

Grunnleggende el-lære

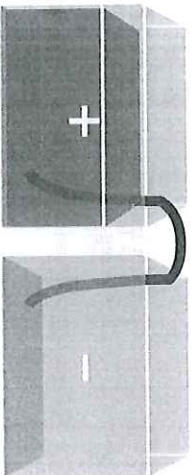
6 Spenning, strøm, resistans og effekt

I dette kapittel skal vi gå gjennom grunnleggende el-lære. Vi blir kjent med betegnelse for spenning, strøm, resistans og effekt. Vi skal også finne ut hvordan de ulike betegnelsene henger sammen med hverandre (en forbindelse som heter Ohms lov).

6.1 Spenning

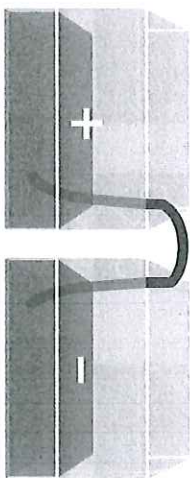
Alt som driver et elektrisk og elektronisk apparat er en spenningskilde. Et batteri er en type spenningskilde. En USB-port er en annen type spenningskilde, og en stikkontakt er en tredje type.

Hva spenning er kan beskrives med et klassisk skoleeksperiment der et snøre brukes til å transportere vann. Ved å forbinde to beger med et snøre (eller sammenuller tørkepapir) og fylle det ene begeret med vann, kan vi se hvordan vannet flytter seg fra det ene begeret til det andre.



Forskjellen mellom begrene får vannet til å renne fra det ene til det andre.

Etter en lang stund har vannivåforskjellen mellom begrene jevnet seg ut. Da slutter vannet å renne.



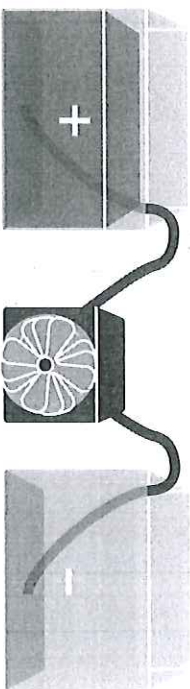
Når det er like mye vann i begrene, slutter vannet å renne.

Et batteri har to poler: en plusspol og en minuspol som strømmen går mellom. De to polene tilsvarer vannlignelsen, og spenningen beskriver forholdet mellom de to polene. Spenning måles i volt (V) og angis med bokstaven U i formler (fra det tyske ordet "unterschied", som betyr forskjell).

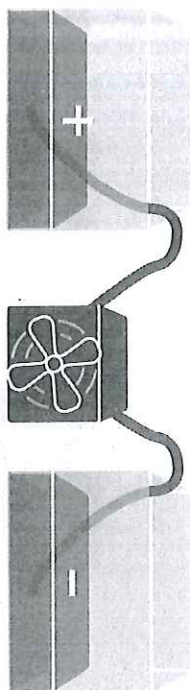
Betegnelse	Enhet
Spenning (U)	volt (V)

Ulike spenningskilder har ulike spenninger. Et alkalisk AA-batteri har f.eks. spenningen 1,5 V når det er helt nytt. En mobil-lader med USB-kontakt har spenningen 5 V, og stikkontakten i vegggen har spenningen 230 V. Det er altså større forskjell (høyere spenning) mellom de to polene i stikkontakten enn polene på et alkalisk AA-batteri.

Vanlige håndvifter drives vanligvis av to AA-batterier. Når håndviften er i gang, utlades batteriene. Det får batterienes spenning til å synke. Den synkende spenningen gjenspeiles tydelig i viftens hastighet. Når batteriene er nye er spenningen høy, og viften snurrer raskt. Når batteriene begynner å gå tomme er spenningen lav, og viften snurrer langsomt.



Med nye batterier (høy spenning) snurrer viften raskt.

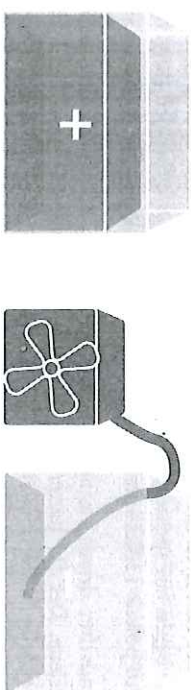


Med gamle batterier (lav spenning) snurrer viften langsomt.

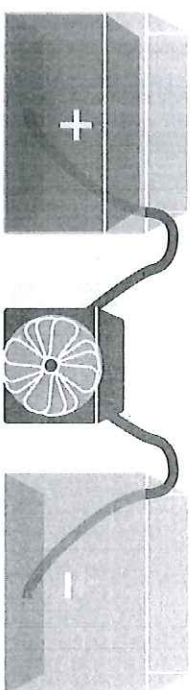
Samme fenomen vises tydelig med lommelykter. Sammenlign hvor sterkt en lommelykt lyser med nye i forhold til gamle batterier. Før i tiden kunne man også merke dette fenomenet på bærbare kassettspillere. Når batteriene begynte å ta slutt, snurret kassettdåndene langsomt og lyden ble dempet.

6.2 Strøm

I vannlignelsen symboliserer vannnivåforskjellen spenningen. I samme lignelse tilsvarer strømmen vannet som renner mellom begerene. Hvis ikke begerene (polene) er forbundet med hverandre, finnes det en spenning, men ingen strøm. Når begerene (polene) forbindes med hverandre, sluttet kretsen og en strøm begynner å gå mellom polene.



Hvis kretsen ikke er sluttet, går det ingen strøm.



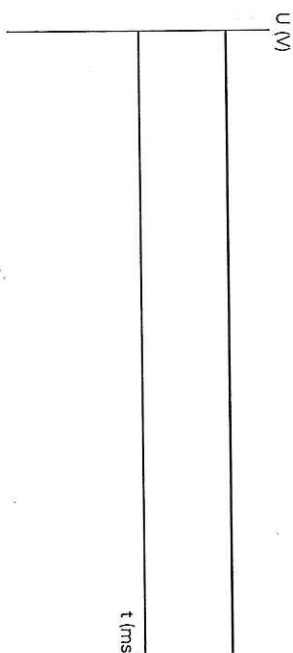
Ved å slutte kretsen begynner det å gå en strøm fra plusspolen til minuspolen.

I elektrisk sammenheng måles strøm i ampere (A) og angis med bokstaven I i formler (fra fransk "intensité de courant", som betyr strømstyrke).

Betegnelse	Enhet
strøm (I)	ampere (A)

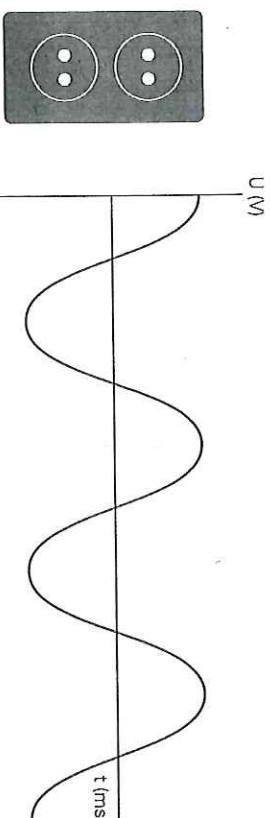
6.3 AC og DC

Der finnes to typer spenning: likespenning og vekselspenning. Spenningen på et batteri er det tydeligste eksempelet på likespenning. Kjemnetegnet for likespenning er nemlig at det finnes en fast plusspol og en fast minuspol. Strømmen fra en likespenningskilde kalles likestrøm, som forkortes DC (fra engelsk "direct current"). Likestrøm går alltid i samme retning (fra pluss til minus).



Batterier har likespenning og gir likestrøm (DC).

Vekselspenning, motsenningen til likespenning, er spenningsrypen i stikkontakten. Den kalles vekselspenning fordi den veksler frem og tilbake mellom de to polene. Vekselspenningen gir i sin tur opphav til en vekselstrøm, som forkortes AC (fra engelsk "alternating current"). Vekselstrøm veksler retning frem og tilbake.



Stikkontakter har vekselspenning og gir vekselstrøm (AC).

Siden de fleste elektroniske apparater drives med likespenning, må spenningen fra stikkontakten omformes. Det en av grunnene til at mange elektroniske apparater drives med strømadaptere. I tillegg til å justere spenningen vil strømadaptere også vanligvis omforme strømnetts vekselspenning til likespenning, som driver apparatene.

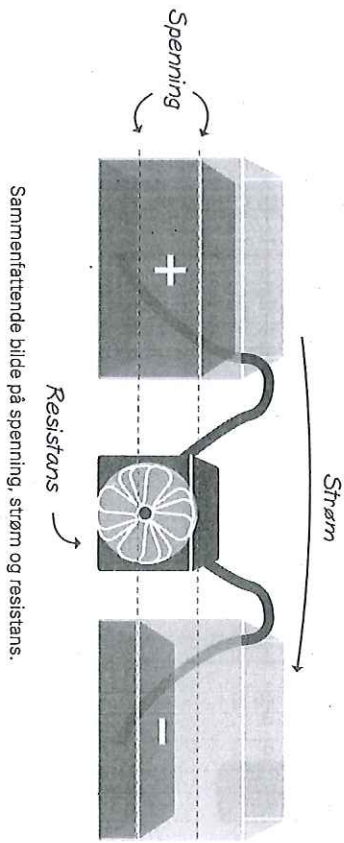
6.4 Resistans (motstand)

Viftemotoren i håndviften utgjør en resistans (en motstand). Det er viften som forhindrer at kretsen kortsluttes, og den begrenser strømmen som går fra pluss- til minuspolen. I en tradisjonell lommelykt er det en liten lyspære som har tilsvarende funksjon.

Resistans måles i ohm, som forkortes med den greske bokstaven stor omega (Ω). I form-
ler angis resistans med bokstaven R.

Betegnelse	Enhet
resistans (R)	ohm (Ω)

I vekselspanningssammenheng finnes det også andre typer motstrand. Les mer om dem i
el-delen av Hvordan virker det?-serien.



6.5 Ohms lov

Spenning, strøm og resistans henger sammen på en vakker måte. Så lenge to av fakto-
rene er kjent, kan den tredje regnes ut. Sammenhengen kalles Ohms lov (oppkalt etter
fysikeren Georg Ohm). Ohms lov sier at spenningen (U) er resistansen (R) multiplisert
med strømmen (I).

Hvis for eksempel strømmen er 0,012 A og resistansen er 1000 Ω , kan spenningen
regnes slik:

$$U = R \cdot I$$

$$U = 0,012 \cdot 1000$$

$$U = 12 \text{ V}$$

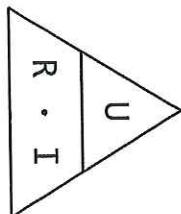
Selvsagt kan man snu på regnestykket og finne strømmen når spenningen og resistansen
er kjent:

$$I = \frac{U}{R}$$

$$I = \frac{12}{1000}$$

$$I = 0,012 \text{ A}$$

Det finnes et klassisk "jukse-trianglet" som viser hvordan formelen skal stilles opp. Den
ser ut som følger. Ved å holde en finger over enheten som skal regnes ut, viser triangelet
hvordan utregningen skal gjøres. Hvis vi holder en finger over R (resistansen), ser vi at
resistansen er spenningen (U) delt på strømmen (I).



Klassisk "jukse-trianglet" for Ohms lov.

6.6 Effekt

Effekt er et begrep vi tenker på daglig. Når vi varmer opp lunsen i mikrobølgeovnen,
lurer vi på hvilken effekt vi skal stille inn mikrobølgeovnen på. Jo høyere effekten er,
desto raskere går det å varme opp maten. Mange tenker også på effekten når de velger
TV. Jo høyere effekt TV-en har, desto mer koster det å ha den slått på. Effekten sier
imidlertid ikke alt om kosnaden, da den også avhenger av hvor mye (eller hvor lenge)
et apparat brukes. En vannkoker har veldig høy effekt, men er likevel energibesparende,
siden den koker opp vannet veldig raskt.

I likepenningssammenheng er effekten ganske enkelt det vi får hvis vi multipliserer
spenningen med strømmen. Resultatet (produktet) er effekten angitt i watt (W). I form-
ler angis effekt med bokstaven P.

Betegnelse	Enhet
effekt (P)	watt (W)

6.7 Effektberegning

Siden effekt, spenning og strøm henger sammen kan en av faktorene regnes ut hvis de
andre to er kjent. Hvis spenningen er 12 V og strømmen er 2 A, kan effekten beregnes
slik:

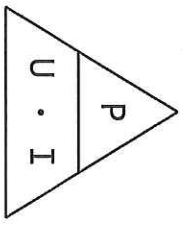
$$P = U \cdot I$$

$$P = 12 \cdot 2$$

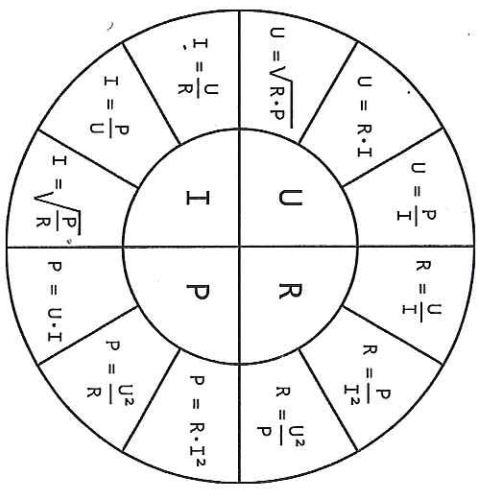
$$P = 24 \text{ W}$$

Hvordan virker Arduino?

Siden effektformelen er bygd opp på samme måte som Ohms lov, går det an å stille opp et lignende triangel for enkel utregning:



Det går også an å kombinere effektberegningsformelen med Ohms lov og bygge et "juksebul" med alle mulige kombinasjoner:



6.8 SI-prefiks

I el- og elektronikkammenheng er det ikke alltid praktisk å snakke om hele volt og hele ampere. Da brukes SI-prefikset til å angi eksempelvis tusendeler eller tusentall av noe. 0,025 A skrives vanligvis som 25 mA (på samme måte som at 0,025 m kan skrives som 25 mm og 2500 g kan skrives som 2,5 kg.

Hvordan virker Arduino?

Her er en oversikt over de vanligste SI-prefiksene.

T	tera	$\times 10^{12}$	1 000 000 000 000	stor T
G	giga	$\times 10^9$	1 000 000 000	stor G
M	mega	$\times 10^6$	1 000 000	stor M
k	kilo	$\times 10^3$	1 000	liten k
	grunnheten	$\times 10^0$	1	
m	milli	$\times 10^{-3}$	0,001	liten m
μ	mikro	$\times 10^{-6}$	0,000 001	liten gresk my
n	nano	$\times 10^{-9}$	0,000 000 001	liten n
p	piko	$\times 10^{-12}$	0,000 000 000 001	liten p

6.9 Kontrollspørsmål

Spørsmål 6a

Beregn spenningen ut fra følgende spesifikasjoner:

- strøm: 25 mA
- resistans: 360 Ω .

Hvordan virker Arduino?

Spørsmål 6b

Alice har et 12 V-batteri. Hun kobler der til en komponent med resistans på 24 Ω . Hvor mye strøm flyter det gjennom kretsen?

Hvordan virker Arduino?

Spørsmål 6d

Beregn effekten når spenningen er 4,5 V og strømmen er 20 mA.

Spørsmål 6c

Bob har koblet et alkalisk 1,5 V-batteri til en lyspære som trekker 20 mA. Hvilken resistans utgjør pæren?

Spørsmål 6e

Beregn spenningen når du kjenner til resistansen (50 Ω) og effekten (8 W).

Se fasiten i kapitittel 36 Fasit.

7 Seriekobling og parallellkobling

I dette kapitlet ser vi nærmere på hvordan elektroniske komponenter kobles sammen i kretser. Komponentene kobles sammen enten i serie eller parallelt. Vi skal også bli bedre kjent med bryterens funksjon.

7.1 Kretser

I en sluttet krets kan strømmen flyte fra den ene til den andre polen på en spenningskilde. På veien går strømmen gjennom en eller flere komponenter.

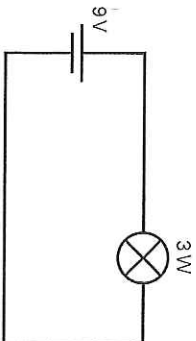
I følgende eksempel skal vi se nærmere på hvordan strømmen oppfører seg når den går gjennom kretser som består av et batteri og lyspærer. Kretsene vises skjematisk, og da brukes følgende symboler:



Symbolene for batteri (venstre) og lyspære (høyre).

På batterisymbolet indikerer den lange streken plusspolen og den korte streken minuspolen. En lyspære har ingen polaritet (den kan kobles til begge veier), så det spiller ingen rolle hvordan den kobles til polaritetsmessig.

Den enkleste kretsen består av et batteri og en lyspære. I følgende eksempel brukes det et 9 V-batteri og en lyspære med effekt på 3 W.



Det er enkelt å ved behov regne ut hvor mye strøm som går gjennom kretsen.

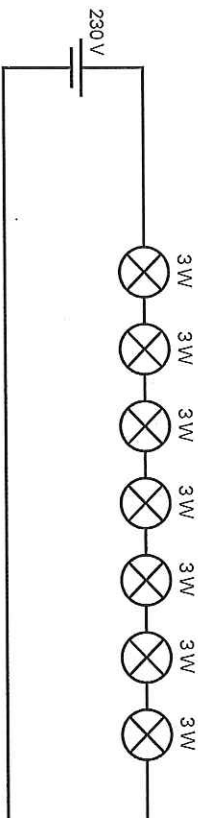
$$I = \frac{P}{U}$$

$$I = \frac{3}{9}$$

$$I = 0,333 \approx 0,3 \text{ A}$$

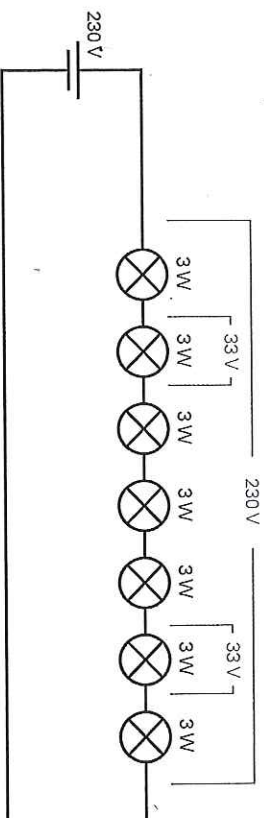
7.2 Seriekobling

I en seriekobling kobles flere komponenter etter hverandre i samme serie. En tradisjonell adventsstake er et godt eksempel på en seriekobling. Adventsstaken består av sju seriekoblede lyspærer. Hver lyspære har en effekt på 3 W. De kobles til 230 V (dvs. stikkontakten). I følgende skjematisk tegning regner vi det som om det skulle ha vært likspenning (selv om det egentlig er vekselspenning).



I en seriekobling som denne går samme strøm gjennom alle lyspærene. Under forutsetning av at lyspærene er identiske vil de også ha samme spenning. Spenningen er nemlig avhengig av hvilken resistans lyspærene har (komponenter med høy resistans får høyere spenning enn komponenter med lavere resistans).

I dette tilfellet er lyspærene identiske. Det innebærer at spenningen blir jevnt fordelt. Med sju lyspærer som skal "dele på" 230 V blir det ca. 33 V over hver lyspære.



Den totale effekten i kretsen er summen av de sju lyspærenes individuelle effekt (n er antall pærer).

$$P_t = P_{\text{pære}} \cdot n$$

$$P_t = 3 \cdot 7$$

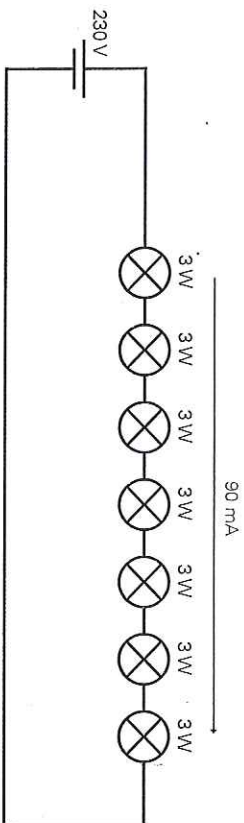
$$P_t = 21 \text{ W}$$

Vi kan også regne ut hvor mye strøm som går gjennom kretsen.

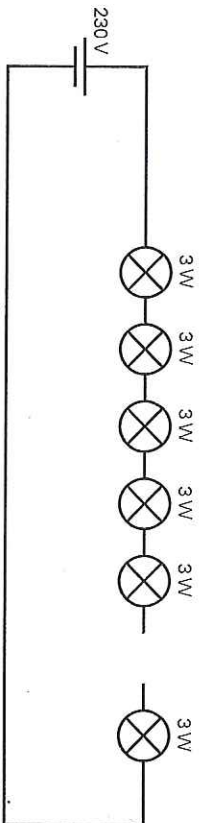
$$I = \frac{P}{U}$$

$$I = \frac{21}{230}$$

$$I = 91 \approx 90 \text{ mA}$$



Siden alle lyspærene ligger i en serie, er det 90 mA som går gjennom kretsen totalt.



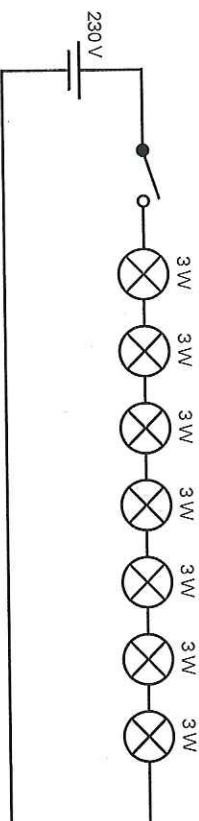
Hvis én lyspære er ødelagt, lyser ingen lyspærer i serien.

Mange tenner og slukker adventsstakene ved ganske enkelt å skru ut en lyspære slik at kretsen brytes. Dette anbefales ikke, fordi man risikerer dårlig kontakt. Heldigvis er de fleste adventsstaker utstyrt med en bryter.



Symbolene for åpen bryter (venstre) og lukket bryter (høyre).

Bryteren er koblet i serie med lyspærene. Når bryteren er slått på, går det en strøm gjennom kretsen (kretsen er sluttet). Når bryteren er slått av, går det ingen strøm gjennom kretsen (kretsen er brutt).



En bryter brukes til å slå på og av strømmen.

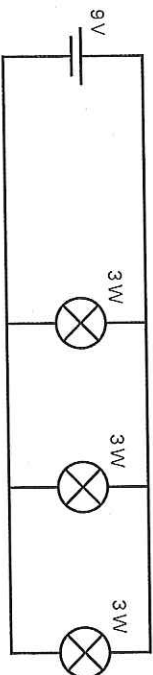
7.3 Brytere

Ulemper med seriekoblede lyspærer i en adventsstake er at alle lyspærer slukkes hvis én lyspære blir ødelagt. For at lyspærene skal lyse må kretsen være sluttet, og det er den ikke hvis en lyspære ikke leder strøm.

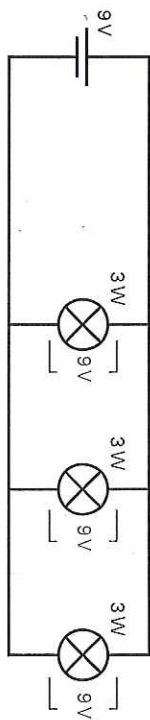
7.4 Parallellkobling

En annen måte å koble sammen lyspærer på er å parallellkoble dem. Da kan én eller flere lyspærer gå i stykker uten at resten slutter å lyse.

I følgende eksempel skal tre 3 W-lyspærer kobles til en spenningskilde på 9 V.



Siden de er parallellkoblet, får de samme spenning.



Strømmen som går gjennom kretsen totalt, kan regnes ut på følgende måte:

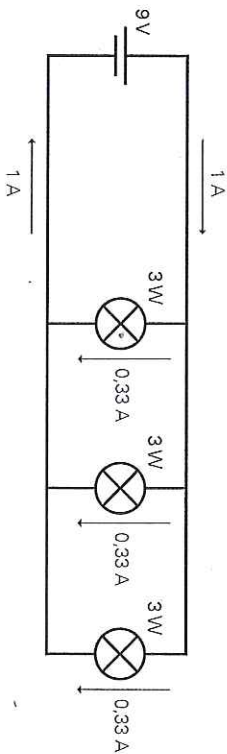
$$P_t = P_{\text{pare}} \cdot n$$

$$P_t = 3 \cdot 3 = 9 \text{ W}$$

$$I = \frac{P_t}{U}$$

$$I = \frac{9}{9} = 1 \text{ A}$$

Den strømmen blir fordelt mellom de tre lyspærene.



7.5 Serie- og parallellkobling av spenningskilder

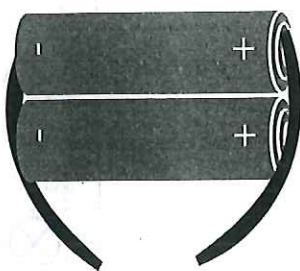
Eksempel med håndviften (fra kapittel 6.1 Spenning) drives viften av to AA-batterier. De to batteriene er seriekoblet med hverandre, som innebærer at spenningen deres summeres. Den totale spenningen fra batteriene blir dermed 3 V.



To seriekoblede AA-batterier.

Alle alkaliske batterier har spenningen 1,5 V. Den eneste grunnen til at det vanligste røykvarslerbatteriet har spenningen 9 V er at det egentlig består av seks seriekoblede småbatterier.

Batterier kan også parallellkobles. Da endres ikke spenningen, men kapasiteten (altså hvor lange batteriene varer) og maks.strømmen (hvor mye strøm batteriene maksimalt kan yte) øker

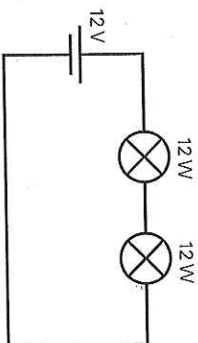


To parallellkoblede AA-batterier.

7.6 Kontrollspørsmål

Spørsmål 7a og 7b

Hvor mye strøm går gjennom kretsen? Hvor stor resistans utgjør hver enkelt lyspære?



8 Digitale inn- og utganger

I dette kapitlet skal vi sette el-læren fra forrige kapittel inn i Arduino-sammenheng. Vi skal gå gjennom hvordan digitale inn- og utganger kan brukes for å få Arduino til å kommunisere med verden utenfor datamaskinen.

8.1 Hva er digitalt?

Ordet "digitalt" kommer fra det latinske ordet "digitus", som betyr finger. Opphavet er sannsynligvis at vi regner på fingrene (jmfør med det engelske ordet "digit", som betyr siffer). I denne sammenhengen sikter nok digitalt til noe som enten er ett eller null (dvs. datamaskinens måte å regne på).

Et eksempel på hvordan ettall og nuller brukes i Arduino-sammenheng, er styringen av lysdioden i *kapittel 4 Arduino IDE*. Der brukte vi funksjonen `digitalWrite` til å veksele mellom høy og lav spenning på GPIO-pinne 13 (som fikk den tilkoblede lysdioden til å lyse). Høy og lav spenning er kanskje litt misvisende termer i dette eksemplet, fordi det antyder at det skulle finnes en mellomting. "På" og "av" hadde egentlig vært mer beskrivende. HIGH/på er rett og slett spenningen som mikrokontrolleren er laget for (i vårt tilfelle 5 V), LOW/av er ingen spenning i det hele tatt (0 V).

I blinkeskissen brukes HIGH og LOW til å styre lysdioden. Vi kunne like gjerne ha brukt 1 og 0 i stedet. Resultatet av skissen nedenfor er altså nøyaktig det samme.

```
void setup() {
  // Use GPIO pin 13 as output.
  pinMode(13, OUTPUT);
}

void loop() {
  // Turn on LED and then wait 1000 ms.
  digitalWrite(13, 1);
  delay(1000);

  // Turn off LED and then wait 1000 ms.
  digitalWrite(13, 0);
  delay(1000);
}
```

BlinkLedBinary.ino

Spørsmål 7c og 7d
Hvor mye strøm går totalt gjennom kretsen? Hvor stor resistans utgjør hver enkelt lyspære?

