

SỰ PHÁT TRIỂN MÁY TÍNH LƯỢNG TỬ TRONG 20 NĂM NAY

Huỳnh Võ Hữu Trí⁵, Trương Tiến Minh⁶

Tóm tắt: Máy tính điện tử là một thứ rất cần thiết trong cuộc sống hiện đại của chúng ta, tuy nhiên với tốc độ phát triển nhanh chóng về khoa học và công nghệ thì nó đã đứng trước giới hạn nhất định. Và để giải quyết bài toán trên thì máy tính lượng tử đã và đang được nghiên cứu. Bài báo này trình bày sự phát triển của máy tính lượng tử trong những năm qua theo cột mốc thời gian là trước và sau năm 2000.

Từ khóa: Quantum computing, sự phát triển máy tính lượng tử, máy tính lượng tử trước năm 2000, máy tính lượng tử sau năm 2000.

Abstract: Electronic computer is significantly essential in our modern life. However, rapid pace of development in science and technology makes it expose certain limits. Quantum computers have been being studied in order to solve this problem. This paper discusses the development of quantum computers before and after 2000.

Keywords: Quantum computing, development of quantum computer, quantum computers before and after 2000.

1. Giới thiệu

1.1. Khái niệm và kiến thức liên quan máy tính lượng tử

Máy tính lượng tử (Quantum computing) là một dạng điện toán dựa trên vật lý lượng tử. Khi các máy tính truyền thống dựa vào các bit (số 0 hoặc số 1) để tính toán (Trần Triệu Phú, 2011). Quantum Computing sử dụng các bit lượng tử (qubit) tận dụng cơ học lượng tử để hoạt động tính toán theo dạng chồng 0 và 1 nhất định tại mỗi thời điểm, một sự kết hợp của 0 và 1. (Roger Highfield, 2019^a)

Trong các máy tính thông thường, sử dụng một số nhị phân "0" và "1" thể lực công nghệ công hợp lý để xử lý thông tin, và trong các máy tính lượng tử, sử dụng công nghệ công logic lượng tử xử lý dữ liệu. Đối với kỹ thuật này, Học viện Quốc gia Hoa Kỳ Tiêu chuẩn và khoa học công nghệ David - Haneke giải thích: "Ví dụ, một cửa đơn qubit đơn giản có thể là từ "0" thành "1", nhưng cũng từ "1" để chuyển đổi trở thành "0". Chuyển đổi này làm cho dung lượng lưu trữ máy tính chỉ để nhân tăng cấp độ (Trung Kiên, 2020). Với công logic vật lý máy tính truyền thống là khác nhau là Viện Quốc gia Hoa Kỳ Tiêu chuẩn và Công nghệ phát triển của

⁵ Giảng viên Khoa Kỹ thuật - Công nghệ, Trường Đại học Nam Cần Thơ

⁶ Sinh viên Khoa Kỹ thuật - Công nghệ, Trường Đại học Nam Cần Thơ

thành viên này lập trình lượng tử logic máy tính được mã hóa thành một xung laser. Máy tính lượng tử thử nghiệm này sử dụng để lưu trữ các qubit ion beryllium. Khi xung laser trên của qubit lượng tử vật lý thực hiện các hoạt động logic đơn giản, vòng quay của ion beryllium bắt đầu chạy. Thực hiện một phương pháp công logic lượng tử đầu tiên thiết kế một loạt các xung laser để thao tác các ion beryllium cho xử lý dữ liệu, và sau đó sử dụng một xung laser để đọc kết quả.

1.1.1. Định luật Moore là gì? Tại sao lại nói rằng máy tính lượng tử đã đến giới hạn?

Máy tính điện tử đã phát triển hơn nửa thế kỷ, từ chức năng thực hiện các tính toán số học, cho đến ngày nay với xử lý, lưu trữ và truyền tin, máy tính đã xâm nhập vào tất cả mọi lĩnh vực hoạt động của con người (Thanh Nam, 2013). Điều làm máy tính có những tiến bộ như vậy là sự gia tăng tốc độ tính toán. Định luật Moore là một lý thuyết về sự sẵn có của các bóng bán dẫn trên các mạch tích hợp. Năm 1965, người đồng sáng lập Intel, Gordon Moore, đã quan sát thấy rằng số lượng bóng bán dẫn trên mỗi inch vuông trên một mạch tích hợp đã tăng gấp đôi mỗi năm kể từ khi phát minh ra nó. Moore dự đoán rằng xu hướng này sẽ tiếp tục cho đến giữa những năm 2020. Quá trình thêm bóng bán dẫn liên quan đến việc thu nhỏ kích thước tương đối của mỗi bóng bán dẫn đi một nửa để tạo khoảng trống thay vì tăng kích thước của chính mạch. Đây là lý do tại sao các kỹ sư máy tính đã có thể tạo ra các thiết bị theo thời gian vừa nhỏ hơn vừa mạnh hơn các thiết bị tiền nhiệm.

Các nhà lãnh đạo đồng nghiệp trong cộng đồng khoa học máy tính bắt đầu coi những quan sát của Moore như một “định luật” mặc dù nó thiếu bằng chứng thực nghiệm. Vào năm 1975, Moore đã sửa đổi lý thuyết của mình để tuyên bố rằng các bóng bán dẫn sẽ tăng gấp đôi sau mỗi hai năm, ghi nhận sự giảm nhẹ trong tốc độ sao chép. Cái nhìn sâu sắc của Moore đã đúng trong nhiều thập kỷ và đã thúc đẩy gần như mọi đổi mới tiếp theo trong ngành công nghiệp máy tính. (Roger Highfield, 2019^b)

Trong những năm gần đây, Định luật Moore dần không còn phù hợp. Những dự đoán mà Moore đưa ra có liên quan đến tốc độ đổi mới và tốc độ đó đã chậm lại, đúng như mong đợi của Moore. Gần đây nhất, nhà máy đúc bán dẫn TSMC đã thông báo rằng họ có kế hoạch phát hành 3nm (nanomet) vào một thời điểm nào đó vào năm 2022 (TensorFlow, 2018^a). Để so sánh, đường kính của một nguyên tử đo ở đâu đó từ 0,1 đến 0,5 nanomet, vì vậy có một giới hạn hữu hạn về độ nhỏ của một nguyên tử. bóng bán dẫn có thể trở thành (Bảo Lâm, 2019). Một số chuyên gia trong ngành đã đưa ra giả thuyết rằng xu hướng này sẽ tạo ra sự thay đổi trong cách sử dụng chip; thay vì cách tiếp cận một kích thước phù hợp với tất cả, chip sẽ được sử dụng cho các mục đích chuyên biệt cao để sức mạnh tính toán có thể được tập trung hiệu quả hơn. (NDMINH DUC, 2013^a)

1.1.2. Cơ sở vật lý của máy tính lượng tử

Các hệ thống máy tính cổ điển mạnh mẽ tồn tại ngày nay dựa trên nền tảng vững chắc của các thành phần vật lý đáng tin cậy. Các bóng bán dẫn, khối xây dựng cơ bản cho các mạch

tích hợp trong máy tính cổ điển, giao tiếp với nhau thông qua việc sử dụng các tín hiệu điện. Những tín hiệu này có bản chất là tương tự, có nghĩa là các giá trị của chúng có thể thay đổi một cách trơn tru, như nhiệt độ hoặc tốc độ. Trong một mạch, các bóng bán dẫn được kết nối qua dây dẫn, dẫn các tín hiệu điện từ thiết bị này sang thiết bị kia. Thật không may, những tín hiệu điện này cũng tương tác với môi trường của chúng, và sự tương tác này có thể làm gián đoạn hoặc xáo trộn giá trị của chúng. Sự nhiễu loạn như vậy được gọi là nhiễu và nó có thể được chia thành hai thành phần. Đầu tiên, kết quả của các dao động năng lượng phát sinh tự phát bên trong bất kỳ vật thể nào có nhiệt độ trên 0 tuyệt đối. Thứ hai, kết quả từ các tương tác tín hiệu mà theo lý thuyết có thể đã được mô hình hóa và sửa chữa, nhưng hoặc hoàn toàn không được mô hình hóa, không được mô hình hóa chính xác, hoặc bị cố tình không sửa chữa ở cấp độ phần cứng. Tiếng ồn có hệ thống này phát sinh từ nhiều nguồn. Để hoạt động bình thường, một mạch phải mạnh mẽ để chống lại tiếng ồn mà các biến thể này gây ra. Các nhà thiết kế không biết chi tiết chính xác của việc thực hiện mà họ đang sử dụng. Ngay cả khi việc che giấu thông tin không phải là vấn đề, nhiễu có hệ thống vẫn phát sinh từ các biến thể chế tạo. Mặc dù một nhà thiết kế có thể xem xét các tương tác tín hiệu danh nghĩa, nhưng các biến thể trong quá trình sản xuất, điều mà thực tế là không hoàn toàn chính xác sẽ tạo ra một hệ thống hơi khác so với hệ thống được thiết kế. Những khác biệt còn lại này cũng làm phát sinh tiếng ồn có hệ thống. Để hoạt động bình thường, một mạch phải mạnh mẽ để chống lại tiếng ồn mà các biến thể này gây ra. Các nhà thiết kế không biết chi tiết chính xác của việc thực hiện mà họ đang sử dụng. Ngay cả khi việc che giấu thông tin không phải là vấn đề, nhiễu có hệ thống vẫn phát sinh từ các biến thể chế tạo. Mặc dù một nhà thiết kế có thể xem xét các tương tác tín hiệu danh nghĩa, nhưng các biến thể trong quá trình sản xuất - điều mà thực tế là không hoàn toàn chính xác sẽ tạo ra một hệ thống hơi khác so với hệ thống được thiết kế (TED, 2019). Những khác biệt còn lại này cũng làm phát sinh tiếng ồn có hệ thống. Để hoạt động bình thường, một mạch phải mạnh mẽ để chống lại tiếng ồn mà các biến thể này gây ra. như một vấn đề thực tế, không hoàn toàn chính xác sẽ tạo ra một hệ thống hơi khác so với hệ thống được thiết kế. Những khác biệt còn lại này cũng làm phát sinh tiếng ồn có hệ thống. Để hoạt động bình thường, một mạch phải mạnh mẽ để chống lại tiếng ồn mà các biến thể này gây ra. như một vấn đề thực tế, không hoàn toàn chính xác sẽ tạo ra một hệ thống hơi khác so với hệ thống được thiết kế. Những khác biệt còn lại này cũng làm phát sinh tiếng ồn có hệ thống. Để hoạt động bình thường, một mạch phải mạnh mẽ để chống lại tiếng ồn mà các biến thể này gây ra. (Vfacts, 2019^b)

Để giải quyết vấn đề nhiễu với các mạch tương tự, hầu hết các IC sử dụng bóng bán dẫn để tạo ra các mạch hoạt động trên các tín hiệu nhị phân, kỹ thuật số được gọi là Bit, chứ không phải là tín hiệu tương tự. Các mạch này, được gọi là công nghệ thuật số hoặc đơn giản là công, xem tín hiệu điện dưới dạng giá trị nhị phân 0 hoặc 1, thay vì xem nó như một số thực thay đổi trơn tru từ 0 đến 1 (Kurzgesagt - In a Nutshell, 2015). Một số công, được gọi là các thanh ghi hoặc bộ nhớ lưu trữ giá trị của một bit, trong khi các thanh ghi khác xử lý một số giá trị bit đầu vào để tạo ra một giá trị đầu ra mới. Bằng cách hạn chế tập hợp các giá trị mà một tín hiệu có thể mang, các công có thể loại bỏ tiếng ồn đã được thêm vào tín hiệu, cung cấp cái được gọi là

khả năng chống nhiễu. Điều này đạt được bằng cách coi tất cả các tín hiệu có giá trị điện gần với mức 0 danh nghĩa là 0 và các tín hiệu xung quanh mức 1 là một và cung cấp giá trị đầu ra không phụ thuộc vào điện áp đầu vào chính xác. Xây dựng các vi mạch hoàn toàn không sử dụng công nghệ thuật số đơn giản hóa đáng kể quy trình thiết kế cho các hệ thống kỹ thuật số bằng cách tạo ra một khung mạch mạnh mẽ không nhạy cảm với hầu hết các chế tạo hoặc biến thể thiết kế. Do đó, các nhà thiết kế có thể bỏ qua tất cả các vấn đề về mạch và nghĩ về các công đơn giản là các hàm được gọi là các hàm Boolean nhận các giá trị nhị phân và xuất ra các giá trị nhị phân. Các loại chức năng hoạt động theo cách này hoàn toàn được mô tả bởi các quy tắc được thiết lập tốt của đại số Boolean. Mã này được kiểm tra trên mỗi lần đọc, giúp phát hiện lỗi bộ nhớ. Các ECC (Error Checking and Correction) hiệu quả đã được phát triển, với tổng chi phí nhỏ (thêm 8 bit vào giá trị 64 bit, chi phí thấp hơn 15%), có thể phát hiện và sửa bất kỳ lỗi bit đơn nào trong hoạt động bộ nhớ và phát hiện lỗi bit kép. Các chương trình sửa lỗi hiệu quả rất quan trọng đối với sự thành công và độ tin cậy của các hệ thống máy tính cổ điển ngày nay. (TensorFlow, 2018^b)

Quy trình thiết kế kỹ thuật số cũng giúp thực hiện các khía cạnh khác của thiết kế, chẳng hạn như kiểm tra và loại bỏ lỗi khỏi thiết kế, một quy trình thường được gọi là gỡ lỗi. Trong IC, có hai loại lỗi cần được xử lý: lỗi thiết kế và lỗi sản xuất. Do sự phức tạp của các hệ thống hiện đại, các lỗi chắc chắn xảy ra trong thiết kế, vì vậy các phương pháp để tìm ra các lỗi này và sửa chúng là một khía cạnh quan trọng của bất kỳ chiến lược thiết kế nào. Khi mạch được tích hợp trên một miếng silicon nhỏ, khó hoặc không thể nhìn vào các tín hiệu bên trong để cố gắng theo dõi lỗi. Để giảm thiểu điều này, các công cụ tổng hợp ánh xạ mô tả thiết kế cấp cao thành các cổng bổ sung phần cứng, bổ sung cho thiết kế để cung cấp các điểm kiểm tra nội bộ cho phép loại lỗi thiết kế này. Như các phần tiếp theo sẽ cho thấy, trong khi máy tính lượng tử có cấu trúc giống như bit gọi là qubit và cổng, chúng hoạt động rất khác với bit cổ điển và cổng kỹ thuật số. Các qubit có cả ký tự kỹ thuật số và ký tự tương tự cung cấp sức mạnh tính toán tiềm năng của chúng (Science Stuff VI, 2019). Bản chất tương tự của chúng ngụ ý rằng không giống như các cổng cổ điển, các cổng lượng tử không có biên độ nhiễu (lỗi đầu vào được chuyển trực tiếp đến đầu ra của cổng), nhưng bản chất kỹ thuật số của chúng cung cấp một phương tiện để phục hồi từ nhược điểm quan trọng này. Do đó, cách tiếp cận thiết kế kỹ thuật số và sự trừu tượng được phát triển cho tính toán cổ điển không thể được sử dụng trực tiếp cho tính toán lượng tử.

1.1.3. Đơn vị thông tin của máy tính lượng tử

Khi tạo ra các vi mạch thông thường, các nhà thiết kế đã rất nỗ lực để giảm thiểu tác động của hiện tượng lượng tử, thường biểu hiện dưới dạng nhiễu hoặc các lỗi khác ảnh hưởng đến hiệu suất của bóng bán dẫn, đặc biệt là khi các thiết bị ngày càng nhỏ hơn. Tính toán lượng tử ở tất cả các dạng của nó có một cách tiếp cận rất khác bằng cách nắm lấy thay vì cố gắng giảm thiểu các hiện tượng lượng tử, sử dụng lượng tử thay vì các bit cổ điển. (CNBC, 2020)

Một bit lượng tử, hay qubit, có hai trạng thái lượng tử, tương tự như các trạng thái nhị phân cổ điển. Mặc dù qubit có thể ở một trong hai trạng thái, nhưng nó cũng có thể tồn tại ở

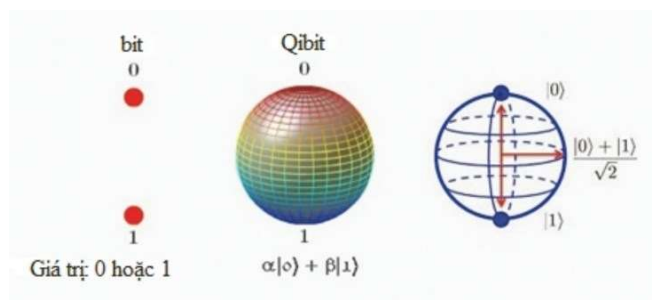
dạng “chồng chất” của cả hai (như được mô tả trước đó trong ví dụ về đồng tiền lượng tử). Đơn vị thông tin của máy tính lượng tử là qubit. Đó là ký hiệu trạng thái của hạt lượng tử hai trạng thái. Hai trạng thái riêng của hạt được ký hiệu là $|0\rangle$ và $|1\rangle$ (ví dụ $|0\rangle$ là spin up và $|1\rangle$ là spin down). Khi ở trạng thái cô lập thì hạt ở trạng thái chồng chập: $|\Psi\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle$, trong đó α, β là các số phức thỏa mãn điều kiện $|\alpha|^2 + |\beta|^2 = 1$. Mỗi trạng thái chồng chập là một qubit, do đó ứng với hai bit cổ điển $|0\rangle$ và $|1\rangle$ sẽ có vô số qubit. Bằng cách chuyển sang tọa độ cầu trong không gian ba chiều có thể biểu diễn qubit dưới dạng: Hãy xem xét một hệ thống gồm hai bit. Về mặt cổ điển, hai bit có thể tồn tại trong bốn cấu hình có thể có, 00, 01, 10 và 11. Để tính toán đầu ra của hàm Boolean hai bit cho mỗi đầu vào có thể sử dụng mạch cổ điển, người ta cần tạo ra từng cặp tín hiệu tương ứng, và gửi lần lượt từng tín hiệu vào một cổng tương ứng với chức năng, hoặc hướng từng tín hiệu vào bản sao riêng của bốn cổng giống hệt nhau tương ứng với chức năng quan tâm. Mặt khác, nếu người ta sử dụng máy tính lượng tử, tất cả bốn khả năng có thể được mã hóa thành trạng thái của hai qubit thông qua sự chồng chất của bốn trạng thái cơ bản lượng tử $|00\rangle, |01\rangle, |10\rangle$, và $|11\rangle$. Việc tính toán có thể được thực hiện bằng một cổng lượng tử duy nhất, sẽ hoạt động song song trên tất cả các trạng thái cùng một lúc. Có thể dễ dàng hiểu tại sao một hệ thống đa bit lại có thể mạnh mẽ. Một cách khác để nghĩ về sức mạnh tiềm tàng của một tập hợp các qubit là xem xét lượng thông tin cần thiết để xác định đầy đủ trạng thái của hệ thống các qubit. Một hệ thống hai bit kỹ thuật số thông thường yêu cầu hai bit thông tin để biểu diễn trạng thái của nó. Ngược lại, hệ hai qubit tồn tại ở dạng chồng chất của bốn trạng thái ($|00\rangle, |01\rangle, |10\rangle$, và $|11\rangle$), yêu cầu bốn hằng số phức, (a_{00}, a_{01}, a_{10} , và a_{11}) để mô tả đầy đủ trạng thái lượng tử, thay vì hai bit. Các giá trị khác nhau của bốn hệ số mã hóa kết quả của tất cả các loại hoạt động có thể có trước đó được thực hiện trên hai qubit này, cũng như xác suất kết thúc ở mỗi trạng thái nếu hệ thống được đo. Đối với hệ thống ba qubit, tám hệ số được yêu cầu để chỉ định cho các đóng góp từ các trạng thái cơ bản ($|000\rangle, |100\rangle, |010\rangle, |001\rangle, |110\rangle, |101\rangle, |011\rangle$, và $|111\rangle$) cho hàm sóng ba qubit. Theo logic này, một hệ thống n -qubit yêu cầu 2^n hệ số, a_i , được chỉ định, thay vì n bit như trong máy tính cổ điển. Tỷ lệ theo cấp số nhân của trạng thái lượng tử này là thứ cho phép 32 qubit đại diện cho cả 232 đầu ra có thể có của một hàm 32 bit và minh họa sự phong phú của máy tính lượng tử, và những khó khăn trong việc mô hình hóa các máy này theo kiểu cổ điển khi chúng tăng kích thước. (Ndminhduc, 2013^a)

$$|\psi\rangle = \cos\frac{\theta}{2}|0\rangle + e^{i\varphi}\sin\frac{\theta}{2}|1\rangle$$

Hình 1: Biểu diễn qubit dưới dạng công thức

Quan điểm này cũng chỉ ra rằng, trong khi qubit có “bit” trong tên của chúng, chúng không phải là kỹ thuật số hoặc hoàn toàn là nhị phân. Trạng thái của một hệ thống qubit được mã hóa trong một i giá trị hệ số, một tập hợp các tín hiệu analog (trên thực tế số phức), mà không phải là mạnh mẽ để tiếng ồn. Trong một hệ thống kỹ thuật số chỉ có hai mức hợp pháp, chẳng hạn 0 và 1, rất dễ dàng loại bỏ nhiễu trong hệ thống, vì tất cả các giá trị sẽ gần bằng 0

hoặc 1, với sai lệch nhỏ. Ví dụ, giá trị tín hiệu đầu vào 0,9 gần như chắc chắn là 1, vì vậy một công có thể “loại bỏ” nhiễu bằng cách coi giá trị đầu vào này là 1 trước khi tính toán đầu ra của nó. Trong tín hiệu tương tự, bất kỳ giá trị nào từ 0 đến 1 có thể có ý nghĩa và được phép, không có cách nào để biết liệu tín hiệu có chính xác hay nó đã bị nhiễu do nhiễu. Ví dụ: 0,9 có thể có nghĩa là 1 với một số lỗi hoặc nó có thể có nghĩa là 0,9 không có lỗi. Trong tình huống này, dự đoán tốt nhất (dẫn đến sai số tròn nhỏ nhất) luôn là giả định lỗi bằng 0 và coi giá trị nhiễu là tín hiệu thực. Điều này có nghĩa là nhiễu trong quá trình triển khai vật lý của hệ thống qubit làm xáo trộn các giá trị a , i thực tế và ảnh hưởng đến độ chính xác của kết quả tính toán lượng tử. Vì không có công tương tự nào hoàn toàn phù hợp với các thông số kỹ thuật của nó (không thể chính xác hoàn toàn), mỗi hoạt động của công cũng sẽ gây thêm tiếng ồn cho hệ thống tổng thể, với số lượng phụ thuộc vào độ chính xác của hoạt động công. Tuy nhiên, công lượng tử không hoàn toàn tương tự: phép đo một qubit luôn trả về giá trị nhị phân. Mối quan hệ kỹ thuật số này giữa đầu vào và đầu ra có nghĩa là việc sửa lỗi logic có thể được áp dụng cho các máy lượng tử sử dụng công lượng tử làm hoạt động cơ bản của chúng. Các thuật toán này được gọi là sửa lỗi lượng tử (QEC) và có thể chạy trên một máy tính lượng tử dựa trên công nhiễu để giảm lỗi và mô phỏng một hệ thống không ồn ào.



Hình 2: Biểu diễn bit và qubit

1.1.4. Ngôn ngữ lập trình của máy tính lượng tử

Các thuật toán lượng tử cung cấp khả năng phân tích dữ liệu và đưa ra các mô phỏng dựa trên dữ liệu. Các thuật toán này được viết bằng ngôn ngữ lập trình tập trung vào lượng tử. Một số ngôn ngữ lượng tử đã được phát triển bởi các nhà nghiên cứu và các công ty công nghệ. Dưới đây là một vài ngôn ngữ phổ biến nhất gồm:

- QISKit: Bộ phần mềm thông tin lượng tử của IBM là một thư viện đầy đủ để viết, mô phỏng và chạy các chương trình lượng tử.
- Q#: Ngôn ngữ lập trình có trong bộ công cụ phát triển lượng tử của Microsoft. Bộ công cụ phát triển bao gồm một thư viện thuật toán và mô phỏng lượng tử.
- Cirq: Một ngôn ngữ lượng tử được phát triển bởi Google sử dụng thư viện python để viết các mạch và chạy các mạch này trong các máy tính và mô phỏng lượng tử.

- Forest : Một môi trường dành cho nhà phát triển được tạo bởi Rigetti Computing, được sử dụng để viết và chạy các chương trình lượng tử.

1.2. Ưu điểm và nhược điểm máy tính lượng tử

Đối với chủ đề như máy tính lượng tử, việc hiểu nhanh những ưu và nhược điểm của điện toán lượng tử là một phần của loạt chủ đề về chủ đề này. Hãy bắt đầu từ những ưu điểm và làm theo những nhược điểm của điện toán lượng tử.

1.2.1. Ưu điểm

Giống như trường hợp trình diễn và đột phá máy tính lượng tử thương mại đầu tiên của IBM. Trên lý thuyết đã chỉ ra rằng một máy tính lượng tử sẽ có thể thực hiện bất kỳ tác vụ nào mà một máy tính cổ điển có thể làm được, và trường hợp trưng bày gần đây của IBM cũng đã chứng minh điều đó. Tuy nhiên, điều này không nhất thiết có nghĩa là máy tính lượng tử sẽ hoạt động tốt hơn máy tính cổ điển cho tất cả các loại tác vụ (đặc biệt là khi bạn thêm chi phí vào). Nếu chúng ta sử dụng các thuật toán cổ điển của mình trên một máy tính lượng tử, nó sẽ đơn giản thực hiện phép tính theo cách tương tự như một máy tính cổ điển. Để một máy tính lượng tử thể hiện được tính ưu việt của nó, nó cần phải sử dụng cái mới mà chúng ta gọi là 'thuật toán lượng tử' có thể khai thác hiện tượng song song lượng tử. Nói cách khác, nếu chỉ lặp lại các thuật toán tương tự, chẳng có gì đáng kể.

Các thuật toán như vậy không dễ hình thành, cần thời gian và nỗ lực nghiên cứu và phát triển (R&D) và nguồn lực để khám phá ra những gì hoạt động. Một ví dụ nổi tiếng cho một trong những thuật toán là thuật toán phân tích nhân tử lượng tử được tạo ra bởi Peter Shor của phòng thí nghiệm AT&T Bell. Những gì thuật toán làm là giải quyết vấn đề phân tích các số lớn thành thừa số nguyên tố của nó. Và nhiệm vụ này về mặt cổ điển là rất khó giải quyết (dựa trên công nghệ hiện tại). Thuật toán của Shor khéo léo sử dụng các hiệu ứng của song song lượng tử để đưa ra kết quả của bài toán thừa số nguyên tố trong vài giây, trong khi một máy tính cổ điển, trong một số trường hợp, sẽ mất nhiều hơn tuổi của vũ trụ để tạo ra kết quả! (Bạn có thể nhận thấy rằng không chỉ công nghệ, máy học (ML), trí tuệ nhân tạo (AI), dữ liệu lớn, điện toán đám mây để tăng tốc phát triển điện toán lượng tử. Trên đây chỉ là một ví dụ, bạn có thể nhận được rất nhiều từ các tin tức khác nhau, vì thế giới đang tiếp tục phát triển.

1.2.2. Nhược điểm

Điều đầu tiên, đó là chi phí. Ngay cả khi IBM gần đây đã trình diễn giải pháp điện toán lượng tử thương mại đầu tiên của họ, thì việc cung cấp làm cơ sở "đăng ký" chỉ dựa trên trường hợp sử dụng theo yêu cầu là rất hợp lý. Để điện toán lượng tử thực sự đạt được sự chấp nhận hàng loạt quan trọng, cần một thời gian dài để tất cả các biến chi phí trở nên hợp lý, sau đó chúng ta có thể thấy cách điện toán lượng tử cách mạng hóa công nghệ đại chúng hiện nay. Vì vậy, nên biết điều đó sắp đến, nhưng có thể cần hoặc không cần đầu tư nhiều vào nó.

2. Quá trình phát triển của máy tính lượng tử

2.1. Máy tính lượng tử trước năm 2000

2.1.1. Những năm 1980

Năm 1980, nhà khoa học Mỹ, Paul Benioff là người đầu tiên đề xuất một máy tính hoạt động theo nguyên tắc cơ lượng tử. Ý tưởng của ông về một máy tính lượng tử được dựa trên máy tính băng giấy nổi tiếng của Alan Turing được mô tả trong bài báo năm 1936 của ông. (Nguyễn Anh Khoa, 2018^a)

Năm tiếp theo, nhà vật lý Richard Feynman, chứng minh rằng không thể mô phỏng hệ thống lượng tử trên một máy tính cổ điển. Lập luận của ông xoay quanh định lý Bell, được viết năm 1964. Ông đã chỉ ra cách cơ học cổ điển không giải thích được đầy đủ các dự đoán phát sinh từ cơ học lượng tử. Feynman đã đề xuất cách một máy tính lượng tử có thể mô phỏng bất kỳ hệ thống lượng tử nào, kể cả thế giới vật lý trong một bài giảng năm 1984. Khái niệm của anh ta mượn từ máy tính Turing lượng tử của Benioff. (Ami Nichols, 2015)

Năm 1985, David Deutsch, một nhà vật lý, đã xuất bản một bài báo mô tả máy tính lượng tử phổ dụng đầu tiên trên thế giới. Ông đã chỉ ra cách một cỗ máy lượng tử như vậy có thể tái tạo bất kỳ hệ thống vật lý có thể thực hiện được nào. Hơn nữa nó có thể làm điều này bằng phương tiện hữu hạn và nhanh hơn nhiều so với một máy tính cổ điển. Ông là người đầu tiên thiết lập các khái niệm toán học của một máy Turing lượng tử, một cái có thể mô hình hóa một hệ lượng tử.

2.1.2. Những năm 1990

Sự nhiệt tình cho việc tạo ra máy tính lượng tử đầu tiên thực sự khởi đầu với thuật toán của Shor vào năm 1994. Peter Shor, một nhà toán học tại Bell Labs, đã đề xuất một phương pháp để xác định các số nguyên lớn. Điều này có ý nghĩa nghiêm trọng đối với mật mã, điều này phụ thuộc vào hoạt động này rất khó để giữ mã an toàn. Thuật toán của Shor tìm kiếm định kỳ trong các số nguyên dài - dãy các chữ số lặp lại. Nó sử dụng các nguyên tắc lượng tử của sự chồng chất để cạo xát cho các chu kỳ trong thời gian nhanh chóng chớp mắt trong vài phút. Để thực hiện tính toán tương tự này trên một máy tính cổ điển sẽ mất nhiều thời gian hơn tuổi của vũ trụ. (Nguyễn Anh Khoa, 2018^b)

Lý thuyết thông tin lượng tử đã theo sau với sự phát triển tương tự. Năm 1995, Ben Schumacher cũng cấp một sự tương tự với định lý mã hóa không ồn ào của Shannon, và trong quá trình đã xác định “bit lượng tử” hoặc “qubit” như một nguồn tài nguyên vật lý hữu hình. Tuy nhiên, không tương tự với định lý mã hóa kênh ồn ào của Shannon vẫn chưa được biết đến với thông tin lượng tử. Tuy nhiên, tương tự với các đối tác cổ điển của họ, một lý thuyết về lượng tử sửa lỗi đã được phát triển, như đã đề cập, cho phép máy tính lượng tử để tính toán hiệu quả trong sự hiện diện của tiếng ồn, và cũng cho phép giao tiếp các kênh lượng tử ồn ào xảy ra đáng tin cậy. Thật vậy, những ý tưởng cổ điển về sửa lỗi đã chứng minh là vô cùng quan trọng trong việc phát triển và hiệu mã điều chỉnh lỗi lượng tử. Năm 1996, hai nhóm làm việc độc lập,

Robert Calderbank và Peter Shor, và Andrew Steane phát hiện ra một lớp quan trọng của mã lượng tử bây giờ được gọi là mã CSS sau khi viết tắt của họ. Công việc này đã được bao gồm bởi các mã ổn định, độc lập được phát hiện bởi Robert Calderbank, Eric Rains, Peter Shor và Neil Sloane, và bởi Daniel Gottesman. Bằng cách xây dựng dựa trên những ý tưởng cơ bản của lý thuyết mã hóa tuyến tính cổ điển, những khám phá này rất nhiều tạo điều kiện cho sự hiểu biết nhanh chóng về các mã điều chỉnh lỗi lượng tử và ứng dụng của chúng để tính toán lượng tử và thông tin lượng tử. (Wires Authors, 2020).

2.2. Máy tính lượng tử 2000 đến nay

2.2.1. Những năm 2000-2007

Năm 2000, máy tính NMR 5 qubit làm việc đầu tiên đã được đưa qua các bước của nó tại đại học kỹ thuật Munich. Ngay sau đó, phòng thí nghiệm quốc gia Los Alamos đã vượt qua thành tích này với một máy tính lượng tử NMR 7 qubit hoạt động.

Năm 2001 nổi tiếng là năm mà thuật toán của Shor mang tính bước ngoặt được chứng minh lần đầu tiên. Một nhóm nghiên cứu tại Trung tâm nghiên cứu Almaden của IBM ở California đã thành công trong việc xác định số nguyên 15 thành 5 và 3 (Nguyễn Anh Khoa, 2018 °). Họ sử dụng một lượng nhỏ chất lỏng riêng biệt chứa hàng tỷ phân tử. Các phân tử được tạo ra từ năm nguyên tử florua và hai nguyên tử cacbon, mỗi nguyên tử có trạng thái spin hạt nhân riêng của chúng. Các phân tử này hoạt động như một máy tính lượng tử 7 qubit khi xung với sóng điện từ và được giám sát bằng cách sử dụng.

Năm 2006, các nhà khoa học tại Viện Vật lý Lượng tử và Vành đai Viện Vật lý lý thuyết đã trình bày một tiêu chuẩn hoạt động mới bằng cách kiểm soát hệ thống lượng tử 12 qubit chỉ với sự trang trí tối thiểu. Bộ xử lý thông tin lượng tử NMR được sử dụng để giải mã tính toán (The Secrets of the Universe, 2020). Những mức độ kiểm soát lượng tử chưa từng có này đã dẫn đến hy vọng rằng các máy tính lượng tử lớn hơn có thể sẽ phát triển trong một ngày. Cũng trong năm 2006, các nhà nghiên cứu tại Đại học Arkansas đã tạo ra các phân tử của cặp dấu chấm lượng tử. Chúng có tiềm năng lớn cho các máy tính lượng tử, đặc biệt nếu các phân tử phức tạp hơn có thể được tạo ra.

Năm 2007 chứng kiến lần đầu tiên sử dụng thuật toán của Deutsch trong một máy tính lượng tử cụm. Các nhà nghiên cứu Belfast và Vienna đã nghiên cứu sự tương tác chồng chất của bốn photon mã hóa lượng tử.

2.2.2. Giai đoạn máy tính lượng tử “bùng nổ” (2007-2020)

Cuối năm 2007, một công ty được gọi là D-Wave Systems tuyên bố đã chế tạo máy tính lượng tử 28 qubit đầu tiên. Nó đã được chứng minh vào ngày 12 tháng 11, sử dụng một con chip được thực hiện tại Phòng thí nghiệm phân lực của NASA tại California. Họ đã tuyên bố đã sản xuất một chip máy tính 128-qubit. Nhiều người coi những tuyên bố của họ là gây tranh cãi, bởi vì D-Wave sử dụng các phương pháp chống lại việc sử dụng các cổng logic lượng tử. (Nguyễn Thạch Thảo, 2020)

Năm 2011, D-Wave Systems phát triển ủ lượng tử. Ngay sau đó, họ giới thiệu máy tính lượng tử nhiệt độ của họ, D-Wave One. Đây là hệ thống máy tính lượng tử thương mại đầu tiên trên thế giới có giá 10.000.000 USD. Quá trình ủ lượng tử là một quá trình mà các dây qubit ghép đôi được thiết lập để tìm trạng thái năng lượng thấp nhất của chúng. Sử dụng thuật toán Shor nhanh hơn nhiều, D-Wave One sử dụng thuật toán đặc biệt để giải quyết các vấn đề. Vào năm 2012, một nhóm các nhà vật lý Trung Quốc đã có thể sử dụng máy tính lượng tử điện tử để tìm ra các nhân tố của số nguyên 143, chỉ sử dụng bốn qubit. Hệ số lượng tử tốt nhất trước đó là 21, đạt được vào năm 2012 nhưng bằng cách sử dụng thuật toán của Shor.

Năm 2012, hệ thống D-Wave đưa ra máy tính lượng tử 512 qubit của họ, được gọi là Vesuvius. Được mua bởi Google, nó được đặt tại Trung tâm Nghiên cứu Ames của NASA. Xử lý mạch D-Wave được làm bằng kim loại niobi, mà sau đó trở thành chất siêu dẫn nhiệt độ rất thấp, do đó nhiệt độ bộ vi xử lý có thể thấp như trừ 273,15 °. Xử lý D-Wave được đóng gói trong một căn phòng được bảo vệ cột lạnh bên trong, mà còn bên ngoài lá chắn xử lý gói lên tầng 16, bạn có thể chặn tất cả các nhiễu điện từ (TNC Channel, 2019^a). Và bao gồm một bộ xử lý bit lượng tử được kết nối bởi một coupler, bên ngoài một vòng tròn của bộ nhớ từ tính có thể lập trình. Công ty có thể tiếp cận việc phát hành tính cạnh tiềm năng. Lượng tử máy tính xử lý thông tin với cơ bản khác nhau từ máy tính thông thường. Mỗi qubit bổ sung (tương đương với các bóng bán dẫn con chip truyền thống), D-Wave xử lý sức mạnh tính toán sẽ tăng gấp đôi. Công ty hy vọng sẽ kết thúc năm 2012 sẽ khởi động 512-qubit máy tính lượng tử, công ty đã chứng minh bản thân trong 10 năm liên tiếp cho phép tăng gấp đôi mỗi năm số lượng qubit. "Tăng gấp đôi mỗi năm số lượng các bit lượng tử" khác cho biết pháp luật Ross, đó là luật của người sáng lập của tác giả D-Wave tên là Luật Rose. Với định nghĩa của máy tính tốc độ tăng trưởng ngành công nghiệp truyền thống của Định luật Moore, như pháp luật của Roth có nghĩa là máy tính lượng tử sẽ có khả năng tính toán mạnh hơn theo cấp số nhân. Và tốc độ tăng trưởng này cho trí tuệ nhân tạo, y tế, tìm kiếm Internet và các lĩnh vực khác có ý nghĩa lớn. (Veritasium, 2013)

Vào năm 2013, D-Wave Systems đã công bố một báo cáo so sánh tốc độ của một máy tính lượng tử với một PC cao cấp (TNC Channel, 2019^b). Máy tính lượng tử chạy một thuật toán tối ưu hóa nhanh gấp 3.600 lần so với máy tính để bàn. Viện Vật lý London đã đưa ra bằng chứng cho thấy các chip D-Wave thực sự hoạt động theo cách lượng tử. Bước tiến quan trọng của năm 2013 là việc đánh bại kỷ lục để tránh sự trang trí qubit ở nhiệt độ phòng. Bản ghi thứ hai trước đó, thiết lập năm trước, đã bị phá vỡ bởi 39 phút. Các nhà nghiên cứu cũng quản lý để giữ qubit từ decohering trong ba giờ ở nhiệt độ đông lạnh. Ngay cả tuổi thọ 39 phút sẽ cho phép hơn 20 triệu phép tính lượng tử được thực hiện trước khi chúng bị phân hủy 1%. (Google, 2013).

Vào năm 2015, D-Wave Systems đã giới thiệu máy tính lượng tử D-Wave 2X 1,152 qubit. Vào đầu năm 2017, họ đã vượt qua điều này với D-Wave 2000Q, được trang bị 2.048 qubit, và được bán cho các hệ thống phòng thủ tạm thời. Thành tựu này tiếp tục kỷ lục của họ về việc

tăng gấp đôi số lượng qubit trên bộ xử lý lượng tử của họ sau mỗi hai năm. Càng nhiều qubit, phức tạp hơn là những vấn đề có thể được giải quyết. (Fred Bellaiche, 2018)

Năm 2017, các công ty công nghệ Google, Intel, IBM đồng loạt ra mắt các máy tính lượng tử 50-qubit; tháng 3/2018, Google cho ra đời mẫu máy 72-qubit. Hai quốc gia là Trung Quốc và Nga cũng đang ráo riết tham gia vào cuộc đua này với các khoản đầu tư lớn, đặc biệt là Trung Quốc sẽ chi hơn 10 tỉ USD cho nghiên cứu công nghệ tính toán lượng tử. (Dink, 2018)

Tháng 12/2017, IBM hé lộ việc nghiên cứu về một máy tính lượng tử 50-qubit có thể ở trạng thái lượng tử trong 90 micro giây.

Tiếp theo, đến tháng 7/2018, Intel đã thông báo về thiết kế và chế tạo chip lượng tử siêu dẫn. Thời điểm này, các nhà nghiên cứu của Google và IBM cũng đã nhắm đến điện toán lượng tử vì đây có thể là giai đoạn mở đầu của thời điểm được ví như là “vượt trội lượng tử”, khi điện toán lượng tử có thể vượt trội so với điện toán cổ điển. Vào tháng 8 năm 2018, Google ra mắt một kỷ lục mới khi việc tạo ra một con chip lượng tử 72-qubit, có tên là “Bristlecone” (Google, 2019). Nó đóng vai trò thử nghiệm cho nghiên cứu về tỷ lệ lỗi hệ thống và khả năng mở rộng của công nghệ qubit của Google. Tuy nhiên, các nhà khoa học vẫn lạc quan một cách thận trọng, về việc sớm có thể đạt được “vượt trội lượng tử”. (Hoàng Thu Thảo, 2020)

Sau đó, đến tháng 12/2018, một đạo luật về sáng kiến lượng tử quốc gia đã được Mỹ thông qua, thiết lập các mục tiêu và ưu tiên cho kế hoạch 10 năm nhằm tăng tốc độ nghiên cứu, phát triển điện toán lượng tử cho kinh tế và an ninh quốc gia. (NBC News, 2019)

Vào tháng 2/2019, IBM đã công bố máy tính lượng tử 20-qubit thương mại đầu tiên được sử dụng bên ngoài phòng thí nghiệm với tên gọi “IBM Q System One”, đây là sự kết hợp của các bộ phận điện toán lượng tử với công nghệ điện toán hiện tại để sử dụng cho các ứng dụng nghiên cứu và kinh doanh (E-Spin, 2018). Mặc dù “IBM Q System One” kích thước rất cồng kềnh, nhưng “IBM Q System One” vẫn được xem là một bước tiến lớn trong việc thương mại hóa điện toán lượng tử. Hệ thống mới này rất quan trọng trong việc mở rộng điện toán lượng tử vươn ra khỏi phòng thí nghiệm (IBM Research, 2020). IBM cũng cung cấp một công cụ điện toán lượng tử mã nguồn mở cho việc thử nghiệm, học tập, nghiên cứu, phát triển các ứng dụng lượng tử thực tế. (Quantum Steve, 2020^a)

Ngày 23 tháng 10 năm 2019, Google tuyên bố táo bạo đã chế tạo thành một chip máy tính lượng tử mạnh mẽ có tên là Sycamore. Công ty nói rằng Sycamore đã thực hiện một phép tính cụ thể trong 200 giây (hoặc ba phút 20 giây), điều này sẽ khiến siêu máy tính Summit - hiện là mạnh nhất thế giới - hoàn thành khoảng 10.000 năm. Đây cũng là cơ sở để nhóm nghiên cứu khẳng định kết quả nghiên cứu của mình đã đạt ưu thế lượng tử. (William Coffeen Holton, 2020)

Giải thưởng “quyền tối cao lượng tử” đó là do máy tính có thể đạt được điều gì đó mà một máy tính cổ điển cần nhiều, lâu hơn nữa để hoàn thành. Máy tính của Google, được gọi là Sycamore, có 54 qubit siêu dẫn kèm theo, chỉ 53 trong số đó được báo cáo là hoạt động trong quá trình thử nghiệm. Tuy nhiên, nó vẫn có thể đạt được ưu thế lượng tử. Bất chấp thành tích đạt

được, nhiều chuyên gia cho rằng còn hơi sớm để ăn mừng (Trần Triệu Phú, 2011). Mặc dù Sycamore có thể đã thành công khi thực hiện một nhiệm vụ này, nhưng nó có khả năng đã được đào tạo để xử lý nhiệm vụ đó, có nghĩa là nó sẽ không thành công ở những nhiệm vụ khác mà nó không được đào tạo để xử lý. Báo cáo khoa học về thành tựu này được đăng trên tạp chí Nature. Báo cáo này là tín hiệu báo trước sự trở dậy mạnh mẽ của các loại máy tính lượng tử trong tương lai. Những cỗ máy tính lượng tử đó có khả năng lưu trữ và xử lý thông tin nhiều hơn nhiều so với các máy tính cổ điển, mà cụ thể ở đây là một siêu máy tính. (Quantum Steve, 2020^b)

Một số nhà vật lý từ IBM - nhóm đang điều hành Summit không tin rằng thiết bị của công ty tìm kiếm có thể tính toán chính xác, đồng thời cho rằng Google có thể dùng "mánh khéo" để đạt Ưu thế lượng tử. Bên cạnh đó, hãng cũng khẳng định Summit có thể giải bài toán mà nhóm Google đưa ra chỉ 2,5 ngày, thậm chí nhanh hơn nếu có sự chuẩn bị, đồng thời bác bỏ con số 10.000 năm được Google nêu lên trong báo cáo khoa học. (Bảo Lâm, 2019)

Nếu được xác minh, cỗ máy của Google sẽ trở thành máy tính mạnh nhất thế giới, với khả năng thực hiện 20.000 petaflop trong bài kiểm tra toán học Linpack (mỗi petaflop thực hiện một nghìn tỷ phép tính mỗi giây), cao hơn nhiều so với 148,6 petaflop của Summit. (Emily Conover, 2020)

3. Những khó khăn và hướng phát triển

Vào tháng 10 năm 2019, các nhà nghiên cứu tại Google đã tuyên bố rất hào hứng rằng máy tính lượng tử phôi thai của họ đã giải quyết được một vấn đề có thể áp đảo các siêu máy tính tốt nhất (FPT TechInsight, 2020). Một số người cho biết cột mốc này, được gọi là quyền tối cao lượng tử, đánh dấu buổi bình minh của thời đại điện toán lượng tử. Tuy nhiên, Greg Kuperberg, một nhà toán học tại Đại học California, Davis, người chuyên về tính toán lượng tử, không ấn tượng như vậy. Anh ấy đã mong đợi Google hướng đến một mục tiêu ít hào nhoáng hơn nhưng anh ấy nói, quan trọng hơn nhiều. (HTV Tin Tức, 2019)

Cho dù đó là tính toán thuê của bạn hay làm cho Mario nhảy qua một hẻm núi, máy tính của bạn hoạt động kỳ diệu của nó bằng cách điều khiển các chuỗi bit dài có thể được đặt thành 0 hoặc 1. Ngược lại, máy tính lượng tử sử dụng các bit lượng tử hoặc qubit, có thể là cả 0 và 1 cùng một lúc, tương đương với việc bạn ngồi ở cả hai đầu của chiếc ghế dài cùng một lúc (Thế Giới Tương Lai, 2019). Được nhúng trong các ion, photon hoặc các mạch siêu dẫn nhỏ, các trạng thái hai chiều như vậy mang lại sức mạnh cho máy tính lượng tử. Nhưng chúng cũng mỏng manh, và một tương tác nhỏ nhất với môi trường xung quanh cũng có thể làm biến dạng chúng. Vì vậy, các nhà khoa học phải học cách sửa những lỗi như vậy và Kuperberg đã mong đợi Google sẽ thực hiện một bước quan trọng để đạt được mục tiêu đó. "Tôi coi đó là một tiêu chuẩn phù hợp hơn", anh nói.

Nếu một số chuyên gia đặt câu hỏi về tầm quan trọng của thử nghiệm ưu thế lượng tử của Google, tất cả đều nhấn mạnh tầm quan trọng của việc sửa lỗi lượng tử. Chad Rigetti, một nhà vật lý và đồng sáng lập của Rigetti Computing, cho biết: "Đó thực sự là sự khác biệt giữa một

máy tính lượng tử trị giá 100 triệu đô la, 10.000 qubit, là một máy tạo tiếng ồn ngẫu nhiên hay một máy tính mạnh nhất trên thế giới. Và tất cả đều đồng ý với Kuperberg về bước đầu tiên: truyền bá thông tin được mã hóa thông thường trong một qubit hỗn loạn duy nhất trong số nhiều người trong số chúng theo cách duy trì thông tin ngay cả khi tiếng ồn làm xáo trộn các qubit bên dưới. Scott Aaronson, một nhà khoa học máy tính tại Đại học Texas, Austin, giải thích: “Bạn đang cố gắng đóng một con tàu giống như con tàu, ngay cả khi mọi tấm ván trong đó mục nát và phải được thay thế. (Phuong Hoa, 2015)

Các nhà lãnh đạo ban đầu trong lĩnh vực điện toán lượng tử Google, Rigetti và IBM đều đã đào tạo tầm nhìn của họ về mục tiêu đó. Hartmut Neven, người đứng đầu phòng thí nghiệm Trí tuệ nhân tạo lượng tử của Google cho biết: “Đó rõ ràng là cột mốc quan trọng tiếp theo (nguoivietphone, 2018^a). Jay Gambetta, người lãnh đạo các nỗ lực tính toán lượng tử của IBM, cho biết, “Trong vài năm tới, bạn sẽ thấy một loạt các kết quả sẽ được chúng tôi đưa ra để giải quyết việc sửa lỗi.” (ExplainingComputers, 2020)

Các nhà vật lý đã bắt đầu thử nghiệm các sơ đồ lý thuyết của họ trong các thí nghiệm nhỏ, nhưng thách thức là rất lớn. Để chứng minh tính tối cao của lượng tử, các nhà khoa học của Google đã phải vượt qua 53 qubit. Để mã hóa dữ liệu trong một qubit duy nhất với đủ độ trung thực, họ có thể cần phải nắm vững 1000 trong số đó. (nguoivietphone, 2018^b).

4. Kết luận

Như đã thảo luận ở trên, các thách thức về vật liệu, chế tạo và đo lường quan trọng phải được vượt qua để chứng minh các cổng qubit thậm chí của một máy tính lượng tử tập thể. Tuy nhiên, khả năng có thể thực hiện các cổng có độ trung thực cực cao mà không yêu cầu sửa lỗi, hoặc yêu cầu sửa lỗi rất ít, là động lực mạnh mẽ để theo đuổi phương pháp này, một phần là do những thách thức nảy sinh trong việc thực hiện sửa lỗi lượng tử và một phần vì kích thước bộ xử lý cần thiết sẽ nhỏ hơn nhiều so với kích thước cần thiết cho các kiến trúc sửa lỗi.

Bất chấp những khó khăn đã nêu trên, các công ty và quốc gia đang đầu tư rất nhiều tiền vào điện toán lượng tử. Trung Quốc đã phát triển một cơ sở nghiên cứu lượng tử mới trị giá 10 tỷ USD, trong khi Liên minh Châu Âu đã phát triển một kế hoạch tổng thể lượng tử trị giá 1 tỷ Euro. Đạo luật Sáng kiến Lượng tử Quốc gia Hoa Kỳ cung cấp 1,2 tỷ đô la để thúc đẩy khoa học thông tin lượng tử trong khoảng thời gian 5 năm.

Việc phá vỡ các thuật toán mã hóa là một yếu tố thúc đẩy mạnh mẽ đối với nhiều quốc gia - nếu họ có thể làm điều đó thành công, nó sẽ mang lại cho họ một lợi thế trí tuệ to lớn. Nhưng những khoản đầu tư này cũng đang thúc đẩy nghiên cứu cơ bản trong vật lý.

Nhiều công ty đang thúc đẩy xây dựng máy tính lượng tử, bao gồm cả Intel và Microsoft cùng với Google và IBM. Các công ty này đang cố gắng xây dựng phần cứng sao chép mô hình mạch của máy tính cổ điển. Tuy nhiên, các hệ thống thí nghiệm hiện tại có ít hơn 100 qubit. Để đạt được hiệu suất tính toán hữu ích, bạn có thể cần các máy có hàng trăm nghìn qubit.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Emily Conover (2020). The new light-based quantum computer Jiuzhang has achieved quantum supremacy, nguồn từ URL: <<https://www.sciencenews.org/article/new-light-based-quantum-computer-jiuzhang-supremacy>>, xem ngày 11/01/2021.
- [2] Fred Bellaïche (2018). An update on quantum computing and complexity classes, URL: <<https://bizflycloud.vn/tin-tuc/malware-phan-mem-doc-hai-la-gi-20180510115901559.htm>>, xem ngày 11/01/2021.
- [3] William Coffeen Holton (2020). Quantum computer, nguồn từ URL: <<https://www.britannica.com/technology/quantum-computer>>, xem ngày 13/01/2021.
- [4] Roger Highfield (2019). QUANTUM COMPUTING: MYTHS MISCONCEPTIONS, <<https://blog.sciencemuseum.org.uk/quantum-computing-myths/>>, xem ngày 12/01/2021.
- [5] Bảo Lâm (2019). Máy tính lượng tử là gì? Quantum Computing sẽ phá vỡ các bảo mật?, nguồn từ URL: <<https://vnexpress.net/google-ra-may-tinh-luong-tu-tinh-toan-sieu-nhanh-4001713.html>>, xem ngày 13/01/2021.
- [6] Bảo Lâm (2019). Google ra máy tính lượng tử tính toán siêu nhanh, nguồn từ URL: <<http://hoclamit.com/2015/04/04/virus-worm-va-trojan-horse-la-gi/>>, xem ngày 14/01/2021.
- [7] Dink (2018), Lần đầu tiên chứng minh được máy tính lượng tử thực sự mạnh hơn máy tính cổ điển, nguồn từ URL: <<https://genk.vn/ta-da-co-bang-chung-may-tinh-luong-tu-tinh-toan-manh-hon-may-tinh-co-dien-mot-buoc-gan-hon-voi-uu-the-luong-tu-20181022111939068.chn>>, xem ngày 16/01/2021.
- [8] Ami Nichols (2015). Máy tính lượng tử của Ran Li., nguồn từ URL: <<https://slideplayer.com/slide/8665163/>>, xem ngày 20/01/2021.
- [9] Wires Authors (2020). Quantum computers will help us explore life, design new drugs, and more, nguồn URL: <<https://robocon.com.vn/phan-mem/virus-may-tinh-la-gi-cac-hinh-thuc-lay-nhiem-cua-virus-may-tinh.html>>, xem ngày 19/09/2021.
- [10] FPT TechInsight (2020), Nếu thực sự hoạt động, máy tính lượng tử sẽ thay đổi thế giới, URL: <<https://techinsight.com.vn/neu-thuc-su-hoat-dong-may-tinh-luong-tu-se-thay-doi-the-gioi/>>, xem ngày 20/01/2021.
- [11] Phương Hoa (2015). Máy tính lượng tử nhanh gấp 100 triệu lần máy tính thường, URL: <<https://vnexpress.net/may-tinh-luong-tu-nhanh-gap-100-trieu-lan-may-tinh-thuong-3328257.html>>, xem ngày 18/01/2021.
- [12] Nguyễn Thạch Thảo (2020), Cuộc đua máy tính lượng tử, nguồn URL: <<https://thanhvien.vn/cong-nghe/cuoc-dua-may-tinh-luong-tu-1315657.html>>, xem ngày 13/01/2021.
- [13] Thanh Nam (2013). Bạn biết gì về công nghệ máy tính lượng tử, nguồn URL: <<https://www.techz.vn/1-913-1-ban-biet-gi-ve-cong-nghe-may-tinh-luong-tu-ylt7126.html>>, xem ngày 14/01/2021.
- [14] Trung Kiên (2020). Máy tính lượng tử là gì?, đường dẫn nguồn URL: <<https://thuvienkhoahoc.net/may-tinh-luong-tu-la-gi.html>>, xem ngày 21/01/2021.
- [15] nguoivietphone (2018), Cuộc Cách Mạng Máy Tính Tương Lai Sẽ Là Công Nghệ Lượng Tử, đường dẫn nguồn URL: <<https://nguoivietphone.com/a8118/cuoc-cach-mang-may-tinh-tuong-lai-se-la-cong-nghe-luong-tu>>, xem ngày 22/01/2021.

- [16] Hoàng Thu Thảo (2020). Chế tạo máy tính lượng tử có thể giải quyết mọi vấn đề, nguồn từ URL: <<https://robocon.com.vn/phan-cung/che-tao-may-tinh-luong-tu-co-the-giai-quyet-moi-van-de.html>>, xem ngày 22/01/2021.
- [17] Trần Triệu Phú (2011). Qubit - Cơ sở của máy tính lượng tử, nguồn từ URL: <<http://360.thuvienvatly.com/bai-viet/vat-ly-tinh-toan/1285-qubit-co-so-cua-may-tinh-luong-tu>>, xem ngày 17/01/2021.
- [18] Lê Huy (2018). Máy tính lượng tử (Quantum Computing) là gì? Đánh giá về máy tính lượng tử, nguồn URL: <<https://vietnambiz.vn/may-tinh-luong-tu-quantum-computing-la-gi-danh-gia-ve-may-tinh-luong-tu-20200630121437448.htm>>, xem ngày 15/01/2021.
- [19] TRẦN Đức Lịch (2019). Máy tính: từ điện tử đến lượng tử, URL: <<http://m.antoanthongtin.vn/giai-phap-khac/may-tinh-tu-dien-tu-den-luong-tu-105032>>, xem ngày 20/01/2021.
- [20] NDMINH DUC (2013). Máy tính lượng tử là gì và con người đã phát triển công nghệ này đến đâu?, URL: <<https://tinhte.vn/thread/may-tinh-luong-tu-la-gi-va-con-nguoi-da-phat-trien-cong-nghe-nay-den-dau.2318643>>, xem ngày 26/01/2021.
- [21] Nguyễn Anh Khoa (2018). LỊCH sử máy tính lượng tử. URL: <<https://www.123doc.net/document/4911730-lich-su-may-tinh-luong-tu.htm>>, xem ngày 25/01/2021.
- [22] E-Spin (2018). The advantages and disadvantage of Quantum Computing, URL: <<https://www.e-spincorp.com/the-advantages-and-disadvantage-of-quantum-computing/>>, xem ngày 26/01/2021.
- [23] Science Stuff VI (2019). Giải thích về máy tính lượng tử - Giới hạn của công nghệ con người, đường dẫn URL: <<https://www.youtube.com/watch?v=rsQmbKL6dIY>>, xem ngày 26/01/2021.
- [24] Vfacts (2019). 166 Sự Thật Nổ Não SS02E33: Siêu Máy Tính Lượng Tử!, URL: <<https://www.youtube.com/watch?v=GiCcmYNWovI>>, xem ngày 25/01/2021.
- [25] TNC Channel (2019). Kỳ Nguyên Máy Tính Lượng Tử Đang Đến? CPU Sắp Đạt Giới Hạn Tiến Trình? Silicon Đã Lỗi Thời Chưa?, đường dẫn URL: <<https://www.youtube.com/watch?v=LEN3FogaPOg>>.
- [26] HTV Tin Tức (2019). GOOGLE CÔNG BỐ MÁY TÍNH LƯỢNG TỬ CỰC MẠNH | HTV TIN TỨC, URL: <https://www.youtube.com/watch?v=YX_7vY4Lhfk>.
- [27] Thế Giới Tương Lai (2019). THẾ GIỚI TƯƠNG LAI | Giải thích về máy tính lượng tử ngắn gọn nhất, URL: <<https://www.youtube.com/watch?v=L3wDxYVHzbw>>.
- [28] Kurzgesagt - In a Nutshell (2015). Quantum Computers Explained - Limits of Human Technology, URL: <<https://www.youtube.com/watch?v=JhHMJCUmq28>>.
- [29] CNBC (2020). The Hype Over Quantum Computers, Explained, URL: <<https://www.youtube.com/watch?v=u1XXjWr5frE>>.
- [30] TED (2019). A beginner's guide to quantum computing | Shohini Ghose, URL: <<https://www.youtube.com/watch?v=QuR969uMICM>>.
- [31] Google (2019). Demonstrating Quantum Supremacy, URL: <<https://www.youtube.com/watch?v=-ZNEzzDclIU>>.

- [32] Veritasium (2013). How Does a Quantum Computer Work?, URL: <https://www.youtube.com/watch?v=g_IaVepNDT4>.
- [33] ExplainingComputers (2020). Quantum Computing 2020 Update, URL: <<https://www.youtube.com/watch?v=9AfG2nI0Hn4>>.
- [34] The Secrets of the Universe (2020). What This Quantum Computer Can Do Will Blow Your Mind!, URL:<<https://www.youtube.com/watch?v=-eQ7zgwGTdI>>.
- [35] Google (2013). Google and NASA's Quantum Artificial Intelligence Lab, URL: <<https://www.youtube.com/watch?v=CMdHDHEuOUE>>.
- [36] NBC News (2019). Google Claims Quantum Computing Breakthrough, URL: <<https://www.youtube.com/watch?v=yQFiZuAcNpY>>, xem ngày 20/01/2021.
- [37] Quantum Steve (2020). Quantum Supremacy IBM vs. Google - Quantum Computing Explained, URL:<<https://www.youtube.com/watch?v=tdefCzol03o>>.
- [38] TensorFlow (2018). What is a quantum computer? (QuantumCasts), URL: <<https://www.youtube.com/watch?v=k-21vRCC0RM>>.
- [39] IBM Research (2020). What'sThe Future of Quantum Computing, URL: <<https://www.youtube.com/watch?v=zOGN0DO7mcU>>.