

# MEMRISTOR VÀ MỘT SỐ XU HƯỚNG PHÁT TRIỂN

ThS Dương Quang Khánh, ThS Nguyễn Tiến Quang, ThS Trương Đình Dũng

Trường Cao đẳng Kỹ thuật Thông tin

Vi điện trở nhớ (memory-resistor hay memristor) là một linh kiện điện tử có khả năng lưu trữ thông tin thông minh và tiêu thụ ít năng lượng hơn so với các công nghệ truyền thống. Memristor đang được nghiên cứu và ứng dụng trong rất nhiều lĩnh vực, từ nhận dạng mẫu và học máy, mạch chức năng logic và tính toán trong các mạch điện tử phức tạp, trong thiết kế robot và ứng dụng mô hình trí tuệ nhân tạo. Bài báo giới thiệu memristor cũng như một số xu hướng phát triển của công nghệ này trong tương lai.

## Công nghệ memristor

Memristor là linh kiện bán dẫn 2 cực thụ động phi tuyến, dựa trên lý thuyết liên quan đến điện tích và từ thông, được đề xuất bởi nhà khoa học L.O. Chua vào năm 1971. Memristor xuất hiện sau các phần tử mạch thụ động cơ bản mà chúng ta đã biết như tụ điện (capacitor, năm 1745), điện trở (resistor, năm 1827), và cuộn cảm (inductor, năm 1831), nhưng nó khác biệt với các linh kiện thụ động khác vì có khả năng lưu trữ thông tin. Các linh kiện thụ động, chẳng hạn như điện trở, điện dung và cuộn cảm, không có khả năng lưu trữ thông tin và không có khả năng xử lý tín hiệu như memristor.

Các linh kiện thụ động thường được sử dụng để điều chỉnh tín hiệu điện, chẳng hạn như giảm nhiễu hoặc kích thích tín hiệu, trong khi memristor được sử dụng để lưu trữ thông tin và xử lý tín hiệu. Memristor cũng có khả năng học tập và thích nghi với tín hiệu môi trường xung quanh, làm cho nó trở thành một lựa chọn hấp dẫn cho các ứng dụng trí tuệ nhân tạo và mạng nơ-ron nhân tạo. Ngoài ra, memristor có khả năng

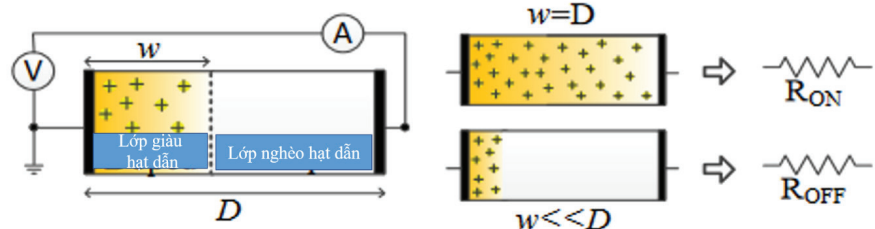
tiết kiệm năng lượng hơn các linh kiện thụ động khác, do đó có tiềm năng để sử dụng trong các ứng dụng internet vạn vật và thiết bị di động. Năm 2008, Phòng nghiên cứu Hewlett-Packard (HP) tại Mỹ đã chế tạo và thử nghiệm được vi điện trở nhớ đầu tiên dựa trên hợp chất oxit titan ( $TiO_2$ ), bao gồm 2 lớp màng mỏng được đặt giữa 2 đầu tiếp giáp kim loại (hình 1).

Trong hình 1, 2 lớp màng mỏng bao gồm một lớp giàu hạt dẫn có điện trở nhỏ và một lớp nghèo hạt dẫn có điện trở lớn. Vị trí tiếp giáp giữa 2 lớp có thể thay đổi và độ dày lớp giàu hạt dẫn được ký hiệu là  $w$ . Khi điện tích dương được đặt vào 2 đầu kim loại, các hạt dẫn bị khuếch tán và di chuyển về phía lớp nghèo hạt dẫn. Lúc này, có thể xem như giá trị  $w$  tiến gần về giá trị  $D$  và điện trở của memristor trở

nên rất nhỏ ( $R_{ON}$ ). Ngược lại, khi điện áp âm được đặt vào 2 đầu kim loại, các hạt dẫn tập trung về phía lớp giàu hạt dẫn làm cho memristor trở nên kém dẫn điện. Như vậy, giá trị điện trở của một memristor có thể thay đổi dựa vào điện áp đặt vào 2 đầu của nó. Tính chất này giúp cho memristor khác với các linh kiện thụ động đã biết.

## Xu thế phát triển memristor và một số ứng dụng tiêu biểu

Trong những năm gần đây, memristor đã được sử dụng trong nhiều ứng dụng khác nhau, bao gồm bộ nhớ lưu trữ thông minh, robot và mô hình trí tuệ nhân tạo. Nó cũng được coi là một trong những công nghệ tiên tiến để thay thế các thiết bị điện tử truyền thống và giảm thiểu sự tiêu hao năng lượng. Dưới đây là một số



Hình 1. Mô hình một memristor với 2 lớp màng mỏng.

ứng dụng tiêu biểu cũng như xu hướng phát triển của memristor:

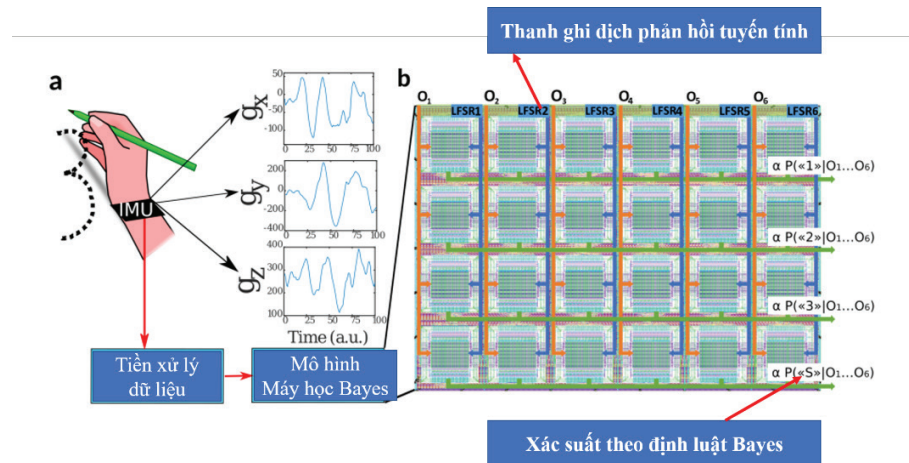
**Trong bộ nhớ lưu trữ thông minh:** Memristor có thể được sử dụng để tạo ra bộ nhớ mới với khả năng lưu trữ thông tin lâu dài, tốc độ nhanh và khả năng tiêu thụ năng lượng thấp hơn so với các loại bộ nhớ truyền thống. Bộ nhớ sử dụng memristor và bộ nhớ truyền thống khác nhau ở một số khía cạnh quan trọng như:

**Tốc độ:** Bộ nhớ sử dụng memristor có thể truy cập dữ liệu nhanh hơn so với bộ nhớ truyền thống vì memristor không cần thời gian để sạc và giải tỏa điện tích như các linh kiện điện trở và điện dung trong bộ nhớ truyền thống.

**Dung lượng:** Bộ nhớ sử dụng memristor có thể lưu trữ dữ liệu lớn hơn so với bộ nhớ truyền thống vì memristor có khả năng lưu trữ nhiều trạng thái khác nhau trong cùng một vùng nhớ. Điều này cho phép các bộ nhớ sử dụng memristor lưu trữ nhiều dữ liệu hơn trong một kích thước nhỏ hơn.

**Tiết kiệm năng lượng:** Bộ nhớ sử dụng memristor tiêu thụ ít năng lượng hơn so với bộ nhớ truyền thống. Memristor có thể lưu trữ dữ liệu mà không mất năng lượng, trong khi các linh kiện trong bộ nhớ truyền thống phải được duy trì trong trạng thái hoạt động để lưu trữ dữ liệu nên tốn năng lượng hơn.

**Độ bền:** Bộ nhớ sử dụng memristor có thể có tuổi thọ dài hơn so với bộ nhớ truyền thống. Memristor không mất điện tích theo thời gian như các linh kiện điện trở và điện dung trong bộ nhớ truyền thống, cho phép chúng giữ trạng thái lưu trữ trong thời gian dài hơn.



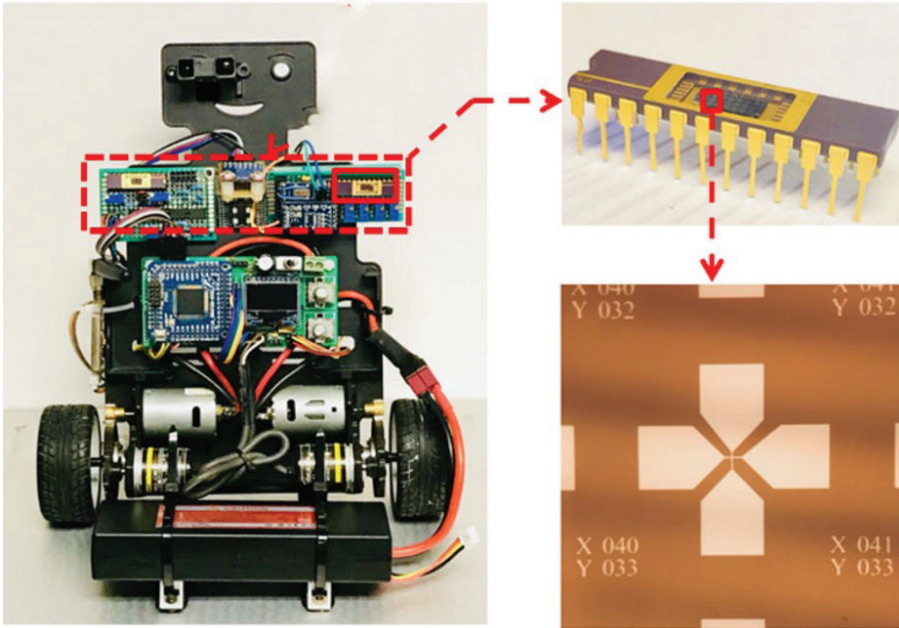
Hình 2. Ứng dụng memristor trong mô hình nhận dạng cử chỉ của con người.

Các công ty như HP và SanDisk đã bắt đầu nghiên cứu và phát triển các sản phẩm bộ nhớ memristor, bao gồm bộ nhớ đệm (RAM), bộ nhớ đọc ghi ngẫu nhiên (RRAM) và bộ nhớ đọc ghi tuần tự (ReRAM). Với RAM, thông tin được lưu trữ dưới dạng trạng thái điện trở của memristor và có thể được truy cập nhanh chóng. Với RRAM và ReRAM, memristor được sử dụng để lưu trữ thông tin dưới dạng trạng thái điện trở của nó và có thể được đọc và ghi tuần tự.

**Trong học máy và nhận dạng mẫu:** Memristor có khả năng lưu giữ trạng thái của nó trong một khoảng thời gian dài, điều này giúp nó trở thành một công cụ mạnh mẽ cho các ứng dụng học máy và nhận dạng mẫu. Ngoài ra, MOSFET (Transistor hiệu ứng trường kim loại - oxit bán dẫn) là một linh kiện điện tử có tốc độ chuyển đổi cao, khi được kết hợp, chúng có thể tạo ra các mạch điện tử có tốc độ xử lý nhanh và khả năng tiết kiệm năng lượng lớn hơn. Năm 2022, mô hình học máy Bayes dựa trên memristor do TS Querlioz và các đồng nghiệp tại Đại học Paris - Saclay (Pháp) đề xuất được tích hợp 2048

memristor với 30080 MOSFET. Nhóm nghiên cứu đã tạo ra một nguyên mẫu của mô hình và đánh giá hiệu suất của nó trong nhiệm vụ nhận dạng cử chỉ của con người (hình 2). Đầu vào của mô hình Bayes là một lựa chọn các tính năng được trích xuất từ dấu vết thời gian trên một thiết bị cảm biến (IMU - Inertial Measurement Unit). Mục tiêu của hệ thống là nhận dạng cử chỉ được thực hiện bởi người sử dụng IMU: như chữ viết, chữ số, chữ ký... Nhiệm vụ xử lý trong mô hình Bayes được thực hiện bởi mảng bộ nhớ sử dụng memristor và MOSFET. Kết quả cho thấy, khả năng hiệu quả của mô hình sử dụng năng lượng ít hơn hàng nghìn lần so với giải pháp truyền thống dựa trên vi điều khiển.

**Trong robot và trí tuệ nhân tạo:** Với khả năng lưu trữ thông tin và thực hiện các chức năng tính toán, memristor có thể giúp tăng hiệu suất và giảm thiểu năng lượng tiêu thụ trong các hệ thống robot (hình 3) và trí tuệ nhân tạo. Các ứng dụng memristor trong thiết kế robot bao gồm: xử lý tín hiệu từ các cảm biến và hệ thống tương tác, xử lý âm thanh và hình



Hình 3. Ứng dụng memristor trong thiết kế robot.

ảnh, lưu trữ dữ liệu, mô hình huấn luyện robot sử dụng trí tuệ nhân tạo... Điều này có thể giúp các robot lưu trữ dữ liệu và học hỏi từ kinh nghiệm trước đó để đưa ra quyết định tốt hơn. Ngoài ra, memristor có thể được sử dụng để điều khiển động cơ của robot, giúp tăng độ chính xác và giảm thời gian phản hồi của các hệ thống điều khiển, giúp robot hoạt động hiệu quả hơn và đáp ứng nhanh hơn với các yêu cầu và thay đổi của môi trường. Với các ứng dụng trên, memristor có thể giúp cải thiện hiệu suất và tính linh hoạt của các hệ thống robot, đặc biệt là trong các nhiệm vụ đòi hỏi tính toán và xử lý dữ liệu cao.

Memristor đã thu hút sự quan tâm của nhiều nhà khoa học và các công ty công nghệ hàng đầu như HP, Intel và Samsung... HP là công ty đầu tiên phát hiện memristor và nghiên cứu về công nghệ này. Công ty này đã phát triển memristor thành sản phẩm thương mại như trong bộ nhớ lưu

trữ và một số thành phần khác của máy tính. Samsung cũng đã công bố công nghệ memristor vào năm 2018 và đang nghiên cứu để áp dụng vào bộ nhớ và xử lý dữ liệu.

Nhiều nghiên cứu đang tiếp tục được thực hiện để tối ưu hóa tính năng của memristor và phát triển ứng dụng của nó trong các lĩnh vực như sinh học, trí tuệ nhân tạo, lưu trữ dữ liệu và điện tử mềm. IBM đang nghiên cứu sử dụng memristor để tạo ra các hệ thống máy tính sinh học, trong đó memristor sẽ được sử dụng như một thành phần chính để mô phỏng các quá trình sinh học trong não. HRL Laboratories- tổ chức nghiên cứu và phát triển công nghệ thuộc sở hữu của Boeing và General Motors, có trụ sở tại Malibu, California (Mỹ) cũng đã đưa ra nhiều nghiên cứu về memristor và ứng dụng nó trong trí tuệ nhân tạo. Cụ thể, HRL Laboratories đã sử dụng memristor để tạo ra một loại mạng nơ-ron nhân tạo mới, được gọi là

“neuromorphic chip”. Mạng nơ-ron này được thiết kế để giả lập các quá trình xử lý thông tin trong não, cho phép máy tính học tập và phân loại dữ liệu tương tự như cách con người học tập và nhận biết. Ngoài ra, HRL Laboratories đã phát triển một loại memristor mới, được gọi là “nanoionic memristor”, có khả năng lưu trữ dữ liệu lâu hơn và hoạt động nhanh hơn so với các memristor khác.

Từ những nghiên cứu và phát triển của các công ty danh tiếng trên, có thể thấy rằng memristor đang nhận được sự quan tâm của giới công nghệ và nhiều tiềm năng được sử dụng rộng rãi trong tương lai.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. L.O. Chua (1971), “Memristor - The missing circuit element”, *IEEE Transactions on Circuit Theory*, **18(5)**, pp.507-519, DOI: 10.1109/TCT.1971.1083337.
2. W. Jing, et al. (2008), “Solid-state electrochemistry in molecule/TiO<sub>2</sub> molecular heterojunctions as the basis of the TiO<sub>2</sub> “Memristor””, *Journal of The Electrochemical Society*, **156(1)**, p.29.
3. D.B. Strukov, et al. (2008), “The missing memristor found”, *Nature*, **453**, pp.80-83.
4. W. Lu, et al. (2010), “Nanoscale memristor device as synapse in neuromorphic systems”, *Nano Letters*, **10(4)**, pp.1297-1301.
5. K.E. Harabi, et al. (2022), “A memristor-based Bayesian machine”, *Nature Electronics*, **6(1)**, pp.1-12.