

Implementando Algoritmo de Deutsch

Luiz Carlos Soares CIRQUEIRA¹; Ardiley Torres AVELAR².

INSTITUTO DE FÍSICA
*luizcsc1@hotmail.com*¹; *ardiley@gmail.com*²

Palavras-chave: algoritmos; porta quântica; cavidade.

1 Introdução

Começamos o nosso trabalho com a definição de algoritmo em seguida passamos ao estudo da Máquina de Turing que foi o primeiro algoritmo desenvolvido com vistas à Computação que pudesse ser realizada por uma máquina, onde os seres humanos entrariam com as instruções e os dados iniciais e a máquina entregaria o resultado pronto.

Começamos com o estudo do *Bits*. Na Computação Quântica temos o *Qbits*.

Veremos como é possível com estes qbits construir portas lógicas, tal como nos circuitos lógicos clássicos, podemos ter circuitos lógicos quânticos.

Então passaremos ao Algoritmo de Deutsch, Enquanto que um computador funcionando com portas lógicas clássicas precisa fazer duas medidas para determinar se uma função binária é constante ou balanceada, Deutsch mostrou que um computador funcionando com os qbits chegaria a este mesmo resultado com apenas uma medida

Passaremos então ao estudo de alguns fenômenos e dispositivos que podem ser utilizados para efetivar fisicamente o Algoritmo de Deutsch, tais como:

- 1 - Cavidade Eletrodinâmica Quântica(do Inglês QED)
- 2 - Zona de Ramsey.
- 3 - Átomos de Rydberg.
- 4 - Detectores Atômicos.

Com tais dispositivos elaboraremos um equipamento capaz de funcionar como o Algoritmo de Deutsch.

2 Material e Métodos

O trabalho é de natureza teórica, não tendo sido utilizado laboratório. Para seu desenvolvimento, recorreu-se à literatura na forma de livros e artigos específicos da área

e Tese de Doutorado. As teorias que dão o fundamento científico aos resultados obtidos, são basicamente da Mecânica Quântica.

3 Resultados e Discussão

3.1 Máquina de Turing

Para a atual Ciência da Computação um marco histórico sobre Algoritmos foi uma proposta teórica feita pelo matemático Alan Turing na década de 1930 que recebeu o nome de Máquina de Turing e cujo objetivo era formalizar a noção de Algoritmo na tarefa de realizar uma computação. Segundo Nielsen as Máquinas de Turing são muito poderosas. Basicamente são necessários a condição inicial e um algoritmo

3.1.1 O qbit

Assim como a computação clássica é baseada no conceito de bit, a computação quântica se tornou realizável devido a um conceito que aglutina a Ciência da Computação e as teorias da Mecânica Quântica, que atualmente é chamado de qbit. Tanto o bit quanto o qbit são conceitos matemáticos que puderam ser efetivados fisicamente. O bit foi efetivado fisicamente através dos circuitos eletrônicos que funcionam sobre os estados 0 e 1, podendo produzir todo os equipamentos eletrônicos que nos rodeiam, inclusive os atuais computadores que se tornaram acessíveis e necessários grande parte da população mundial. Já o qbit, cujos estados são o $|0\rangle$ e o $|1\rangle$, também já foi efetivado em laboratórios em vários tipos de experimentos. No momento só precisamos saber que qbit pode ser escrito assim

$$|\psi\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle$$

3.1.2 Portas Quânticas

Como na computação clássica existem as portas lógicas, similarmente, na Computação Quântica existem Portas Quânticas que são operadores que atuam nos estados $|0\rangle$ e $|1\rangle$ de cada qbit. Sendo operadores, estas portas podem ser representadas em forma de matrizes e de componentes de circuito. Apresentamos abaixo duas destas portas:

1 - Porta de Hadamard:

Forma matricial:

$$H = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Esta porta coloca o qbit que entra em um estado de superposição

2 - Porta CNOT Padrão

Forma matricial:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad (2)$$

A Porta A provoca um emaranhamento entre os dois qbits

3.1.3 Algoritmo de Deutsch

A Figura 4 representa o Algoritmo de Deutsch.

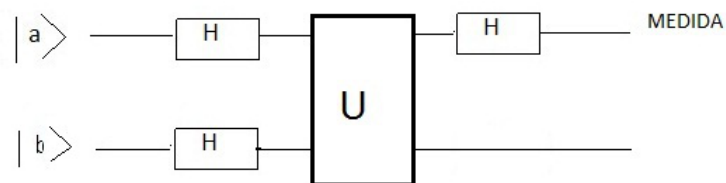


Figura 1: Algoritmo de Deutsch

Este circuito foi montado com três portas de Hadamard e uma matriz unitária \boxed{U} . Vamos considerar que a pessoa que está realizando este experimento se chame Bob. A missão de Bob é dizer se o operador \boxed{U} realiza uma função constante ou se é uma função balanceada. Só que Bob pode realizar apenas uma medida. Definindo:

$$\text{Função Constante} \implies \begin{cases} f(0) = 0 & e & f(1) = 0 \\ f(0) = 1 & e & f(1) = 1 \end{cases}$$

$$\text{Função Balanceada} \implies \begin{cases} f(0) = 0 & e & f(1) = 1 \\ f(0) = 1 & e & f(1) = 0 \end{cases}$$

As duas primeiras Portas de Hadamard colocam os qbits de entrada em uma superposição de $|0\rangle$ e $|1\rangle$ e \boxed{U} atua sobre o produto tensorial entre eles, de modo que após isto teremos

$$U|ab\rangle = |a\rangle \otimes |b \oplus f(x)\rangle$$

Devemos estar atentos que este resultado é válido apenas se $|a\rangle = |0\rangle$. Então a última Porta de Hadamard agirá sobre este último resultado, mas apenas sobre o qbit que se originou de $|a\rangle$ e teremos:

$$1 - \text{Função Constante} \implies |0\rangle \otimes \frac{1}{\sqrt{2}} [f(0) - (1 + f(0))]$$

$$2 - \text{Função Balanceada} \implies |1\rangle \otimes \frac{1}{\sqrt{2}} [f(0) - (1 + f(0))]$$

Bob faz a leitura apenas da primeira parcela do produto vetorial. Logo se Bob ler $|0\rangle$ teremos uma Função Constante. Se ler $|1\rangle$ será Função Balanceada. Necessitando *apenas uma medida*.

3.1.4 Implementando

Observemos a Figura 5

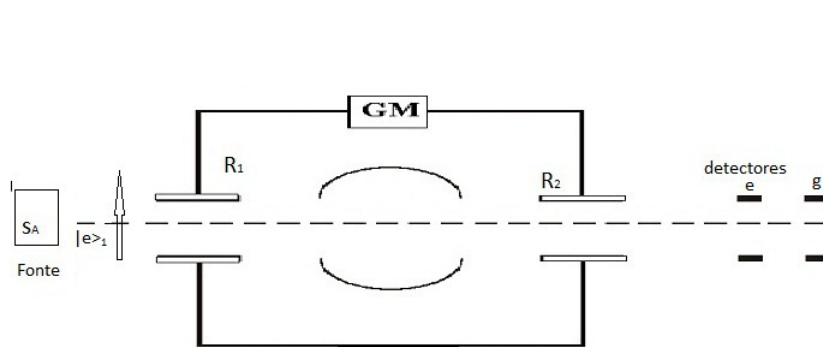


Figura 2: Esquema Para Implementar o A. de Deutsch

Sincritamente descreveremos o que acontece.

Um átomo de Rydberg é ejetado pela fonte, passando seguidamente por:

- 1 ; Um campo de excitação.
- 2 ; A primeira Zona de Ramsey.

3 : A cavidade eletromagnética quântica.

4 : A segunda Zona de Ramsey.

5 : Os detectores Um detector faz a medida do estado fundamental $|g\rangle$ e o outro para o estado excitado $|e\rangle$.

Após muitas considerações e passagens matemáticas teremos os resultados:

$$1 - \text{Função Constante} \implies |g\rangle \left(-\frac{|0\rangle_j + |1\rangle_j}{\sqrt{2}} \right)$$

$$2 - \text{Função Balanceada} \implies |e\rangle \left(-\frac{|0\rangle_j + |1\rangle_j}{\sqrt{2}} \right)$$

Onde o índice j indica um estado auxiliar.

4 Conclusões

È possível, pelo conhecimento teórico e pela disponibilidade tecnológica dos nossos dias implementar não só o Algoritmo de Deutsch como outros já estudados no século xx. Tomara que as expectativas de muitos grupos de Óptica Quântica se concretize e tenhamos em breve futuro computadores e outros tipos de equipamentos semelhantes ainda mais rápidos,eficientes, práticos e baratos que os atuais.

Referências

[Nielsen] M. A. Nielsen and I.L. Chuang, Quantum Computation and Quantum Information

(Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2000).

[Avelar] Tese de Doutorado de Ardiley Torres Avelar.

[Benenti] G. Benenti, G Casali e G. Strini, Principles of Quantum Computation and Information.

Volume 1: Basicis Concepts (Word Cientific Press).

[F] Mark Fox - Quantum Optics - An Introduction

Oxford University Press