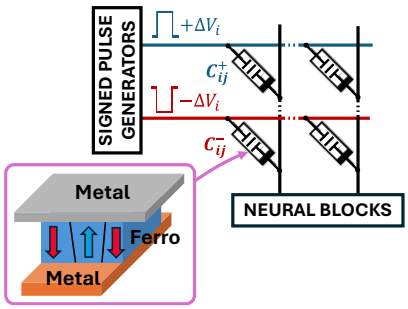
24-MONTH POST-DOCTORAL PROJECT OFFER

Design of Memcapacitive Neuromorphic Circuits for Adaptive Edge AI



RESEARCH OPPORTUNITY: The electronic von Neumann architecture, characterized by the physical separation between memory and computing units, has reached its energy limits, hindering the emergence of an edge AI capable of adapting to its environment. Neuromorphic electronics based on Spiking Neural Networks (SNNs) and the In-Memory Computing (IMC) paradigm stand as the leading solution to overcome this bottleneck. While researchers have so far favored resistive IMC using memristors, this approach faces physical barriers when scaling up: high static currents, Joule heating losses, leakage, and voltage drops (IR drop). The *Laboratory of Technologies for Microelectronics* (LTM) and the *Techniques of Informatics and Microelectronics for integrated systems Architecture* (TIMA) laboratory propose a paradigm shift towards capacitive IMC via voltage summation, enabled by the emergence of ferroelectric capacitive memories (memcapacitors). Operating in the charge domain, these devices eliminate static consumption and open the way to novel bio-plausible learning rules that cannot be achieved with memristors. We are seeking a postdoctoral researcher specialized in neuromorphic circuit design and emerging memories to lead a 24-month project aiming to open a new route towards ultra-low-energy adaptive edge AI.

SCIENTIFIC CHALLENGES: Within a consortium gathering LTM, TIMA and CEA-Leti, you will lead the following tasks:

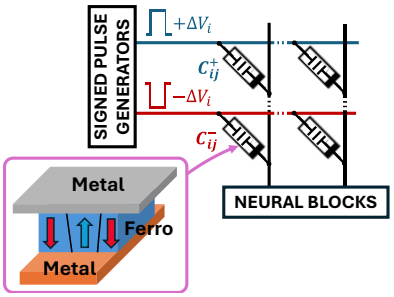
- **Behavioral modeling of ferroelectric memcapacitors** by fitting statistical experimental data of Metal-Ferroelectric-Metal capacitors based on Gd:HfO_2 (LTM) and HZO (CEA-Leti). The model written in Verilog-A will account for the capacitive memory window, multi-level programming and device non-idealities.
- **Circuit-system co-design for inference by voltage summation** in Cadence Virtuoso, using an industrial 130 nm CMOS PDK. You will design complete SNN inference circuits: voltage pulse generators, differential memcapacitive synapses arranged in selector-free crossbars providing signed weights, capacitive IMC based on voltage summation, and current mirrors converting voltages into input currents for the LIF neurons. Simulations will include parasitics and non-idealities through the memcapacitor device models, ensuring realistic performance and energy predictions. You will optimize energy per synaptic operation through transistor sizing and minimization of capacitive loading, with special attention to parasitic coupling when scaling up arrays. In parallel, you will participate in the development in Python of hardware-aware system-level SNN simulations exploiting capacitive synapses.
- **Development of novel bio-plausible learning** using the system-level simulations, via elaboration of three-factor learning mechanisms natively exploiting memcapacitive physics: pre- and post-synaptic eligibility traces with exponential decay, an asymmetric modulation signal, and the superposition of the three signals to drive capacitive synaptic programming. You will carry out the circuit transcription of this rule up to a 4×4 crossbar demonstration, through an iterative circuit-system co-design loop.

AN EXCEPTIONAL ENVIRONMENT IN EUROPE: The postdoc will take place jointly at LTM and TIMA, in the heart of Europe's largest R&D hub for nanotechnologies.
Technology platforms: At TIMA, you will have direct access to Cadence Virtuoso, an industrial PDK of CMOS 130 nm technology node as well as SPICE-Python co-simulation tools to assess SNN learning and circuit performance. At LTM, you'll have access to the PTA/CIME Nanotech ecosystem with state-of-the-art electrical characterization tools.
Network and collaborations: You will work with a group of world-class researchers and MSc/PhD students at LTM, TIMA and CEA-Leti with expertise covering device measurements, neuromorphic circuit engineering and SNN learning mechanisms. You will also have the opportunity to develop new projects and mentor research interns.
Dissemination: results will be published in rank-A journals and presented during international conferences.

Candidate profile: Holding a PhD in neuromorphic electronics, IMC circuits or a related discipline, you demonstrate confirmed skills in integrated circuit design (Cadence Virtuoso) based on emerging memory devices. Proficiency in Python and spiking neural network simulation is required. Scientific rigor, autonomy, the ability to bridge the device, circuit and system levels, and fluent technical English are necessary. A strong interest in ferroelectric memories, neuromorphic computing and bio-plausible learning rules is essential.
Application: Please submit your CV, list of publications and letters of recommendation.
Supervisors: Pr. Yann Beilliard (UGA, LTM), Dr. Elena-Ioana Vatajelu (CNRS, TIMA)
Contact: yann.beilliard@univ-grenoble-alpes.fr

OFFRE DE POST-DOCTORAT DE 24 MOIS

Conception de Circuits Neuromorphiques Memcapacitifs pour L'IA Embarquée Adaptative



OPPORTUNITÉ DE RECHERCHE : L'architecture électronique de von Neumann, caractérisée par la séparation physique des unités de mémoire et de calcul, a atteint ses limites énergétiques et freine l'émergence d'une IA embarquée capable d'apprendre. L'électronique neuromorphique fondée sur les réseaux de neurones impulsionnels (RNI) et le paradigme du calcul-en-mémoire (CEM) s'impose comme la solution la plus prometteuse pour dépasser ce verrou. Si les chercheurs ont jusqu'ici privilégié le CEM résistif à l'aide de memristors, cette approche se heurte à des barrières physiques lors du passage à l'échelle : courants statiques élevés, pertes par effet Joule, courants de fuite et chutes de tension (IR drop). Le *Laboratoire des Technologies de la Microélectronique* (LTM) et le laboratoire *Techniques de l'Informatique et de la Microélectronique pour l'Architecture des systèmes intégrés* (TIMA) proposent une rupture de paradigme en se tournant vers le CEM capacitif par sommation de tensions, rendu possible par l'émergence des mémoires capacitives ferroélectriques (memcapacitors). Opérant dans le domaine de la charge, ces dispositifs éliminent la consommation statique et ouvrent la voie à de nouvelles règles d'apprentissage bio-plausibles, impossibles à obtenir avec des memristors. Nous recherchons un(e) chercheur(se) en post-doctorat expert(e) en design de circuits neuromorphiques pour mener un projet de 24 mois ouvrant la voie à l'IA embarquée adaptative à ultra-basse énergie.

DÉFIS SCIENTIFIQUES : Au sein d'un consortium réunissant le LTM, le TIMA et le CEA-Leti, vous piloterez trois axes :

- **Modélisation de memcapacitors ferroélectriques** via des données expérimentales statistiques de capacités Métal-Ferroélectrique-Métal à base de Gd:HfO_2 (LTM) et de HZO (CEA-Leti). Le modèle, rédigé en Verilog-A, prendra en compte la fenêtre mémoire capacitive, la programmation multiniveau et les non-idéalités des dispositifs.
- **Co-conception circuit-système pour l'inférence** par sommation de tensions sous Cadence Virtuoso (PDK CMOS 130 nm). Vous concevrez des circuits complets d'inférence RNI : générateurs de tensions, crossbars de synapses memcapacitives différentielles offrant des poids signés, CEM capacitif fondé sur la sommation de tensions, et miroirs de courant convertissant les tensions en courants d'entrée pour les neurones LIF. Les simulations intégreront les effets parasites, afin de garantir des prédictions de performance et d'énergie réalistes. Vous optimiserez l'énergie par opération synaptique par dimensionnement des transistors et minimisation des charges capacitives, avec une attention particulière portée au couplage parasites. En parallèle, vous participerez au développement en Python de simulations système de RNI intégrant les contraintes matérielles et exploitant des synapses capacitives.
- **Développement d'un nouvel apprentissage bio-plausible** à partir des simulations systèmes, par l'élaboration de mécanismes d'apprentissage à trois facteurs exploitant nativement la physique memcapacitive : traces d'éligibilité pré- et post-synaptiques à décroissance exponentielle, signal de modulation, et superposition des trois signaux pour piloter la programmation des synapses capacitives. Vous assurerez la transcription circuit de cette règle jusqu'à une démonstration sur crossbar 4×4, via une boucle itérative de co-conception circuit-système.

UN ENVIRONNEMENT D'EXCEPTION EN EUROPE : Le post-doctorat se déroulera conjointement au LTM et au TIMA, au cœur du plus grand pôle européen de R&D en nanotechnologies.
Plateformes technologiques : Au TIMA, vous bénéficierez d'un accès direct à Cadence Virtuoso, aux PDK industriels du nœud technologique CMOS 130 nm, ainsi qu'à des outils de co-simulation SPICE-Python. Au LTM, vous aurez accès à l'écosystème PTA/CIME Nanotech et à ses équipements de caractérisation électrique à l'état de l'art.
Collaborations : Vous travaillerez avec des chercheurs et chercheuses de renommée mondiale et des étudiant(e)s de Master et de doctorat du LTM, du TIMA et du CEA-Leti, dont l'expertise couvre les mesures électriques, l'ingénierie neuromorphique et les mécanismes d'apprentissage des RNI. Vous aurez également la possibilité d'initier de nouveaux projets et d'encadrer des stagiaires de recherche.
Valorisation: Les résultats seront publiés dans des journaux de rang A et présentés lors de conférences internationales.

Profil recherché : Titulaire d'un doctorat en électronique neuromorphique ou d'une discipline connexe, vous justifiez de compétences confirmées en conception de circuits intégrés (Cadence Virtuoso) à base de mémoires émergentes. La maîtrise de Python et de la simulation de SNN est requise. Rigueur scientifique, autonomie, capacité à faire le lien entre niveaux dispositif, circuit et système, et anglais technique courant sont nécessaires. Un intérêt pour les mémoires ferroélectriques, le calcul neuromorphique et les règles d'apprentissage bio-plausibles est indispensable.
Candidature : Merci d'envoyer votre CV, la liste de vos publications et des lettres de recommandation
Superviseurs : Pr. Yann Beilliard (UGA, LTM), Dr. Elena-Ioana Vatajelu (CNRS, TIMA)
Contact : yann.beilliard@univ-grenoble-alpes.fr