

Guía docente

2301214 - ETC - Tecnologías Emergentes para Computación

Última modificación: 13/03/2024

Unidad responsable: Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación de Barcelona
Unidad que imparte: 1022 - UAB - (CAS) pendent.

Titulación: MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE SEMICONDUCTORES Y DISEÑO MICROELECTRÓNICO (Plan 2024). (Asignatura optativa).

Curso: 2024 **Créditos ECTS:** 4.0 **Idiomas:** Inglés

PROFESORADO

Profesorado responsable: Consultar aquí / See here:
<https://telecos.upc.edu/ca/curs-actual/coordinadors-i-professorat>

Otros: Consultar aquí / See here:
<https://telecos.upc.edu/ca/curs-actual/coordinadors-i-professorat>

METODOLOGÍAS DOCENTES

Clases en el aula: 30 horas.

Lugar de sesiones de demostración: Visitas a instituciones con actividad práctica en diversos aspectos de la computación cuántica, como por ejemplo, IMB-CNM, BSC y Qilimanjaro.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

1. Adquirir conocimientos básicos sobre las limitaciones de las tecnologías de computación convencionales y cómo pueden complementarse con tecnologías emergentes basadas en circuitos de computación neuromórfica y cuántica para aplicaciones específicas.
2. Aprender qué significa la computación en memoria, sus diferentes campos de aplicación y cómo se implementan los circuitos neuromórficos con memristores.
3. Ser capaz de diseñar y simular circuitos neuromórficos basados en memristores y neuronas CMOS.
4. Adquirir conocimientos sobre los fundamentos de la computación cuántica y su implementación a través de diferentes dispositivos físicos, con especial énfasis en los qubits de espín en semiconductores.
5. Ser capaz de analizar el funcionamiento de dispositivos y circuitos para la computación cuántica.

HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTADO

Tipo	Horas	Porcentaje
Horas aprendizaje autónomo	70,0	70.00
Horas grupo grande	30,0	30.00

Dedicación total: 100 h

CONTENIDOS

Tecnologías emergentes para la computación

Descripción:

Bloque 1. Computación Neuromórfica y en Memoria

1. Tecnologías de computación convencionales

Principios, estado del arte y limitaciones. Sistemas de alto rendimiento y presupuesto de energía inasequible. La barrera de Von-Neumann.

2. Tecnologías alternativas y estrategias de computación no convencionales Computación en memoria y computación neuromórfica. Aceleradores de IA, NVM emergentes, comparación de Memoria para IA en el borde.

3. El memristor, un dispositivo emergente

Conceptos básicos del memristor: el cuarto elemento (Chua), el dispositivo encontrado (HP). Materiales en Óxidos Metálicos. Memristor ideal, características distintivas de los memristores. Tipos y propiedades del dispositivo: Filamentarios, iónicos. Binario, de múltiples valores. PCM, ReRAM, OxRAM. Propiedades no lineales del memristor. Modelos de memristor: Modelos conductuales, físicos. Estructuras basadas en memristor: Matrices cruzadas, 1R, 1T1R. Memorias no volátiles.

4. Aplicaciones de los memristores para la computación en memoria y neuromórfica

Computación neuromórfica con memristores: principios, matrices sinápticas. Modelos e implementación de neuronas. Estrategias de aprendizaje. Ejemplos de SNN y DNN. Variabilidad y estocasticidad. Memorias asociativas. Puertas lógicas con memristores: estructuras de puertas y estilos de diseño lógico. Diseño de lógica de memoria memristiva. Ejemplos de otras aplicaciones de baja y alta precisión: criptografía, problemas de optimización combinatoria, codificación dispersa, computación científica.

Bloque 2. Computación Cuántica

5. La segunda revolución cuántica

Visión general. Conceptos básicos de la mecánica cuántica: función de onda, cuantización de la energía, superposición, entrelazamiento, espín.

6. Tecnologías cuánticas y fundamentos de la computación

Tecnologías cuánticas: comunicaciones cuánticas, detección cuántica, simulación cuántica y computación cuántica. Q-bits y algoritmos de computación cuántica.

7. Implementación física de la computación cuántica

Plataformas para la computación cuántica: diamante, trampas de iones, fotones, superconductores, semiconductores, híbridos. Computación cuántica basada en semiconductores. Dispositivos: puntos cuánticos, cargas de electrones individuales. Métodos de lectura. Tecnologías de fabricación.

8. Sesiones de demostración

Sesiones de exhibición sobre diferentes implementaciones de la computación cuántica.

Dedicación: 100h

Grupo grande/Teoría: 30h

Aprendizaje autónomo: 70h

SISTEMA DE CALIFICACIÓN

Evaluación: examen (100%)



BIBLIOGRAFÍA

Básica:

- Christensen, Dennis V.; Dittmann, Regina; Linares-Barranco, Bernabé ... [et al.]. "2022 roadmap on neuromorphic computing and engineering". Neuromorphic Computing and Engineering [en línea]. Vol. 2 (2), 022501, 2022 [Consulta: 18/03/2024]. Disponible a: <https://iopscience-iop-org.recursos.biblioteca.upc.edu/article/10.1088/2634-4386/ac4a83>.- Indiveri, Giacomo; Liu, Shih-Chii. "Memory and Information Processing in Neuromorphic Systems". Proceedings of the IEEE [en línea]. Vol. 103 (8), pp. 1379-1397, 2015 [Consulta: 18/03/2024]. Disponible a: <https://ieeexplore-ieee-org.recursos.biblioteca.upc.edu/document/7159144>.- Kitaev, Alexei Yu; Shen, Alexander H.; Vyalyi, Mikhail N.. Classical and quantum computation [en línea]. American Mathematical Society, 2002 [Consulta: 02/05/2024]. Disponible a: <https://www.ams.org/books/gsm/047/gsm047-endmatter.pdf>. ISBN 0-8218-2161-X.
- Nielsen, Michael A.; Chuang, Isaac L. Quantum computation and quantum information. 10th ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2010. ISBN 9781107002173.
- Gonzalez-Zalba, M; de Franceschi, S.; Charbon, E.; Meunier, T.; Vinet, M.; Dzurak, A.S.. "Scaling silicon-based quantum computing using CMOS technology: State-of-the-art, Challenges and Perspectives". Nature Electronics [en línea]. Vol. 4 (12), pp. 872-884, 2021 [Consulta: 02/05/2024]. Disponible a: <https://arxiv.org/abs/2011.11753>.