

## Chương 3

# HỆ THỐNG MÁY TÍNH

Nguyễn Kim Khánh

Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

## Nội dung học phần

---

Chương 1. Giới thiệu chung

Chương 2. Cơ bản về logic số

**Chương 3. Hệ thống máy tính**

Chương 4. Số học máy tính

Chương 5. Kiến trúc tập lệnh

Chương 6. Bộ xử lý

Chương 7. Bộ nhớ máy tính

Chương 8. Hệ thống vào-ra

Chương 9. Các kiến trúc song song

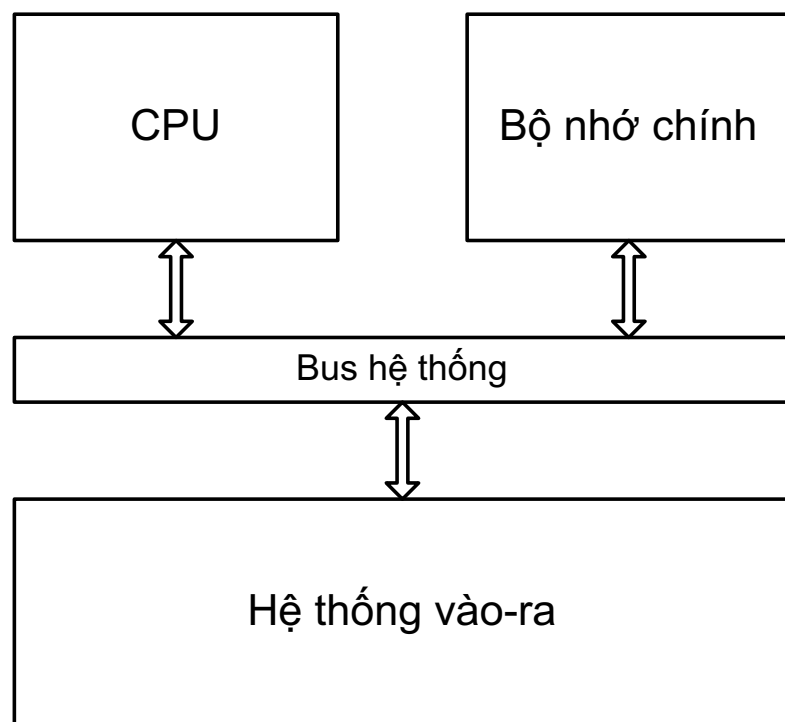


## Nội dung của chương 3

---

- 3.1. Các thành phần cơ bản của máy tính
- 3.2. Hoạt động cơ bản của máy tính
- 3.3. Bus máy tính

## 3.1. Các thành phần cơ bản của máy tính

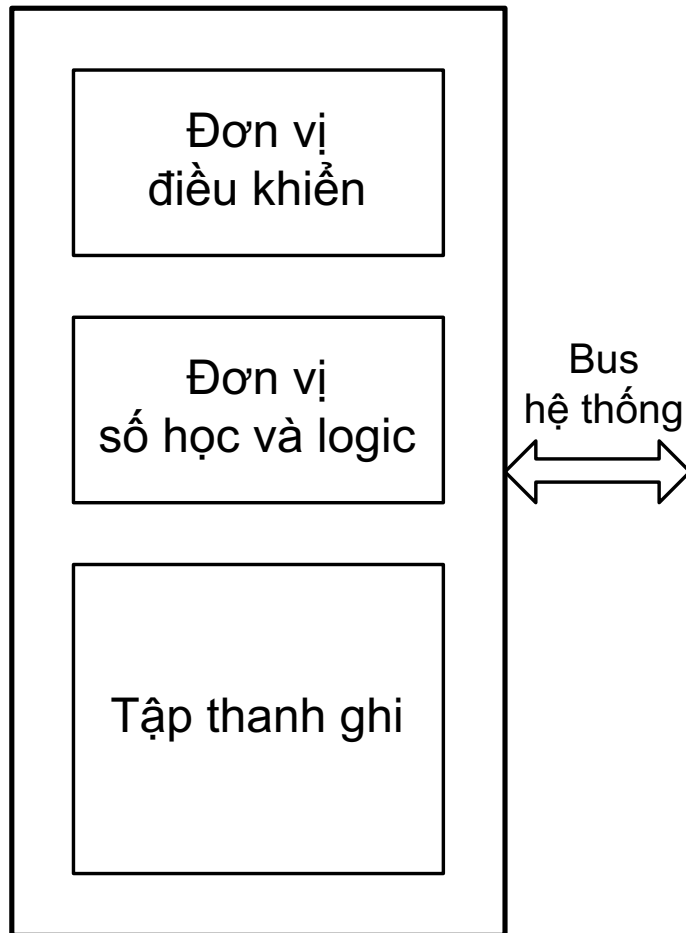


- **Bộ xử lý trung tâm** (Central Processing Unit – CPU)
  - Điều khiển hoạt động của máy tính và xử lý dữ liệu
- **Bộ nhớ chính** (Main Memory)
  - Chứa các chương trình đang thực hiện
- **Hệ thống vào-ra** (Input/Output)
  - Trao đổi thông tin giữa máy tính với bên ngoài
- **Bus hệ thống** (System bus)
  - Kết nối và vận chuyển thông tin

# 1. Bộ xử lý trung tâm (CPU)

- Chức năng:
  - điều khiển hoạt động của máy tính
  - xử lý dữ liệu
- Nguyên tắc hoạt động cơ bản:
  - CPU hoạt động theo chương trình nằm trong bộ nhớ chính.
- Là thành phần nhanh nhất trong hệ thống

# Các thành phần cơ bản của CPU



## ■ Đơn vị điều khiển

- *Control Unit (CU)*
- Điều khiển hoạt động của máy tính theo chương trình đã định sẵn

## ■ Đơn vị số học và logic

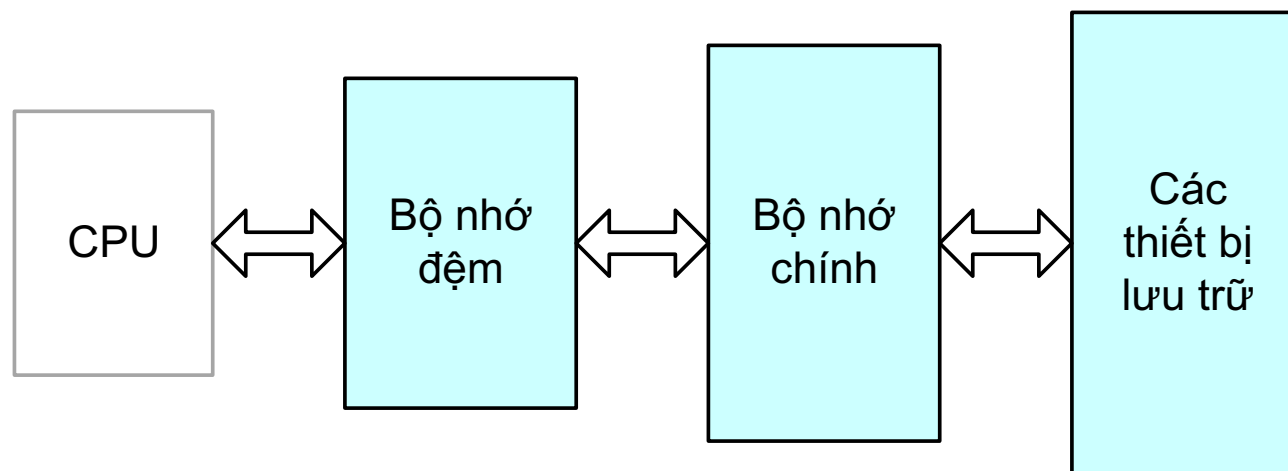
- *Arithmetic and Logic Unit (ALU)*
- Thực hiện các phép toán số học và phép toán logic

## ■ Tập thanh ghi

- *Register File (RF)*
- Gồm các thanh ghi chứa các thông tin phục vụ cho hoạt động của CPU

## 2. Bộ nhớ máy tính

- Chức năng: nhớ chương trình và dữ liệu (dưới dạng nhị phân)
- Các thao tác cơ bản với bộ nhớ:
  - Thao tác ghi (Write)
  - Thao tác đọc (Read)
- Các thành phần chính:
  - Bộ nhớ chính (Main memory)
  - Bộ nhớ đệm (Cache memory)
  - Thiết bị lưu trữ (Storage Devices)



# Bộ nhớ chính (Main memory)

- Tồn tại trên mọi máy tính
- Chứa các lệnh và dữ liệu của chương trình đang được thực hiện
- Sử dụng bộ nhớ bán dẫn
- Tổ chức thành các ngăn nhớ được đánh địa chỉ (thường đánh địa chỉ cho từng byte nhớ)
- Nội dung của ngăn nhớ có thể thay đổi, song địa chỉ vật lý của ngăn nhớ luôn cố định
- CPU muốn đọc/ghi ngăn nhớ cần phải biết địa chỉ ngăn nhớ đó

Nội dung	Địa chỉ
0100 1101	00...0000
0101 0101	00...0001
1010 1111	00...0010
0000 1110	00...0011
0111 0100	00...0100
1011 0010	00...0101
0010 1000	00...0110
1110 1111	00...0111
.	
.	
.	
0110 0010	11...1110
0010 0001	11...1111



## Bộ nhớ đệm (Cache memory)

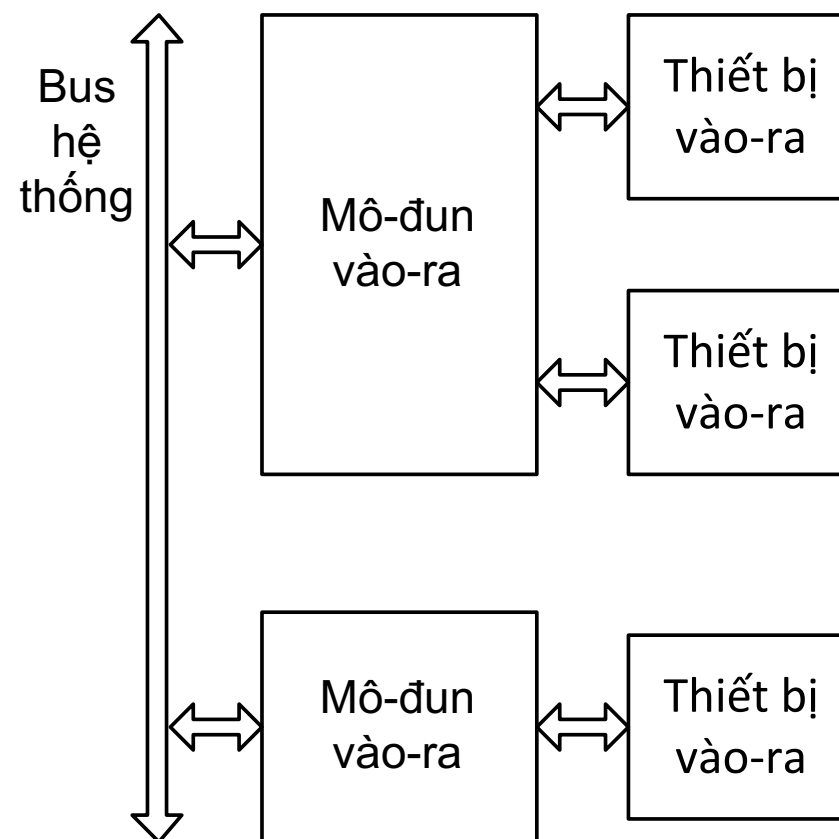
- Bộ nhớ có tốc độ nhanh được đặt đệm giữa CPU và bộ nhớ chính nhằm tăng tốc độ CPU truy cập bộ nhớ
- Dung lượng nhỏ hơn bộ nhớ chính
- Sử dụng bộ nhớ bán dẫn tốc độ nhanh
- Cache thường được chia thành một số mức (L1, L2, L3)
- Cache thường được tích hợp trên cùng chip bộ xử lý
- Cache có thể có hoặc không

# Thiết bị lưu trữ (Storage Devices)

- Còn được gọi là bộ nhớ ngoài
- Chức năng và đặc điểm
  - Lưu giữ tài nguyên phần mềm của máy tính
  - Được kết nối với hệ thống dưới dạng các thiết bị vào-ra
  - Dung lượng lớn
  - Tốc độ chậm
- Các loại thiết bị lưu trữ
  - Bộ nhớ từ: ổ đĩa cứng HDD
  - Bộ nhớ bán dẫn: ổ thể rắn SSD, ổ nhớ flash, thẻ nhớ
  - Bộ nhớ quang: CD, DVD

### 3. Hệ thống vào-ra

- Chức năng: Trao đổi thông tin giữa máy tính với thế giới bên ngoài
- Các thao tác cơ bản:
  - Vào dữ liệu (Input)
  - Ra dữ liệu (Output)
- Các thành phần chính:
  - Các thiết bị vào-ra (IO devices)
  - Các mô-đun vào-ra (IO modules)



# Các thiết bị vào-ra

- Còn được gọi là thiết bị ngoại vi (Peripherals)
- Chức năng: chuyển đổi dữ liệu giữa bên trong và bên ngoài máy tính
- Các loại thiết bị vào-ra:
  - Thiết bị vào (Input Devices)
  - Thiết bị ra (Output Devices)
  - Thiết bị lưu trữ (Storage Devices)
  - Thiết bị truyền thông (Communication Devices)

## Mô-đun vào-ra

- Chức năng: nối ghép các thiết bị vào-ra với máy tính
- Mỗi mô-đun vào-ra có một hoặc một vài cổng vào-ra (I/O Port)
- Mỗi cổng vào-ra được đánh một địa chỉ xác định
- Các thiết bị vào-ra được kết nối và trao đổi dữ liệu với máy tính thông qua các cổng vào-ra
- CPU muốn trao đổi dữ liệu với thiết bị vào-ra, cần phải biết địa chỉ của cổng vào-ra tương ứng

## 3.2. Hoạt động cơ bản của máy tính

---

- Thực hiện chương trình
- Hoạt động ngắt
- Hoạt động vào-ra

# 1. Thực hiện chương trình

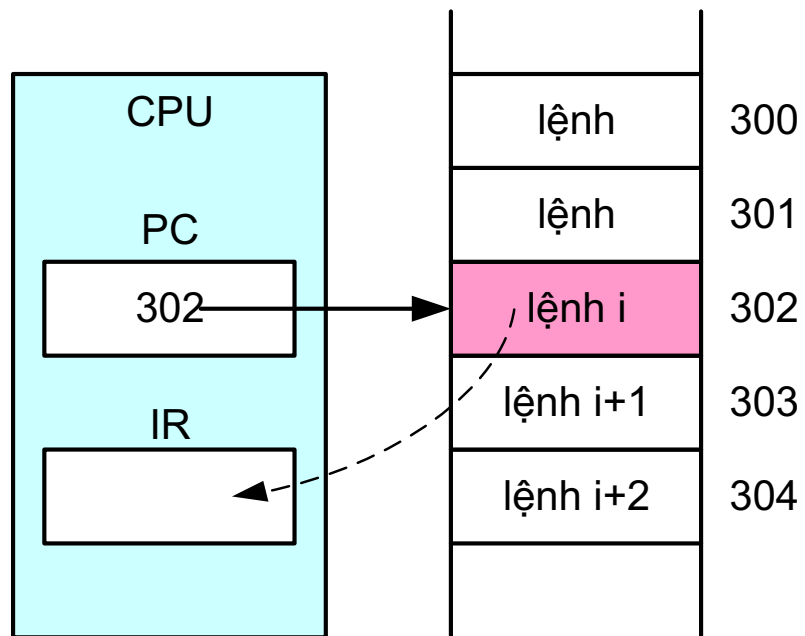
- Là hoạt động cơ bản của máy tính
- Máy tính lặp đi lặp lại chu trình lệnh gồm hai bước:
  - Nhận lệnh
  - Thực hiện lệnh
- Hoạt động thực hiện chương trình bị dừng nếu:
  - Thực hiện lệnh bị lỗi
  - Gặp lệnh dừng
  - Tắt máy

# Nhận lệnh

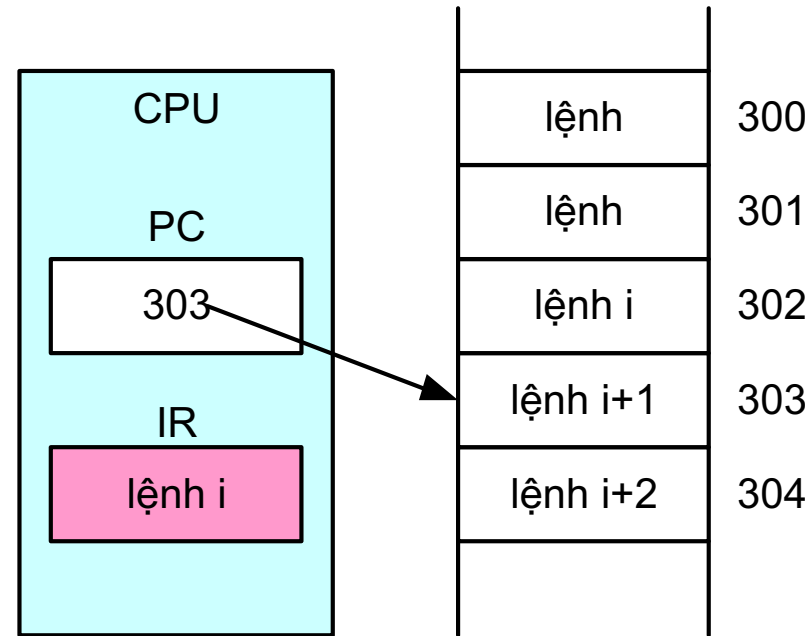
- Bắt đầu mỗi chu trình lệnh, CPU nhận lệnh từ bộ nhớ chính
- **Bộ đếm chương trình PC** (Program Counter) là thanh ghi của CPU dùng để giữ địa chỉ của lệnh sẽ được nhận vào
- CPU phát ra địa chỉ từ bộ đếm chương trình PC tìm ra ngăn nhớ chứa lệnh
- Lệnh được đọc từ bộ nhớ đưa vào thanh ghi lệnh IR (Instruction Register)
- Sau khi lệnh được nhận vào, nội dung PC tự động tăng để trở đến lệnh kế tiếp.



# Minh họa quá trình nhận lệnh



Trước khi nhận lệnh i



Sau khi nhận lệnh i



## Thực hiện lệnh

- Bộ xử lý giải mã lệnh đã được nhận và phát tín hiệu điều khiển thực hiện thao tác mà lệnh yêu cầu
- Các kiểu thao tác cơ bản của lệnh:
  - Trao đổi dữ liệu giữa CPU với bộ nhớ chính hoặc CPU với mô-đun vào-ra
  - Thực hiện các phép toán số học hoặc phép toán logic với các dữ liệu
  - Chuyển điều khiển trong chương trình: rẽ nhánh hoặc nhảy đến vị trí khác

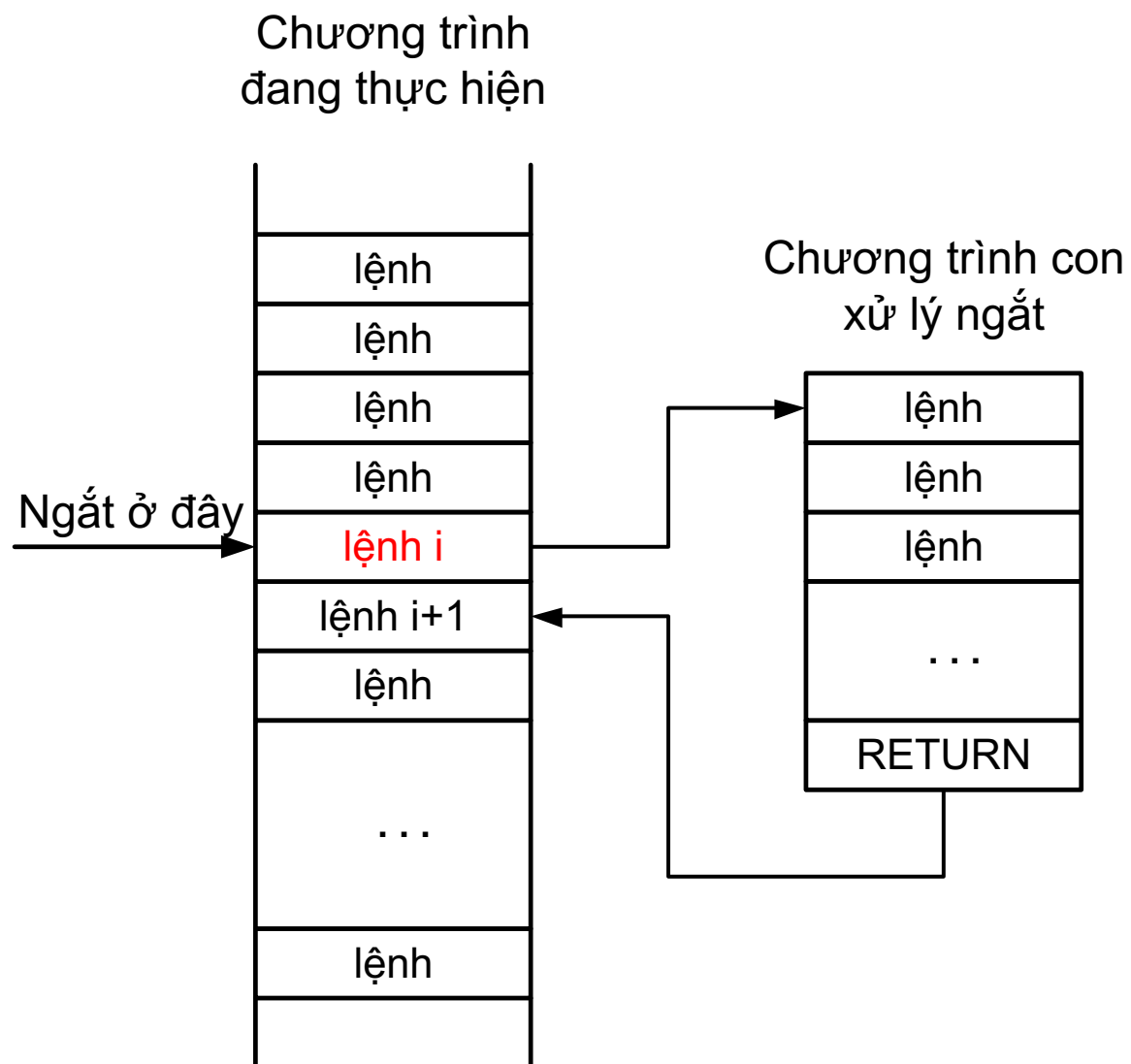
## 2. Ngắt (Interrupt)

- **Khái niệm chung về ngắt:** Ngắt là cơ chế cho phép CPU tạm dừng chương trình đang thực hiện để chuyển sang thực hiện một chương trình con có sẵn trong bộ nhớ.
  - **Chương trình con xử lý ngắt (Interrupt handlers)**
- **Các loại ngắt:**
  - **Biệt lệ (exception):** gây ra do lỗi khi thực hiện chương trình (VD: tràn số, mã lệnh sai, ...)
  - **Ngắt từ bên ngoài (external interrupt):** do thiết bị vào-ra (thông qua mô-đun vào-ra) gửi tín hiệu ngắt đến CPU để yêu cầu trao đổi dữ liệu

## Hoạt động với ngắt từ bên ngoài

- Sau khi hoàn thành mỗi một lệnh, bộ xử lý kiểm tra tín hiệu ngắt
- Nếu không có ngắt, bộ xử lý nhận lệnh tiếp theo của chương trình hiện tại
- Nếu có tín hiệu ngắt:
  - Tạm dừng (suspend) chương trình đang thực hiện
  - Cắt ngữ cảnh (các thông tin liên quan đến chương trình bị ngắt)
  - Thiết lập bộ đếm chương trình PC trở đến chương trình con xử lý ngắt tương ứng
  - Chuyển sang thực hiện chương trình con xử lý ngắt
  - Khôi phục ngữ cảnh và trở về tiếp tục thực hiện chương trình đang bị tạm dừng

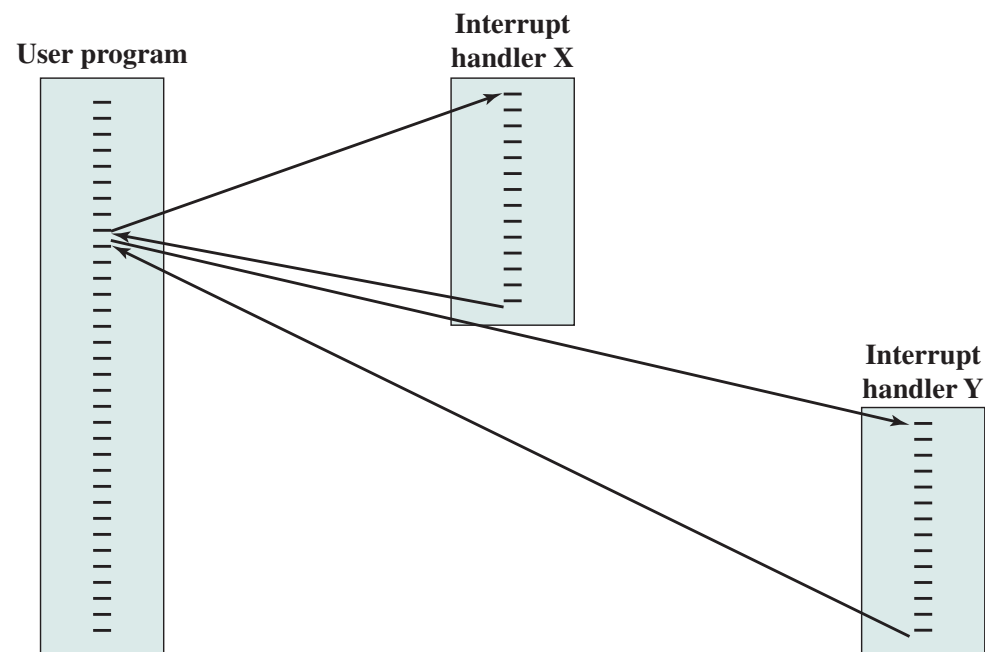
# Hoạt động ngắt (tiếp)



# Xử lý với nhiều tín hiệu yêu cầu ngắt

## ■ Xử lý ngắt tuần tự

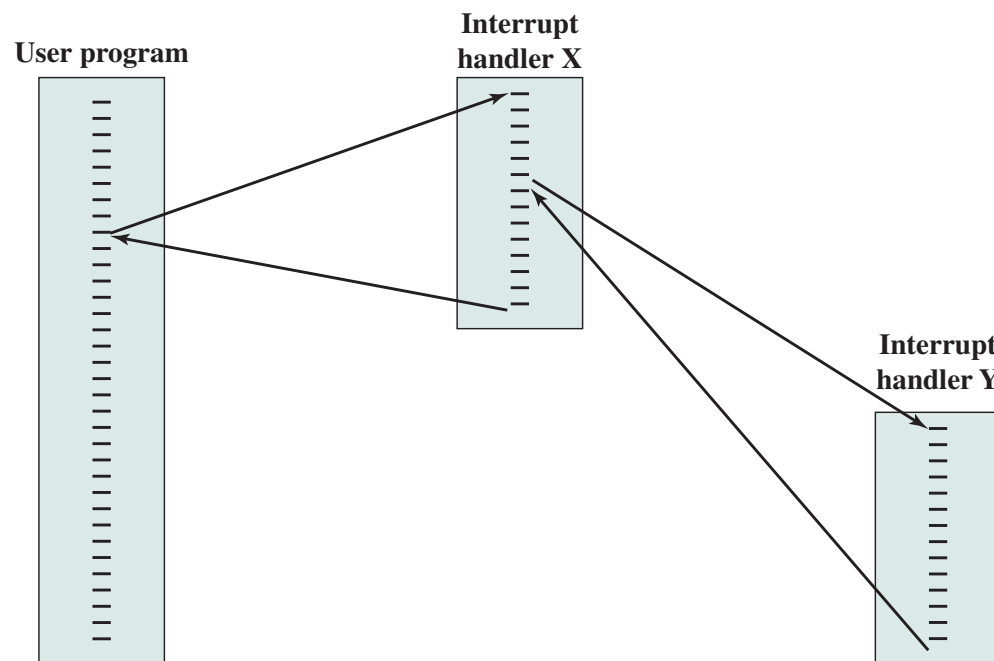
- Khi một ngắt đang được thực hiện, các ngắt khác bị cấm (disabled interrupt)
- Bộ xử lý sẽ bỏ qua các yêu cầu ngắt tiếp theo
- Các yêu cầu ngắt tiếp theo vẫn đang đợi và được kiểm tra sau khi ngắt hiện tại được xử lý xong
- Các ngắt được thực hiện tuần tự



# Xử lý với nhiều tín hiệu yêu cầu ngắt (tiếp)

## ■ Xử lý ngắt ưu tiên

- Các ngắt được định nghĩa mức ưu tiên khác nhau
- Ngắt có mức ưu tiên thấp hơn có thể bị ngắt bởi ngắt có mức ưu tiên cao hơn
- Xảy ra ngắt lồng nhau



### 3. Hoạt động vào-ra

- Hoạt động vào-ra: là hoạt động trao đổi dữ liệu giữa mô-đun vào-ra với bên trong máy tính.
- Các kiểu hoạt động vào-ra:
  - CPU trao đổi dữ liệu với mô-đun vào-ra bởi lệnh vào-ra trong chương trình
  - CPU trao quyền điều khiển cho phép mô-đun vào-ra trao đổi dữ liệu trực tiếp với bộ nhớ chính (DMA - Direct Memory Access).

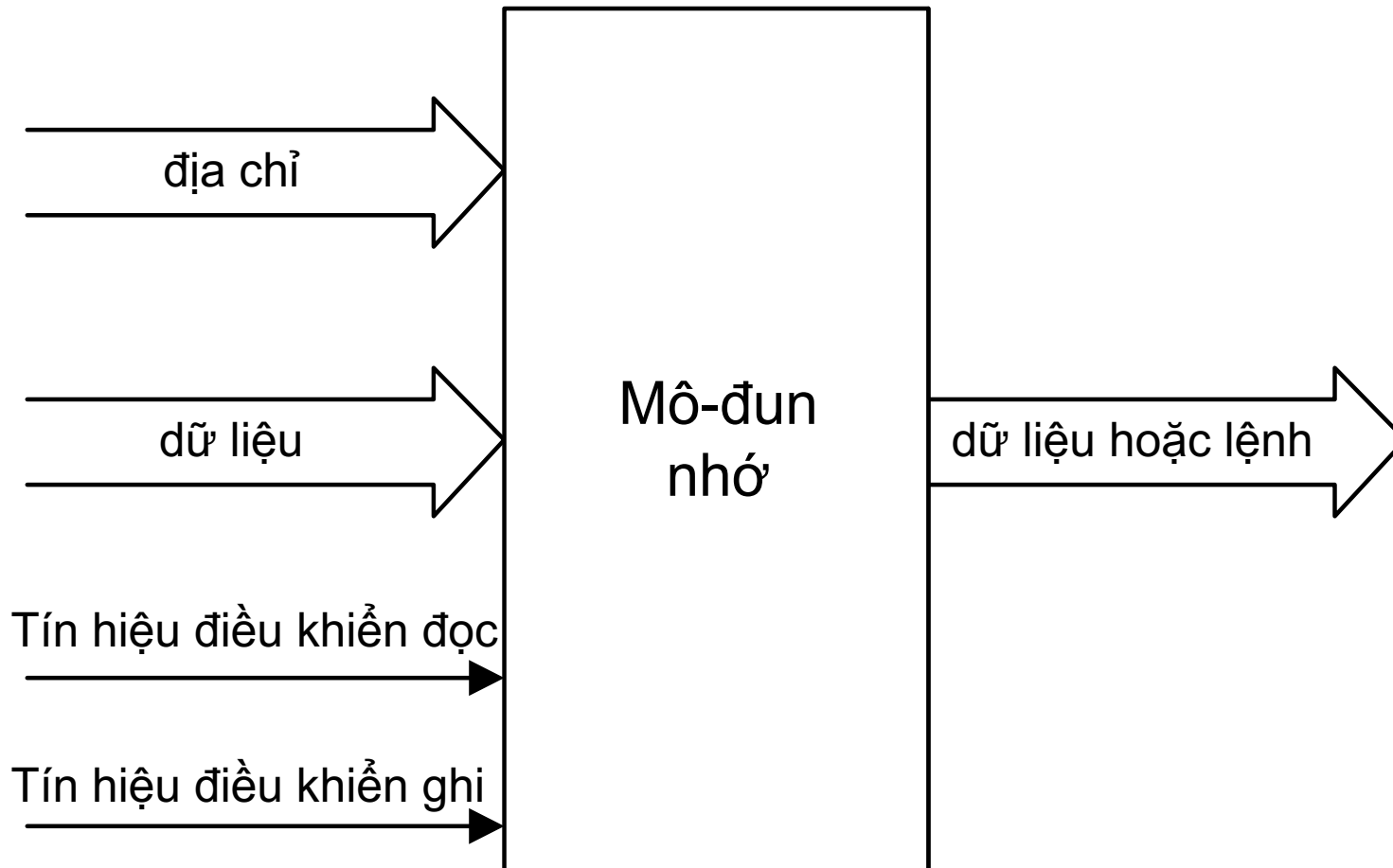


## 3.3. Bus máy tính

### 1. Luồng thông tin trong máy tính

- Các mô-đun trong máy tính:
  - CPU
  - Mô-đun nhớ
  - Mô-đun vào-ra
- cần được kết nối với nhau

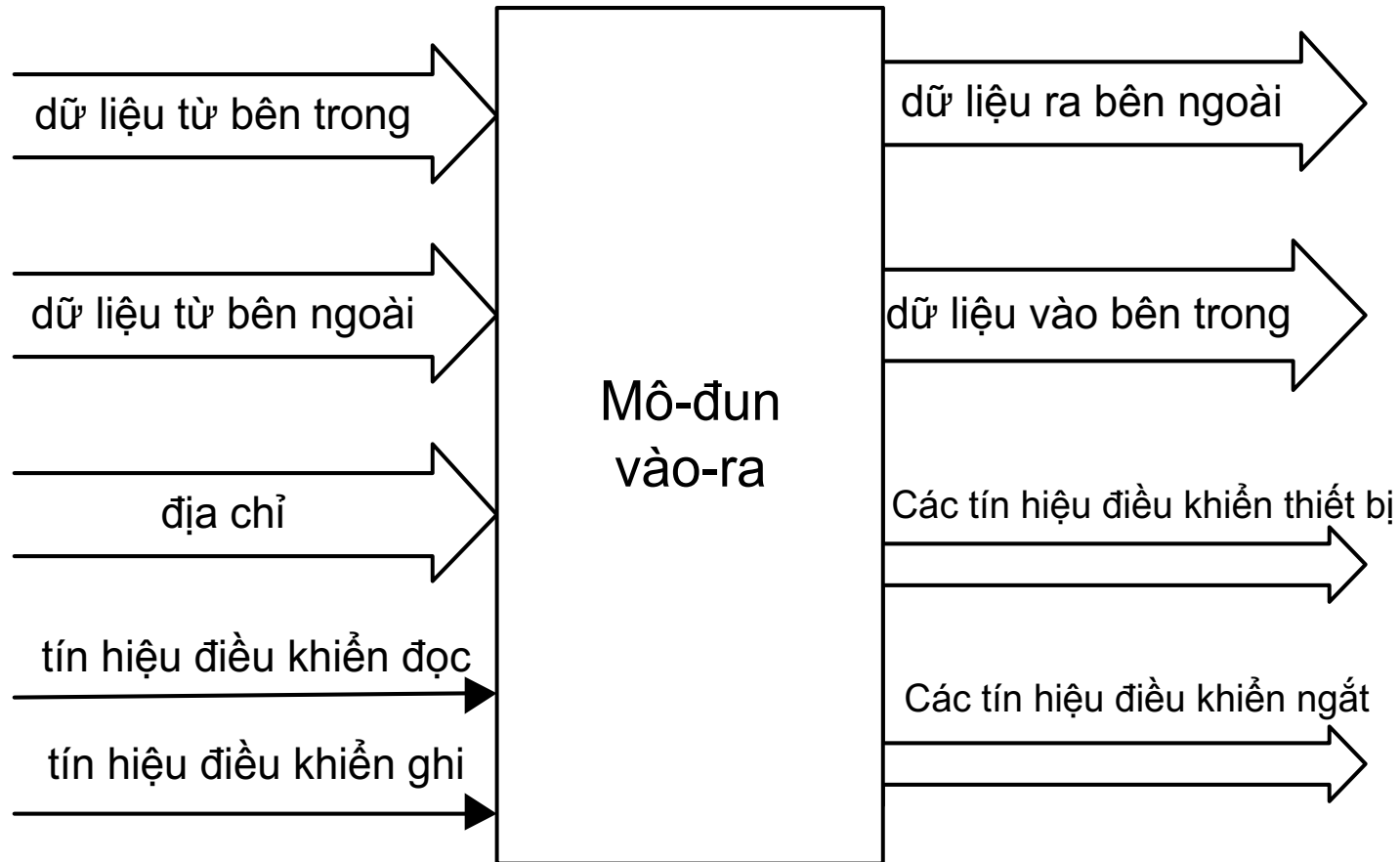
# Kết nối mô-đun nhớ



## Kết nối mô-đun nhớ (tiếp)

- Địa chỉ đưa đến để xác định ngăn nhớ
- Dữ liệu được đưa đến khi ghi
- Dữ liệu hoặc lệnh được đưa ra khi đọc
  - Bộ nhớ không phân biệt lệnh và dữ liệu
- Nhận các tín hiệu điều khiển:
  - Điều khiển đọc (Read)
  - Điều khiển ghi (Write)

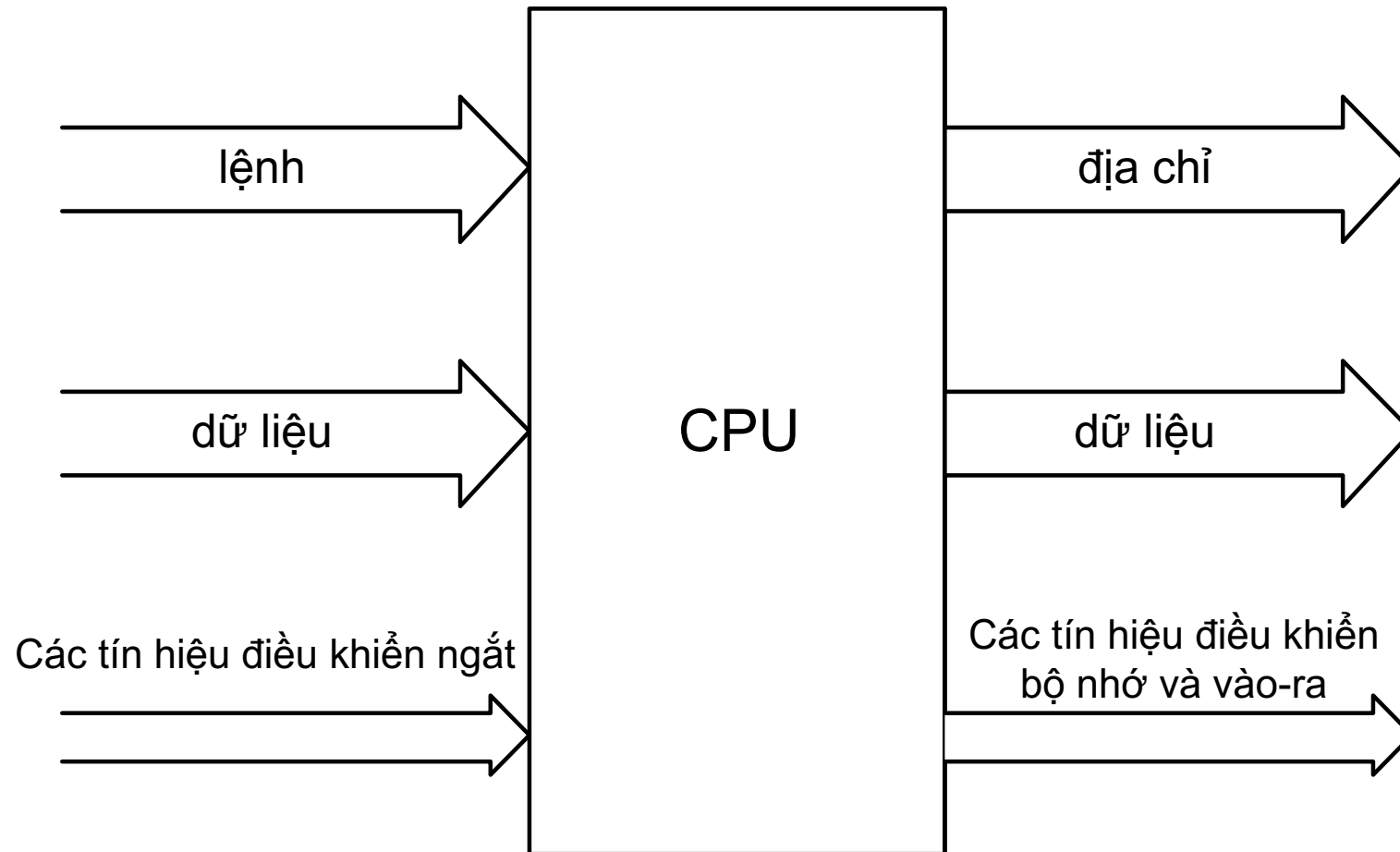
# Kết nối mô-đun vào-ra



## Kết nối mô-đun vào-ra (tiếp)

- Địa chỉ đưa đến để xác định cổng vào-ra
- Ra dữ liệu (Output)
  - Nhận dữ liệu từ bên trong (CPU hoặc bộ nhớ chính)
  - Đưa dữ liệu ra thiết bị vào-ra
- Vào dữ liệu (Input)
  - Nhận dữ liệu từ thiết bị vào-ra
  - Đưa dữ liệu vào bên trong (CPU hoặc bộ nhớ chính)
- Nhận các tín hiệu điều khiển từ CPU
- Phát các tín hiệu điều khiển đến thiết bị vào-ra
- Phát các tín hiệu ngắt đến CPU

# Kết nối CPU





## Kết nối CPU (tiếp)

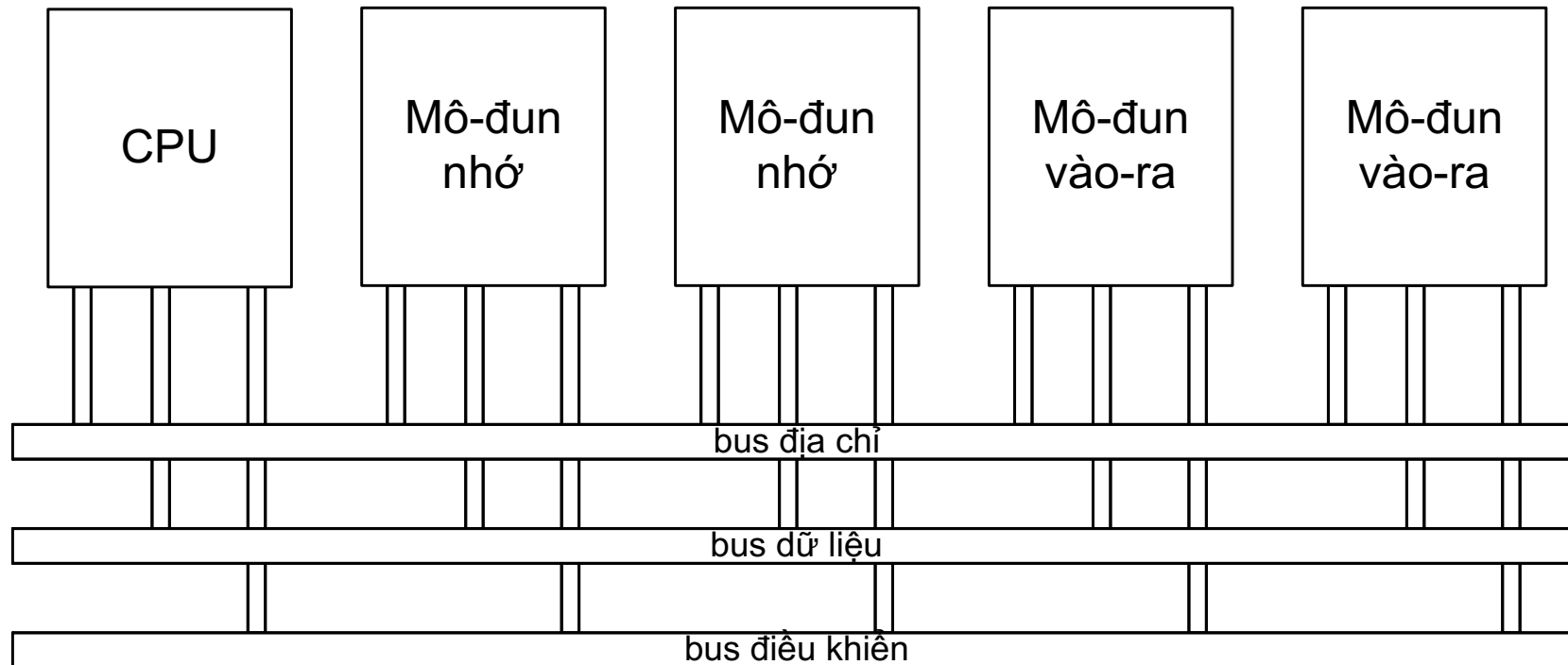
- Phát địa chỉ đến các mô-đun nhớ hay các mô-đun vào-ra
- Đọc lệnh từ bộ nhớ
- Đọc dữ liệu từ bộ nhớ hoặc mô-đun vào-ra
- Đưa dữ liệu ra (sau khi xử lý) đến bộ nhớ hoặc mô-đun vào-ra
- Phát tín hiệu điều khiển đến các mô-đun nhớ và các mô-đun vào-ra
- Nhận các tín hiệu ngắt

## 2. Cấu trúc bus cơ bản

- **Bus:** tập hợp các đường kết nối để vận chuyển thông tin giữa các mô-đun của máy tính với nhau.
- **Các bus chức năng:**
  - Bus địa chỉ (Address bus)
  - Bus dữ liệu (Data bus)
  - Bus điều khiển (Control bus)
- **Độ rộng bus:** là số đường dây của bus có thể truyền các bit thông tin đồng thời (chỉ dùng cho bus địa chỉ và bus dữ liệu)



# Sơ đồ cấu trúc bus cơ bản

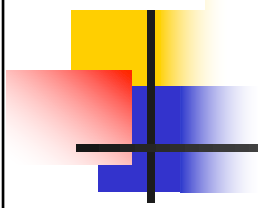


# Bus địa chỉ

- Chức năng: vận chuyển địa chỉ để xác định vị trí ngăn nhớ hay cổng vào-ra
- Độ rộng bus địa chỉ:
  - N bit:  $A_{N-1}, A_{N-2}, \dots, A_2, A_1, A_0$ 
    - Số lượng địa chỉ tối đa được sử dụng là:  $2^N$  địa chỉ (gọi là không gian địa chỉ)
  - Địa chỉ nhỏ nhất:  $00 \dots 000_{(2)}$
  - Địa chỉ lớn nhất:  $11 \dots 111_{(2)}$
- Ví dụ:
  - Máy tính sử dụng bus địa chỉ 32-bit ( $A_{31}-A_0$ ), bộ nhớ chính được đánh địa chỉ cho từng byte
    - Có khả năng đánh địa chỉ cho  $2^{32}$  bytes nhớ = 4GiB

# Bus dữ liệu

- Chức năng:
  - vận chuyển lệnh từ bộ nhớ đến CPU
  - vận chuyển dữ liệu giữa các thành phần của máy tính với nhau
- Độ rộng bus dữ liệu: số bit được truyền đồng thời
  - M bit:  $D_{M-1}, D_{M-2}, \dots, D_2, D_1, D_0$
  - M thường là 8, 16, 32, 64 bit
- Ví dụ:
  - Máy tính có bus dữ liệu kết nối CPU với bộ nhớ là 64-bit  
→ Có thể trao đổi 8 byte nhớ ở một thời điểm



# Bus điều khiển

---

- Chức năng: vận chuyển các tín hiệu điều khiển
- Các loại tín hiệu điều khiển:
  - Các tín hiệu điều khiển đọc/ghi
  - Các tín hiệu điều khiển ngắt
  - Các tín hiệu điều khiển bus

# Một số tín hiệu điều khiển điển hình

- Các tín hiệu (phát ra từ CPU) điều khiển đọc/ghi:
  - *Memory Read* (MEMR): Tín hiệu điều khiển đọc dữ liệu từ một ngăn nhớ có địa chỉ xác định đưa lên bus dữ liệu.
  - *Memory Write* (MEMW): Tín hiệu điều khiển ghi dữ liệu có sẵn trên bus dữ liệu đến một ngăn nhớ có địa chỉ xác định.
  - *I/O Read* (IOR): Tín hiệu điều khiển đọc dữ liệu từ một cổng vào-ra có địa chỉ xác định đưa lên bus dữ liệu.
  - *I/O Write* (IOW): Tín hiệu điều khiển ghi dữ liệu có sẵn trên bus dữ liệu ra một cổng có địa chỉ xác định.

# Một số tín hiệu điều khiển điển hình (tiếp)

- Các tín hiệu điều khiển ngắt:
  - *Interrupt Request* (INTR): Tín hiệu từ bộ điều khiển vào-ra gửi đến yêu cầu ngắt CPU để trao đổi vào-ra. Tín hiệu INTR có thể bị che.
  - *Interrupt Acknowledge* (INTA): Tín hiệu phát ra từ CPU báo cho bộ điều khiển vào-ra biết CPU chấp nhận ngắt để trao đổi vào-ra.
  - *Non Maskable Interrupt* (NMI): tín hiệu ngắt không che được gửi đến ngắt CPU.
  - *Reset*: Tín hiệu từ bên ngoài gửi đến CPU và các thành phần khác để khởi động lại máy tính.

## Một số tín hiệu điều khiển điển hình (tiếp)

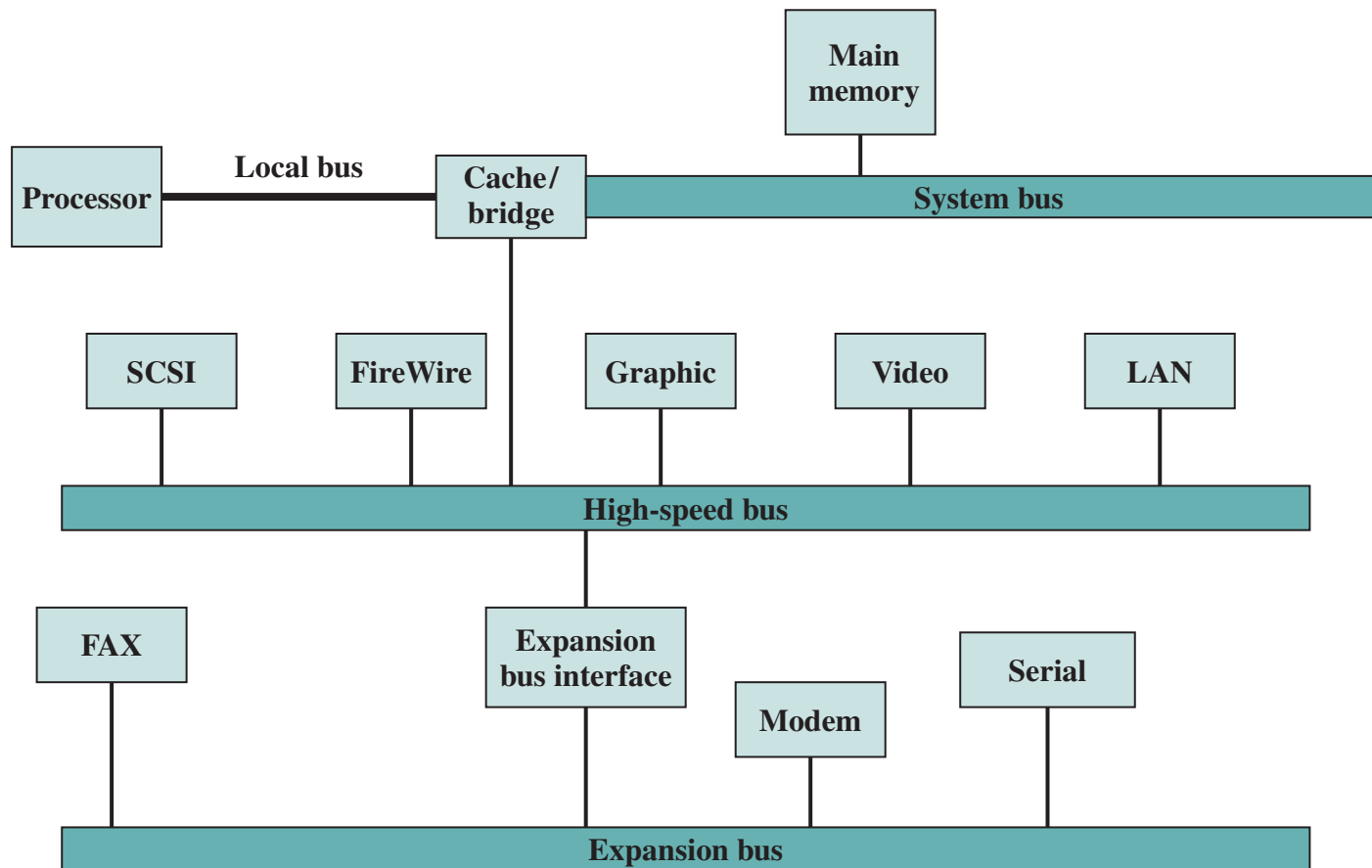
- Các tín hiệu điều khiển bus:
  - *Bus Request* (BRQ) : Tín hiệu từ mô-đun vào-ra gửi đến yêu cầu CPU chuyển nhượng quyền sử dụng bus.
  - *Bus Grant* (BGT): Tín hiệu phát ra từ CPU chấp nhận chuyển nhượng quyền sử dụng bus cho mô-đun vào-ra.
  - *Lock/ Unlock*: Tín hiệu *cấm/cho-phép* xin chuyển nhượng bus.

### 3. Phân cấp bus

- Đơn bus: Tất cả các mô-đun kết nối vào bus chung
  - Bus chỉ phục vụ được một yêu cầu trao đổi dữ liệu tại một thời điểm → độ trễ lớn
  - Bus phải có tốc độ bằng tốc độ bus của mô-đun nhanh nhất trong hệ thống
- Đa bus: Phân cấp thành nhiều bus cho các mô-đun khác nhau và có tốc độ khác nhau
  - Bus của bộ xử lý
  - Bus của RAM
  - Các bus vào-ra



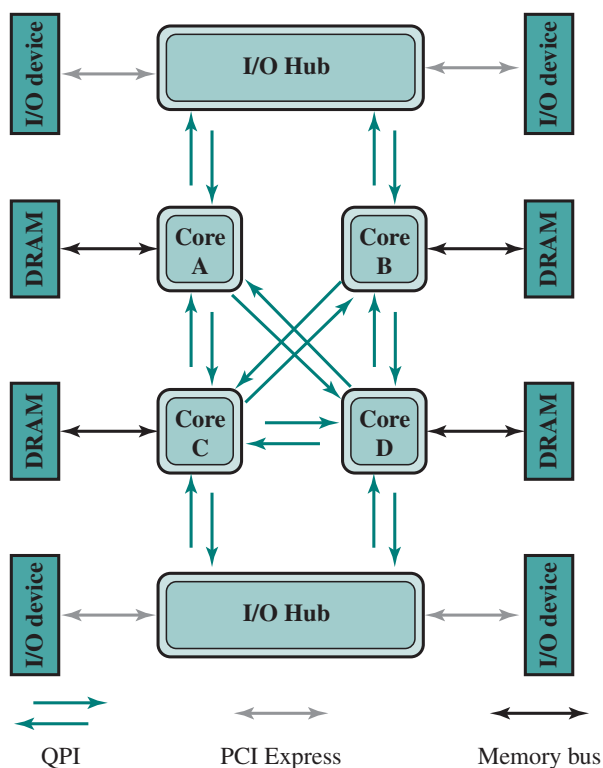
# Phân cấp bus



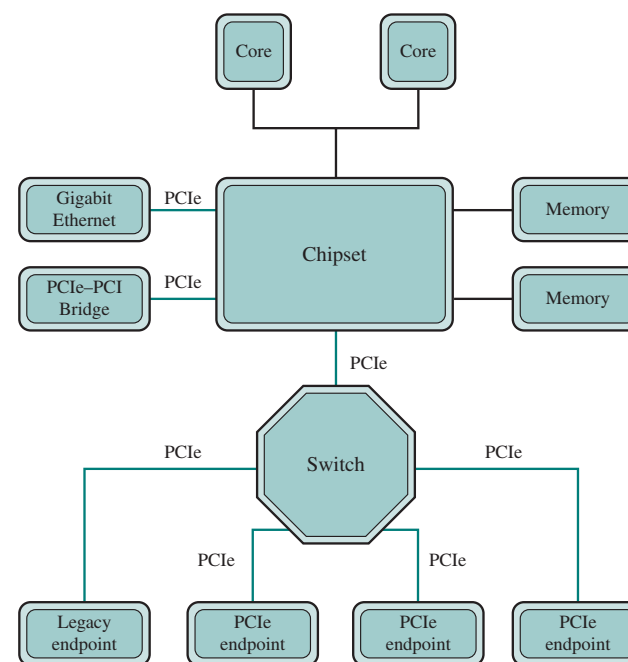
## 4. Kết nối điểm-điểm

- Point-to-point connection
- Khắc phục nhược điểm của bus dùng chung (shared bus)

Kết nối QPI



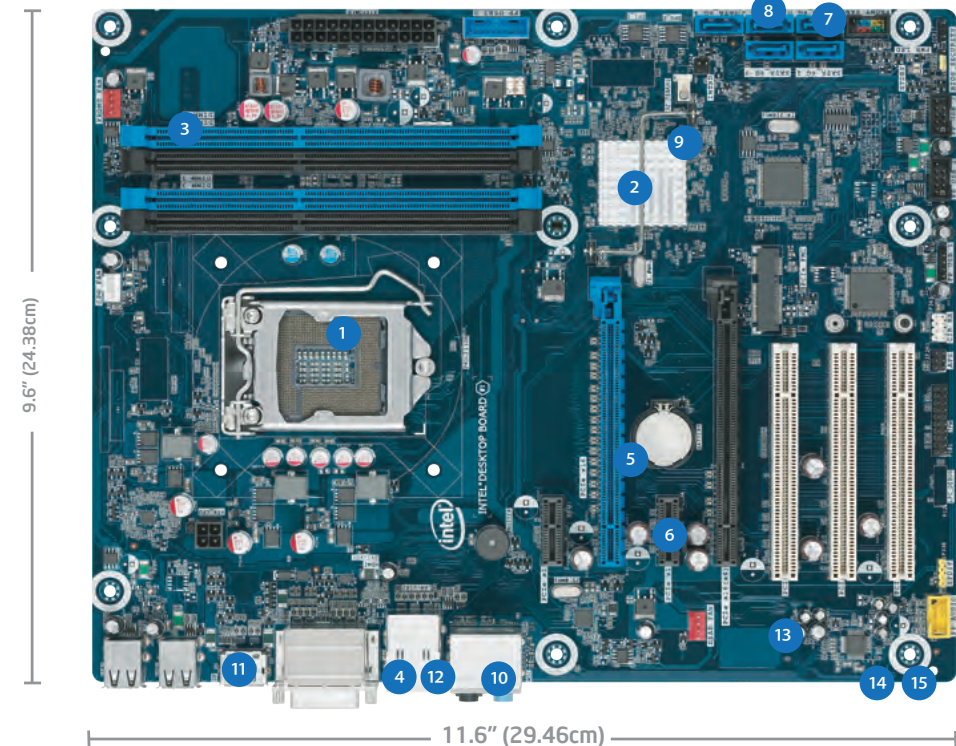
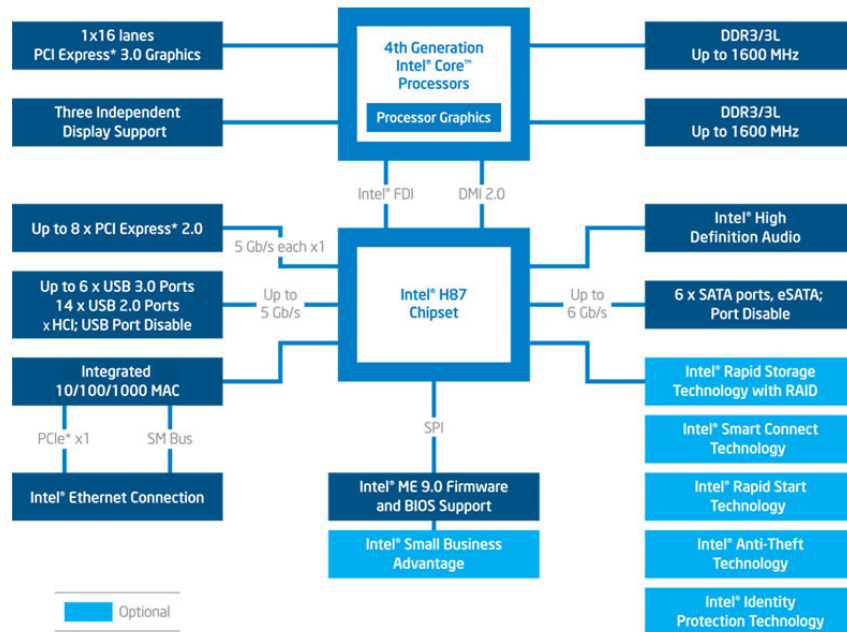
Kết nối PCIe



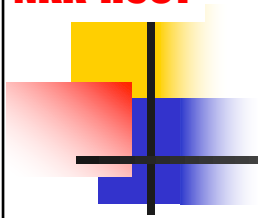
# Một số bus điển hình trong máy tính

- QPI (Quick Path Interconnect)
- PCI bus (Peripheral Component Interconnect): bus vào-ra đa năng
- PCIe: (PCI express) kết nối điểm-điểm đa năng tốc độ cao
- SATA (Serial Advanced Technology Attachment): Bus kết nối với ổ đĩa cứng hoặc ổ đĩa CD/DVD
- USB (Universal Serial Bus): Bus nối tiếp đa năng

# Ví dụ bus trong máy tính Intel



**HDMI®**  
HIGH-DEFINITION MULTIMEDIA INTERFACE



# Hết chương 3