

## Themen für eine Studien- oder Diplomarbeit

### Untersuchung memristiver/memkapazitiver Crossbar-Strukturen zur energieeffizienten Realisierung künstlich neuronaler Netzwerke

Am Lehrstuhl für Grundlagen der Elektrotechnik werden neuartige memristive/memkapazitive Speicherelemente untersucht, die nicht-konventionelle energieeffiziente analoge Rechnersysteme ermöglichen [1]. Diese memristive/memkapazitive Bauelemente weisen interne Speicherfunktionen wie ein RAM auf und lassen sich in Crossbar-Strukturen für hochparallele Berechnungen insbesondere für Matrix-Multiplikationen, wie sie unter anderem massiv in künstlich neuronalen Netzwerken (KNN) eingesetzt werden [2]. Zur Realisierung hybrider Memristor/Memkapazität-CMOS-Architekturen werden effiziente Modelle und Befehlssätze benötigt, um neuronal Rechenaufgaben mittels optimierter Schreib-/Lesealgorithmen auf Crossbar-Strukturen abzubilden. Hierbei müssen nichtideale Eigenschaften der Bauelemente, wie deren Dynamikbereich, nicht unterscheidbare Speicherzustände, Zuverlässigkeit und Degradierung berücksichtigt werden. Anhand von Simulationen der einzelnen Speicherelemente sowie ganzer Crossbar-Netzwerke wird die schaltungstechnische Realisierung untersucht und deren Leistungsfähigkeit hinsichtlich geringer Stromaufnahme, Geschwindigkeit und Zuverlässigkeit als Alternative zu konventioneller Von-Neumann-Rechenarchitekturen analysiert. Schließlich werden sie für moderne Lernalgorithmen und KNNs z. B. in der Bild- und Spracherkennung sowie biologisch inspirierte Zelluläre Nichtlineare Netzwerke eingesetzt [3].

Im Rahmen einer wissenschaftlichen Arbeit soll eine Simulationsumgebung für künstliche neuronale Netzwerke unter Verwendung der Modelle für memristive/memkapazitive Speicherelemente entwickelt und anhand der Charakteristiken konkreter Bauelemente implementiert werden.

Die Studien- bzw. Diplomarbeit soll u.a. folgende Schwerpunkte enthalten:

- Literaturrecherche zur Anwendung von Crossbar-Strukturen für den Einsatz in KNNs
- Generische Modellierung memristiver/memkapazitiver Bauelemente und Crossbar-Strukturen
- Implementierung einer Simulationsumgebung für KNNs (Matlab oder Python)

Für diese Arbeit ist eine sehr gute Kenntnis der Grundlagen der Elektrotechnik, Systemtheorie sowie Programmierung (Python und/oder Matlab) erforderlich. Vertiefende Kenntnisse zu memristiven/memkapazitiven Crossbar-Strukturen können im Rahmen der Studien-/Diplomarbeit erworben werden.

#### Referenzen

[1] Tetzlaff, Ronald. *Memristors and Memristive Systems*. Springer, 2014.

[2] Wylezich, Helge, et al. *Integration of Niobium Oxide-Based Resistive Switching Cells with Different Select Properties into Nanostructured Cross-Bar Arrays*. *Semiconductor Sci. and Technol.*, 30(11), IOP Publishing, 2015

[3] Ascoli, Alon, et al. *System-Theoretic Methods for Designing Bio-Inspired Mem-Computing Memristor Cellular Nonlinear Networks*. *Frontiers in Nanotechnology* 3, Frontiers, 2021

#### Kontakt:

Dr.-Ing. Richard Schroedter  
TOE 313, Tel.: 0351 463 40505  
richard.schroedter@tu-dresden.de

Prof. Dr. phil. nat. habil. Ronald Tetzlaff  
TOE 312, Tel.: 0351 463 33326  
ronald.tetzlaff@tu-dresden.de