

**TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT HƯNG YÊN**  
**KHOA ĐIỆN – ĐIỆN TỬ**

\*\*\*\*\*

**ĐỀ CƯƠNG BÀI GIẢNG**

**HỆ THỐNG NHÚNG**

**EMBEDDED SYSTEMS**

*Hung Yên, tháng 01 năm 2010*

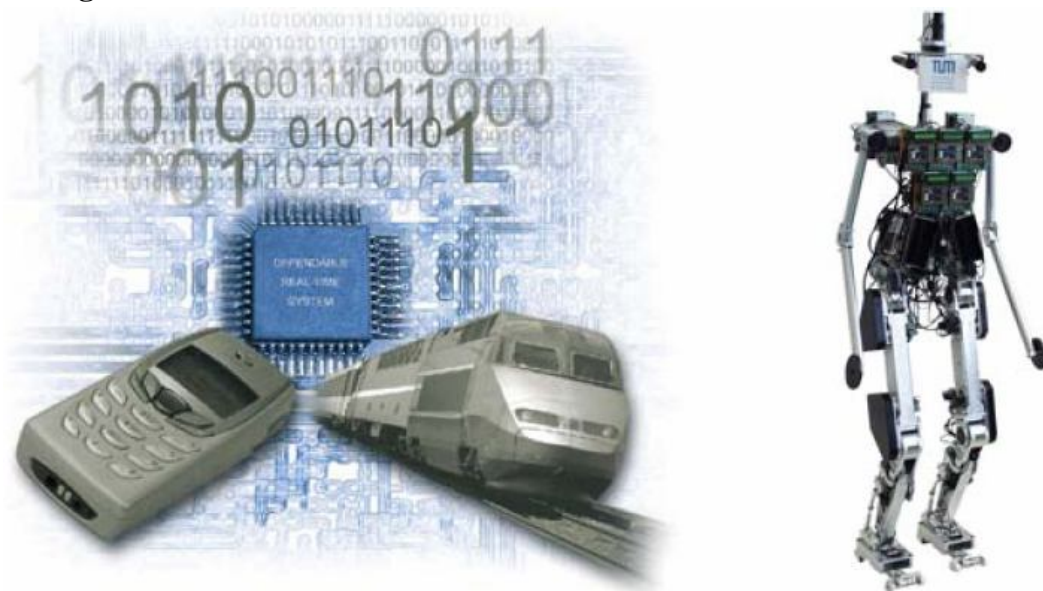
# CHƯƠNG 1

## GIỚI THIỆU CHUNG

Kỷ nguyên công nghệ đã và đang tiếp tục phát triển không ngừng nhằm thông minh hóa hiện đại hóa hệ thống. Có thể nói sự ra đời và phát triển của hệ nhúng trước tiên phải kể đến sự ra đời của các bộ vi xử lý, vi điều khiển. Nó được đánh dấu bằng sự ra đời của Chip vi xử lý đầu tiên 4004 vào năm 1971 cho mục đích tính toán thương mại của công ty Busicom và sau đó đã được chấp cánh và phát triển vượt bậc bởi INTEL để trở thành các bộ siêu xử lý như các Chip được ứng dụng cho PC như ngày nay. Thập kỷ 80 có thể được coi là thời điểm bắt đầu kỷ nguyên mới của sự bùng nổ thông tin về phát triển các hệ nhúng. Từ đó khởi nguồn cho làn sóng ra đời của hàng loạt các chủng loại vi xử lý và gắn liền các hệ nhúng để thâm nhập rộng khắp trong các ứng dụng hàng ngày của cuộc sống chúng ta ví dụ như các thiết bị điện tử sử dụng cho sinh hoạt hàng ngày như: lò vi sóng, TV, tủ lạnh, máy giặt, điều hòa... và văn phòng làm việc như: máy fax, máy in, máy điện thoại... các bộ vi xử lý và phần mềm cũng ngày càng được sử dụng rộng rãi trong rất nhiều ứng dụng đa dạng. Trong số đó vẫn còn ứng dụng cho cả chip 8 bit, 16 bit và hiện nay chủ yếu vẫn là 32 bit (chiếm khoảng 75%). Gắn với sự phát triển phần cứng, phần mềm cũng đã phát triển với tốc độ nhanh không thua kém thậm chí sẽ tăng nhanh hơn rất nhiều theo sự phát triển hệ nhúng.

### 1.1 Các khái niệm về hệ nhúng

#### Hệ nhúng

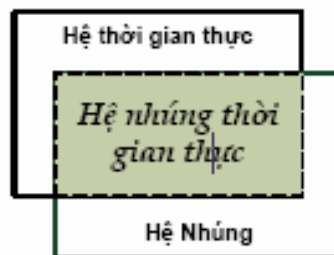


Hình 1: một vài hình ảnh về hệ nhúng

Trong thế giới của chúng ta bất kỳ một hệ thống điện/điện tử hay thiết bị điện có khả năng xử lý thông tin và điều khiển đều có thể tiềm ẩn trong đó một thiết bị hay hệ nhúng, ví dụ như các thiết bị truyền thông, thiết bị đo lường điều khiển, có thể kể ra hàng loạt các thiết bị hệ thống nhúng đang tồn tại quanh ta, chúng là hệ nhúng. Vậy thực chất hệ nhúng là một phần hệ thống xử lý thông tin trong các hệ thống lớn, phức hợp và độc lập ví dụ như trong ô tô, các thiết bị đo lường, điều khiển, truyền thông và thiết bị thông minh nói chung. Chúng là những tổ hợp của phần cứng và phần mềm để thực hiện một hoặc một nhóm các chức năng chuyên biệt cụ thể (trái ngược với máy tính PC mà chúng ta thường thấy được sử dụng không phải cho một chức năng mà là rất nhiều chức năng chức năng). PC thực chất là một hệ thống lớn tổ hợp của nhiều hệ thống nhúng ví dụ như card màn hình, âm thanh, ổ cứng, bàn phím... Chính điều này làm chúng ta dễ lúng túng nếu được hỏi nên hiểu thế nào về PC, có phải là hệ nhúng hay không.

### Hệ thời gian thực

Trong bài toán điều khiển và ứng dụng chúng ta rất hay gặp thuật ngữ "thời gian thực". Real time có phải là thời gian phản ánh về độ trung thực của thời gian hay không? Thời gian thực có phải là hiển thị chính xác và đồng bộ theo đúng như nhịp đồng hồ thời gian hay không? Không hoàn toàn đúng như vậy! Thực chất theo cách hiểu nếu nói trong hệ thống kỹ thuật đặc biệt các hệ thống yêu cầu khắt khe về sự ràng buộc thời gian, thời gian thực được hiểu là yêu cầu của hệ thống phải đảm bảo thỏa mãn yêu cầu về tính tiên định trong hoạt động của hệ thống. Tính tiên định nói lên hành vi của hệ thống thực hiện đúng theo một khung thời gian cho trước hoàn toàn xác định vài giây cũng có thể đến vài nano giây hoặc nhỏ hơn nữa. Ở đây chúng ta phân biệt yếu tố thời gian gắn liền với khái niệm thời gian thực. Không phải hệ thống thực hiện rất nhanh sẽ đảm bảo thực hiện tính thời gian thực. Hơn thế nữa nếu chỉ nhanh không thì chưa đủ mà phải đảm bảo duy trì ổn định bằng một cơ chế hoạt động tin cậy. Chính vì thế mà hệ thống không kiểm soát được hoạt động của nó (bất định) thì không phải là một hệ thống đảm bảo tính thời gian thực mặc dù hệ thống đó có thể đáp ứng rất nhanh, thậm chí nhanh hơn rất nhiều so với yêu cầu đặt ra. Một ví dụ tiêu biểu là đường truyền thông dữ liệu qua đường truyền.



Hình 1-2: Phân bố quan hệ giữa hệ nhúng & thời gian thực

Chuẩn Ethernet truyền thống, mặc dù ai cũng biết tốc độ truyền là rất nhanh nhưng vẫn không phải hệ hoạt động thời gian thực vì không thỏa mãn tính tiên định trong cơ chế truyền dữ liệu (có thể là rất nhanh và cũng có thể là rất chậm nếu có sự cạnh tranh và giao thông đường truyền bị nghẽn).

## **1.2 Đặc điểm công nghệ và xu thế phát triển của hệ nhúng**

### **1.2.1 Đặc điểm công nghệ**

Các hệ thống như vậy đều có chung một số đặc điểm như yêu cầu về khả năng thời gian thực, độ tin cậy, tính độc lập và hiệu quả. Một câu hỏi đặt ra là tại sao hệ thống nhúng lại phát triển và được phổ biến một cách nhanh chóng như vậy. Câu trả lời là nằm trong các yêu cầu tăng cường không ngừng trong các ứng dụng công nghiệp hiện nay. Một trong những yêu cầu cơ bản đó là:

Khả năng độc lập và thông minh hóa: điều này được ghi rõ hơn thông qua các thuộc tính yêu cầu cụ thể:

- Độ tin cậy
- Khả năng bảo trì và nâng cấp
- Sự phổ cập và tiện sử dụng
- Độ an toàn

Hiệu quả: Yêu cầu này được thể hiện thông qua một số các đặc điểm của hệ thống như sau:

- Năng lượng tiêu thụ
- Kích thước về phần cứng và phần mềm
- Hiệu quả và thời gian thực hiện
- Kích thước và khối lượng
- Giá thành

Phân hoạch tác vụ và chức năng hóa: Các bộ vi xử lý thực hiện một phần điều khiển cho một chức năng thu thập, xử lý và hiển thị của ô tô hay hệ thống điều khiển quá trình. Khả năng này làm tăng thêm sự chuyên biệt hóa về chức năng của một hệ thống lớn và dễ dàng hơn cho quá trình xây dựng, vận hành bảo trì.

Khả năng thời gian thực: Các hệ thống gắn liền với việc đảm nhiệm một chức năng chính và phải được thực hiện đúng theo một khung thời gian qui định. Thông thường một chức năng của hệ thống phải được thực hiện đúng theo một khung thời gian qui định. Thông thường một chức năng của hệ thống phải được thực hiện và hoàn thành theo một yêu cầu thời gian định trước để đảm bảo thông tin cập nhật kịp thời cho phần xử lý của các chức năng khác và có thể ảnh hưởng đến sự hoạt động đúng và chính xác của toàn hệ thống. Tùy thuộc vào từng bài toán và yêu cầu của hệ thống mà yêu cầu về khả năng thời gian thực cũng rất khác nhau càng làm tăng lên tính chuyên môn hóa của các hệ thống thiết bị nhúng mà các thiết bị đa năng không thể cạnh tranh được.

### **1.2.2 Xu thế phát triển và sự tăng trưởng của hệ nhúng**

Vì sự phát triển hệ nhúng là sự kết hợp nhuần nhuyễn giữa phần cứng và phần mềm công nghệ gắn liền với nó cũng chính là công nghệ kết hợp với các giải pháp cho phần cứng và mềm. Vì tính chuyên biệt của các thiết bị /hệ nhúng như đã giới thiệu nên các nền phần cứng cũng được chế tạo để ưu tiên đáp ứng cho chức năng hay nhiệm vụ cụ thể của yêu cầu thiết kế đưa ra.

Lớp hệ nhúng ưu tiên phát triển theo tiêu chí về kích thước nhỏ gọn, tiêu thụ năng lượng ít, giá thành thấp. Các chip xử lý nhúng cho lớp hệ thống ứng dụng đó thường yêu cầu về khả năng tính toán ít hoặc vừa phải nên hầu hết được xây dựng trên cơ sở đồng bộ xử lý 8 bit- 16 bit hoặc cùng lắm là 32 bit và không hỗ trợ dấu phẩy động do sự hạn chế về dung lượng và khả năng tính toán.

Lớp hệ nhúng ưu tiên thực thi các khả năng xử lý tính toán với tốc độ cực nhanh. Các chip xử lý nhúng cho các hệ thống đó cũng được hỗ trợ.

## CHƯƠNG 2

### CẤU TRÚC PHẦN CỨNG HỆ NHÚNG

#### 2.1 Các thành phần kiến trúc cơ bản

##### 2.1.1 Đơn vị xử lý trung tâm

CPU (central processing unit) đóng vai trò như bộ não chịu trách nhiệm thực thi chức năng này là đơn vị tính và thực hiện các lệnh. Phần chính của CPU đảm nhiệm chức năng này là đơn vị logic toán học (ALU arithmetic logic unit). Ngoài ra để hỗ trợ cho hoạt động của ALU còn có thêm một số các thành phần khác như bộ giải mã decoder, bộ tuần tự sequencer và thanh ghi.

- *Thanh ghi con trỏ và ngăn xếp - Stack pointer*

Thanh ghi này lưu trữ địa chỉ tiếp theo của ngăn xếp. Theo nguyên lý giá trị của địa chỉ chứa trong thanh ghi con trỏ ngăn xếp sẽ giảm nếu dữ liệu được lưu thêm vào ngăn xếp và sẽ tăng khi dữ liệu được lấy ra khỏi ngăn xếp.

- *Thanh ghi chỉ số - Index register*

Thanh ghi chỉ số được sử dụng để lưu địa chỉ khi mode địa chỉ được sử dụng. Nó còn được biết tới với tên gọi là thanh ghi con trỏ hay thanh ghi lựa chọn tập Microchip.

- *Thanh ghi địa chỉ lệnh / bộ đếm chương trình - Program Counter*

Một trong những thanh ghi quan trọng nhất CPU là thanh ghi bộ đếm chương trình. Thanh ghi bộ đếm chương trình sẽ tăng lên một. Chương trình sẽ kết thúc khi thanh ghi PC có giá trị bằng địa chỉ cuối cùng của chương trình nằm trong bộ nhớ chương trình.

- *Thanh ghi tích lũy - Accumulator*

Thanh ghi tích lũy là một thanh ghi giao tiếp trực tiếp với ALU được sử dụng để lưu giữ các toán tử hoặc kết quả của một phép toán trong quá trình hoạt động của ALU.

##### 2.1.2 Xung nhịp và trạng thái tín hiệu

Trong VXL nói chung hoạt động của hệ thống được thực hiện đồng bộ hoặc dị bộ theo các xung nhịp chuẩn. Các nhịp đó được lấy trực tiếp hoặc gián tiếp từ một nguồn xung chuẩn thường là các mạch tạo xung hoặc dao động thạch anh. Để mô tả hoạt động của hệ thống, các tín hiệu dữ liệu và điều khiển thường được mô tả trạng thái theo giản đồ thời gian và mức tín hiệu.

Mục đích của việc mô tả trạng thái tín hiệu theo giản đồ thời gian và mức tín hiệu là để phân tích và xác định chuỗi sự kiện hoạt động chi tiết trong mỗi chu kỳ bus. Nhờ việc mô tả này chúng ta có thể xem xét đến khả năng đáp ứng thời gian của các

sự kiện thực thi trong hệ thống và thời gian cần thiết để thực thi hoạt động tuần tự cũng như là khả năng tương thích khi sự phối hợp giữa các thiết bị ghép nối hay mở rộng trong hệ thống. Thông thường thông tin về các nhịp thời gian hoạt động cũng như đặc tính kỹ thuật chi tiết được cung cấp hoặc qui định bởi các nhà chế tạo.

Một số đặc trưng về thời gian của các trạng thái hoạt động cơ bản của các tín hiệu hệ thống gồm có như sau:

- + Thời gian tăng hoặc giảm
- + Thời gian trễ lan truyền tín hiệu
- + Thời gian thiết lập
- + Thời gian giữ
- + Trễ cấm hoạt động và trạng thái treo Tri-state
- + Độ rộng xung
- + Tần số nhịp hoạt động

- *Thời gian tăng hoặc giảm*

Thời gian tăng được định nghĩa là khoảng thời gian để tín hiệu tăng từ 20% đến 80% mức tín hiệu cần thiết. Thời gian giảm là khoảng thời gian để tín hiệu giảm từ 80% đến 20% mức tín hiệu cần thiết.

- *Thời gian trễ lan truyền*

Là khoản thời gian tính từ khi thay đổi tín hiệu vào cho tới khi có sự thay đổi tín hiệu ở đầu ra. Đặc tính này thường do cấu tạo và khả năng truyền dẫn tín hiệu vật lý trong hệ thống tín hiệu.

- *Thời gian thiết lập và lưu giữ*

Khoảng thời gian cần thiết để tín hiệu trích mẫu đạt tới một trạng thái ổn định trước khi xung nhịp chuẩn đồng hồ thay được gọi là thời gian xác lập. Thời gian lưu giữ là khoảng thời gian cần thiết để duy trì tín hiệu trích mẫu ổn định sau khi xung nhịp chuẩn đồng hồ thay đổi. Thực chất là khoảng thời gian thiết lập và thời gian lưu giữ là cần thiết để đảm bảo tín hiệu được ghi nhận chính xác và ổn định trong quá trình hoạt động và chuyển mức trạng thái.

Trong trường hợp hoạt động chuyển trạng thái tín hiệu không đồng bộ và không đảm bảo được thời gian thiết lập và lưu giữ sẽ có thể dẫn đến sự mất ổn định hay không xác định mức tín hiệu trong hệ thống. Hiện tượng này được biết tới với tên gọi là metastability.

### 2.1.3 Bus địa chỉ và dữ liệu điều khiển

Bus địa chỉ là các đường dẫn tín hiệu logic một chiều để truyền địa chỉ tham chiếu tới các khu vực bộ nhớ và chỉ ra dữ liệu được lưu giữ ở đâu trong không gian bộ nhớ. Trong quá trình hoạt động CPU sẽ điều khiển bus địa chỉ để truyền dữ liệu giữa các khu vực bộ nhớ và CPU. Các địa chỉ thông thường tham chiếu tới các khu vực bộ nhớ hoặc các khu vực vào/ra hoặc ngoại vi. Dữ liệu được lưu trong các khu vực đó



thường là 8 bit, 16 bit, hay 32 bit tùy thuộc vào cấu trúc từng loại vi xử lý/vi điều khiển. Hầu hết các vi điều khiển thường đánh địa chỉ dữ liệu có độ rộng là 16,20,24 hoặc 32 bit. Nếu đánh địa chỉ theo byte thì một vi xử lý 16 bit có thể đánh địa chỉ chỉ bắt đầu từ địa chỉ 0 và tăng dần đến  $2N-1$ . Hiện nay các vi xử lý và vi điều khiển nói chung chủ yếu vẫn sử dụng phổ biến các bus dữ liệu có độ rộng. Nếu đánh địa chỉ theo byte thì một vi xử lý 16 bit có thể địa chỉ được  $2^{16}$  khu vực bộ nhớ tức là  $65536 = 64$  Kbyte. Tuy nhiên một số khu vực bộ nhớ mà CPU không thể truy cập trực tiếp tới tức là phải là phải sử dụng nhiều nhịp bus để truy cập, thông thường phải kết hợp với điều khiển phần mềm. Kỹ thuật này chủ yếu được sử dụng để mở rộng bộ nhớ và thường được biết tới khái niệm đánh địa chỉ trang nhớ khi nhu cầu đánh địa chỉ khu vực nhớ vượt quá phạm vi có thể đánh địa chỉ truy cập trực tiếp.

Ví dụ: CPU có 24 bit địa chỉ sẽ cho phép đánh địa chỉ trực tiếp cho  $2^{24}$  byte (16 Mbyte) nhớ. CPU80386 và các loại vi xử lý mạnh hơn có không gian địa chỉ 32 bit sẽ có thể đánh được tới  $2^{32}$  4 GB địa chỉ trực tiếp.

### **Bus dữ liệu**

Bus dữ liệu là các kênh truyền tải thông tin theo 2 chiều giữa CPU. Tốc độ đường truyền hay trao đổi dữ liệu thường được dự tính theo đơn vị byte/s. Số lượng đường truyền bit dữ liệu sẽ cho phép xác định được số lượng bit có thể lưu trữ trong mỗi khu vực tham chiếu trực tiếp. Nếu một bus dữ liệu có khả năng thực hiện một lần truyền trong 1 ms, thì bus dữ liệu 8 bit sẽ có băng thông là 1Mb/s, bus 16 bit sẽ có băng thông là 2 mb/s và bus 32 bit sẽ có băng thông là 4 Mb/s. Trong trường hợp bus dữ liệu 8 bit với chu kỳ bus là  $T = 1$  ms tức là sẽ truyền được 1b/1 chu kỳ thì sẽ truyền được 1 Mb trong 1s hay 2 Mb trong 2s.

### **Bus điều khiển**

Bus điều khiển phục vụ truyền tải các thông tin dữ liệu để điều khiển hoạt động của hệ thống. Thông thường các dữ liệu điều khiển bao gồm cá tín hiệu chu kỳ để đồng bộ các nhịp chuyển động và hoạt động của hệ thống. Thông thường các dữ liệu điều khiển bao gồm các tín hiệu chu kỳ để đồng bộ các nhịp chuyển động và hoạt động của hệ thống. Bus điều khiển thường được điều khiển bởi CPU để đồng bộ hóa nhịp hoạt động và dữ liệu trao đổi trên các bus. Trong trường hợp vi xử lý sử dụng dồn kênh bus dữ liệu và bus địa chỉ tức là một phần hoặc toàn bộ bus dữ liệu sẽ được sử dụng chung chia sẻ với bus địa chỉ thì cần một tín hiệu điều khiển để phân nhịp truy cập cho phép chốt lưu trữ thông tin địa chỉ mỗi khi bắt đầu một chu kỳ truyền. Một ví dụ về các chu kỳ bus và sự đồng bộ của chúng trong hoạt động của hệ thống bus địa chỉ và dữ liệu dồn kênh. Đây là hoạt động điển hình trong họ vi điều khiển 8051 và nhiều loại tương tự.



### 2.1.4 Bộ nhớ và kiến trúc bộ nhớ

Kiến trúc bộ nhớ chia làm 2 loại chính và được áp dụng rộng rãi trong hầu hết các chip vi xử lý nhúng hiện nay theo Von Newman và Havard. Trong kiến trúc Von Newmann không phân biệt vùng chứa dữ liệu và mã chương trình. Cả phương trình và dữ liệu đều được truy nhập theo cùng một đường. Điều này cho phép đưa dữ liệu vào vùng mã chương trình ROM, và cũng có thể lưu mã chương trình vào vùng dữ liệu RAM và thực hiện từ đó.

Kiến trúc Havard tách /phân biệt vùng lưu mã chương trình và dữ liệu. Mã chương trình chỉ có thể được lưu và thực hiện trong vùng chứa ROM và dữ liệu cũng chỉ có thể lưu và trao đổi trong vùng RAM. Hầu hết các vi xử lý nhúng ngày nay sử dụng kiến trúc bộ nhớ Havard hoặc kiến trúc Havard mở rộng tức là bộ nhớ chương trình và dữ liệu tách biệt nhưng vẫn cho phép khả năng hạn chế để lấy dữ liệu ra từ vùng mã chương trình. Trong kiến trúc bộ nhớ Havard mở rộng tức là bộ nhớ chương trình và dữ liệu tách biệt nhưng vẫn cho phép khả năng hạn chế để lấy dữ liệu ra từ vùng mã chương trình. Trong kiến trúc bộ nhớ Havard mở rộng thường sử dụng một số lượng nhỏ các con trỏ để lấy dữ liệu từ vùng mã chương trình theo cách nhúng vào trong các lệnh tức thời. Một số chip vi điều khiển nhúng tiêu biểu hiện nay sử dụng cấu trúc Havard là 8031, PIC, Atmel AVR90S. Nếu sử dụng chip 8031 chúng ta sẽ nhận thấy điều này thông qua việc truy nhập lấy dữ liệu ra từ vùng dữ liệu RAM hoặc từ mã vùng chương trình. Chúng ta có một vài con trỏ được sử dụng để lấy dữ liệu ra từ bộ nhớ dữ liệu ra từ bộ nhớ dữ liệu RAM, nhưng chỉ có duy nhất 1 con trỏ DPTR có thể được sử dụng để lấy dữ liệu ra từ vùng mã chương trình.

Ưu điểm nổi bật của cấu trúc bộ nhớ Havard so với kiến trúc Von newman là có 2 kênh tách biệt để truy nhập vào vùng bộ nhớ mã chương trình và dữ liệu nhờ vậy mà mã chương trình và dữ liệu có thể được truy nhập đồng thời và làm tăng tốc độ luồng trao đổi với bộ vxl.

- Bộ nhớ chương trình PROM programme read only memory
- Vùng để lưu trữ mã chương trình. Có ba loại bộ nhớ PROM thông thường được sử dụng cho hệ nhúng và sẽ được giới thiệu lần lượt sau đây.
- EPROM

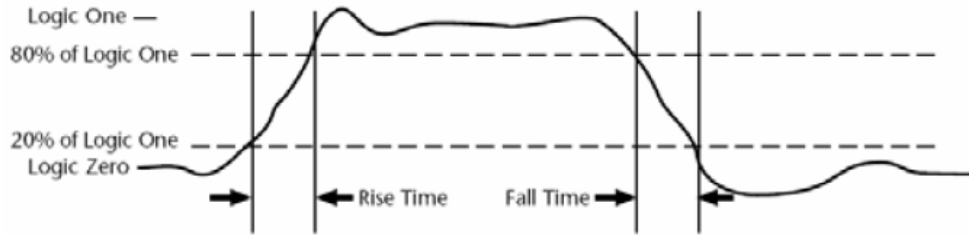
Bao gồm một mảng các transistor khả trình. Mã chương trình sẽ được ghi trực tiếp và vxl có thể đọc ra để thực hiện. EPROM có thể xóa được bằng tia cực tím và có thể được lập trình lại.

#### **Bộ nhớ FLASH**

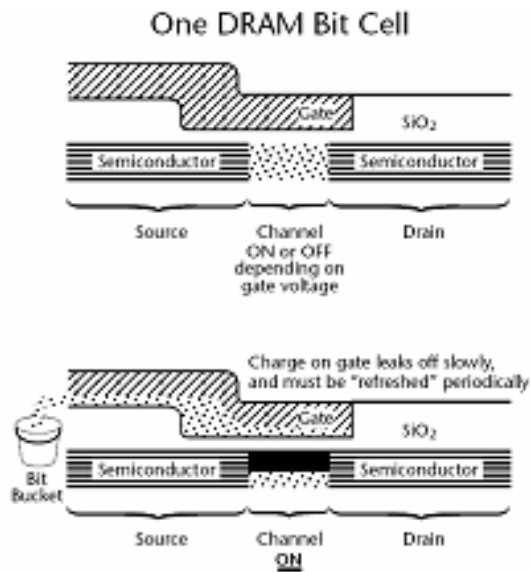
Cũng giống như EPROM được cấu tạo bởi một mảng transistor khả trình nhưng có thể xóa được bằng điện và chính vì vậy có thể nạp lại chương trình mà không cần tách ra khỏi nền phần cứng vxl. Ưu điểm của bộ nhớ flash là có thể lập trình trực tiếp trên mạch cứng mà nó đang thực thi trên đó.

**Bộ nhớ dữ liệu RAM**

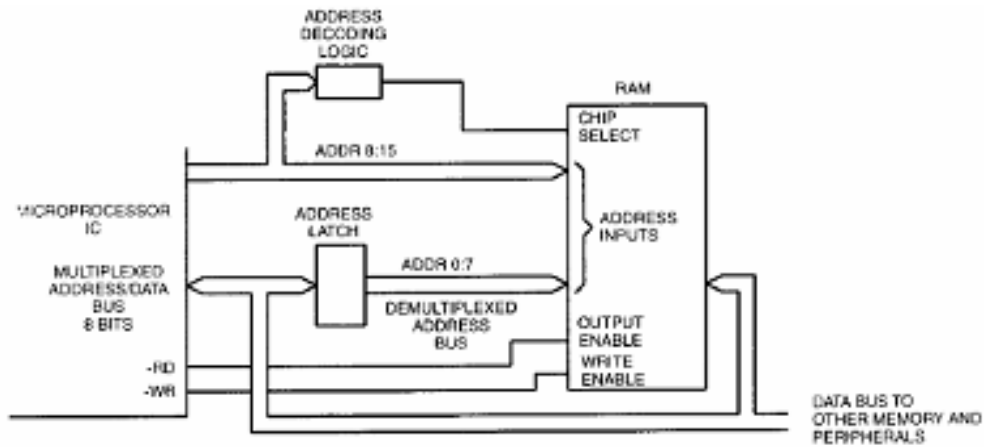
Vùng để lưu hoặc trao đổi dữ liệu trung gian trong quá trình thực hiện chương trình  
 Có 2 loại RAM là SRAM và DRAM.



Hình 2-1: Mô tả trạng thái tín hiệu lô gic tăng và giảm



Hình 2-2: Cấu trúc một phần tử nhớ DRAM



Hình 2-3: Nguyên lý ghép nối (mở rộng) RAM với VXL