

Um Estudo Sobre Modelos de Memória para Computação Quântica

Mateus Moreira Silveira do Nascimento¹, Renata Hax Sander Reiser¹, Maurício Lima Pilla¹

¹Centro de Desenvolvimento Tecnológico – Universidade Federal de Pelotas (UFPel)
Rua Gomes Carneiro, 1 – 96.010-610 – Pelotas – RS – Brazil

{mmsdnascimento, reiser, pilla}@inf.ufpel.edu.br

***Resumo.** Este trabalho propõe um estudo sobre estruturas de dados e representações de memória visando melhorar o desempenho de simulações quânticas. Assim, tecnologias como cloud computing e memórias distribuídas são consideradas, assim como modelos que são utilizados. Através de um agil modelo de representação, é possível melhorar o desempenho de simulações computacionais quânticas, assim como a própria computação quântica.*

1. Introdução

Nos dias de hoje, uma das maiores dificuldades na simulação de algoritmos quânticos é o crescimento exponencial das complexidades espaciais e temporais. Isso ocorre devido as simulações utilizarem produtos tensores, o que demanda considerável espaço de leitura e escrita uma vez que os operadores são modelados por estruturas matriciais. A simulação quântica é um importante passo para o desenvolvimento da CQ e de soluções alternativas para antigos problemas. Este trabalho busca apresentar soluções para mitigar efeitos do “*memory wall*” [Wulf and McKee 1995], onde a memória de acesso aleatório apresenta um desempenho menor que o do processador e acaba por ser o “gargalo” do sistema na hora de simulações de algoritmos.

2. Computação Quântica

A computação quântica (CQ) é fundamentada nos postulados da mecânica quântica [Pessoa Jr 2003], utilizando princípios e propriedades da física aplicados à computação. A intenção é criar uma nova geração de computadores que seriam capazes de realizar cálculos e algoritmos que não são possíveis com as máquinas que possuímos nos dias de hoje. Entretanto, como esta área está no princípio costumamos nos deparar com bastante dificuldade, seja para o entendimento quanto para o desenvolvimento da mesma. Um dos problemas presentes na CQ é a ausência do *hardware* quântico, e isso inclui uma memória em que fosse possível simular eventos da CQ como um *qubit* estando em mais de um estado simultaneamente (superposição de estados quânticos).

Esse projeto visa buscar novos modelos e representações em relação a utilização da memória aplicada na CQ. Já existem pesquisas utilizando novas formas e modelos, como memórias associativas e memórias distribuídas, tais pesquisas também seriam levadas em consideração neste trabalho. Entretanto, um modelo que possibilitasse um maior potencial para execução de cálculos voltados para CQ (como multiplicação de matrizes onde os *qubits* estivessem em múltiplos estados) tornaria o estudo da mesma e a simulação de algoritmos quânticos mais simples e acessível.

3. Objetivos e Resultados Esperados

Os resultados esperados são: a obtenção de uma solução para o problema do crescimento exponencial da memória mediante a eventos da CQ, como superposição e emaranhamento quântico. Ao fim, tais resultados e objetivos tem a mesma finalidade, melhorar o tempo de simulação de circuitos quânticos, criando assim um ambiente mais eficiente para o desenvolvimento da CQ.

Entre trabalhos relacionados podemos citar:

- Graph-based simulation of quantum computation in the density matrix representation [Viamontes et al. 2004]: Neste trabalho é utilizado uma abordagem com grafos para melhorar a representação das matrizes unitárias.
- Optimizing D-GM Quantum Computing by Exploring Parallel and Distributed Quantum Simulations Under GPUs Architecture [Avila et al. 2016]: O estudo desenvolvido neste trabalho é proposto em relação ao D-GM.

4. Metodologia

Para a realização desse trabalho, serão revistas abordagens de memórias com foco principal na simulação de algoritmos quânticos multiqubits, considerando as necessidades específicas em CQ em comparação aos modelos padrões utilizados na computação clássica. As peculiaridades da CQ podem definir o modelo a ser adotado, logo não podem ser desconsideradas para o seguimento do estudo.

Para tanto, serão estudados modelos de memória utilizados por simuladores de CQ, visto que é a abstração padrão no estudo da CQ na ausência do *hardware* quântico. As implementações utilizadas em simuladores podem ser utilizadas para a formulação do modelo de memória. Além disso, por ser o padrão utilizado para simulações quânticas, estudar os próprios simuladores é importante para formulação do espaço de estados quânticos, ou de estruturas que melhorem o desempenho da simulação.

Este trabalho será desenvolvido seguindo uma metodologia incremental, consistindo de etapas de estudo das memórias para CQ, desenvolvimento de uma análise das correlações entre trabalhos relacionados e proposta de um modelo, incluindo desenvolvimento e validação do componente de *software*. Nesse sentido, a detecção de inconformidades em uma dada etapa, poderá disparar um retorno à etapa imediatamente anterior para refinamentos e correções. O suporte computacional será fornecido pelo LUPS/UFPEL.

Referências

- Avila, A. B., Reiser, R. H. S., Yamin, A. C., and Pilla, M. L. (2016). Optimizing d-gm quantum computing by exploring parallel and distributed quantum simulations under gpus architecture. In *IEEE Congress on Evolutionary Computation - CEC 2016*, pages 1–6, Vancouver. Proc. of the IEEE Congress on Evolutionary Computation.
- Pessoa Jr, O. (2003). *Conceitos de Física Quântica 1*, volume 1. Editora Livraria da Física, São Paulo - SP, Brasil.
- Viamontes, G. F., Markov, I. L., and Hayes, J. P. (2004). Graph-based simulation of quantum computation in the density matrix representation. In *Defense and Security*, pages 285–296. International Society for Optics and Photonics.
- Wulf, W. A. and McKee, S. A. (1995). Hitting the memory wall: implications of the obvious. *ACM SIGARCH computer architecture news*, 23(1):20–24.