resistansen hos alla strömmätande instrument blir en felkälla, detta eftersom strömmen genom kretsen minskar på grund av instrumentets inbyggda resistans. Genom att lägga till ett shuntmotstånd kan högre strömmar mätas samtidigt som den totala inre resistansen minskar.



Strömmen genom går igenom amperemetern och shuntmotståndet

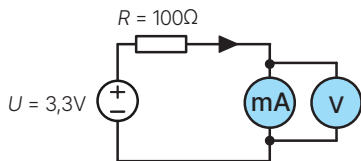
Hur fungerar en amperemeter?

Mikro-amperemetern kan mäta upp till något 10-tal μA . För att kunna mäta högre strömmar används ett shuntmotstånd (R_{shunt}) genom vilken den största delen av strömmen leds förbi. Varje mätområde (t.ex. 20 mA, 200 mA, 10 A) har ett separat shuntmotstånd. Området för μA , har inget shuntmotstånd utan bara amperemeterns inre resistans (R_i). Det gör att det området har den högsta inre resistansen, typiskt 100 ohm, vilket också gör att I_r blir mycket liten i förhållande till I_R . Strömmen (I_R) genom R_{shunt} + strömmen genom amperemetern (I_r) = totala mätströmmen (I_m).

$$I_r + I_R = I_m.$$

Shuntmotstånd

De schematiska bilderna ovan visar hur ett shuntmotstånd används vid mätning av högre strömmar. Spänningsfallet som uppstår över shuntmotståndet kallas för belastningsspänning (en. burden voltage). Det är önskvärt att shuntmotståndet hålls så lågt som möjligt så att spänningen över det också blir så låg som möjligt. Detta för att påverka kretsen och där med mätresultatet så lite som möjligt. Olika mätområden har olika storlek på shuntmotståndet, från några milliohm (10 A mätområde) upp till ca 100 Ω (μA mätområde).



Det behövs två instrument för att mäta belastningsspänningen

Mätning av belastningsspänning

Dyrare instrument anger belastningsspänningen (burden voltage) i sitt datablad. Belastningsspänningen anges som t.ex. 1,8 mV/mA. Det betyder att vid mätning av 100 mA, kommer

belastningsspänningen att vara $1,8 \cdot 100 = 180 \text{ mV}$. Ofta uppger inte tillverkarna belastningsspänningen, men den kan man mäta själv. För det behövs två multimetrar, en som mäter strömmen genom kretsen och en som mäter spänningen över amperemetern (och dess inbyggda shuntmotstånd).

När får spänningsfallet över shuntmotståndet betydelse?

Antag att du har en krets med 3,3 V drivspänning med en resistor på 100 Ω i serie (se schemat ovan). Strömmen genom kretsen blir $I = U/R = 3,3/100 = 0,033 \text{ A} = 33 \text{ mA}$.

Om du nu ansluter en amperemeter i serie med kretsen för att mäta strömmen, kommer den att visa: 30 mA. Varför blir det så?

Det uppmätta spänningsfallet över shuntresistorn är 300 mV (0,3 V). Det betyder att man måste räkna bort 0,3 V från drivspänningen.

Med 3 V i stället för 3,3 V kommer amperemetern att visa:

$$I = U/R = 3/100 = 0,3 \text{ A} = 30 \text{ mA}, \text{ ett fel på } 10\%.$$

Detta är anledningen till att det kan vara bra att känna till, och kunna mäta/räkna på mätfelet som uppstår pga. den inre resistansen.

Shuntmotståndets storlek

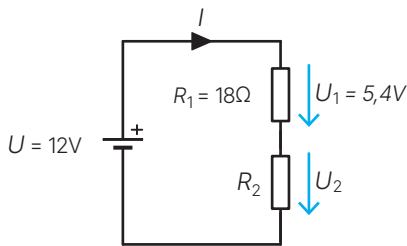
Storleken på shuntmotståndet beror på vilket mätområde som väljs. Shuntmotståndets resistans ökar när ett mätområde med högre upplösning väljs, t.ex. 1 A i stället för 10 A.

När ett område med sämre upplösning (färre decimaler) väljs, kommer mätfelet att minska då shuntmotståndets resistans minskar, och där med dess påverkan av kretsen. Detta går bara att göra om multimetern har manuell inställning av mätområden, och självklart om det kan accepteras att mätvärdet får sämre upplösning.

Att mäta över ett externt shuntmotstånd ger fördelen att man själv kan välja resistans, tolerans och effekttålighet.

Indirekt strömmätning

Om komponenter är inlödda på ett mönsterkort kan det vara svårt att mäta strömmen. För strömmätning krävs det att kretsen bryts upp för att kunna koppla in en amperemeter.



Indirekt strömmätning genom att mäta spänning

Ofta går det att ta reda på strömmen på ett enklare sätt. Tänk dig att du vill veta strömmen (I) i kopplingen.

Istället för att mäta strömmen direkt, kan du då läsa av motståndets resistans och mäta spänningen över motståndet. Detta kallas för indirekt strömmätning. I exemplet beräknas strömmen enkelt med hjälp av ohms lag.

$$I = U/R = 5,4 / 18 = 0,3 \text{ A} = 300 \text{ mA.}$$

Även R_2 och U_2 kan enkelt beräknas om drivspänningen är känd.

$$U_2 = 12 - 5,4 = 6,6 \text{ V.}$$

$$R_2 = U/I = 6,6 / 0,3 = 22 \Omega.$$

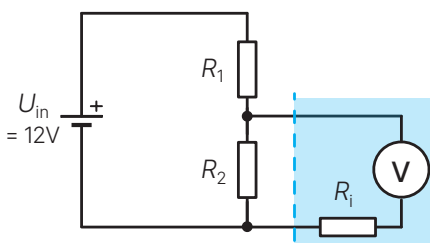
Problemet vid spänningsmätning

Vid spänningsmätning kopplas instrumentet in parallellt över kretsen eller komponenten.

I den här kopplingen vill vi mäta spänningen över motståndet R_2 .

Kan vi lita på voltmeteren när vi kontrollmäter?

Det ideala är givetvis en voltmeter som inte påverkar kopplingen alls, utan visar den spänning som finns i kretsen fast att instrumentet är inkopplat och där med en del av kretsen.



Voltmetern har en inre resistans

I verkligheten är det inte så, detta på grund av att voltmetern har en inre resistans.

Voltmeterns inre resistans

Vid spänningsmätning hos en multimeter, är den inre resistansen runt 10 MΩ. Äldre instrument och de allra billigaste instrumenten kan ha betydligt lägre inre resistans, ca 0,5-1 MΩ. För att påverka kretsen så lite som möjligt när man mäter spänning eftersträvas en så hög inre resistans som möjligt.



Mätning av voltmeterns inre resistans

Kontroll av inre resistans

Det går bra att kontrollera den inre resistansen hos voltmetern i multimetern med hjälp av en megger. I exemplet ovan testas den inre resistansen hos en Uni-T UT33C+ (en relativt billig multimeter). Provspänning är 100 V och instrumentet är inställt på mätområdet för 200 V DC. Meggern visar att den inre resistansen är 10 MΩ. Samma test med 500 V provspänning och 600 V mätområde ger samma resultat.

Hur påverkar voltmeterns inre resistans mätvärdet?

Om vi utgår från kretsen ovan, som är en spänningsdelare med $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$ och $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$.

Spänningen över R_1 respektive R_2 blir alltså 6 V. Voltmetern med en inre resistans på 10 MΩ är inkopplad över R_2 . Ersättningsresistansen blir enligt formeln för parallellkoppling:

$$R_{\text{tot}} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

$$R_{\text{tot}} = (10\text{k} \cdot 10000\text{k}) / (10\text{k} + 10000\text{k}) \approx 9,99 \text{ k}\Omega$$

Med formeln för spänningsdelare blir spänningen

Hur fungerar en multimeter?

över R_2 :

$$U_2 = U_{in} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$U_2 = (9,99 / (10 + 9,99)) \cdot 12 \approx 5,997 \text{ V}$$

Voltmetern visar 5,997 V* medan det förväntade mätresultatet är 6 V. Skillnaden är $6 - 5,997 = 0,003 = 3 \text{ mV}$, vilket i sammanhanget får anses som försumbart.

* Voltmetern har dessutom en onoggrannhet som vi beskrivit tidigare, så ovanstående blir bara en teoretisk övning.

Om vi där emot ändrar resistansen i spänningsdelaren till: $R_1 = 1 \text{ M}\Omega$ och $R_2 = 1 \text{ M}\Omega$.

$$U_2 = (909\text{k} / (1000\text{k} + 909\text{k})) \cdot 12 \approx 5,714 \text{ V}$$

Nu är skillnaden: $6 - 5,714 = 286 \text{ mV}$.

Felet ökar alltså när mätningen sker över höga resistanser.

Om vi skulle ha utfört den första beräkningen med $0,5 \text{ M}\Omega$ inre resistans hade skillnaden blivit betydligt större än 3 mV: $6 - 5,941 \text{ V} = 59 \text{ mV}$.

Felet ökar alltså även om voltmeters inre resistans minskar.

Slutsatsen är att voltmeter i en modern multimeter med $10 \text{ M}\Omega$ i inre resistans sällan skapar några betydande mätfel.