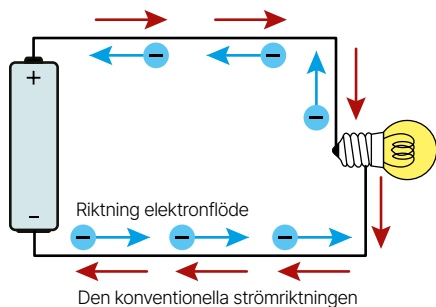


Kapitel 3 - Grundläggande kretsanalys

Från koppling till kretsschema

Mätinstrument är vårt bästa verktyg när vi vill undersöka hur en elektrisk krets fungerar. I det här kapitlet får du lära dig grunderna i analys av elektriska kopplingar, hur man läser ett kopplingsschema, gör beräkningar samt hur man mäter spänning och ström. Viktiga nya begrepp är kopplingsschema, digital multimeter, parallellkoppling, seriekoppling, elektrisk effekt och potentialer.



Figur 3.1

Åt vilket håll flyter strömmen?

Strömmens riktning

Som vi lärt oss flyter elektronströmmen i en ledare från minus till plus, det eftersom elektroner är negativa laddningsbärare. Dock kan strömmen i vätskor transporteras med såväl negativa som positiva laddningsbärare (joner). Alltså kan strömmen flyta åt olika håll vid olika tillfällen.

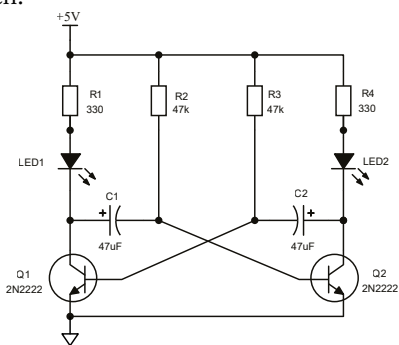
Den fysikaliska strömriktningen

I den fysikaliska och kemiska världen brukar man hålla koll på den verkliga riktningen av elektron- respektive jonströmmen då det har betydelse vid forskning och utveckling av nya materiel och komponenter.

Den konventionella strömriktningen, strömmen går från (+) till (-)

I den praktiska elektroniken säger man att strömmen går från positiv till negativ. Det kallas för den tekniska eller konventionella strömriktningen. Det betyder att alla schematiska symboler också är ritade på det sättet. Av historiska och kanske också rent praktiska skäl har man hållit fast vid att strömmen går från plus till minus,

detta trots att man vet att det oftast inte stämmer. Att ändra skulle ställa till med mycket trasel under decennier framöver. Dessbättre spelar strömmens verkliga riktning en mindre roll. I den praktiska elektroniken uppträder strömmen på samma sätt oavsett vilken typ av laddningar som bär fram den eller vilken riktning vi klistrar på den.



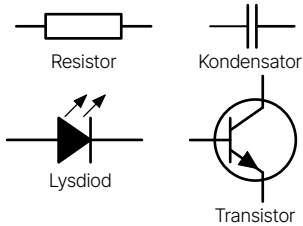
Figur 3.2

Kopplingsschema blinkkrets

Vad är ett kopplingsschema?

Ett kopplingsschema (även kallat kretsschema) är en grafisk representation av en elektrisk krets. Det visar hur elektriska komponenter är anslutna till varandra och hur strömmen flödar genom kretsen. Kopplingsschemat är viktigt eftersom det hjälper till att förklara hur en elektrisk enhet är uppbyggt och tänkt att fungera. Kopplingsschemat gör det också enklare att felsöka och identifiera eventuella problem vid reparation. Ofta ges detaljerad information om vilka värden de olika komponenterna har, vilken drivspänning kretsen har, samt ytterligare information för att bättre förstå kretsen. Kopplingsscheman är inte

bara till för att förstå existerande system, utan också för att utveckla nya. De är en viktig del av designprocessen då de hjälper till att visualisera och testa idéer innan man bygger prototyper.


Figur 3.3

Några vanliga symboler

Kopplingsschemats symboler

Ett kopplingsschema har ofta många symboler och förbindelser. Varje symbol representerar en specifik elektrisk komponent och linjer representerar förbindelser. De olika symbolerna på kopplingsschemat är standardiserade för respektive komponent för att enkelt kunna identifieras. Exempel på komponentsymboler man ofta stöter i ett kopplingsschema är transistorer, resistorer, kondensatorer, dioder.


Figur 3.4

IEC- och ANSI-standarder

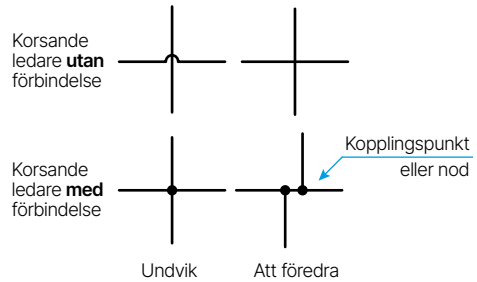
Symboler följer standard

Grafiska symboler för förbindelser och elektriska komponenter är standardiserade så att kopplingsscheman kan läsas och kännas igen i olika länder. De två vanligaste standarderna är IEC (International Electrotechnical Commission) som används i Europa och ANSI (American National Standard Institute) som används i USA. En del symboler skiljer sig åt mellan de olika standarderna men det går ofta att lista ut vad en symbol betyder. Vanligt är att båda standarderna blandas i ett och samma schema men även att gamla och ej standardiserade symboler används.

Symbolbibliotek, se sidan xxx

På sidan xxx finn många av de vanligaste elektriska komponenters symboler men stöter på. Både av den europeiska (ISO) och amerikanska (ANSI) versionen.

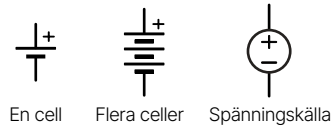
Vanliga symboler


Figur 3.5

Symbol för ledningar och förbindelser

Ledningar, förbindelser och kopplingspunkter

Exempel på ledningar i ett schema. De övre ledningarna korsar varandra utan elektrisk förbindelse, medan de undre ledningarna är förbundna (sammankopplade). Anslutningar där ledningar kopplas samman kallas för kopplingspunkter eller noder.


Figur 3.6

Symboler för batterier och spänningskälla

Symbol för batteri och spänningskälla

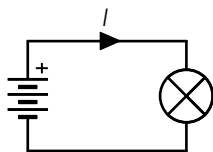
Ett batteri kan ha en eller flera celler. Ett exempel på ett batteri med en cell är ett 1,5 V, AA-batteri. En batterihållare med 4 st AA-batterier (4 x 1,5 = 6 V) skulle få symbolen för flera celler. Lägg på minnet att den långa linjen motsvarar pluspolen. Symbolen för spänningskälla motsvarar en extern drivkälla, t.ex. ett nätaggregat, ett labbaggregat, en USB-port eller liknande.


Figur 3.7

Lampsymbol

Symbol för lampa

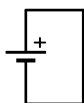
Glödlampan är en opolariserad komponent. Det spelar ingen roll hur man ansluter (+) och (-).



Figur 3.8
Lampkrets med batteri

Kopplingsschema för lampkrets

Kopplingsschemat för lampkretsen i figur 1.13 ser ut så här. Lampan är ansluten till batteriets plus- och minuspol. I det här schemat visas också strömmen (I).



Figur 3.9
Kortslutningskrets

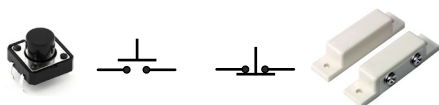
Kretsschema med kortslutning

Kortslutningskretsen (figur 2.32) i förra kapitlet visas här som ett kopplingsschema.

Strömbrytare och omkopplare

En av de absolut vanligaste elektronikkomponenterna är strömbrytare. Benämns även som omkopplare och switch. Det är en elektromekanisk komponent som används för att bryta eller dirigera om strömmen till önskat ställe i kretsen. Omkopplare finns i ett antal varianter för olika behov. Här beskrivs några.

Symbolerna för omkopplare kan se lite olika ut, främst beroende på deras funktion.

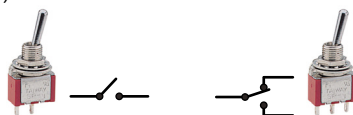


Figur 3.10
Tryckströmbrytare, NC/NO

Normalt öppen eller stängd

Man skiljer mellan NC (Normally Closed) normalt stängd och på NO (Normally Open) normalt öppen. Begreppet berättar om strömbrytarens normalläge, när man inte berör den. Alltså om man trycker på knappen, ska strömmen släppas igenom (NO) eller brytas (NC). Exempel: knappen till dörrklockan är NO medan en mag-

netkontakt är NC (strömmen bryts då fönstret öppnas).

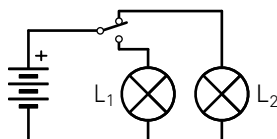


Figur 3.11
Strömbrytare och omkopplare

Skilnaden mellan

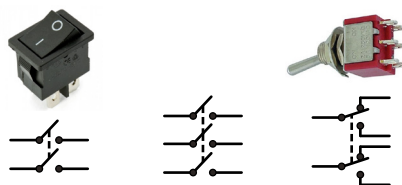
strömbrytare och omkopplare

En strömbrytare har två anslutningar medan en omkopplare har tre anslutningar. Strömbrytaren är enkel att förstå, den har två lägen på eller av (benämns som on-off).



Figur 3.12
Omkopplare växlar över till annan krets

Omkopplaren där emot kan vara påkopplad i sina båda lägen och växla mellan två funktioner. Kopplingsschemat visar att beroende på omkopplarens läge, kommer lampa L1 eller lampa L2 att lysa (benämns som on-on). Omkopplare används ofta som strömbrytare, det är bara att utelämna en anslutning.



2-pol brytare 3-pol brytare 2-pol omkopplare

Figur 3.13

2- och 3-poliga brytare

Flerpoliga strömbrytare

Flerpoliga strömbrytare används då man vill bryta mer än en krets. Vanligt är att man bryter 230/400V till en apparat med en flerpölig brytare för att vara helt säker på att ingen spänning finns i apparaten. Flerpoliga omkopplare används t.ex. i trappkopplingar (långa korridorer och trapphus med flera lampströmbrytare).

Vad är en multimeter?

Den oundgängliga 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.



Figur 3.14

Exempel på analog multimeter

Analoga multimeter

Analoga visarinstrument fungerar ungefär på samma sätt som de digitala instrumenten, men de är bättre på att visa varierande eller ostabila mätvärden. Ett oscilloskop skulle förvisso vara ett bättre alternativ här, men det är ett betydligt dyrare val. Nya analoga instrument av kvalitet, är dyrare än sina digitala motsvarigheter varför de digitala instrumenten i praktiken har tagit över marknaden.



Figur 3.15

Uni-T UT139B, Multimeter med många mätområden

DMM - Digital multimeter

Den digitala multimetern visar mätvärden i klartext på sin display. Vid digital mätning jämförs den spänning man mäter med en mycket stabil

referensspänning. Skillnaden förstärks och värdet omvandlas med en AD-omvandlare (analog till digital) till siffror. Man behöver kunna en del om elektronik för att förstå hur en multimeter fungerar, men inte för att använda det. Multimetern kallas även för universalinstrument. Den digitala multimetern mäter många storheter, t.ex. spänning, ström och resistans. När man mäter med en multimeter är det viktigt att instrumentet ställs in rätt. Först väljs storhet, t.ex. volt, ampere eller resistans. Hos enklare instrument måste du också ställa in rätt mätområde för respektive storhet. Som nybörjare är det faktiskt bättre att välja ett lite dyrare instrument som automatiskt väljer mätområde.



Figur 3.16

Exempel på manuellt val av mätområde

Manuellt val av mätområde

Manuellt val även kallat "manual range" är vanligt, särskilt hos de billigare instrument. Det är inget fel alls på att välja ett instrument med manuell inställning, men det kräver lite mer av dig som användare. Efter man bestämt sig för storhet (t.ex. volt eller ampere) måste man välja inom vilket område man avser att mäta. För DC volt kan det t.ex. vara 200 mV, 2V, 20V eller 200V. Värdet anger den maximala spänning du förväntar dig av din mätning. Om mätningar ska göras i bilen eller båten, som har ett 12 voltsystem, välj

området för 20V. Saknas kännedom om vilken spänning du kommer att stöta på, starta med det högsta värdet, i det här fallet på 200V och välj ett lägre värde efter som. Samma princip gäller för alla storheter instrumentet kan mäta.

**Figur 3.17**

Exempel på automatiskt val av mätområde

Automatiskt val av mätområde

Anges som "auto range". Här gör man endast valet av storhet, t.ex. volt. Sen sköter multimetern resten. En multimeter med funktionen "auto range" kostar något mer, men förenklar och minskar risken för 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. Det man ska hålla koll på är att vid amperemätning används en separat ingång märkt just ampere. Här är viktigt att koppla in på rätt sätt, annars kan det skada både instrumentet och det man mäter på. Mer om amperemätning längre fram i boken.

Fvsta mätvärden

Funktionen "Hold" används för att hålla kvar, (frysa) ett mätvärde i displayen. Det är lämpligt när man visuellt inte kan se displayen alt. att man ska anteckna mätvärdet.

Kontinuitet, kortslutningsmätning

Kontinuitet (lågohms mätning) innebär att man

kontrollerar om det finns förbindelse mellan två punkter i en krets. Instrumentet avger en ljudsignal när problemen har förbindelse med varandra. 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, m.m.

Mätnoggrannhet

En multimeters förmåga att visa ett korrekt mätvärde beskrivs som måtonoggrannhet. Mätosäkerheten varierar beroende på mätområde och anges som en procentavvikelse plus ett antal positioner i displayens sista siffra. Exempel: Ett instrument har vid mätning av DCV en onoggrannheten på: $\pm 1\% + 2$. En uppmätt spänning på 12,00 Volt, kommer då att ha ett verkligt mätvärde på: 1% av 12,00 = 0,12 V, dvs. 11,88 till 12,12 Volt. Sen tillkommer +2 siffror. Med detta menas att siffran längst till höger i displayen kommer att ha en avvikelse på ± 2 . I ovanstående fall blir det lägsta värdet: $11,88 (-2) = 11,86$ och det högsta värdet $12,12 (+2) = 12,14$.

När instrumentet visar 12,00 V, ligger det verkliga mätvärdet någon stans mellan 11,86 och 12,14 volt i ovanstående exempel.

Displayens upplösning

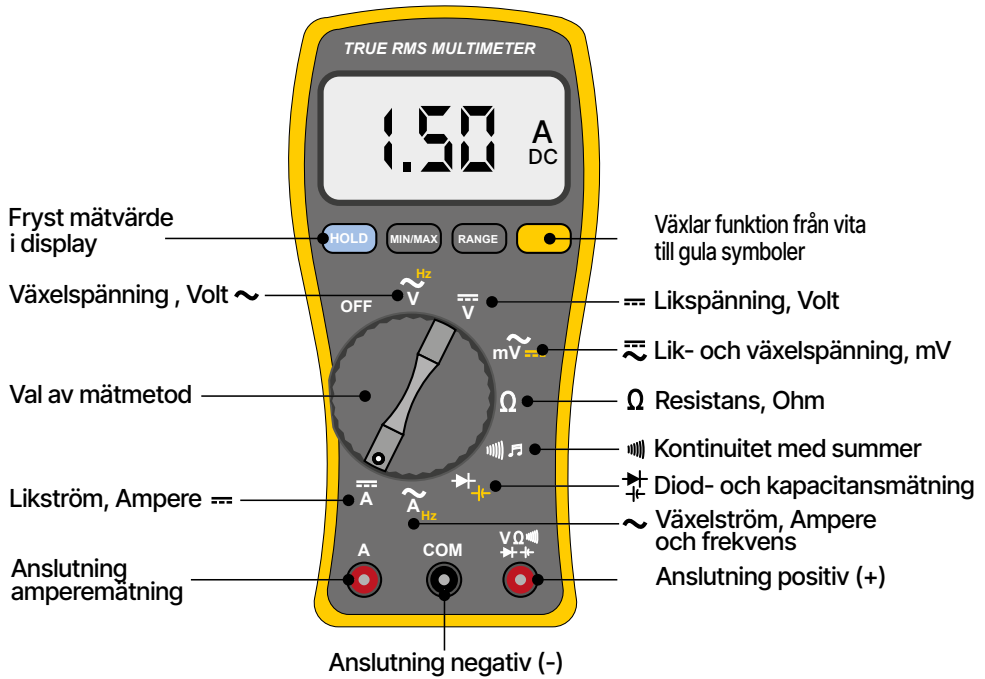
Displayens upplösning beror på hur många siffror (en. digits) den kan visa. Vanligt är att displayen kan visa tal mellan 0-1999, dvs. 2000 nummer. Detta kallas för att multimeteren har en skallängd (en. counts) på 2000. Ju större skallängd ett instrument har desto fler decimaler kan visas, och på så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

Siffror (Digits)	Displayen visar	Skallängd (Counts)
3 1/2	± 0-1999	2000
3 5/6	± 0- 5999	6000
4 1/2	± 0-19999	20000

Läs mer om den mätnoggrannhet och displayupplösning

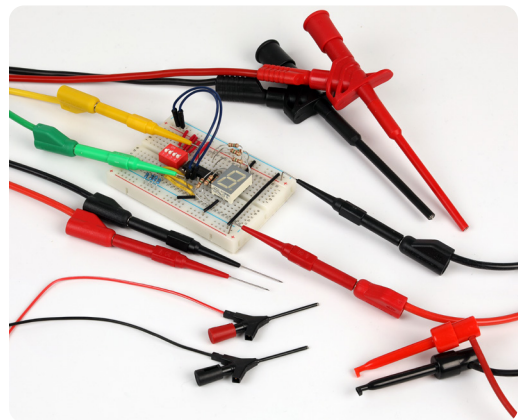
i fördjupningen i slutet av kapitlet...

Multimeterns funktioner och symboler



Figur 3.18

Banankablar som är förgrenade (stackade)



Figur 3.19

Exempel på spetsprober och klämmor

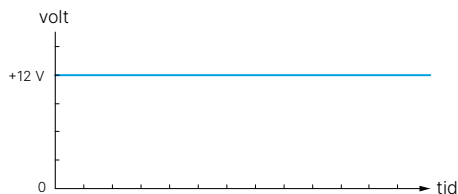
En uppsjö av mätsladdar och mätprober

Multimetern levereras med ett par standardmätprober, se **figur 3.15**. Multimeterns probanslutning är standardiserad till 4 mm, även kallad banankontakt. 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

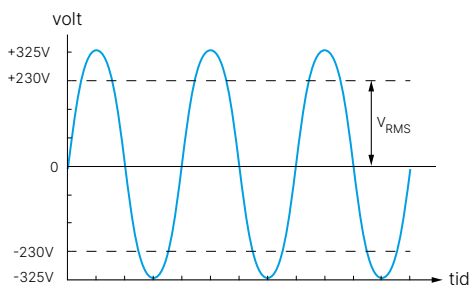
Viktigt vid spänningsmätning

När man ska mäta 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, lik- och växelspänning.



Figur 3.20

Grafen visar spänningen från ett batteri, DC



Figur 3.21

Grafen visar spänningen från ett eluttag, AC

Lik- eller växelspänning

Man måste alltså fört och främst veta vad för slags spänning man skall mäta, lik- eller växelspänning.

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

Vid växelspänning växlar spänningens värde och polaritet. Växelspänning finns t.ex. i våra eluttag (mer om detta i kapitel 8).

Mätning av spänning, DCV eller ACV

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

På multimetern används V_{DC} som symbol för likspänning.

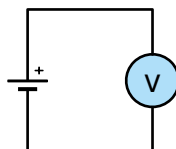
En annan vanlig beteckning är bokstäverna DCV som är förkortning för Direct Current Voltage, som innebär likspänning.

Växelspänning betecknas med en vågform V_{AC} eller med ACV som kommer från 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/ μ A" 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 du mäter men även ditt instrument. 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, kommer du snabbt att kunna klura eventuella olikheter. Likheten mellan olika instrument är stor, och tillvägagångssätt för mätning i en krets är identisk oavsett modell och fabrikat.



Figur 3.22

Spänningsmätning över ett batteri

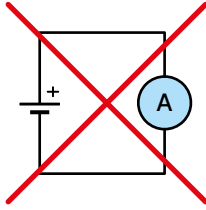
Kopplingsschema för mätning av batterispänning

Schemat visar symbolen för voltmeter. En voltmeter kopplas in över ett batteri vid spänningsmätning.

Parallellkoppling

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

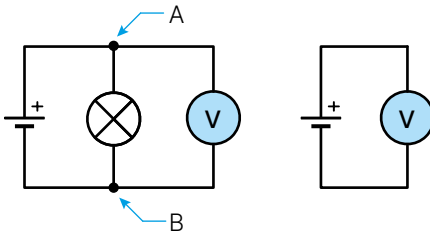
All mätning av potentialskillnad (spänning) sker genom parallellkoppling.


Figur 3.23

Varning, detta kan förstöra instrumentet

Det värsta felet man kan göra

Det tål att upprepas, största felet man kan göra vid mätning av spänning (V) är att instrumentet är felaktigt inställt för strömmätning (A). När instrumentet är inställt för strömmätning fungerar det precis som en ledare, kortslutning (jfr kortslutningskretsen i **figur 3.9**). Strömmen kommer att rusa genom instrumentet och bli så stor att dess säkring går söder (i bästa fall). I värsta fall går instrumentet sönder. Det är lätt att göra det här felet om man innan har mätt ström, och sedan ska mäta batterispänning och glömmer koppla om instrumentet för spänningsmätning.

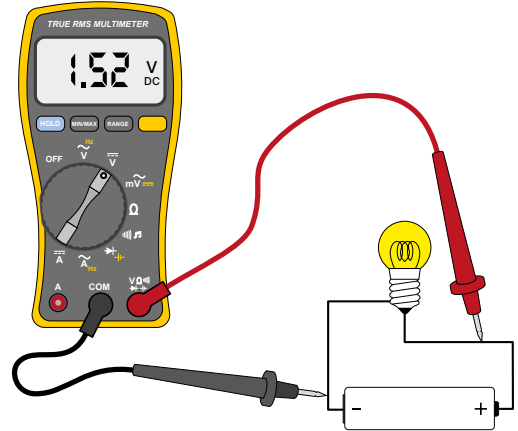

Figur 3.24a
3.24b

Spänning mäts parallellt över lampen eller direkt över batteriet

Mäta spänning över en lampa

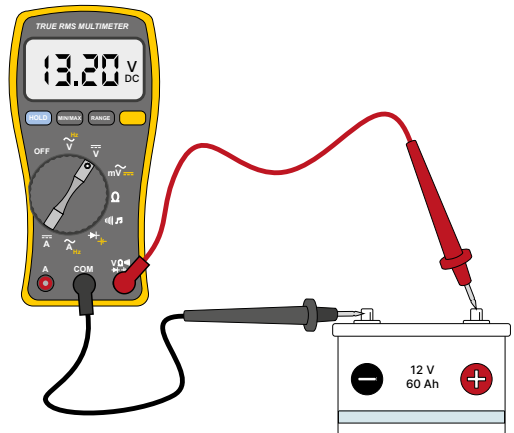
Vi tänker oss att vi vill ta reda på vilken spänning som finns över en lampa i kretsen **figur 3.24a**. Att mäta en spänning betyder att man mäter potentialskillnad. När man ska mäta potentialskillnad över lampen (eller vilken annan komponent som helst) ska instrument kopplas in mellan kopplingspunkterna A och B, alltså parallellkopplas med lampen.

Det går också bra att mäta spänning direkt över ett batteri (**figur 3.24b**). Att mäta spänning över ett batteri kallas för att man mäter dess polspänning.


Figur 3.25

Spänning mäts parallellt över lampen eller batteriet

Schemat i **figur 3.24a** kan se ut så här i verkligheten när man spänningsmäter med en multimeter. Lägg märket till att multimetern är inställd för att mäta likspänning, DCV. Mätproberna kopplas parallellt över det man avser att mäta.


Figur 3.26

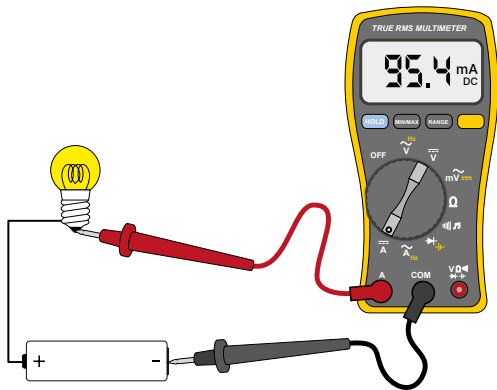
Spänning mäts parallellt över bilbatteri

Inkoppling enligt **figur 3.24b**. Spänningsmätning av ej inkopplat bilbatteri (öppen krets) visar 13,2 V. Att spänningen är högre än batteriets angivna spänning beror bl.a. på dess laddningsstatus. Mer om varför batteriets polspänningen är högre än batteriets märkning kan du läsa om i kapitel 6.

Mäta ström (ampere) med en multimeter

Att mäta ström

För att mäta strömmen som flödar genom en ledare, måste hela strömmen av laddningar passera genom amperemetern. För att kunna göra det måste man bryta upp ledaren och låta strömmen passera genom instrumentet. Om vi kopplar in vår digitala multimeter inställd för strömmätning, kan det se ut så här:



Figur 3.27

Ström mäts i serie med lampan

Strömmen som går igenom lampan och passerar också genom mätinstrumentet. Instrumentet är inställt på området A_{DC} som är likström. Här mäter instrumentet 95,4 mA. Se **figur 3.29b** för den schematiska inkopplingen.

Välj rätt typ av ström

Precis som vid spänningsmätning måste man först ställa in instrumentet på vilken slags ström man skall mäta, växel- eller likström (AC eller DC). Vid likström flyter strömmen åt samma håll hela tiden medan hos växelström växlar (byter) strömmen riktning hela tiden. På multimetern används A_{DC} 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.



Figur 3.28

Ingångar för strömmätning

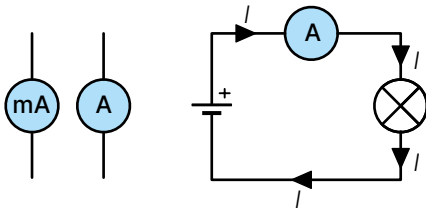
Separata ingångar för att mäta ström

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).

Instrumentförkortningar

De flesta förkortningarna på en multimeter kan man lista ut. Nedan en lista på de mest förekommande förkortningarna.

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

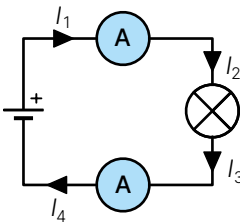


Figur 3.29a

3.29b

Amperemetern kopplas in i serie

Schemat i figur 3.29a visar hur en amperemeter som mäter ström ska kopplas in. Vid strömmätning kopplas amperemetern in i serie med lampen. Det är också kopplingsschemat för den praktiska inkopplingen i figur 3.27. Strömmen (I) går genom lampen och instrumentet och har samma storlek genom hela kretsen (95,4 mA). All strömmätning sker genom en seriekoppling.

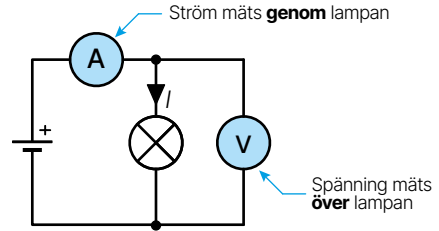


Figur 3.30

Båda amperemätarna visar samma värde

Strömmen har samma storlek både före och efter lampen

På grund av den elektromagnetiska kraften och den växelverkan som uppstår mellan elektronerna blir det en neutral fördelning av elektronerna i ledaren. För varje elektron som går in i lampen, lämnar en elektron lampen på andra sidan. Strömmen som lämnar lampen är exakt lika stor som den som går in i lampen. Det spelar alltså ingen roll var i kretsen amperemetern kopplas in, den kommer att visa samma sak: $I_1 = I_2 = I_3 = I_4$. Det är mycket viktigt att du förstår att båda instrumenten kommer att visa samma mätvärde av strömmen i kopplingen ovan. Begreppet "strömförbrukning" är alltså missvisande då strömmen inte förbrukas, den är den samma genom hela kretsen. Det som förbrukas är energin.



Figur 3.31

Spänning mäts parallellt, ström mäts seriellt

Jämför ström- och spänningssättning

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!



Figur 3.32

Instrument med säkerhetskategori III

Instrumentsäkerhet

En multimeter ska vara CE-märkt och märkas med vilken kategori de har enligt standarden IEC 61010-1. Innan köp, kontrollera att det tilltänkta instrument klarar minst den säkerhetskategori du avser att använda instrumentet inom. 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

Energi och effekt

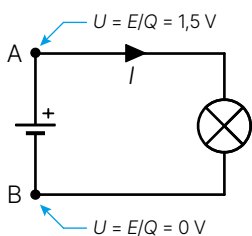
Sambandet energi - effekt

I kapitel 1 visade vi att effekt motsvarar den hastighet med vilken energin förbrukas.

Formel för effekt: $P=E/t$ där (E) är energin, (P) effekten och (t) tiden.

För att skapa spänning var vi tvungna att tillföra energi. Formel för spänning: $U=E/Q$ där (U) är spänningen, (E) är energin, (Q) är laddningen. Dvs. spänningen är ett mått på laddningarnas energitillstånd.

Låt oss undersöka detta lite närmare och använda effektbegreppet i den elektriska kretsen.



Figur 3.33

Laddningarnas energitillstånd förändras längs med strömmens väg

Potentialen sjunker längs vägen

På grund av den elektromagnetiska kraften mellan elektronerna är strömmen (I) lika stor genom hela strömkretsen. Däremot kan vi konstatera att laddningarnas energitillstånd dvs. $U=E/Q$ förändras där strömmen drar fram. I exemplet är spänningen $U=E/Q = 1,5 \text{ V}$.

I strömmens startände, punkten A, har laddningarna ett energitillskott (E) som är:

$$U=E/Q = 1,5 \text{ V.}$$

I strömmens slutänden, punkten B, har laddningarna förlorat sitt energitillskott (E):

$$U=E/Q = 0 \text{ V.}$$

Laddningarna tappar sin energi på vägen dvs. potentialen sjunker längs strömmens väg. Det innebär också att energi försvinner ut från kretsen.

Elektrisk energi och effekt

Begreppet spänning är kopplat till de grundläggande begreppen energi och laddning. Med formel $U=E/Q$ gäller även att $E=U \cdot Q$. Men laddningen Q har också en koppling till begreppet ström genom formeln $I = Q/t$.

Med formeln $I = Q/t$ gäller även att $Q=I \cdot t$. Om vi sätter ihop detta får vi:

$$\left. \begin{aligned} U &= \frac{E}{Q} \Rightarrow E = U \cdot Q \\ I &= \frac{Q}{t} \Rightarrow Q = I \cdot t \end{aligned} \right\} \Rightarrow E = U \cdot I \cdot t$$

Figur 3.34

Sammanslagning av formler för energi och laddning

Elektrisk energi kan alltså beräknas som produkten av de tre faktorerna spänning, ström och tid: Men vi har tidigare definierat energin (E) som $E=P \cdot t$ där (P) står för effekt (se kapitel 1).

$$E = P \cdot t$$

Om vi jämför med $E=U \cdot I \cdot t$ känner vi därför igen den elektriska effekten som: $P \cdot t = U \cdot I \cdot t$, och genom att förkorta bort (t) får vi den mycket användbara formeln:

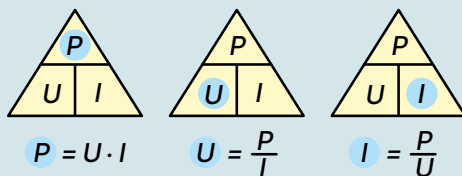
$$P = U \cdot I$$

Lägg märke till att effekten, som också kan formuleras som, $P=E/t$ visar energins momentanvärde dvs. hur mycket energi som förbrukas i varje ögonblick. I kapitel 1 definierades:

Effekt = Energins förbrukningshastighet

En viss mängd energi kan förbrukas snabbt genom hög effekt eller långsamt genom låg effekt. Effekt är alltså ett mått på hur snabbt energi förbrukas.

Beräkningstriangel effekt

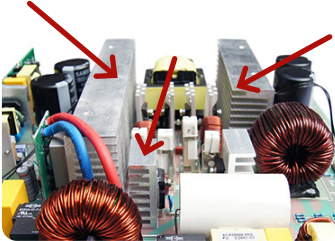


P = Effekt = W (Watt)
 U = Spänning = V (Volt)
 I = Ström = A (Ampere)

Effekt är en viktig storhet

Effekt är som vi nu vet, ett uttryck för hur snabbt energin omvandlas till arbete.

I alla elektriska kopplingar omvandlas energi i olika hastighet till annan nyttig eller onyttig energi. Istället för ordet "energiförbrukning" använder man ofta uttrycket effektutveckling och ibland även effektförbrukning.



Figur 3.35

Kretskort från nätaggregat med flera kylflänsar

Förlusteffekt i en elektrisk krets ger oönskad värmeutveckling

Att en elektrisk komponent blir varm indikerar hög effektutveckling. Ingen elektronik mår bra av värme. Därför finns det kylflänsar och ibland även kylfläktar för att avleda värmen. När man konstruerar elektriska kretsar är det oftast önskvärt att minimera effektutvecklingen för att förbättra kretsens prestanda, effektivitet, hållbarhet.

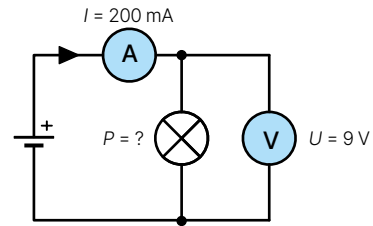


Figur 3.36

2000 W värmebläkt

Effektutveckling kan även vara tillgodo

Vanligtvis försöker man hålla nere effektutvecklingen i kretsar och apparater. Ju lägre effekt, desto längre varar batteriet, alternativt desto lägre kostnad att driva apparaten. Vid värmealstring är effektutveckling avsikten. I en värmebläkt omvandlas elektrisk energi i snabb takt till värme, effektförbrukningen är stor.



Figur 3.37

Vilken effekt har lampen?

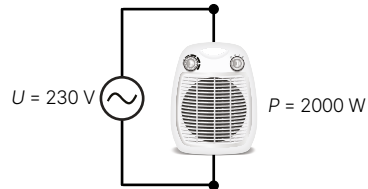
Effekt är enkelt att beräkna

Om man känner till ström och spänning (kan enkelt mätas) är det inte svårt att ta reda på effektutvecklingen i en elektrisk koppling.

I exemplet är spänningen (U) 9 V och strömmen (I) 200 mA = 0,2 A. Effekten beräknas då som:

$$P = U \cdot I = 9 \cdot 0,2 = 1,8 \text{ W.}$$

Lampans effekt är: 1,8 W.



Figur 3.38

Vad kostar det att driva värmebläkten?

Från effekt till energiförbrukning

Krets med 2000 W värmebläkt ansluten till eluttag (230 V). Vad kostar det att driva bläkten i 24 timmar om elpriset är 2 kr / kWh?

$$E = P \cdot t = 2000 \text{ W} \cdot 24 \text{ h} = 48000 \text{ Wh.}$$

Byt enhet till kWh: $48000/1000 = 48 \text{ kWh.}$

Alternativt räkna i kW direkt:

$$2 \text{ kW} \cdot 24 \text{ h} = 48 \text{ kWh}$$

Priset för att driva bläkten i 24 timmar blir:

$$48 \cdot 2 = 96 \text{ kr.}$$

Hur många värmebläktar kan man ansluta till ett vanligt eluttag (uppskrat till 10 A)?

$$I = P/U = 2000/230 \approx 8,7 \text{ A.}$$

Svar: en värmebläkt, två bläktar skulle bli:

$2 \times 8,7 \text{ A} = 17,4 \text{ A}$ vilket skulle lösa ut en 10 A säkringen direkt.

Kretsanalys

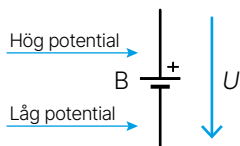
När man studerar elektriska kopplingar gör man ofta beräkningar eller analyser utifrån ett kretsschema (kopplingsschema). Vid kretsanalysen arbetar man med undersökning av scheman, mätningar och beräkningar. I den här inledande kretsanalysen kommer nya begrepp och symboler att behandlas.

Ledare och kopplingspunkter

Linjer som förbinder symboler är i verkligheten ledare som visar hur komponenter är förbundna. Förbindningspunkterna mellan de olika komponenterna kallas kopplingspunkter eller noder.

Strömmens riktning

Vid analys av ett kretsschema utgår man alltid från att strömmen går från plus till minus.

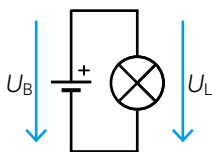


Figur 3.39

Spänningspilen pekar från högre till lägre potential

Spänningspilen

I det elektriska kopplingsschemat brukar man beteckna en potentialskillnad (spänning) med en pil, den går från högre till lägre potential. Pilen kan markera spänningen över ett batteri eller över en komponent.



Figur 3.40

Spänningspilen förtydligad med vad den avser

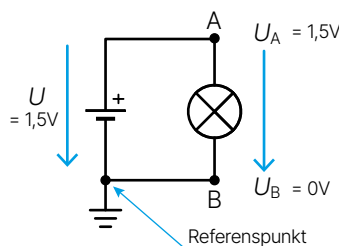
För att förtydliga vilken spänning som avses, används ett lämpligt index. Här har batterispänningen fått indexet U_B och spänningen över lampan har fått index U_L .

Potential kräver referenspunkt

Du vet att spänning är samma sak som potentialskillnad mellan två punkter. I ellära och elektroniken talar man också om potentialen i en punkt och syftar då på en spänning.

När man anger potentialen i en punkt menar man skillnaden i potential mellan den angivna punkten och en referenspunkt.

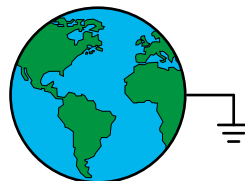
Ofta förbinder man punkter som ska ha samma potential till varandra, och sedan till jord eller minussidan på ett batteri. Referenspunkten är där du ansluter den negativ proben (COM) till multimetern.



Figur 3.41

Referenspunkten har 0 volt

I det här exemplet är spänningen U över batteriet 1,5V. Potentialen i punkten A, som vi kan kalla U_A är 1,5V om vi jämför med punkten B, U_B . Punkten B är den punkt vi har bestämt som referenspunkt. Referenspunkten har alltid 0 V. Kopplingspunkten som är referenspunkt har markerats med en jordsymbol.



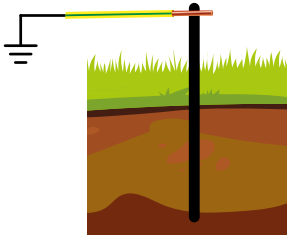
Figur 3.42

Jorden som jord

Jorden och jordsymbolen

Om man vill ange potentialen i en bestämd punkt i ett kopplingsschema måste det finnas en referenspunkt i schemat. En naturlig referens för alla spänningar här på jorden är jord. Jorden leder ström och det är hit alla elektriska system

kopplas för att få en gemensam nollpunkt. Den gemensamma referenspunkten heter på engelska *common* och förkortas som COM.

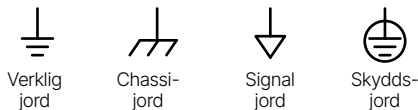


Figur 3.43
Jordspett

Man kan tillverka sin egen jordpunkt genom att slå ner ett jordspett i marken. Vanligast är att man använder jorden i elsystemet, vilket blir samma sak. Jordledningen i ett elsystem har gulgrön färg och benämns som PE (en. protected earth). Jorden eller en jordad referenspunkt i en krets har 0 V i potential.

Referenspunkten behöver inte kopplas till verklig jord

Referenspunkten är gemensam punkt, och den måste inte kopplas till verklig jord. I en elektrisk krets kan referenspunkten kopplas till apparatens chassi (hölje) eller bara till en gemensam punkt. För att veta vilken typ av referenspunkt det handlar om, finns det flera olika symboler.



Figur 3.44

Jordsymboler enligt IEC

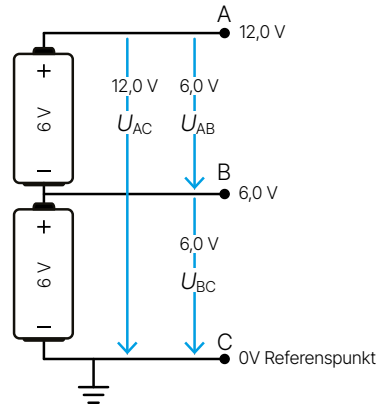
Jordsymboler

När man skall sätta ut en referenspunkten i ett kretsschema använder man ofta jordsymbolen för verklig jord, även fast man inte avser att jorda kretsen på riktigt. Mer korrekt är att använda symbolen för signaljord, även kallad referens jord. Referensjorden kan även märkas ut som COM (gemensam).

Positiv och negativ potential

Den punkt som har ett underskott av negativa laddningar är mera positiv och har en högre

potential än den punkt som har ett överskott på negativa laddningar. Med batteriet som exempel kan vi säga att pluspolen har en högre potential jämfört med batteriets minuspol. En viktig sak med potentialer är att de kan vara både positiva och negativa, vilket vi snart ska se.



Figur 3.45

Positiva potentialer

Beteckning för potential/spänning

För att skilja mellan begreppet spänning (potentialskillnad) och potential brukar man använda olika bokstavsbezeichnungar.

För att ange potential skriver man U_A , där A betecknar den punkt som avser potentialen.

Spänning mellan två kopplingspunkter kan anges som U_{AC} där A och C är två punkter mellan vilka spänningen finns. Oavsett vilket bokstavsindex som används måste det framgå vilken punkt en angiven potential avser, samt mellan vilka punkter en angiven spänning avser.

Schemat innehåller tre unika kopplingspunkter A, B och C. Punkten C är ansluten till jord vilket betraktas som 0 V när vi anger potentialerna i schemat.

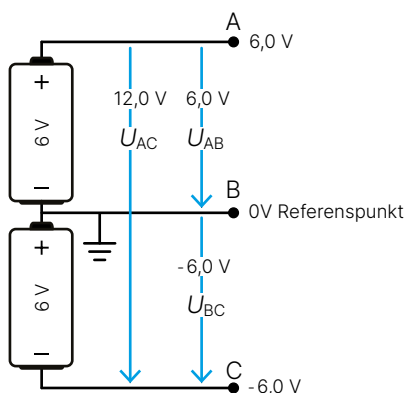
Potentialen U_A : avser spänningen mellan A och C, vilken är 12V.

Potentialen U_B : avser spänningen mellan B och C, vilken är 6V.

Potentialen U_C : avser spänningen mellan C och C, vilken är 0V.

Spänningen U_{AB} : avser spänningen mellan A och B, vilken är 6V

Spänningen U_{BC} : avser spänningen mellan B och C, vilken är 6V



Figur 3.46

Referenspunkten bestämmer potentialen

Negativ spänning, finns det?

Ja, det finns och det är vanligt. Att spänningen blir negativ beror på var man sätter referenspunkten, alltså nollpunkten.

I schemat har referenspunkten flyttats jämfört med **figur 3.45**, och vi får både en negativ och en positiv spänning.

Detta är ganska vanligt i t.ex. audioförstärkare där man förstärker en vågformig signal vilken rör sig mellan positiv och negativ nivå.

Om man kopplar in en multimeter mellan U_{BC} , ska den negativa proben (COM), kollaps till referenspunkten B (0V), och den positiva proben kopplas till C. Multimetern kommer visa en negativ spänning på $-6,0\text{ V}$ i displayen.

Referensen är valfri

I ett schema där man anger potentialer i olika kopplingspunkter är ofta jorden referenspunkten, men det behöver inte vara så. Man kan välja vilken punkt som helst som referens. Den valda referensen har alltid potentialen 0V.

Kirchhoffs strömlag

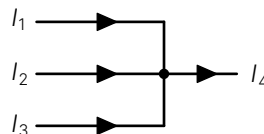
Kirchhoffs strömlag, eller Kirchhoffs första lag, är en grundläggande princip inom elektrisk kretsteori som beskriver hur elektrisk ström beter sig i en sluten krets.

Lagen säger att vid en kopplingspunkt i en krets är summan av alla inkommande strömmar lika med summan av alla utgående strömmar.

Med andra ord säger lagen att strömmen som kommer in i en punkt måste vara lika med

strömmen som går ut från punkten, det eftersom strömmen inte kan försvinna någonstans.

$$I_4 = I_1 + I_2 + I_3 \dots$$

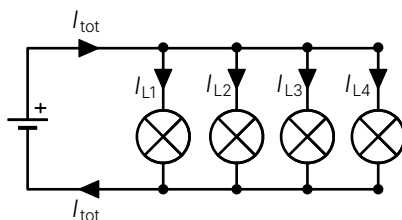


Figur 3.47

Strömmen in är lika stor som strömmen ut

Kirchhoffs första lag: $I_1 + I_2 + I_3 \dots = I_4$

Strömmen som går in i en krets är alltid lika stor som den ström som lämnar kretsen.



Figur 3.48

Strömmarna in är tillsammans lika stora som strömmen ut

Exempel med ett kretschema som har fyra lampor. Vi säger att strömmen genom lamporna är: $I_{L1}=50\text{ mA}$, $I_{L2}=50\text{ mA}$, $I_{L3}=50\text{ mA}$, $I_{L4}=100\text{ mA}$.

Vad blir I_{tot} ? Med Kirchhoffs första lag:

$$I_{\text{tot}} = 50 + 50 + 50 + 100 = 250\text{ mA}.$$

Ett annat exempel med samma kretschema där är I_{L4} okänd och I_{tot} är uppmätt till 200 mA.

Vad blir strömmen genom I_{L4} ?

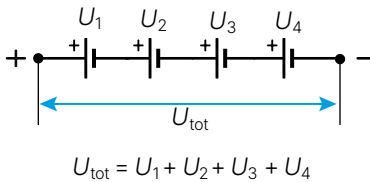
$$200 = 50 + 50 + 50 + I_{L4} = 200 - (50 + 50 + 50) = I_{L4} = 50\text{ mA}.$$

Serie- och parallellkretsar

Vi har redan berört begreppen seriekoppling och parallellkoppling, men vad menas egentligen med det? Det är viktigt att man förstår konceptet med serie- och parallellkretsar, det ständigt återkommande begrepp i elektroniken.

Seriekoppling

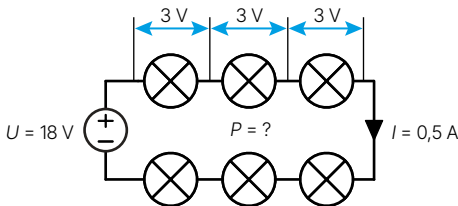
Seriekoppling är ett generellt begrepp och innebär att man kopplar något i en kedja efter varandra. Det kan vara batterier, lampor eller en kombination med vilka komponenter som helst. Seriekoppling är när komponenter med två anslutningar (s.k. tvåpoler) är sammankopplade med varandra i en punkt. Vid seriekoppling passerar strömmen genom samtliga av de seriekopplade komponenterna. Spänningen kommer delas mellan de anslutna komponenterna.



Figur 3.49

Seriekoppling av batterier

Vid seriekoppling av batterier adderas spänningen med varje tillkommande batteri. De seriekopplade batteriernas totala kapacitet (mAh) blir dock det samma som för ett batteri, det är bara spänningen som ökar.



Figur 3.50

Seriekoppling av lampor

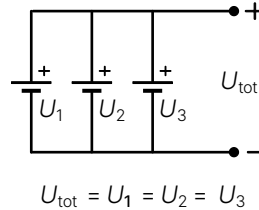
Seriekoppling av lampor är vanligt i t.ex. ljusslingor. Spänningen kommer att delas upp lika över varje lampa (förutsatt att lamporna är av samma typ och effekt). Vi kan enkelt räkna ut vilken effekt lamporna har i kretsen med effektformeln $P=U \cdot I$. Strömmen (I) är som bekant samma genom hela kretsen så man kan räkna på två sätt:

Spänningen över varje lampa blir:

$U = 18/6 = 3 \text{ V}$. Effekten blir då: $P = 3 \cdot 0,5 = 1,5 \text{ W}$
Alternativt kan man räkna ut effekten för hela kretsen: $P = 18 \cdot 0,5 = 9 \text{ W}$. Delat med 6 lampor blir det $1,5 \text{ W} / \text{lampa}$.

Parallellkoppling

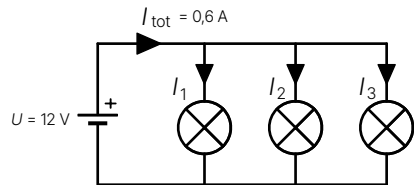
Parallellkoppling är ett generellt begrepp och innebär att man kopplar samman komponenter i båda ändarna, jämsides med varandra. Man kan parallellkoppla komponenter av samma eller av olika typ. Vid parallellkoppling av komponenter med två anslutningar (tvåpoler) blir spänningen den samma över de parallellkopplade komponenterna. Strömmen kommer att dela upp sig mellan de ingående komponenterna i kretsen.



Figur 3.51

Parallellkoppling av batterier

Vid parallellkoppling av batterier blir spänningen den samma. Den totala kapaciteten (mAh) ökar. Det blir ett kraftfullare batteri som räcker längre. Den totala kapaciteten blir summan av de ingående batteriernas kapacitet. Vid parallellkoppling kommer man även att kunna ta ut en större ström ur batteriet.



$$I_{\text{tot}} = I_1 + I_2 + I_3$$

Figur 3.52

Parallellkoppling av lampor

Exempel men tre parallellkopplade lampor. Spänningen över lamporna är 12 V . Kretsen är mycket lik **figur 3.48** men nu känner vi till spänningen. Vi kan räkna ut lampornas effekt och strömmen genom lamporna. Vi utgår från att de tre 12V -lamporna har samma effekt. Strömmen genom lamporna blir $I_{\text{tot}}/3 = 0,6/3 = 0,2 \text{ A}$. Effekten för hela kretsen blir: $P = 12 \cdot 0,6 = 7,2 \text{ W}$. Per lampa blir den $P = 12 \cdot 0,2 = 2,4 \text{ W}$.

Fördjupning multimeter



Figur 3.53

Extrasnabba instrumentsäkringar

Instrumentsäkringar

Det brukar finnas en eller flera säkringar i multimetern som löser ut om strömmen blir för stor, t.ex. om man felaktigt mäter ström direkt över ett batteri. Det är speciella (mycket snabba) säkringar. Bilden visar specialsäkringar i bakgrunden och snabba standardsäkringar i förgrunden. Instrumentsäkringar är dyra och utbyte brukar kräva att instrumentet måste skruvas upp.

Noggrannhet och upplösning hos digital multimeter

Det går inte att mäta helt exakt. 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. När man mäter vill man därför känna till och kunna beräkna det totala mätfelet i resultatet.

För att kunna göra det behöver man känna till hur stor avvikelse instrumentet har, det kallas för 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.

Multimeters 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: $5,200 \text{ V} + 0,025 \text{ V} = 5,025 \text{ V}$

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 V.

Osäkerheten hos mätningen är

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

Ett enklare sätt att göra ovanstående beräkning när man förstått hur det fungerar:

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

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

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

Displayens upplösning

Displayens upplösning beskriver hur många siffror (digits) 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. Man säger att den har en skallängd (counts) på 100. Enkelt att förstå.

Det som krånglar till det lite 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 nummer (counts). En bättre multimeter har ofta en skallängd på 20 000 eller mer. En sådan display har fem siffror vars första siffra kan visa 1 eller 0, alltså 0-19 999.

Nu mer anges oftast bara skallängden (hur stora tal displayen max kan visa) i multimeters datablad, men det finns ett äldre system som delvis lever vidare.

Fördjupning multimeter

3 ½ siffror (digits), vad betyder det?

Det finns ett äldre system där upplösningen beskrivs med ett bråktal.

En vanlig upplösning hos multimetrar är 3 ½ 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 ½ 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 ½ siffror (digits) är alltså exakt samma sak som att beskriva den som 2000 nummer (counts).

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 displayens förmåga att visa många decimaler. Inte helt förvånande att en multimeter med större skallängd har bättre mätnoggrannhet och ett högre pris.

Siffror (Digits)	Högsta/minsta mätvärde	Skallängd (Counts)
3 1/2	± 0-1999	2000
3 3/4	± 0-3999	4000
3 5/6	± 0-5999	6000
4 1/2	± 0-19999	20 000
4 3/4	± 0-39999	40 000
5 1/2	± 0-199999	200 000

Tabellen visar översättning mellan siffror (digits) och skallängd (counts).

Mätområde och decimaler

För få det närmast exakta mätvärdet en multimeter förmår, behöver displayen kunna visa så många decimaler som möjligt. Därför är det viktigt att man väljer det mätområde som ligger närmst högre det värde man avser att mäta. Har man en multimeter med automatiskt val av mätområde, gör multimetern automatiskt det bästa valet. Följande tabeller visar upplösningsskillnaden mellan mätområden.

Område	Skallängd 2000 3 1/2 siffror ± 0-1999	Exempel- mätvärde
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	Exempel- mätvärde
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.

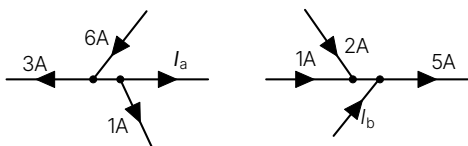
Instrumentets inre resistans kan påverka mätresultatet

Vid mätning med en multimeter går det inte att mäta utan att påverka det du mäter. En ideal voltmeter har oändligt hög inre resistans, men en sådan voltmeter existerar inte. Alla mätinstrument har en inre resistans som påverkar mätresultatet. Läs mer om detta i kapitel 4.

Övningsuppgifter

3.1 Elektricitetsmängd

Ibland kallar man laddningen Q för elektricitetsmängd. I en ledare kan det flyta olika stor ström under olika tider. Antag att det i en ledare flyter 2 A under 3 sekunder och sedan 4 A under 5 sekunder. Hur stor är den totala elektricitetsmängden i As?



3.2 Strömmen

Vad är den strömmen i förgreningspunkterna:

- I_a
- I_b

3.3 Elektrisk effekt

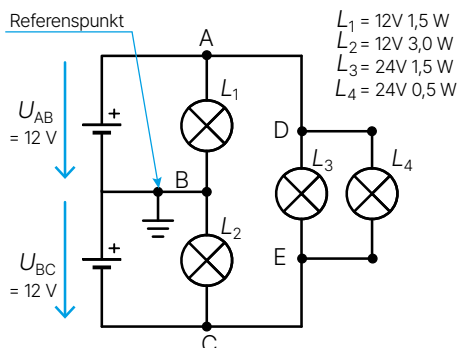
Det är nödvändigt att lära sig att använda grundformeln för elektrisk effekt i alla dess varianter liksom att hålla reda på vilka enheter som används!

- En viss strömkälla har spänningen 12V. Den ström som tas ut från källan är 2,2A. Hur stor är den uttagna effekten?
- Från en strömkälla med spänningen 5V, tas ut en effekt motsvarande 45 W. Hur stor är den uttagna strömmen?
- Från ett laddningsbart batteri med spänningen 1,2 V, tas en ström på 30 mA ut. Strömkällans kapacitet är 2 Ah (2000 mAh). Hur stor är den effekt som tas ut?
- Hur mycket energi kan tas ut under 24 timmar från ett laddningsbart batteri med spänningen 1,2V och kapaciteten 2 Ah (2000 mAh) om strömmen är 100 mA?

3.4 Solpanel för husbil

En solpanel för campingbruk (med storleken 133x51x3,5 cm) lämnar 19 V och maximalt 6,3 A vid full sol. Vi tänker oss att panelens laddningsregulator laddar med 78% verkningsgrad. (dvs. 78% av energin från solcellerna tillvaratas). Batteriets kapacitet är på 95 Ah.

- Vilken effekt har solpanelen?
- Vilken är den maximala effekt som solcellerna kan lämna till batteriet?
- Hur många timmar kan ett 12 V, 95 Ah belastas med 30 W (teoretiskt)?
- Hur många minuter med full sol (som ger maximal effekt) krävs för att lagra den energi som krävs att köra belysning och TV i 4 timar på kvällen som drar 30 W från batteriet?



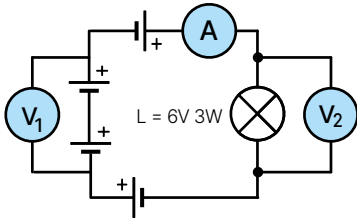
3.5 Potentialer och lampstyrka

- Ange potentialerna i A, B, C, D och E i schemat.
- Vad är potentialen U_{AC} resp. U_{DE} ?
- Vilken lampa kommer att lysa starkast?
- Vilken av lamporna $L1$ och $L3$ kommer att lysa starkast?
- Vad är strömmen genom $L4$?

3.6 Mätinstrumentets onoggrannhet

En multimeter har på området DCV en uppgiven onoggrannhet på 0,8% +3. Vid en uppmätt spänning på 11,50 V inom vilket område ligger den verkliga spänningen?

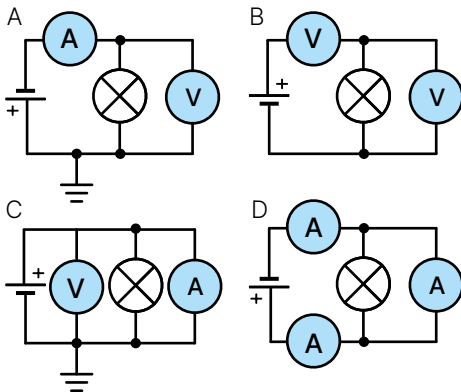
Övningsuppgifter



3.7 Spänning och ström

Kretsen har fyra batterier med vardera 1,5V spänning.

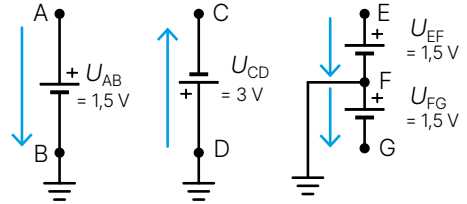
- Vad kommer voltmeteren V_1 att visa?
- Vad kommer voltmeteren V_2 att visa?
- Vad kommer amperemetern att visa?



3.8 Lämpliga och direkt olämpliga kretsar

Fyra kretsar med volt- och amperemeter inkopplade.

- Vilka kretsar är direkt olämpliga och kom mer troligen att skada/förstöra det inkopplade instrumentet?
- Kommer lampan att lysa i någon/några kretsar?



3.9 Vad är potentialen

Ange potentialerna i schemat.

- | | | | |
|-------------|-------------|-------------|-------------|
| a) U_{FG} | b) U_{CA} | c) U_{AE} | d) U_{EG} |
| e) U_{GA} | f) U_{CE} | g) U_{DC} | h) U_{AG} |
| i) U_{GC} | j) U_{GB} | k) U_{BF} | |



3.10 Kaffebryggare

En kaffebryggare förbrukar 1100 W vid 230 V. Eluttaget i köket är uppsäkrat till 10 A.

- Hur många kaffebryggare kommer man kunna köra i samma eluttag utan att säkringens löser ut?
- Beräkna vad det kostar att brygga en kanna kaffe (bara elen) om bryggningen tar 6 minuter och priset för elen är 200 öre/kWh.

Sammanfattning

Beräkningstriangel för Energi - Spänning - Laddning



$$E = U \cdot Q \quad U = \frac{E}{Q} \quad Q = \frac{E}{U}$$

E = Energi = Ws (wattsekund)
 U = Spänning = V (volt)
 Q = Laddning = As (amperesekund)

Energi (E) kan anges i:

Ws (wattsekund), Wh (wattimme) eller kWh (kilowattimme).

Energi kan även anges i J (joule), kJ (kilojoule) eller MJ (megajoule).

Minns att 1 Ws är samma sak som 1 Joule.

Om en apparat med 1000 W (1 kW) effekt, arbetar i 1 timma har energin 1 kWh förbrukats.

Beräkningstriangel för Laddning - Ström - Tid



$$Q = I \cdot t \quad I = \frac{Q}{t} \quad t = \frac{Q}{I}$$

Q = Laddning = As (amperesekund)
 I = Ström = A (ampere)
 t = Tid = s (sekund)

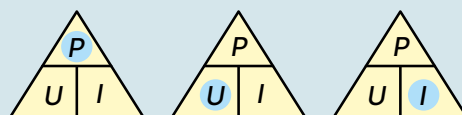
Laddning (Q) anges i:

C (coulomb).

Vanligare är dock att laddning anges i As (amperesekund) eller Ah (amperetimme).

Minns att 1 C är samma sak som 1 As.

Beräkningstriangel för Effekt - Spänning - Ström



$$P = U \cdot I \quad U = \frac{P}{I} \quad I = \frac{P}{U}$$

P = Effekt = W (watt)
 U = Spänning = V (volt)
 I = Ström = A (ampere)

Effekt (P) anges i:

W (watt).

Ofta anges effekten tillsammans med prefix mW (milliwatt), kW (kilowatt)

Minns att effekt definieras som:

Energins förbrukningshastighet.

Potential

Spänning mellan två punkter i en krets kallas potential.

Potential och jord

En jordad punkt i en krets har 0 volt potential.

Referenspunkt

Potentialer kan vara både positiva och negativa i förhållande till en given referenspunkt.

Kirchhoffs första lag

Summan av strömmar som kommer in i en punkt är lika med summan av alla strömmar som lämnar punkten. Ingen ström "försvinner" i en krets.

Facit

3.1 $Q = 2 \cdot 3 + 4 \cdot 5 = 26 \text{ As}$

3.2 Enligt Kirchhoffs lag, strömmen in är samma som strömmen ut:

- a) $I_n = 6$. $U_t = 3 + 1/I_a$. $I_a = 6 - (3+1) = 2 \text{ A}$
 b) $I_n = 1 + 2 + I_b$. $U_t = 5$. $I_b = 5 - (1+2) = 2 \text{ A}$

- 3.3** a) $P = U \cdot I = 12 \cdot 2,2 = 26,4 \text{ W}$.
 b) $P = U \cdot I$ ger $I = P / U = 40 / 5 = 8 \text{ A}$.
 c) $P = U \cdot I = 1,2 \text{ V} \cdot 30 \text{ mA} = 1,2 \text{ V} \cdot 0,03 \text{ A} = 0,036 \text{ W} = 36 \text{ mW}$
 d) $E = U \cdot I \cdot t = 1,2 \cdot 0,1 \cdot 24 \text{ h} = 2,88 \text{ Wh}$, men det måste kontrolleras att den energin verkligen finns i batteriet. Tillgänglig energi är $E = U \cdot I \cdot t = E = 1,2 \text{ V} \cdot 2,0 \text{ Ah} = 2,4 \text{ Wh}$. Batteriet kommer således inte ha energi så det räcker. Batteriets energi är bara 2,4 Wh.

- 3.4** a) Effekten $P = U \cdot I = 19 \cdot 6,3 \approx 120 \text{ W}$.
 b) Endast 78% av P kan utnyttjas. Lagrad effekt $P = U \cdot I = 19 \cdot 6,3 \cdot 0,78 \approx 93 \text{ W}$.
 c) $I = P/U = 30/12 = 2,5 \text{ A}$. $t = Q/I = 95 \text{ Ah} / 2,5 \text{ A} = 38 \text{ h}$. I praktiken kommer det att bli kortare, då faktorer som temperatur och slutspänning har betydelse.
 d) Erforderlig energi $E = P \cdot t = 30 \cdot 4 = 120 \text{ Wh}$. Solpanelen lämnar 93 W (effektivt) enligt b) ovan. $E = P \cdot t$ ger $t = E / P = 120 \text{ Wh} / 93 \text{ W} = 1,29 \text{ timmar} \approx 1 \text{ h } 20 \text{ min}$.

- 3.5** a) $U_A = U_D = 12 \text{ V}$
 $U_B = 0 \text{ V}$
 $U_C = U_E = 12 \text{ V}$
 b) $U_{AC} = U_{DE} = 24 \text{ V}$
 c) L_2 kommer att lysa starkast, den har högst effekt
 d) L_1 och L_3 har samma effekt, de kommer att lysa lika starkt.
 e) $I = P/U = 0,5/24 \approx 0,021 \text{ A} = 21 \text{ mA}$

- 3.6** Uppmätt DCV: 11,50 V
 0,8% av 11,50V = 0,092V
 + 3 siffror ($3 \times 0,01$) = 0,03 (0,01 efter som mätvärdet visas med två decimaler)

= en osäkerhet med: $\pm 0,122 \text{ V}$ (122 mV) = 11,50-0,122 till 11,50 + 0,122 $\approx$ **11,38 till 11,62 Volt**

- 3.7** a) V_1 kommer att visa den seriekopplade batterispänningen $2 \cdot 1,5 \text{ V} = 3 \text{ V}$.
 b) Den seriekopplade batterispänningen i hela kretsen är $4 \cdot 1,5 \text{ V} = 6 \text{ V}$. Det är också vad V_2 kommer att visa.
 c) Strömmen genom lampan och därmed genom hela kretsen blir:
 $I = P/U = 3/6 = 0,5 \text{ A}$
- 3.8** a) I kretsen C och D kortsluter ampere-metern batteriet. Instrumentets säkring löser ut alternativt så skadas instrumentet.
 b) I kretsen A kommer lampan att lysa.

3.9

- a) $U_{FG} = 1,5 \text{ V}$ b) $U_{CA} = -4,5 \text{ V}$ c) $U_{AE} = 0 \text{ V}$
 d) $U_{EG} = 3 \text{ V}$ e) $U_{GA} = -3 \text{ V}$ f) $U_{CE} = -4,5 \text{ V}$
 g) $U_{DC} = 3 \text{ V}$ h) $U_{AG} = 3 \text{ V}$ i) $U_{GC} = 0 \text{ V}$
 j) $U_{GB} = -1,5 \text{ V}$ k) $U_{BF} = 0 \text{ V}$

- 3.10** a) Strömmen genom kaffebryggaren:
 $I = P/U = 1100/230 \approx 4,78 \text{ A}$.
 $2 \cdot 4,78 = 9,56 \text{ A}$. Man kan alltså köra max **två kaffebryggare** innan säkringen löser ut.
 b) $E = P \cdot t = 1100 \cdot (60 \cdot 6) = 396\,000 \text{ Js}$.
 $396\,000/3600 = 110 \text{ Wh} = 110/1000 = 0,11 \text{ kWh}$. $200 \cdot 0,11 = 22 \text{ öre}$