Desenvolvimento de ferramentas e métodos automatizados para simulação de projeto de computadores quânticos

David Peral García¹, Andre Sales Mendes¹,
Bruno A. da Silva², Luís Augusto Silva^{1,2}, Gabriel Villarrubia González¹

¹Expert Systems and Applications Lab - ESALAB
Faculty of Science, University of Salamanca
Plaza de los Caídos s/n, 37008 Salamanca, Spain

²Laboratório de Sistemas Embarcados e Distribuídos
Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI), Itajaí, Brasil, 88302-901

{daveral, andremendes, luisaugustos, gvg}@usal.es
silvabruno@edu.univali.br

***Resumo.** O principal objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de ferramentas e métodos automatizados que auxiliem na simulação para projetos de computadores quânticos. Com a finalidade de alcançar o objetivo, esta pesquisa inclui, a criação de circuitos quânticos, o cálculo do near time (redução do tempo entre a ocorrência de um evento e o uso dos dados processados), a criação e suporte de transpiladores e compiladores, por último, a implementação e uso de algoritmos clássicos para a melhoria da computação quântica.*

1. Introdução

Desde sua descoberta, a física quântica mudou a forma como entendemos nosso ambiente. Por outro lado, a mecânica quântica tem demonstrado resultados teóricos precisos e consistentes. A computação quântica é o processo de realizar cálculos utilizando a mecânica quântica. Usando a mecânica quântica, como emaranhamento ou sobreposição. Ainda, os computadores quânticos podem realizar cálculos que não são possíveis nos computadores atuais.

Essas capacidades dão aos computadores quânticos uma vantagem em termos de tempo e custo computacional em relação aos computadores clássicos. Existem desafios científicos para os quais o cálculo é a única resposta conhecida, mas devido ao excesso de recursos em termos de espaço (mais bytes do que átomos no universo observável) ou tempo (milhares de anos), usando computação clássica não são possíveis de realizar.

2. Metodologia

A Metodologia de Pesquisa Científica em Design (DSRM) será utilizada durante todo o desenvolvimento deste trabalho. Esta prática incorpora princípios, práticas e procedimentos necessários para conduzir tal pesquisa e atende três objetivos: é consistente com a literatura anterior, fornece um modelo nominal de processo para fazer pesquisa científica em design (DS), e fornece um modelo para apresentar e avaliar a pesquisa [Peppers et al. 2007].

As soluções propostas presentes na literatura, utilizam a experiência em estruturas de dados e algoritmos eficientes adquirida na concepção de circuitos e sistemas convencionais durante as últimas décadas, tais como a busca binária aplicada junto com o algoritmo de Grover ou a série Fourier aplicada na transformação quântica de Fourier. Com este conhecimento, tentaremos projetar e implementar ferramentas funcionais, através das quais será possível estabelecer um elo de comunicação entre os próprios computadores quânticos e o usuário. Ou seja, conseguir que o usuário possa interagir com um computador quântico como faz com um computador atual.

Relativamente aos ambientes de programação quântica, foi feita uma comparação de diferentes ambientes: Qiskit da IBM, Cirq do Google, PyQuil da Rigetti, Q# da Microsoft, ProjectQ da ETH e PennyLane da Xanadu. Diferentes parâmetros foram analisados, focalizando os parâmetros entre plataformas, tais como *qubits*, profundidade do circuito, número de portões e esforço de projeto de código. Após realizar esta análise e levando em conta que a IBM fornece servidores quânticos reais para serem utilizados e que é uma biblioteca de código aberto, concluiu-se que para o desenvolvimento do objetivo deste projeto a melhor opção de acordo com os parâmetros de medição acima mencionados é o Qiskit.

Os *qubits* são declarados em registros quânticos e as partes clássicas no que são chamadas de registros clássicos. Estes registros clássicos são usados para acomodar o resultado da aplicação de uma medida em um registro quântico. Todas as operações quânticas a serem aplicadas a um ou mais registros quânticos estão incluídas em um circuito quântico [Khan et al. 2017]. É útil ter circuitos como unidades funcionais independentes, pois eles podem ser operados separadamente, podendo assim agregá-los e construir circuitos mais complexos, etc. [Liu et al. 2019, Zulehner and Wille 2020].

3. Considerações Finais

Recentemente, a área de aplicação de algoritmos quânticos expandiu-se significativamente e fornece métodos eficientes em áreas como a química, resolução de sistemas de equações lineares, simulações físicas, aprendizado de máquinas, dentre outras. Neste ano de 2021 acredita-se que nos próximos meses virão realizações muito importantes nesta disciplina, tais como a criação de servidores quânticos que não precisam estar a 0°K de temperatura, ou a chegada de servidores com mais de 100 *qubits*.

Referências

- Khan, M. H., Thapliyal, H., and Munoz-Coreas, E. (2017). Automatic synthesis of quaternary quantum circuits. *Journal of Supercomputing*, 73(5):1733–1759.
- Liu, S., Li, Y., and Duan, R. (2019). Distinguishing unitary gates on the IBM quantum processor. *Science China Information Sciences*, 62(7):1–7.
- Peffer, K., Tuunanen, T., Rothenberger, M. A., and Chatterjee, S. (2007). A Design Science Research Methodology for Information Systems Research. *Journal of Management Information Systems*, 24(3):45–77.
- Zulehner, A. and Wille, R. (2020). Simulation and design of quantum circuits. In *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, volume 12070 LNCS, pages 60–82. Springer.