



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:	
Departamento y Área de Conocimiento:	
Correo electrónico:	

Título del Trabajo: Simulación de alto rendimiento de circuitos cuánticos con Programmable Gate Arrays													
Tipología del Trabajo: (Segun punto 3 de las Directrices del TFG aprobadas por Comisión Docente el 10/12/14)	(Marcar con X)												
	<table border="1"> <tr> <td>1. Revisión bibliográfica</td> <td></td> <td>4. Elaboración de nuevas prácticas de laboratorio</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2. Estudio de casos teórico-prácticos</td> <td>X</td> <td>5. Elaboración de un proyecto</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3. Trabajos experimentales</td> <td></td> <td>6. Trabajo relacionado con prácticas externas</td> <td></td> </tr> </table>	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	
	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 que utilizan PGAs y FPGAs. 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 estudiará la posible integración de FPGAs y PGAs en una arquitectura HPC

Metodología:

- Se revisará bibliografía con diferentes estrategias de simulación de circuitos cuánticos para sistemas HPC
- Se identificarán los casos de uso de FPGAs y PGAs para la simulación de problemas cuánticos de interés
- Se describirán algoritmos cuánticos simulables con FPGAs
- Se realizará un estudio de recursos para la posible integración de una FPGA o PGA en la arquitectura Proteus

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

Comisión Docente de Físicas
Facultad de Ciencias



UNIVERSIDAD
DE GRANADA



Facultad de
Ciencias
Sección de Físicas

Bibliografía:

SV-sim: scalable PGAS-based state vector simulation of quantum circuits, SC '21: Proceedings of the International Conference for High Performance Computing, Networking, Storage and Analysis November 2021 Article No.: 97, Pages 1–14 <https://doi.org/10.1145/3458817.3476169>

Quantum AI simulator using a hybrid CPU–FPGA approach, Teppei Suzuki, Tsubasa Miyazaki, Toshiki Inarita & Takahiro Otsuka, Scientific Reports volume 13, Article number: 7735 (2023) <https://www.nature.com/articles/s41598-023-34600-2>

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>

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

Comisión Docente de Físicas
Facultad de Ciencias



UNIVERSIDAD
DE GRANADA



Facultad de
Ciencias
Sección de Físicas

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 propuesto/a: Antonio Jesús Rivera Pérez

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