

Memristor

- en ny elektronisk komponent

En ny elektronisk komponent – memristoren – har i disse år forskernes bevågenhed.

Vi tager her et kig på denne "hukommelses-modstand", der snart ventes på markedet i form af hurtige og strømbesparende hukommelseskredsløb.

Af Erik Lægsgaard

Med det store behov for hukommelselementer til f.eks. computere foregår en stadig jagt på mindre komponenter. Og det skal gerne være hurtige enheder med mindre strømforbrug og evnen til at huske uden at være tændt.

Siden 2008 har forskere verden over med stor iver studeret en ny komponent, der har netop disse kvaliteter. *Memristoren* kaldes den nye komponent – som en sammentrækning af navnene "memory" og "resistor" altså en hukommelsesmodstand.

Faktisk blev komponenten forudsagt helt tilbage i 1971 af elektronik-ingeniøren Leon Chua. Han beskrev, at der ud over de tre kendte grundlæggende passive elektroniske komponenter – modstanden, kondensatoren og spolen – burde

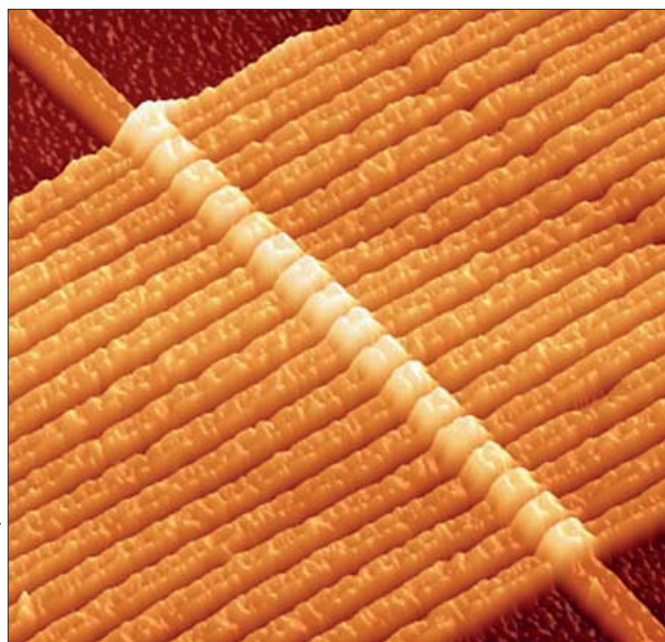


Foto: R. Stanley Williams, Hewlett Packard Laboratories

Verdens første memristorer i form af 17 ledninger af titan-dioxid med et underskud af iltatomer. Ledningerne er ca. 50 nanometer – eller ca. 150 atomer – brede. Billedet er lavet vha. et atomarkraft-mikroskop.

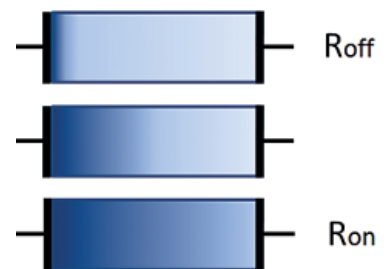
findes en fjerde komponent, nemlig memristoren.

Indtil 2008 skete der ikke meget omkring den nye komponent, men da Hewlett-Packard Laboratories offentliggjorde en artikel i *Nature* kom der gang i feltet. I artiklen viste forfatterne, hvorledes de kunne fremstille den nye komponent af et tyndt lag titandioxid (TiO_2) mellem et par elektroder af platin. Memristoren blev

med det samme et yderst populært forskningsområde, hvilket resulterede i en nærmest eksplosiv vækst af videnskabelige artikler om emnet i årene efter 2008.

Memristorens egenskaber

At en komponent er passiv vil sige, at den ikke kan forstærke elektriske signaler i modsætning til en aktiv komponent som f.eks. en transistor. De passive



Figur 1. Illustration af, hvordan et lag med underskud af iltatomer (blå farve) kan drives gennem materialet og få modstanden mellem elektroderne til at antage to forskellige værdier R_{off} og R_{on} .

Da lagets tykkelse typisk er i størrelsen nanometer vil selv en yderst lille spændingsforskel på få volt medføre et så kraftigt elektrisk felt, at ilt-vakanser (manglende ilt-atomer) i laget af TiO_2 let kan flyttes.

komponenter karakteriseres ved sammenhængen mellem de tre parametre: strømstyrke, spænding og modstand (se boks).

Det særlige ved en memristor er, at dens aktuelle modstand afhænger af, hvor stor en ladning der er passeret gennem den, således at en strøm i den ene retning øger modstanden, mens en strøm i modsat retning sænker værdien. Hvis man afbryder strømmen vil memri-

storen huske den seneste værdi.

I komponenten baseret på titandioxid, som forskerne ved Hewlett-Packard Laboratories har lavet, udnytter man, at ledningsevnen i et titandioxid er lav (og modstanden dermed høj), når der netop er to iltatomer pr titanatom, mens ledningsevnen stiger (og modstanden falder), når nogle få procent af titanatomerne mangler et iltatom (når der mangler et iltatom taler man om en ilt-vakance). Dette udnyttes i komponenten, fordi det er muligt at "flytte" rundt på disse iltvakancer og dermed drive et lag med under-skud af iltatomer gennem materialet og dermed få modstanden til at antage to forskellige værdier – et typisk forhold mellem disse værdier er en faktor 100 eller mere (figur 1).

Hurtig hukommelse

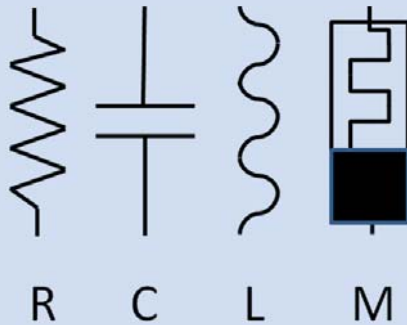
Den indlysende anvendelse af memristoren er som hukommelses-element. Ikke alene fordi den ikke kræver spænding for at huske sin status, men også fordi den gør det muligt at skrive eller aflæse værdier meget hurtigt (i størrelsesordenen nano-sekunder). Denne type hukommelses-kredse har allerede fået navnet ReRAM, en sammentrækning af Resistor og RandomAccessMemory. Der er i øjeblikket mindst to firmaer, der har annonceret, at de har ReRAM kredse på markedet senest i 2013 (ELPIDA og SK Hynix).

Man forventer, at disse kredse kan få en stor udbredelse, idet de er lige så hurtige som de udbredte dynamiske kredse, DRAM, som kræver spænding for at bevare indholdet. Endvidere er ReRAM hurtigere end de Flash-kredse, man kender fra eksempel USB-Sticks.

Med en PC udstyret med ReRAM-hukommelse vil man kunne slukke den, uden at miste indhold, og den vil hurtigt kunne starte op uden at hente indhold fra harddisken, lidt som man kender det fra en iPad.

Om komponenten også vil vise sig nyttig i andre sammenhænge må fremtiden vise. ■

De fire grundkomponenter



Oversigt over de almindelige symboler for de forskellige komponenter. Læg mærke til, at symbolet for memristoren, M, viser, at komponenten er polariseret.

For modstanden er der en simpel sammenhæng mellem strøm og spænding, idet man altid har, at strømstyrken er lig med spænding divideret med modstanden ($i = v/R$) – dvs. hvad vi kender som Ohms lov - og det gælder for både jævn- og veksel-spænding/strøm.

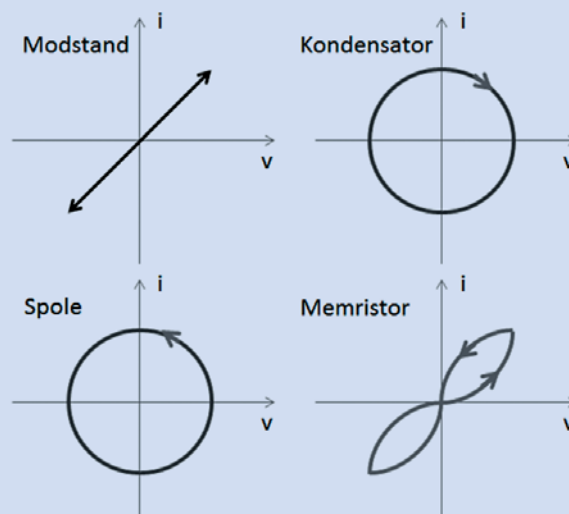
Kondensatoren C og spolen L har en lidt anderledes opførsel, idet deres "modstand", kaldet reaktansen, afhænger af frekvensen.

Det er dog en simpel lineær afhængighed, der med kompleks notation kan skrives som $i = v j \omega C$ eller $i = v / (j \omega L)$, hvor ω er vinkelfrekvensen, der er defineret som $\omega = 2 \pi f$.

Hvis man påtrykker en sinus-formet spænding på en kondensator vil strøm-spændings-forholdet ligge på en cirkel ved passende valg af frekvens og skalaer. Kurven løber med uret.

For spolen får man samme resultat, men kurven løber mod uret.

Memristoren har en helt anderledes opførsel, som det fremgår af figuren. Det skyldes, at modstanden ændres i takt med, at der passerer en ladning gennem den. Eksemplet her viser, at modstanden reduceres, når der løber en positiv strøm gennem den, og modsat at den øges ved en negativ strøm. Hvis man blot vender komponenten vil man få den modsatte retning på kurven.



Sammenhængen mellem spænding (v) og strøm (i) for de fire grundlæggende passive komponenter – modstanden, kondensatoren, spolen og memristoren.

Om forfatteren



Erik Lægsgaard er lektor emeritus ved Institut for Fysik og Astronomi Aarhus Universitet
Tlf.: 2338 2027
erik@phys.au.dk

Videre læsning

Chua, L. O. Memristor – the missing circuit element, *IEEE Trans. Circuit Theory* 18 507-519 (1971)

Strukov, D.B., Snider, G.S. Steward, D.R., Williams, R.S., *The Missing Memristor Found*, *Nature* 453, 80-83 (2008)

På vores hjemmeside kan du finde en vejledning til, hvordan man let kan lave et elektronisk kredsløb, der opfører sig ligesom en memristor.
<http://aktuelnaturvidenskab.dk/nyeste-numre/4-2012/>