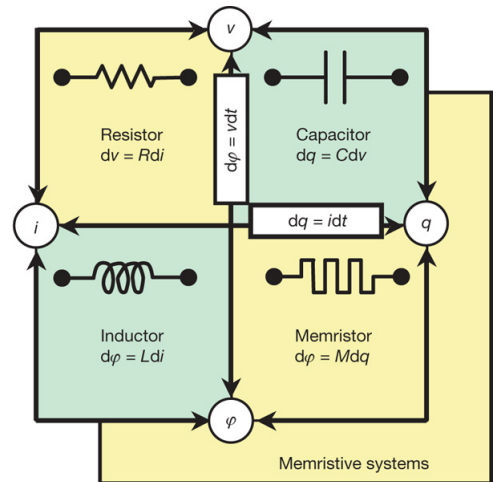


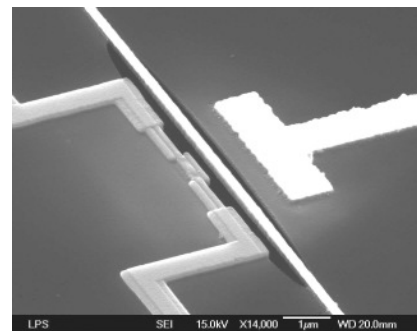
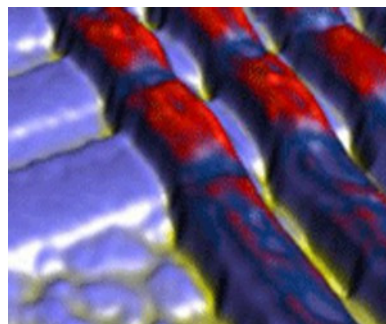
# Widerstand, Kondensator, Spule.... und Memristor !

Schon 1971 wurde von Professor Leon Chua an der Universität Berkeley ein viertes Basiselement elektronischer Schaltungen neben Widerstand, Spule und Kondensator erdacht, sogar mit einem Namen, nämlich Memristor versehen und seine Eigenschaften festgelegt. Der Memristor vervollständigt damit nebenstehendes Schema der wechselseitigen Abhängigkeiten zwischen I, V, Q und  $\phi$  - fast wie in der Teilchenphysik, wo oft aus Symmetriegründen Teilchen eingeführt wurden, die erst Jahrzehnte später in Kernbeschleunigern tatsächlich nachgewiesen wurden.



	elektrische Ladung	elektrischer Strom
<b>Elektrische Spannung</b>	(reziproke) Kapazität $\frac{1}{C} = \frac{dU}{dq} = \frac{d\dot{\Phi}}{dq}$	Resistivität $R = \frac{dU}{dI} = \frac{d\dot{\Phi}}{d\dot{q}}$
<b>Magnetischer Fluss</b>	Memristivität $M = \frac{d\Phi}{dq}$	Induktivität $L = \frac{d\Phi}{dI} = \frac{d\Phi}{d\dot{q}}$

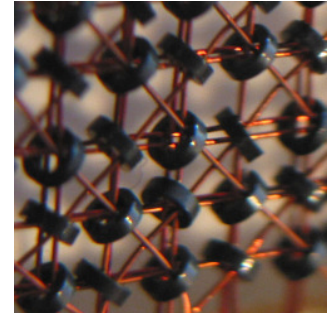
Die Fortschritte der Nanotechnologie machten es nun möglich, erstmals reale Memristoren herzustellen, ein Team um Stanley Williams bei HP Labs gelang es 2008, in einer Nanostruktur aus mit Sauerstoff dotiertem Titandioxid Memristoren zu realisieren. Der Halbleiter Titandioxid  $TiO_2$  ist kein neues Material, Sauerstoffsensoren arbeiten seit jeher damit, erst die Verkleinerung auf Nanostrukturen brachte als neuen Effekt die Memrestivität. Williams und seine Gruppe erzeugten Nanodrähte in ultradichten Crossbar Switches (100 Mrd. Crossbars pro  $cm^2$ ), als sie durch eine ungewöhnliche Kennlinie auf die Memresistenz aufmerksam wurden. Mit 17 Drähten aus jeweils 150 Atomlagen „dickem“ Titanoxid wurde dann 2008 der erste reale Memristor der Fachwelt vorgestellt.



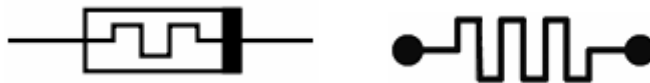
Was ist Memresistenz? Ein Memristor verhält sich für jeden Zeitpunkt wie ein normaler Widerstand, allerdings ist sein Wert von der Vergangenheit des Stroms (Stärke, Polarität

und Dauer) abhängig. Das Bauteil „merkt“ sich seine Geschichte, auch bei abgeklemmter Versorgungsspannung.

Damit eröffnen sich völlig neue Aspekte für eine zukünftige Speichertechnologie. Es gelang den Forschern mit ihrem Crossbar Switch 100 GBit auf einem Quadratcentimeter unterzubringen und man rechnet mit künftig mit TBit und mehr – allerdings wird ein völlig neues Speicherdesign notwendig werden. Fließt ein Strom durch den Schalter, verändert das seinen Wert, man muss also mit Wechselspannung den Memristor prüfen, um seinen Widerstandswert zu ermitteln, am besten beginnend und endend mit Nulldurchgängen einer mehr oder weniger komplexe zusammengesetzten Sinusschwingung, also eine völlige Abkehr von der bisherigen Digitaltechnik. Grundsätzlich auch nichts neues, die schon lange der Vergangenheit angehörenden Ringkernspeicher hatten ein ähnlich gelagertes Problem, das aber auch in der „Steinzeit“ der Computertechnik gelöst wurde.



Das Symbol ist noch nicht festgelegt, in der Literatur finden sich die angegebenen Schaltzeichen, aber auch davon existieren noch Anwendungen.



Da es noch keine Memristoren außerhalb von Labors gibt, gibt es auch derzeit noch keine Anwendungen, die Hoffnungen liegen aber z.B. auf Speichern, die Computern ermöglichen, ohne den zeitfressenden Bootvorgang quasi auf Knopfdruck zu starten. Der Memristor kann aber auch als „Integral“ gesehen werden, weil er die Ladung über die Zeit akkumuliert und sein „Wissen“ auch nach Abschalten der Stromversorgung behält – ideal für Low-Power-Applikationen und Analogrechner/Steuerungen.

Die größten Erwartungen in diesen Bauteil haben aber die Bioinformatiker: der Memresistor als Zentrum eines neuronalen Netzes. Ähnlich der Gewichtung von Neuronen im Gehirn könnte der Memresistor seinen besten Wert innerhalb des Verbundes „lernen“. Allerdings ist das biologische Vorbild keine passive, sondern auch eine aktive Komponente, die auch Signale verstärken kann. Angedacht werden Computersysteme, bei denen die bisherigen Technologien zur Gesichtserkennung verbessert werden, aber auch Maschinen, die aus Erfahrung lernen und Computer, die Entscheidungen treffen können.

Quellen:

<http://www.nature.com/nature/journal/v453/n7191/abs/nature06932.html>

<http://www.computerbase.de/lexikon/Memristor>

<http://h41131.www4.hp.com/de/de/stories/memristor08.html>

<http://www.elektroniknet.de/home/baelemente/news/n/d/hoffnungstraeger-memristor/>

CERN Courier, Vol. 48,Nr. 6 – Seite 10

OE500 674