



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2024-25



Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Arquitectura de Computadores y Automática
Título:	Implementación Cuántica de Problemas NP modelados como Hamiltonianos de Ising
Title:	Quantum Implementation of NP Problems modeled as Ising Hamiltonians
Tutor/es:	Alberto A. del Barrio y Guillermo Botella
E-mail tutor/es:	abarriog@ucm.es, gbotella@ucm.es
Número de plazas:	2
Asignación de TFG:	Asignación directa

Objetivos:

El objetivo de este TFG es la implementación de problemas NP que puedan modelarse mediante Hamiltonianos de Ising [1]. Dichos modelos han aumentado su repercusión en los últimos años gracias al gran desarrollo de los computadores cuánticos. Por medio de este tipo de computación, es posible resolver problemas de optimización basados en Hamiltonianos de Ising de forma eficiente. Por ejemplo, problemas de particionado de grafos, el problema de las N-reinas o problemas cuya formulación se basa en ILP (Integer Linear Programming), pueden modelarse como Hamiltonianos de Ising. En el presente proyecto se implementarían algunos de estos problemas por medio de algún entorno de programación de computadores cuánticos y se probarían al menos en simulación local y/o en la nube.

Metodología:

1. Estudio de problemas NP que se modelan con Hamiltonianos de Ising.
2. Estudio de entornos de programación de computadores cuánticos.
3. Programación de algoritmos y simulación local con pocos qubits.
4. Simulación en la nube con mayor número de qubits.

Bibliografía:

- [1] Lucas A (2014) Ising formulations of many NP problems. Front. Physics 2:5. doi: 10.3389/fphy.2014.00005
- [2] <https://qiskit.org/textbook/preface.html>
- [3] <https://quantumai.google/cirq>



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2024-25



Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Arquitectura de Computadores y Automática
Título:	Control de sistemas multiagente y sus aplicaciones
Title:	Control of multi-agent systems and their applications
Tutor/es:	Lía García Pérez, Juan Jiménez
E-mail tutor/es:	liagar05@ucm.es, juan.jimenez@fis.ucm.es
Número de plazas:	4
Asignación de TFG:	Asignación directa

Objetivos:

El objetivo principal del trabajo es introducirse al estudio de los sistemas dinámicos multiagente con su aplicación en el control distribuido de enjambres. Entre otras muchas aplicaciones, estos sistemas se pueden explotar para caracterizar campos escalares, por ejemplo, para la búsqueda y confinamiento de fuentes de contaminación, para barrer grandes volúmenes en operaciones de búsqueda y rescate, o para coordinar robots en tareas de vigilancia.

La propuesta de este TFG se centra en confeccionar algoritmos fundamentales (ver bibliografía) en multiagentes para alguna de las aplicaciones arriba nombradas. En particular, se hará explotando las garantías y propiedades matemáticas de los algoritmos. Se utilizará Python y/o Matlab para validaciones numéricas.

Metodología:

1. Estudio, guiado por los supervisores, de la bibliografía en algoritmos para el control distribuido de enjambres (la bibliografía completa podrá encontrarse en <https://github.com/UCM-237/pyVehicles/tree/main>).
2. Modelado matemático de la aplicación/problema, y selección de un algoritmo para su adaptación a medida conforme a la aplicación seleccionada.
3. Análisis de resultados y validación de garantías matemáticas en la solución proporcionada por el algoritmo.

Cada uno de los estudiantes trabajará en algoritmos de control diferentes.

Bibliografía:

- [1] W. Yao, B. Lin, B. D. O. Anderson, and M. Cao, Guiding vector fields for following occluded paths, IEEE Transactions on Automatic Control (TAC), vol. 67, no. 8, 2022.
- [2] HG de Marina. Maneuvering and robustness issues in undirected displacement-consensus-based formation control. IEEE Transactions on Automatic Control, 2021.
- [3] Kahn, Arthur, et al. Global extremum seeking by Kriging with a multi-agent system. IFAC-PapersOnLine 48.28 (2015): 526-531. <https://hal.science/hal-01170131/document>



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2024-25

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Arquitectura de Computadores y Automática
Título:	Diseño y simulación de circuitos neuromórficos para IA con memristores
Title:	Design and simulation of neuromorphic circuits for AI with memristors
Tutor/es:	Guillermo Botella Juan
E-mail tutor/es:	gbotella@ucm.es
Número de plazas:	2
Asignación de TFG:	Asignación directa

Objetivos:

El memristor es un dispositivo no lineal cuya resistencia actual depende de la cantidad de carga eléctrica que ha fluído en el pasado, y en qué dirección. El dispositivo recuerda su historia, la llamada propiedad de no-volatilidad. Dentro del ámbito de la IA, el uso de redes neuronales convolucionales (CNNs) con memristores en lugar de la computación digital ofrece ventajas significativas en términos de eficiencia energética, densidad de almacenamiento, velocidad de procesamiento, aprendizaje en línea, similitud con sinapsis biológicas y escalabilidad. En este TFG vamos a aprovechar las propiedades descritas anteriormente para realizar pruebas de conceptos sencillas pero novedosas que aprovechen la computación analógica en el ámbito de la IA, específicamente las CNNs. Se podrá trabajar bien con placas experimentales, con simuladores analógicos o con lenguajes (Python o similar). Se enfocará el proyecto dependiendo del perfil de el/los estudiante(s).

Metodología:

- 1- Se realizará una revisión bibliográfica de modelos de memristores y de redes neuronales.
- 2- Se caracterizarán memristores reales comerciales.
- 3- Diseño y simulación de una red neuronal basada en memristores y de la circuitería auxiliar.
- 4- Estudio de la influencia de la variabilidad de los dispositivos sobre las prestaciones finales del circuito.
- 5- Prueba de conceptos de la implementación de varias CNNs con estímulos y datasets validados por la comunidad científica.

Bibliografía:

H. Jin *et al.*, "ReHy: A ReRAM-Based Digital/Analog Hybrid PIM Architecture for Accelerating CNN Training," in *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*, vol. 33, no. 11, pp. 2872-2884, 1 Nov. 2022, doi: 10.1109/TPDS.2021.3138087.

Anteneh Gebregiorgis *et al.* 2022. A Survey on Memory-centric Computer Architectures. *J. Emerg. Technol. Comput. Syst.* 18, 4, Article 79 (October 2022), 50 pages. <https://doi.org/10.1145/3544974>

Hu, X. *et al.* (2022). Quantized and adaptive memristor based CNN (QA-mCNN) for image processing. *Science China Information Sciences*, 65(1), 119104.
<https://knowm.org/memristors/> .
arXiv:2306.11678 "Design and simulation of memristor based Neural Networks" UCM-UGR 2023



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS



GRADO EN FÍSICA curso 2024-25

Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Arquitectura de Computadores y Automática
Título:	Desarrollo de proyectos de IoT que implementen ML/IA en sistemas empotrados
Title:	Development of IoT Projects Implementing ML/AI in Embedded Systems
Tutor/es:	Guillermo Botella Juan
E-mail tutor/es:	gbotella@ucm.es
Número de plazas:	2
Asignación de TFG:	Asignación directa

Objetivos:

Desarrollar dispositivos IoT que integren capacidades de Machine LML/AI mediante placas empotradas como ESP32. La integración de ML/AI en dispositivos IoT, se presta a rango muy amplio de aplicaciones, desde automatización del hogar y asistencia sanitaria personalizada hasta optimización de procesos industriales y gestión de recursos en ciudades inteligentes.

Se propone un proyecto que use placas como el ESP32, y se buscará una implementación eficiente que tenga un equilibrio eficiente entre costo, consumo energético y capacidad de procesamiento, esencial para la implementación a gran escala de soluciones IoT inteligentes. Se enfocará el proyecto dependiendo del perfil de el/los estudiante(s).

Metodología:

- 1- Se realizará una revisión bibliográfica de placas para IoT haciendo especial uso en la familia ESP32. También realizarán una revisión de entornos de programación y sensores.
- 2- Se estudiará la comunicación de sensores, la integración de bibliotecas como LittleFS, LVGL. Medidas de seguridad, integración, etc...
- 3- Se estudiará también técnicas de ML/AI para sistemas empotrados, y se construirán casos de usos sencillos como ejemplos.
- 4- Se desarrollará el proyecto final de acuerdo a los puntos anteriores y el caso de uso elegido. Se caracterizará el desarrollo realizado de acuerdo a varias métricas de calidad.
- 5- Se harán pruebas de conceptos en escenarios reales.

Bibliografía:

Developing IoT Projects with ESP32: Automate your home or business with inexpensive Wi-Fi devices. 2024. Vedat Ozan. PACKT
<https://circuitdigest.com/esp32-projects>
<https://www.tensorflow.org/lite/microcontrollers?hl=es-419>



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2024-25



Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Arquitectura de Computadores y Automática
Título:	Estudio y simulación de maniobras orbitales con asistencia gravitatoria
Title:	Study and Simulation of Gravity Assist Maneuvers
Tutor/es:	Segundo Esteban San Román
E-mail tutor/es:	sesteban@ucm.es
Número de plazas:	2
Asignación de TFG:	Asignación directa

Objetivos:

Estudiar matemáticamente el problema de las maniobras con asistencia gravitatoria.

Analizar misiones espaciales reales que hayan utilizado maniobras gravitacionales.

Plantear una misión de bajo coste, basada en un nanosatélite con propulsión eléctrica, que permita alcanzar las lunas de Júpiter utilizando este tipo de maniobras.

Simular las maniobras orbitales de la misión, analizar los resultados y extraer unas conclusiones sobre su viabilidad técnica.

Metodología:

Primero se debe entender la matemática del problema.

Posteriormente se debe analizar y aprender de misiones pasadas y actuales que utilicen este tipo de maniobras.

A continuación se debe definir un caso de aplicación con nanosatélites y su tecnología.

Se debe simular el caso de aplicación sobre Matlab o Python.

Finalmente se deben extraer conclusiones sobre la viabilidad de este tipo de misiones.

Bibliografía:

W. J. Larson and J. R. Wertz, "Orbit Maneuvering", in Space Mission Analysis and Design, 3rd ed, Space Technology Library. El Segundo, CA: Microcosm Press, 1998, pp. 146-153.

D. Shortt. "Gravity Assist". The Planetary Society, 2013. Available at <https://www.planetary.org/blogs/guestblogs/2013/20130926-gravity-assist.html>

R. Biesbroek, "Gravity Assist Maneuvers" in Lunar and Interplanetary Trajectories, 1st ed. International Publishing, 2016, pp. 41-58

Book series: Space Technology Library, ISSN:2542-8896, James R. Wertz, <https://www.springer.com/series/6575>



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

GRADO EN FÍSICA curso 2024-25



Ficha de Trabajo de Fin de Grado

Departamento:	Arquitectura de Computadores y Automática
Título:	Monitorización automática de aguas embalsadas mediante embarcaciones autónomas
Title:	Automatic monitoring of lentic water using autonomous surface vehicles
Tutor/es:	Gonzalo Carazo Barbero, Eva Besada Portas
E-mail tutor/es:	gocarazo@ucm.es, ebesada@ucm.es
Número de plazas:	2
Asignación de TFG:	Asignación directa

Objetivos:

El agua es un recurso limitado, amenazado por su mal uso y numerosos factores ambientales. Procesos naturales como los blooms de cianobacterias afectan a su calidad y ponen en riesgo la salud de sus usuarios y habitantes. Para poder alertar sobre el mal estado y gestionarlos de la mejor forma, los recursos hídricos conviene monitorizarlos, con la frecuencia temporal y resolución espacial adecuadas. Esto puede realizarse mediante embarcaciones autónomas, equipadas con sondas y diferentes subsistemas, como el de planificación de sus trayectorias o el del control reactivo de su comportamiento, en función de las medidas realizadas o de la información proporcionada por simuladores de la evolución del bloom. El objetivo de este trabajo es que el estudiante desarrolle y/o implemente algoritmos para alguno de los subsistemas mencionados, o para el modelado y simulación de la embarcaciones o del bloom.

Metodología:

Para realizar trabajo propuesto el estudiante deberá realizar los siguientes pasos

- 1.- Estudio y análisis del problema de monitorización de masas de agua con contaminantes biológicos. Los tutores proporcionarán al estudiante el material necesario para ello.
- 2.- Modelado matemático de los subsistemas elegidos para la realización del TFG.
- 3.- Implementación computacional de los modelos o subsistemas elegidos mediante Matlab o Python.
- 4.- Análisis, mediante simulaciones, del comportamiento de los algoritmos implementados frente a diferentes escenarios.

Bibliografía:

E. Besada-Portas, J.M. Girón-Sierra, J. Jiménez, J.A. López-Orozco (2021). Data driven exploration of lentic water bodies with ASVs guided by gradient-free optimization/contour detection algorithms. Proceedings of the Winter Simulation Conference (WinterSim).
G. Carazo Barbero, E. Besada-Portas, J.L. Risco-Martin, J.A. Lopez-Orozco. 2023. EA-based ASV trajectory planner for detecting cyanobacteria blooms in freshwater. Genetic and Evolutionary Conference (GECCO).