



UNIVERSIDAD
DE GRANADA



Facultad de Ciencias
Sección de Físicas

Propuesta de Trabajo Fin de Grado en Física

Tutor/a:	Jara Juana Bermejo Vega
Departamento y Área de Conocimiento:	Dpto. de Electromagnetismo y Física de la Materia, Área de Materia Condensada
Correo electrónico:	jbermejovega@go.ugr.es
Cotutor/a:	Daniel Manzano Diosdado
Departamento y Área de Conocimiento:	Dpto. de Electromagnetismo y Física de la Materia, Área de Materia Condensada
Correo electrónico:	manzano@onsager.ugr.es

Título del Trabajo:	Supercomputación y simulación de alto rendimiento de circuitos cuánticos
----------------------------	--

Tipología del Trabajo: (Segun punto 3 de las Directrices del TFG aprobadas por Comisión Docente el 10/12/14)	(Marcar con X)	1. Revisión bibliográfica		4. Elaboración de nuevas prácticas de laboratorio	
		2. Estudio de casos teórico-prácticos	X	5. Elaboración de un proyecto	
		3. Trabajos experimentales		6. Trabajo relacionado con prácticas externas	

Breve descripción del trabajo:

La simulación de sistemas cuánticos es un problema computacional costoso que requiere de sistemas de computación de alto rendimiento. Este problema es de importancia en varias ramas de la física, tradicionales, como la materia condensada, pero también en áreas noveles como la computación cuántica. Por ejemplo, desarrollar simuladores clásicos de circuitos cuánticos es importante para probar y evaluar tecnologías cuánticas.

El trabajo de fin de grado estudiará cómo simular circuitos y algoritmos cuánticos en superordenadores. Se realizará un estudio comparado de diferentes estrategias para simular circuitos cuánticos de interés con diferentes arquitecturas hardware heterogéneas con diferentes elementos (p.ej., múltiples nodos, CPUs y GPUs). Se estudiará la adecuación de herramientas de interés a la arquitectura del ordenador Proteus de la Universidad de Granada, <https://proteus.ugr.es/>

Objetivos planteados:

- Estudio de herramientas HPC para la simulación y ejecución de circuitos cuántico
- Se pondrá énfasis en la optimización de tareas de simulación de alto rendimiento
- Se implementará una simulación de un algoritmo cuántico de interés para un problema computacional en un superordenador

Metodología:

- Se revisará bibliografía con diferentes estrategias de simulación de circuitos cuánticos para sistemas HPC heterogéneos
- Se usarán lenguajes de programación habituales para tareas de optimización en física computacional, tales como C/C++, Python o Julia
- Se podrán usar librerías existentes de software cuántico tales como IBM QisKit o Microsoft Azure

Campus Fuentenueva
Avda. Fuentenueva s/n
18071 Granada
Tfno. +34-958242736
almartin@ugr.es

Comisión Docente de Físicas
Facultad de Ciencias



- Se realizarán simulaciones en el superordenador Proteus de la UGR
- Se analizará el rendimiento de las simulaciones, coste de recursos computacionales, memoria, tiempo de computación, etc

Bibliografía:

Andor Menczer, Örs Legeza, Massively Parallel Tensor Network State Algorithms on Hybrid CPU-GPU Based Architectures, <https://arxiv.org/abs/2305.05581>

Ang Li, Omer Subasi, Xiu Yang, Sriram Krishnamoorthy, Density matrix quantum circuit simulation via the BSP machine on modern GPU clusters, SC '20: Proceedings of the International Conference for High Performance Computing, Networking, Storage and Analysis, https://github.com/pnnl/DM-Sim/blob/master/doc/paper_sc20.pdf

Daniel Strano, Benn Bollay, Aryan Blaauw, Nathan Shammah, William J. Zeng, Andrea Mari, Exact and approximate simulation of large quantum circuits on a single GPU, <https://arxiv.org/abs/2304.14969>

Jun Doi , Hitomi Takahashi , Rudy Raymond , Takashi Imamichi , Hiroshi Horii Authors Info & Claims, Quantum computing simulator on a heterogenous HPC system, CF '19: Proceedings of the 16th ACM International Conference on Computing Frontiers April 2019 <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3310273.3323053>

Honghui Shang, Li Shen, Yi Fan, Zhiqian Xu, Chu Guo, Jie Liu, Wenhao Zhou, Huan Ma, Rongfen Lin, Yuling Yang, Fang Li, Zhuoya Wang, Yunquan Zhang, Zhenyu Li, Large-Scale Simulation of Quantum Computational Chemistry on a New Sunway Supercomputer, <https://arxiv.org/pdf/2207.03711.pdf>

Salvatore Mandrà, Jeffrey Marshall, Eleanor G. Rieffel, Rupak Biswas, HybridQ: A Hybrid Simulator for Quantum Circuits, 2021 IEEE/ACM Second International Workshop on Quantum Computing Software (QCS), <https://arxiv.org/abs/2111.06868>

Stavros Efthymiou, Marco Lazzarin, Andrea Pasquale, and Stefano Carrazza, Quantum simulation with just-in-time compilation, Quantum 6, 814 (2022), <https://arxiv.org/pdf/2203.08826.pdf>

Qiskit Development Team. StatevectorSimulator. 2022. url: <https://qiskit.org/documentation/stubs/qiskit.providers.aer.StatevectorSimulator.html#> (visited on 11/01/2022).

A rellenar sólo en el caso que el alumno sea quien realice la propuesta de TFG

Alumno/a: Noelia Sánchez Gómez
propuesto/a:



UNIVERSIDAD
DE GRANADA



Facultad de Ciencias
Sección de Físicas

Granada, de 2023

Sello del Departamento

*Campus Fuentenueva
Avda. Fuentenueva s/n
18071 Granada
Tfno. +34-958242736
almartin@ugr.es*

Comisión Docente de Físicas
Facultad de Ciencias