

Von-Neumann-Computer und Memristor

ANDY THOMAS | CHRISTIAN KALTSCHMIDT

Dieses Dokument ist eine Ergänzung zum Artikel „Elektronische Nervenzellen“ in **Physik in unserer Zeit**, 45. Jahrgang 2014, Nr. 1, S. 21.

Bevor John von Neumann seine heute berühmte Abhandlung zur Computerarchitektur publizierte, hatte Konrad Zuse im Wohnzimmer seiner Eltern im Jahre 1938 den ersten programmierbaren Computer mit Fließkommazahlen gebaut. Ab 1940 wurde dann der weitere Bau von Computertechnik in Deutschland mit Unterstützung des Militärs finanziert. Noch bekannter ist der in den Jahren 1943 bis 1945 in den USA ebenfalls mit Unterstützung des Militärs gebaute Computer ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Computer). Dessen Design beschrieb John von Neumann 1945 in seinem „First draft report on EDVAC“. Beide Rechner hatten bereits zwei Designelemente, die auch heute noch angewandt werden:

1. Verwendung binärer Zahlen
2. die Architektur besteht generell aus verschiedenen Funktionseinheiten.

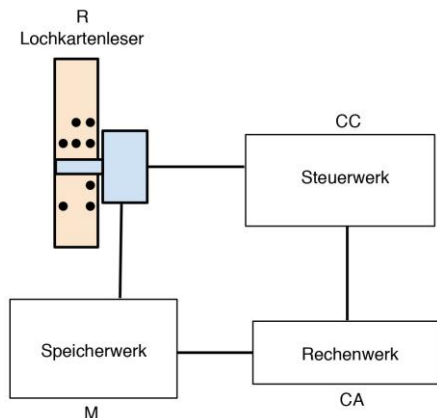


Abb. 1 Architektur der Zuse- und Von-Neumann-Computer. Typisch ist die Zerlegung in einzelne Funktionseinheiten wie Speicherwerk, Rechenwerk und Lochkartenleser. Hinzu kommt ein zentrales Steuerwerk. Auch heute werden diese Elemente noch verwendet, zum Beispiel in der Form von Festplatte, CPU und binärem Code. Die Buchstaben geben jeweils von Neumanns originale Bezeichnung an: R für Recording, CA für Central Arithmetik, CC für Central Control und M für Memory.

John von Neumann schrieb damals, dass die Architektur des Computers sich an das menschliche Gehirn anlehnen würde. Mit unserem modernen Wissen über das Gehirn kommt uns diese Behauptung heute etwas kühn vor. Vergleicht man die Funktionsweisen digitaler Computer mit biologischen neuronalen Netzen, dann ist besonders die Trennung von Speicher und Steuerwerk interessant (Abbildung 1). Dies wird oft als Von-Neumann-Flaschenhals bezeichnet, da die Verbindung zwischen Speicher und Steuerwerk möglicherweise alle Berechnungen verlangsamt. Dieser Flaschenhals ist bei neuronalen Netzen nicht vorhanden und deshalb bei bestimmten Berechnungen von Vorteil.

Der Memristor

Der chinesisch-amerikanische Elektroingenieur Leon Chua postulierte 1971 den Memristor aus einer reinen Symmetrieargumentation heraus [1]. In der Elektrotechnik gibt es vier fundamentale Größen: die elektrische Ladung q , die elektrische Spannung V , den elektrischen Strom I und den generalisierten Fluss φ .

Aus je zwei dieser Variablen kann man sechs Kombinationen bilden – und jede dieser Kombinationen erweist sich als physikalisch bedeutsam. Die Ladung ist dabei das Integral des Stroms über die Zeit und der generalisierte Fluss das Integral der Spannung über die Zeit. Diese beiden bilden also einfache, mathematische Zusammenhänge. Drei weitere Variablenpaare sind uns als passive Bauelemente vertraut: Die Spule verknüpft φ und I , der Kondensator kombiniert q und V , und der Widerstand setzt den Strom I in Bezug zur Spannung V .

Damit fehlt ein Bauteil, das den generalisierten Fluss φ mit der Ladung q verknüpft. Chua postulierte es und taufte es Memristor, ein Kunstwort aus Memory (Gedächtnis) und Resistor (Widerstand).

Literatur

[1] L. Chua, IEEE Trans. Circuit Theory **1971**, 18, 507.