

Uma Introdução à Computação Quântica

por

Bernardo Lula Júnior¹

e

Aécio Ferreira de Lima²

¹Departamento de Sistemas e Computação
Universidade Federal de Campina Grande
lula@dsc.ufcg.edu.br

²Departamento de Física
Universidade Federal de Campina Grande
aerlima@df.ufcg.edu.br

Caixa Postal 10106
58.109-970 Campina Grande, PB
Tel: (83) 3310.1122

Conteúdo

1. Descrição Geral do Minicurso
 - 1.1. Introdução
 - 1.2. Objetivo do Curso e Abordagem Utilizada
 - 1.3. Pré-requisitos
 - 1.4. Infra-estrutura Necessária
2. Estrutura Geral do Texto
3. Detalhamento do Texto
4. Resumo dos Autores
5. Conclusão

1. Descrição Geral do Minicurso

1.1 Introdução

A Computação Quântica (CQ) é um domínio de pesquisa recente que utiliza elementos de três áreas bem conhecidas: Matemática, Física e Computação. As vantagens teóricas advindas da utilização de fenômenos quânticos para a representação e o processamento de informação tem atraído atenção crescente não só da área científica mas também da área tecnológica/industrial.

A primeira descrição de um aparato computacional (máquina de Turing) em termos da Mecânica Quântica foi realizada por Paul Benioff em 1980 [1]. No entanto, a máquina de Benioff não era exatamente um computador quântico. A possibilidade que efeitos quânticos poderiam oferecer algo verdadeiramente novo foi apontada pela primeira vez por Richard Feynman, em 1982, que mostrou que nenhuma máquina de Turing (clássica) poderia simular certos fenômenos quânticos sem introduzir um fator exponencial em seu desempenho [2]. Feynman propôs que apenas um “simulador quântico universal” seria capaz de fazê-lo eficientemente. Como não mostrou como projetar tal simulador, a idéia de Feynman teve pouco impacto imediato [3]. Em 1985, David Deutsch propôs que máquinas usando Mecânica Quântica poderiam realizar computações eficientes para problemas que máquinas clássicas poderiam realizar somente de forma extremamente ineficiente. Deutsch apresentou um algoritmo, utilizando apenas operações quânticas, capaz de resolver um determinado problema matemático de maneira mais eficiente que qualquer algoritmo clássico possível. [4]. No entanto, esse algoritmo passou despercebido até 1989, quando Deutsch introduziu o modelo de circuitos quânticos [5].

O algoritmo de Deutsch reescrito na nova linguagem teve, então, uma ampla repercussão, pois a linguagem dos *qubits* (análogo quântico ao *bit* clássico) e portas lógicas quânticas era similar à linguagem de circuitos lógicos/digitais amplamente conhecida. Daí em diante, outros algoritmos quânticos foram desenvolvidos e difundidos [6] utilizando-se a linguagem matemática associada à linguagem de circuitos quânticos. Porém, esse aparato descritivo e interpretativo não deixa transparecer facilmente os fenômenos físicos subjacentes e o entendimento desses fenômenos é fundamental para se adquirir uma base sólida para a perfeita compreensão das operações envolvidas e dos resultados que podem ser obtidos por um algoritmo quântico.

1.2 Objetivo do Curso e Abordagem Utilizada

O objetivo deste curso é prover aos estudantes de graduação de qualquer área de ciências exatas um texto em português que lhes estimule a estudar o assunto. O tema será abordado a partir de uma motivação histórica: o advento da Mecânica Quântica e a dualidade onda x partícula. A visão do objeto (estado do sistema) como uma onda e não apenas matéria é fundamental para o entendimento de como se pode utilizar os fenômenos quânticos para a resolução de problemas. O tema será apresentado em aulas expositivas baseadas em exemplos e demonstração de algoritmos quânticos utilizando um simulador de circuitos quânticos.

1.3 Pré-requisitos

Alunos de cursos de graduação da área de ciências exatas.

1.4 Infra-estrutura Necessária

Datashow e quadro branco.

2. Estrutura Geral do Texto

1. Introdução
2. Representação e processamento da informação
3. O algoritmo de Deutsch e sua interpretação física
4. Outros algoritmos quânticos

3. Detalhamento do Texto

1. Introdução

É apresentado um breve histórico da Mecânica Quântica e aspectos importantes da dualidade onda x partícula. Alguns experimentos quânticos que auxiliarão no entendimento do tema são apresentados e analisados.

2. Representação e processamento da informação

Nesta seção são apresentadas as noções básicas e os conceitos fundamentais de CQ, utilizando-se o modelo de circuitos quânticos e fazendo o contra-ponto com as noções e conceitos básicos da computação clássica já conhecidos. O simulador de circuitos quânticos ZENO [7] será utilizado para demonstração de portas e circuitos quânticos.

3. O algoritmo de Deutsch e sua interpretação física

Descrição do problema matemático, discussão do algoritmo proposto por Deutsch para resolvê-lo e interpretação do algoritmo no interferômetro de Mach-Zehnder [8].

4. Outros algoritmos quânticos

Apresentação do algoritmo quântico para a transformada de Fourier e sua importância na Computação Quântica. Exemplos de outros algoritmos quânticos e suas aplicações.

4. Resumo dos Autores

Bernardo Lula Júnior

Nascido em Caicó, RN, em fevereiro de 1951. É Engenheiro Eletricista (eletrônica) pela UFPB, PB, em 1974. Mestre em Engenharia de Sistemas pela UFPB, PB, em 1979. Doutor em Informática pela Université d'Aix-Marseille III, França, em 1992. É professor Adjunto IV do Departamento de Sistemas e Computação da Universidade Federal de Campina Grande, PB. As principais áreas de interesse em pesquisa são: Engenharia de Software e Computação Quântica.

Obs.: apresentador do curso.

Aécio Ferreira de Lima

Nascido em Quipapá, PE, em abril de 1961. É Bacharel em Física pela UFPE, PE, em 1985. Mestre em Física pela UFPB, PB, em 1989. Doutor em Física pela USP, SP, em 1997. É professor Adjunto IV do Departamento de Física da Universidade Federal de Campina Grande, PB. As principais áreas de interesse em pesquisa são: Ótica Quântica e Física de Partículas e Campos.

5. Conclusão

Fazendo uso dos conceitos e fenômenos da Mecânica Quântica poderemos desenvolver algoritmos e construir máquinas que resolvam problemas computáveis de forma extremamente rápida. Porém, é preciso ressaltar, não implica em construir máquinas de maior poder computacional do que a máquina de Turing.

Esperamos que o texto produzido ajude a popularizar a CQ e estimule o interesse no assunto entre os estudantes dos cursos de graduação na área de ciências exatas.

Referências

- [1] P. Benioff. The computer as a physical system: A microscopic quantum mechanical Hamiltonian model of computers as represented by Turing machines. *J. Stat. Phys.*, (5):563-591, 1980.
- [2] R.P.Feynman. Simulating physics with computers. *Int. J. Theor. Phys.*, 21:467, 1982
- [3] C.P. Williams and S.H. Clearwater. Explorations in Quantum Computing, Springer-Verlag, 1998.
- [4] D.Deutsch. Quantum theory, the Church-Turing Principle and the universal quantum computer. *Proc. R. Soc. Lond. A*, 400:97, 1985.
- [5] D.Deutsch. Quantum computational networks. *Proc. R. Soc. Lond. A*, 425:73, 1989.
- [6] M.A.Nielsen and I.L.Chuang. Quantum Computation and Quantum Information, Cambridge University, 2000.
- [7] G.E.M.Cabral, B.Lula Jr. and A.F. de Lima. Zeno: a New Graphical Tool for Design and Simulation of Quantum Circuits. *Proceedings of SPIE Defense and Security Symposium*, 2005
- [8] G.E.M.Cabral, B.Lula Jr. and A.F. de Lima. Interpretando o Algoritmo de Deutsch no Interferômetro de Mach-Zehnder, *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 26(2):109-116, 2004.