

Fundamentos da computação quântica

Resumo

Este artigo tem o objetivo de agrupar as informações necessárias para compreender o funcionamento de um computador quântico, suas vantagens, suas desvantagens e suas aplicações no mercado. Esta será uma excelente introdução, sendo que não se faz necessário qualquer tipo de pré-requisitos para sua leitura e entendimento.

Palavras-chave:

Computação; Quântica; Transistores; Qubits

.....

Abstract

This article aims to gather the necessary information to understand the functioning of a quantum computer, its advantages, its disadvantages and its applications in the market. This will be an excellent introduction, and no prerequisites are required for its reading and understanding.

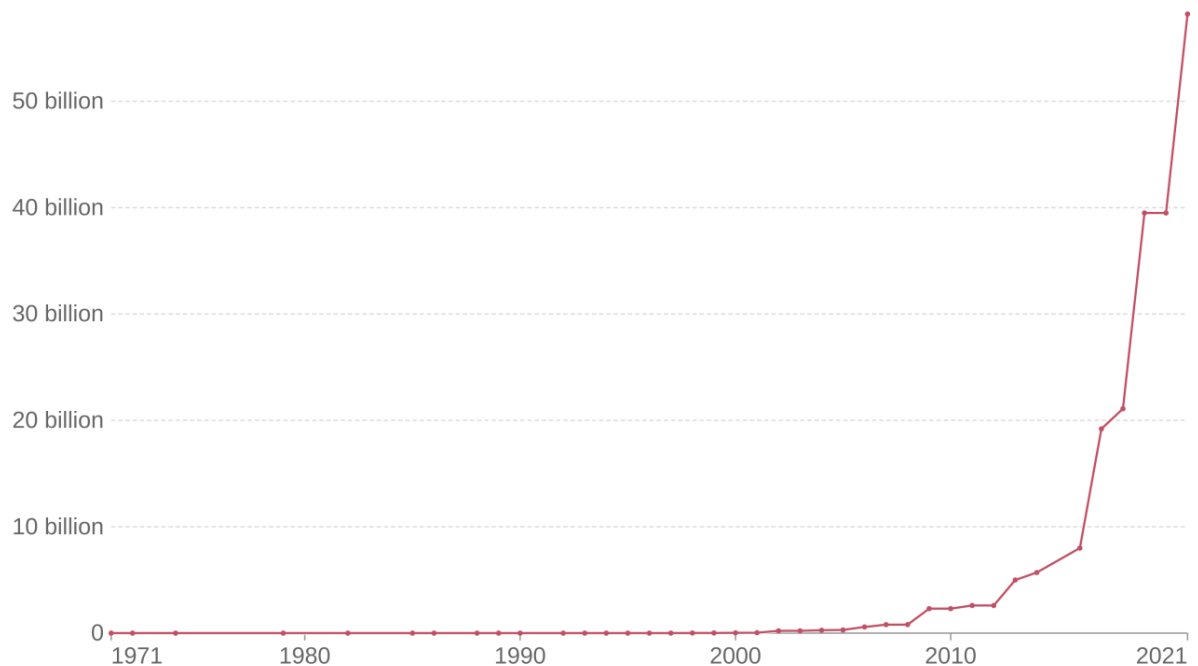
Key words:

Computing; Quantum; transistors; qubits

.....

Inteligência artificial, internet, smartphones, criptomoedas, veículos autônomos e muitas outras soluções têm algo em comum, o computador! Desde sua criação foi, e ainda é, objeto de grandes estudos, passando por diversas evoluções, várias pessoas foram fundamentais nesse processo, dentre elas, Gordon Moore. Em seu artigo de 1965, Moore, descreveu algo que ficaria conhecido como:

Lei De Moore. Tal assunto, abordou questões no âmbito do uso de transistores, ao estudar o ritmo da indústria da computação, Moore, concluiu que: O uso transistores dobraria a cada dois anos pelo mesmo custo.



Lei De Moore: número de transistores por microprocessadores.

<https://ourworldindata.org/grapher/transistors-per-microprocessor?yScale=linear&time=earliest..2021>

Os transistores são componentes fundamentais no computador, pois, eles são capazes permitir ou não a passagem de corrente elétrica, por consequência, temos os uns e zeros da computação. Quando a corrente elétrica tem passagem por um transistor, ele recebe o valor lógico um. Quando não há passagem de corrente elétrica, ele recebe o valor lógico zero. Essa lógica é cerne da computação, sendo assim, quanto mais transistores, mais informações poderá ser processada e maior será o poder computacional, permitindo aplicações mais complexas.

Evidentemente que há um debate na comunidade científica sobre estarmos próximos ao final da Lei De Moore, tal motivação está associada basicamente a dois fatores, os custos e o limite físico. Os custos estão relacionados às pesquisas para uma constante miniaturização dos transistores, sistemas de refrigeração e a recente

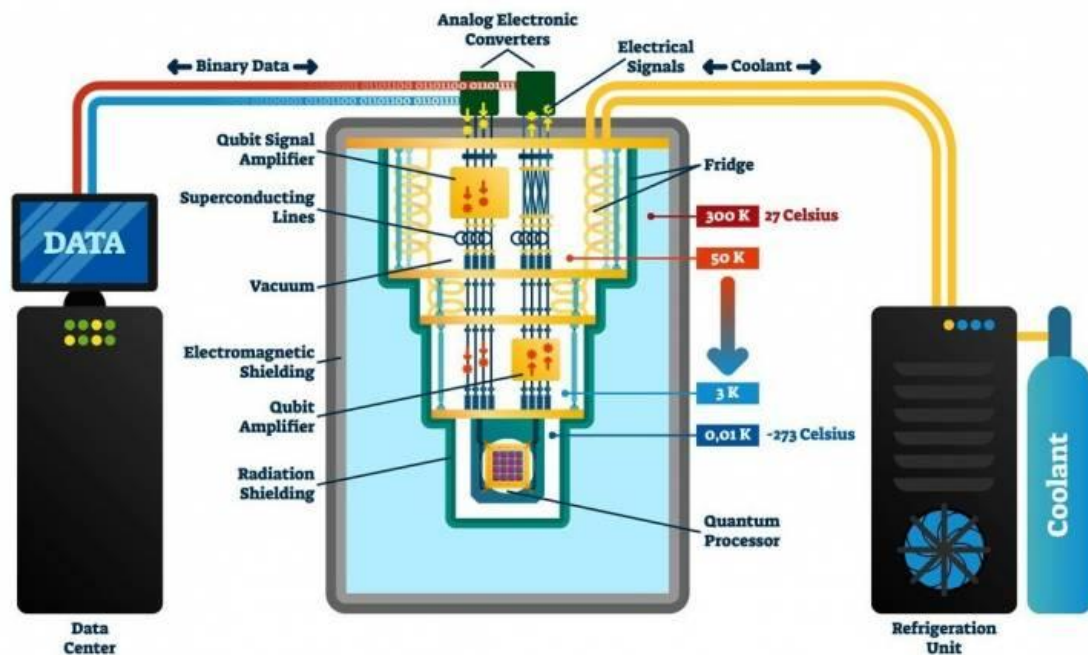
crise dos semicondutores. Já o limite físico está associado ao limite da miniaturização em si.

Somada às dificuldades de miniaturizar, pesquisas e custos, ainda há as limitações da computação clássica. É fato que o computador como conhecemos hoje é fundamental, mas, também é fato que seu poder é limitado, alguns cálculos são tão custosos de realizar que o tempo necessário para sua conclusão torna-os inviáveis, algumas simulações, com múltiplas variáveis, são praticamente impossíveis de serem realizadas em um tempo hábil. A resposta mais promissora a essas problemáticas é a computação quântica.

Computação quântica teórica

Na computação clássica, usamos arquiteturas Von Neumann e Harvard, conceitos bem difundidos, já na computação quântica usamos uma arquitetura que difere significativamente, a começar pelo qubit, já sabemos quais os valores são possíveis em um único bit, zero ou um, mas para o qubit algo interessante acontece, além dos valores comuns, zero ou um, o qubit pode ser zero e um, os dois valores ao mesmo tempo, isso chama-se estado de superposição quântica, princípio fundamental da computação quântica. Em linhas gerais pode-se afirmar que, arquitetura quântica é separada em várias camadas, duas delas são fundamentais, a camada de hardware e a camada de software.

Na camada de hardware há a condição ideal para os qubits, essa condição somente existe de forma correta fazendo uso de vários recursos, supercondutores, resfriamento próximo ao zero absoluto $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$ e um sistema magnífico de isolamento, precisa-se criar um sistema completamente isolado de tudo, luz, vibrações, interferências eletromagnéticas, ar e qualquer outro tipo de interação, só assim é possível criar uma máquina quântica, onde haverá um sistema de sobreposição de átomos, o qubit.



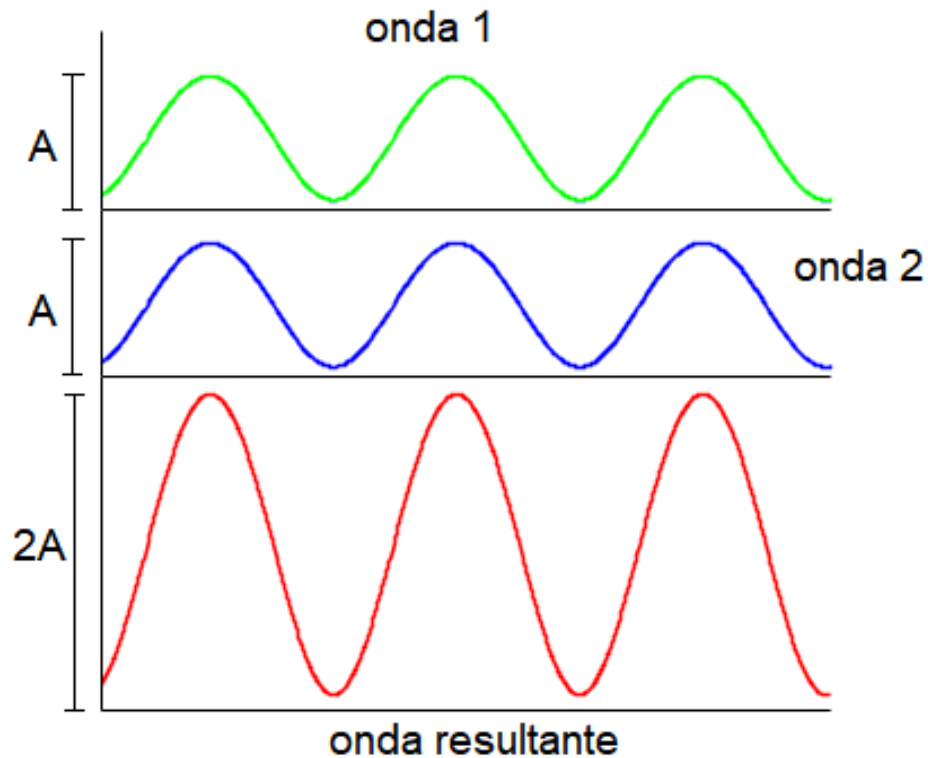
Estrutura fundamental de um computador quântico.

<https://www.thebroadcastbridge.com/content/entry/14159/instant-answers-from-the-universe>

Já na camada de software estará contido tudo aquilo que será necessário para operar o hardware, como algoritmos quânticos, softwares quânticos e aplicações quânticas. A função básica dessa camada é receber informações de uma máquina clássica, por meio de instruções criadas em linguagens de programação quântica. Qiskit, Cirq e Quil, são exemplos de algumas linguagens de programação quântica. Os algoritmos quânticos operam os qubits, uma das formas de realizar esses procedimentos é criando ondas de interferências, essas ondas podem ser duas, a construtiva e a destrutiva.

As ondas de interferência construtiva, têm por objetivo somar-se a uma outra onda de interesse, aumentando assim a amplitude da onda alvo, com amplitude significativamente maior, essa terá maior probabilidade de aparecer quando solicitada, dito de outra forma, imagine uma tabela de textos, pode-se aumentar o números de palavras chaves de um determinado texto, a fim de fazer com que esse texto tenha uma probabilidade maior de aparecer quando for pesquisado usando as palavras chaves, haja vista que esse tem um número maior de palavras chaves. O

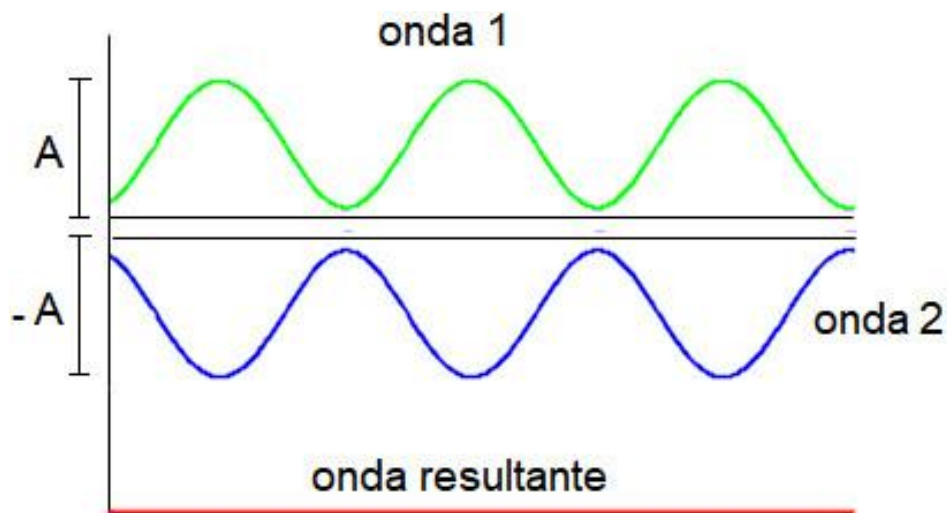
ato de adicionar mais palavras chaves é, em analogia, similar às ondas de interferência construtiva, dando mais ênfase àquilo que se procura.



Ondas eletromagnéticas construtivas.

<https://www.infoescola.com/fisica/interferencia-entre-ondas/>

Outra maneira de dar prioridade a uma informação desejada, é diminuindo ou excluindo as informações indesejadas, na mesma lógica funcionam as ondas de interferências destrutivas, essa onda tem amplitude inversa ao seu alvo, quando somada sua resultante será zero. No mesmo exemplo da tabela texto, serão excluídas as palavras chaves dos textos não interessantes àquele momento, que por consequência dará ênfase aos textos de interesse. A junção dessas técnicas, ondas construtivas e ondas destrutivas, aumentam, em muito, a probabilidade de localizar aquilo que se procura sem a necessidade de verificar item por item de uma tabela.



Ondas eletromagnéticas destrutivas.

<https://www.infoescola.com/fisica/interferencia-entre-ondas/>

Emaranhamento quântico, é outra característica significativamente interessante do qubit, significa que ao observar o estado de um qubit pode-se, instantaneamente inferir o estado de seu par associado, independente da distância entre eles. Na prática isso representa o dobro de informação pela metade do custo computacional, ao observar um qubit concluiu-se que seu estado representa o nível lógico alto, seu par terá o nível lógico baixo, independente da distância. Isso trata-se de um comportamento físico dos átomos, e os algoritmos quânticos usam dessa característica para operar ainda mais rápido. Aqui já é possível concluir que, um número maior de qubits em uma máquina aumentará o seu poder computacional, o mercado concluiu o mesmo, e segue nesse caminho.

Computação quântica aplicada

Associando os comportamentos físicos do qubit aos algoritmos quânticos pode-se criar uma máquina verdadeiramente superior em poder computacional, se comparado à computação clássica. Em 2019, o Google, demonstrou o quão absurda é essa diferença de poder computacional. Em seu teste, foi rodado um benchmark, cujo objetivo era realizar um determinado cálculo. O computador quântico obteve uma resposta positiva em três minutos e vinte segundos, ou duzentos segundos, a fabricante apontou que o melhor supercomputador da época levaria dez mil anos para produzir uma saída equivalente.

Esse resultado obtido no teste Google foi questionado pela IBM, para ela houve um erro no cálculo, e o tempo certo para um supercomputador realizar a mesma tarefa seria aproximadamente de sessenta horas, ou dois dias e meio. Ainda que haja um erro nas contas da Google, a diferença entre sessenta horas e duzentos segundos é bem grande. Para que haja uma melhor compreensão dessa diferença precisa-se arranjar todos os valores em uma mesma unidade de medida, sessenta horas compreendem duzentos e dezesseis mil segundos, ou seja, o computador quântico foi aproximadamente, noventa e nove vírgula nove por cento mais rápido que o melhor supercomputador disponível na época do teste, um feito incrível de fato.

Desde então, tem sido constante as pesquisas e desenvolvimentos nessa área, hoje a computação quântica tem aplicações reais, resolvendo problemas que computadores clássicos não conseguem ou levariam muito tempo para entregar algo de valor. A Mercedes e a Mitsubishi, usam dos poderes quânticos para elucidar questões a respeito das baterias, fundamentais em veículos elétricos, essas fabricantes estão focadas em pesquisas e desenvolvimentos de baterias mais eficientes, para realizar isso é fundamental entender o comportamento dos átomos durante o uso das baterias, tal entendimento fica mais claro por meio de complexas simulações, que a computação quântica tornou muito mais rápida, ou ainda, possível.

O CERN openlab é outro exemplo de corporação que faz uso da computação quântica, em especial, essa corporação têm problemas complicados de obter-se respostas, isso deve-se ao seu próprio nicho de negócio, aceleração em pesquisas e desenvolvimentos de tecnologia. Computação escalar, inteligência artificial, computação quântica e física são áreas exploradas e aceleradas pela CERN, percebe-se um fato interessante, usa-se computação quântica para resolver problemas de computação quântica, uma espécie de um sistema retroalimentado.

Desafios para o futuro

Apesar de já existir um grande progresso no uso e fabricação de computadores quânticos, muitos desafios ainda seguem em abertos, basicamente em três grandes áreas, materiais, controle e montagem. Há uma necessidade do uso de materiais

mais nobres na construção de computadores quânticos, já que materiais mais nobres conseguem produzir melhores resultados em aspectos de montagem e controle, a exemplo das ondas de interferência construtivas e destrutivas, têm sua qualidade relacionada ao material que é usado para gerá-las.

Já o controle ficará à cargo de melhores software de correção e mitigação de erros do qubit, a computação deve ser precisa, não se pode haver variantes de resultados para uma mesma entrada, na prática, isso acontece. Para que não haja prejuízo ou informações errôneas em uma determinada aplicação quântica, softwares específicos de correção e mitigação de erros são aplicados com o objetivo de garantir uma saída precisa, esse é outro desafio, controle e correção de erros.

Montagem, essa área tem vários desafios em aberto, a própria arquitetura da computação quântica em si é complicada, sistema de isolamento de interferências eletromagnéticas, sistema de refrigeração, a quantidade de fios e a distância entre os componentes de controle, entre outros. São por essas razões que computadores quânticos só são possíveis em laboratórios, ou em locais dedicados a esse tipo de computação.

Não resta dúvidas sobre as vantagens que a computação será capaz de oferecer ao longo dos anos, no momento os esforços estão concentrados em uma ampliação da quantidade qubit por processadores, a IBM, prevê o lançamento do Condor, processador quântico equipado com mil cento e vinte um qubits, ainda em 2023. Certamente teremos grandes avanços em diversas áreas da ciência, respondendo questões ainda abertas, ou desenvolvendo materiais fundamentais à evolução. O futuro será brilhante!

Referências

1 - ENTENDA a crise mundial de semicondutores. **Effortec**, 2021. Disponível em: <<https://effortech.com.br/blog/entenda-a-crise-mundial-de-semicondutores/>>. Acesso em: 06 de mar. de 2023.

2 - MOORE, Gordon E. Cramming More Components onto Integrated Circuits. Computer Architecture, 1998. disponível em:

<<http://www.computer-architecture.org/textual/Moore-Cramming-More-Components-1965.pdf> >. Acesso em: 06 de mar. de 2023.

3 - TEMME, Kristan. et al. With fault tolerance the ultimate goal, error mitigation is the path that gets quantum computing to usefulness. IBM, 2022. Disponível em:

<<https://research.ibm.com/blog/gammar-for-quantum-advantage>>. Acesso em: 06 de mar. de 2023.

4 - MARTINIS, John. Quantum Supremacy Using a Programmable Superconducting Processor. Google Research, 2019. Disponível em:

<<https://ai.googleblog.com/2019/10/quantum-supremacy-using-programmable.html>>. Acesso em: 07 de mar. de 2023.

5 - IN quantum pursuit of game-changing power sources. IBM, c2020. Disponível em:

<<https://www.ibm.com/case-studies/mitsubishi-chemical/>>. Acesso em: 07 de mar. de 2023.

6 - ENVISIONING a new wave in power. IBM, c2020. Disponível em:

<<https://www.ibm.com/case-studies/daimler/>>. Acesso em: 07 de mar. de 2023.

THE quest to understand what sews the universe together. IBM, c2020. Disponível em:

<<https://www.ibm.com/case-studies/cern/>>. Acesso em: 07 de mar. de 2023.

7 - WHAT is quantum computing?. IBM, c2020. Disponível em:

<<https://www.ibm.com/topics/quantum-computing>>. Acesso em 08 de mar. de 2023.

8 - IBM Unveils 400 Qubit-Plus Quantum Processor and Next-Generation IBM Quantum System Two. IBM, 2022. Disponível em:

<<https://newsroom.ibm.com/2022-11-09-IBM-Unveils-400-Qubit-Plus-Quantum-Processor-and-Next-Generation-IBM-Quantum-System-Two>>. Acesso em 08 de mar. de 2023.

9 - CLARKE, James. A jornada para a construção de um verdadeiro computador quântico. **Intel**, 2022. Disponível em:

<<https://www.intel.com.br/content/www/br/pt/newsroom/opinion/journey-building-true-quantum-computer.html?wapkw=Qu%C3%A2ntico>>. Acesso em 08 de mar. de 2023.

10 - RODRIGUES, Luiz Guilherme Rezende. Interferência entre ondas. **Infoescola**, c2006-2023. Disponível em:

<<https://www.infoescola.com/fisica/interferencia-entre-ondas/>>. Acesso em 09 de mar. de 2023.

11 - THE IBM Quantum Development Roadmap. **IBM**, c2020. Disponível em:

<<https://www.ibm.com/quantum/roadmap>>. Acesso em 10 de mar. de 2023.

12 - O que é um qubit?. **Azure microsoft**, c2023. Disponível em:

<<https://azure.microsoft.com/pt-br/resources/cloud-computing-dictionary/what-is-a-qubit/#introduction>>. Acesso em 10 de mar. de 2023.