



# Guia docent

## 2301214 - ETC - Tecnologies Emergents per a la Computació

Última modificació: 13/03/2024

**Unitat responsable:** Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Telecomunicació de Barcelona  
**Unitat que imparteix:** 1022 - UAB - Universitat Autònoma de Barcelona.

**Titulació:** MÀSTER UNIVERSITARI EN ENGINYERIA DE SEMICONDUCTORS I DISSENY MICROELECTRÒNIC (Pla 2024).  
(Assignatura optativa).

**Curs:** 2024      **Crèdits ECTS:** 4.0      **Idiomes:** Anglès

### PROFESSORAT

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

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

### METODOLOGIES DOCENTS

Classes a l'aula: 30 h.

Lloc de les sessions de demostració: Visites a institucions amb activitat pràctica en diversos aspectes de la computació quàntica, com ara IMB-CNM, BSC i Qilimanjaro.

### OBJECTIUS D'APRENTATGE DE L'ASSIGNATURA

1. Adquirir coneixements bàsics sobre les limitacions de les tecnologies de computació convencionals i com poden complementar-se amb tecnologies emergents basades en circuits de computació neuromòrfica i quàntica per a aplicacions específiques.
2. Aprendre què significa la computació en memòria, els seus diferents camps d'aplicació i com s'implementen els circuits neuromòrfics amb memristors.
3. Ser capaç de dissenyar i simular circuits neuromòrfics basats en memristors i neurones CMOS.
4. Adquirir coneixements sobre els fonaments de la computació quàntica i la seva implementació a través de diferents dispositius físics, amb especial èmfasi en els qubits d'espín en semiconductors.
5. Ser capaç d'analitzar el funcionament de dispositius i circuits per a la computació quàntica.

### HORES TOTALES DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores grup gran	30,0	30.00
Hores aprenentatge autònom	70,0	70.00

**Dedicació total:** 100 h

## CONTINGUTS

### Tecnologies emergents per a la computació

#### Descripció:

Bloc 1. Computació Neuromòrfica i en Memòria

#### 1. Tecnologies de computació convencionals

Principis, estat de l'art i limitacions. Sistemes d'alt rendiment i pressupost energètic inassumible. La barrera de Von-Neumann.

2. Tecnologies alternatives i estratègies de computació no convencionals Computació en memòria i computació neuromòrfica. Acceleradors d'IA, NVM emergents, comparació de Memòria per a IA en el límit.

#### 3. El memristor, un dispositiu emergent

Conceptes bàsics del memristor: el quart element (Chua), el dispositiu trobat (HP). Materials en Òxids Metàl·lics. Memristor ideal, característiques distintives dels memristors. Tipus i propietats del dispositiu: Filamentaris, iònics. Binari, de múltiples valors. PCM, ReRAM, OxRAM. Propietats no lineals del memristor.

Models de memristor: Models conductuals, físics. Estructures basades en memristor: Matrius creuades, 1R, 1T1R. Memories no volàtils.

#### 4. Aplicacions dels memristors per a la computació en memòria i neuromòrfica

Computació neuromòrfica amb memristors: principis, matrius sinàptiques. Models i implementació de neurones. Estratègies d'aprenentatge. Exemples de SNN i DNN. Variabilitat i estocasticitat. Memories associatives. Portes lògiques amb memristors: estructures de portes i estils de disseny lògic. Disseny de lògica de memòria memristiva. Exemples d'altres aplicacions de baixa i alta precisió: criptografia, problemes d'optimització combinatoria, codificació dispersa, computació científica.

Bloc 2. Computació Quàntica

#### 5. La segona revolució quàntica

Visió general. Conceptes bàsics de la mecànica quàntica: funció d'ona, quantització de l'energia, superposició, entrellaçament, espín.

#### 6. Tecnologies quàntiques i fonaments de la computació

Tecnologies quàntiques: comunicacions quàntiques, detecció quàntica, simulació quàntica i computació quàntica. Q-bits i algorismes de computació quàntica.

#### 7. Implementació física de la computació quàntica

Plataformes per a la computació quàntica: diamant, trampes d'ions, fotons, superconductors, semiconductors, híbrids. Computació quàntica basada en semiconductors. Dispositius: punts quàntics, càrregues d'electrons individuals. Mètodes de lectura. Tecnologies de fabricació.

#### 8. Sessions de demostració

Sessions d'exhibició sobre diferents implementacions de la computació quàntica.

**Dedicació:** 100h

Grup gran/Teoria: 30h

Aprenentatge autònom: 70h

## SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

Avaluació: examen (100%)



## BIBLIOGRAFIA

---

### Bàsica:

- Christensen, Dennis V.; Dittmann, Regina; Linares-Barranco, Bernabé ... [et al.]. "2022 roadmap on neuromorphic computing and engineering". Neuromorphic Computing and Engineering [en línia]. 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 línia]. 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.; Vyalii, Mikhail N.. Classical and quantum computation [en línia]. 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 línia]. Vol. 4 (12), pp. 872-884, 2021 [Consulta: 02/05/2024]. Disponible a: <https://arxiv.org/abs/2011.11753>.