

Chương 5: Hệ thống vào ra (IO)

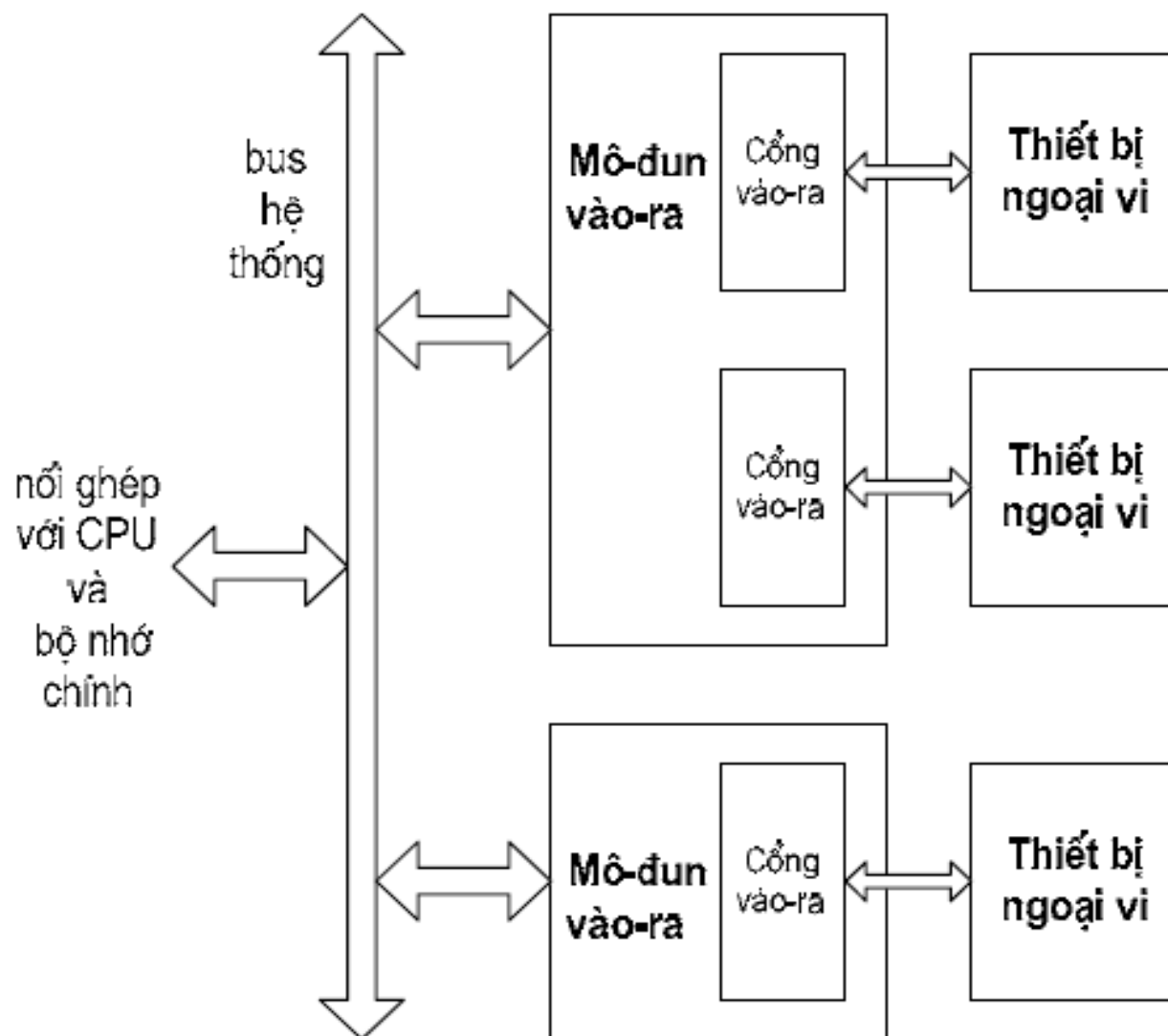
- 5.1. Tổng quan về hệ thống vào-ra
- 5.2. Các phương pháp điều khiển vào-ra
- 5.3. Nối ghép thiết bị ngoại vi
- 5.4. Các cổng vào-ra thông dụng trên PC

5.1. Tổng quan về hệ thống vào-ra

1. Giới thiệu chung

- Chức năng của hệ thống vào-ra: 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 ngoại vi
 - Các mô-đun vào-ra

Cấu trúc cơ bản của hệ thống vào-ra



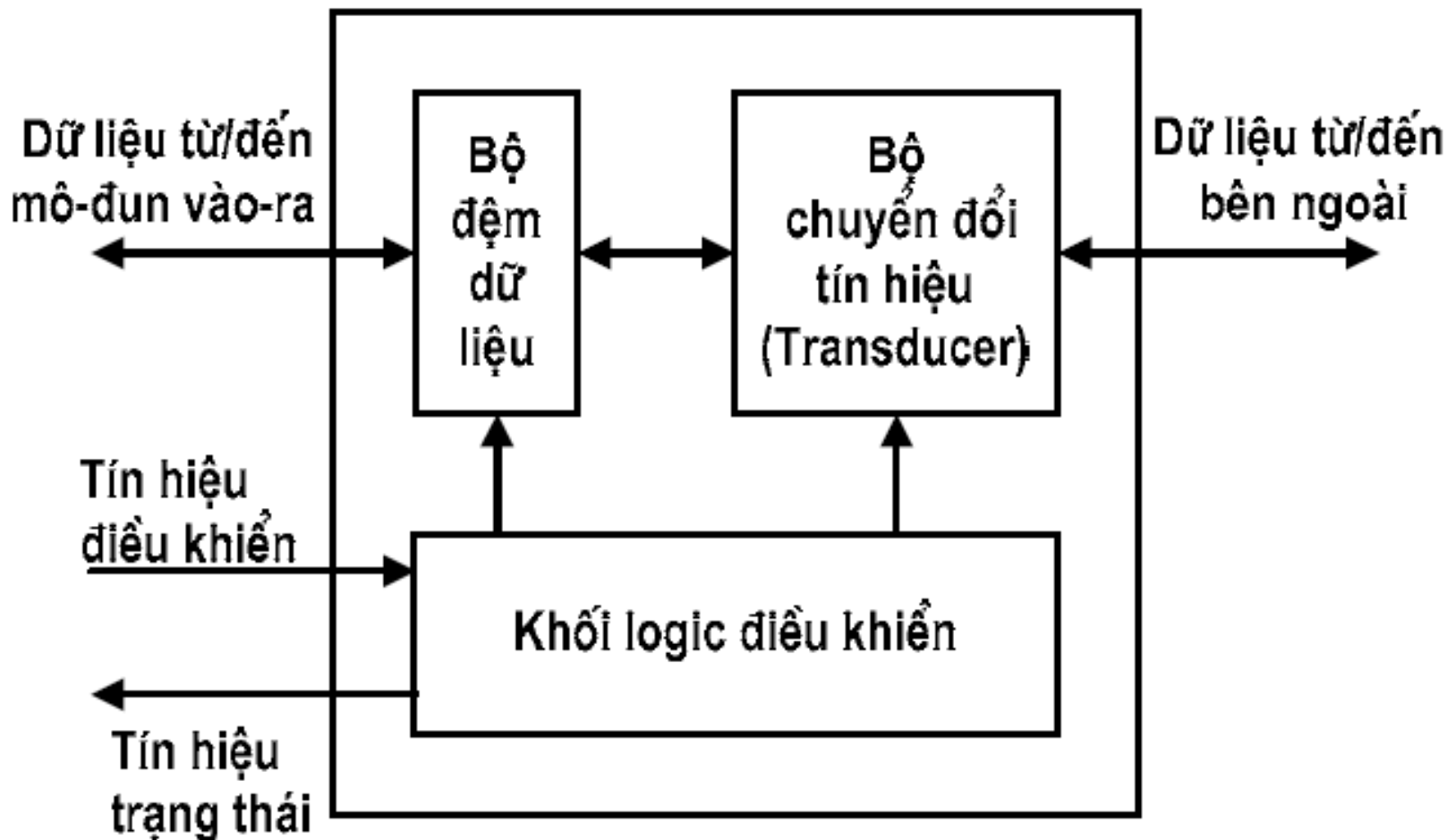
Đặc điểm của vào-ra

- Tồn tại đa dạng các thiết bị ngoại vi khác nhau về:
 - Nguyên tắc hoạt động
 - Tốc độ
 - Khuôn dạng dữ liệu
 - Tất cả các thiết bị ngoại vi đều chậm hơn CPU và RAM
- Cần có các mô-đun vào-ra để nối ghép các thiết bị ngoại vi với CPU và bộ nhớ chính

2. Các thiết bị ngoại vi

- Chức năng: chuyển đổi dữ liệu giữa bên trong và bên ngoài máy tính
- Phân loại:
 - Thiết bị ngoại vi giao tiếp người-máy: Bàn phím, Màn hình, Máy in,...
 - Thiết bị ngoại vi giao tiếp máy-máy: gồm các thiết bị theo dõi và kiểm tra
 - Thiết bị ngoại vi truyền thông: Modem, Network Interface Card (NIC)

Cấu trúc chung của thiết bị ngoại vi



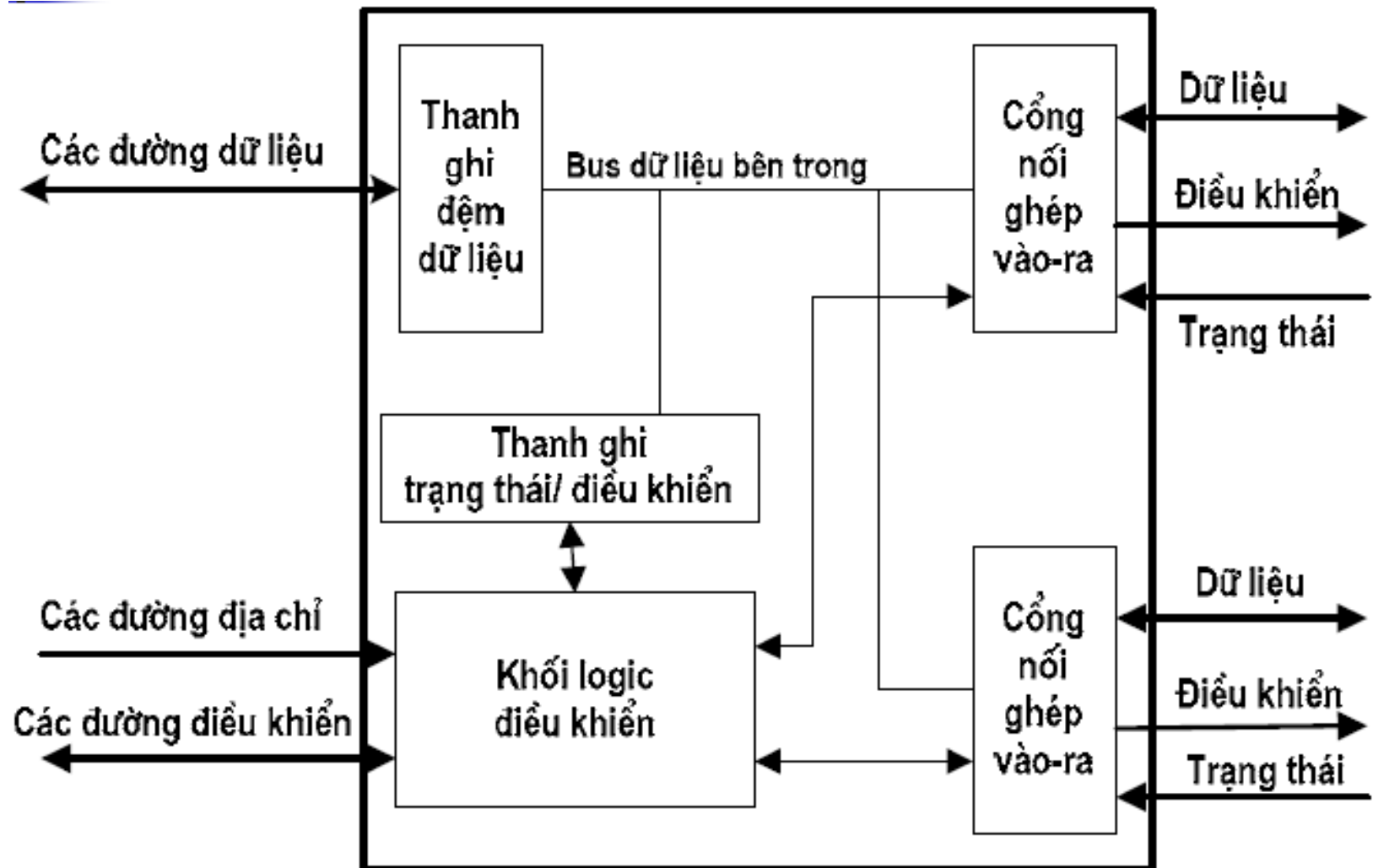
Các thành phần của thiết bị ngoại vi

- Bộ chuyển đổi tín hiệu: chuyển đổi dữ liệu giữa bên ngoài và bên trong máy tính
- Bộ đệm dữ liệu: đệm dữ liệu khi truyền giữa mô-đun vào-ra và thiết bị ngoại vi
- Khối logic điều khiển: điều khiển hoạt động của thiết bị ngoại vi đáp ứng theo yêu cầu từ mô-đun vào-ra

3. Mô-đun vào-ra

- Chức năng của mô-đun vào-ra:
 - Điều khiển và định thời
 - Trao đổi thông tin với CPU
 - Trao đổi thông tin với thiết bị ngoại vi
 - Đệm giữa bên trong máy tính với thiết bị ngoại vi
 - Phát hiện lỗi của thiết bị ngoại vi

Cấu trúc chung của mô-đun vào-ra



Các thành phần của mô-đun vào-ra

- Thanh ghi đệm dữ liệu: đệm dữ liệu trong quá trình trao đổi
- Các cổng vào-ra (I/O Port): kết nối với thiết bị ngoại vi, mỗi cổng có một địa chỉ xác định
- Thanh ghi trạng thái/điều khiển: lưu giữ thông tin trạng thái/điều khiển cho các cổng vào-ra
- Khối logic điều khiển: điều khiển mô-đun vào-ra

4. Địa chỉ hóa cổng vào-ra

a. Không gian địa chỉ của bộ xử lý

The diagram illustrates two memory spaces and their bit widths:

- Không gian địa chỉ bộ nhớ (Memory address space):**
 - N bit:** 000...000, 000...001, 000...010, 000...011, 000...100, 000...101
 - N₁ bit:** ., ., .
 - 11...11:** ., ., .
- Không gian địa chỉ vào-ra (I/O address space):**
 - N₁ bit:** ., ., .
 - 11...11:** ., .

Không gian địa chỉ của bộ xử lý (tiếp)

- Một số bộ xử lý chỉ quản lý duy nhất một không gian địa chỉ:
 - không gian địa chỉ bộ nhớ: 2^N địa chỉ
- Ví dụ: Các bộ xử lý 680x0 (Motorola)

Không gian địa chỉ của bộ xử lý (tiếp)

- Một số bộ xử lý quản lý hai không gian địa chỉ tách biệt:
 - Không gian địa chỉ bộ nhớ: 2^N địa chỉ
 - Không gian địa chỉ vào-ra: 2^{N1} địa chỉ
 - Có tín hiệu điều khiển phân biệt truy nhập không gian địa chỉ
 - Tập lệnh có các lệnh vào-ra chuyên dụng

Không gian địa chỉ của bộ xử lý (tiếp)

■ Ví dụ: Pentium (Intel)

- không gian địa chỉ bộ nhớ = 2^{32} byte = 4GB
- không gian địa chỉ vào-ra = 2^{16} byte = 64KB
- Tín hiệu điều khiển M / \overline{IO}
- Lệnh vào-ra chuyên dụng: IN, OUT

b. Các phương pháp địa chỉ hoá cổng vào-ra

- Vào-ra riêng biệt (Isolated IO hay IO mapped IO)
- Vào-ra theo ánh xạ bộ nhớ (Memory mapped IO)

Vào-ra riêng biệt

- Cổng vào-ra được đánh địa chỉ theo không gian địa chỉ vào-ra
- CPU trao đổi dữ liệu với cổng vào-ra thông qua các lệnh vào-ra chuyên dụng (IN, OUT)
- Chỉ có thể thực hiện trên các hệ thống có quản lý không gian địa chỉ vào-ra riêng biệt

Vào-ra theo ánh xạ bộ nhớ

- Cổng vào-ra được đánh địa chỉ theo không gian địa chỉ bộ nhớ
- Vào-ra giống như đọc/ghi bộ nhớ
- CPU trao đổi dữ liệu với cổng vào-ra thông qua các lệnh truy nhập dữ liệu bộ nhớ
- Có thể thực hiện trên mọi hệ thống

5.2. Các phương pháp điều khiển vào-ra

- Vào-ra bằng chương trình (Programmed IO)
- Vào-ra điều khiển bằng ngắt (Interrupt Driven IO)
- Truy nhập bộ nhớ trực tiếp – DMA (Direct Memory Access)

1. Vào-ra bằng chương trình

- Nguyên tắc chung: CPU điều khiển trực tiếp vào-ra bằng chương trình → cần phải lập trình vào-ra.

Các tín hiệu điều khiển vào-ra

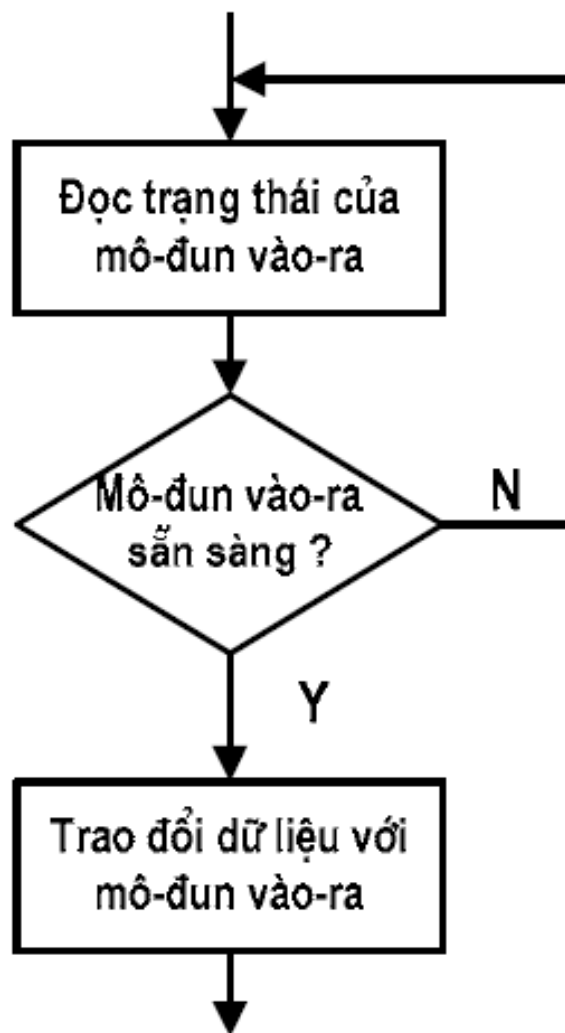
- Tín hiệu **điều khiển (Control)**: kích hoạt thiết bị ngoại vi
- Tín hiệu **kiểm tra (Test)**: kiểm tra trạng thái của mô-đun vào-ra và thiết bị ngoại vi
- Tín hiệu điều khiển **đọc (Read)**: yêu cầu mô-đun vào-ra nhận dữ liệu từ thiết bị ngoại vi và đưa vào thanh ghi đệm dữ liệu, rồi CPU nhận dữ liệu đó
- Tín hiệu điều khiển **ghi (Write)**: yêu cầu mô-đun vào-ra lấy dữ liệu trên bus dữ liệu đưa đến thanh ghi đệm dữ liệu rồi chuyển ra thiết bị ngoại vi



Các lệnh vào-ra

- Với vào-ra riêng biệt: sử dụng các lệnh vào-ra chuyên dụng (IN, OUT).
- Với vào-ra theo bản đồ bộ nhớ: sử dụng các lệnh trao đổi dữ liệu với bộ nhớ.

Lưu đồ đoạn chương trình vào-ra



Hoạt động của vào-ra bằng chương trình

- CPU yêu cầu thao tác vào-ra
- Mô-đun vào-ra thực hiện thao tác
- Mô-đun vào-ra thiết lập các bit trạng thái
- CPU kiểm tra các bit trạng thái:
 - Nếu chưa sẵn sàng thì quay lại kiểm tra
 - Nếu sẵn sàng thì chuyển sang trao đổi dữ liệu với mô-đun vào-ra

Đặc điểm

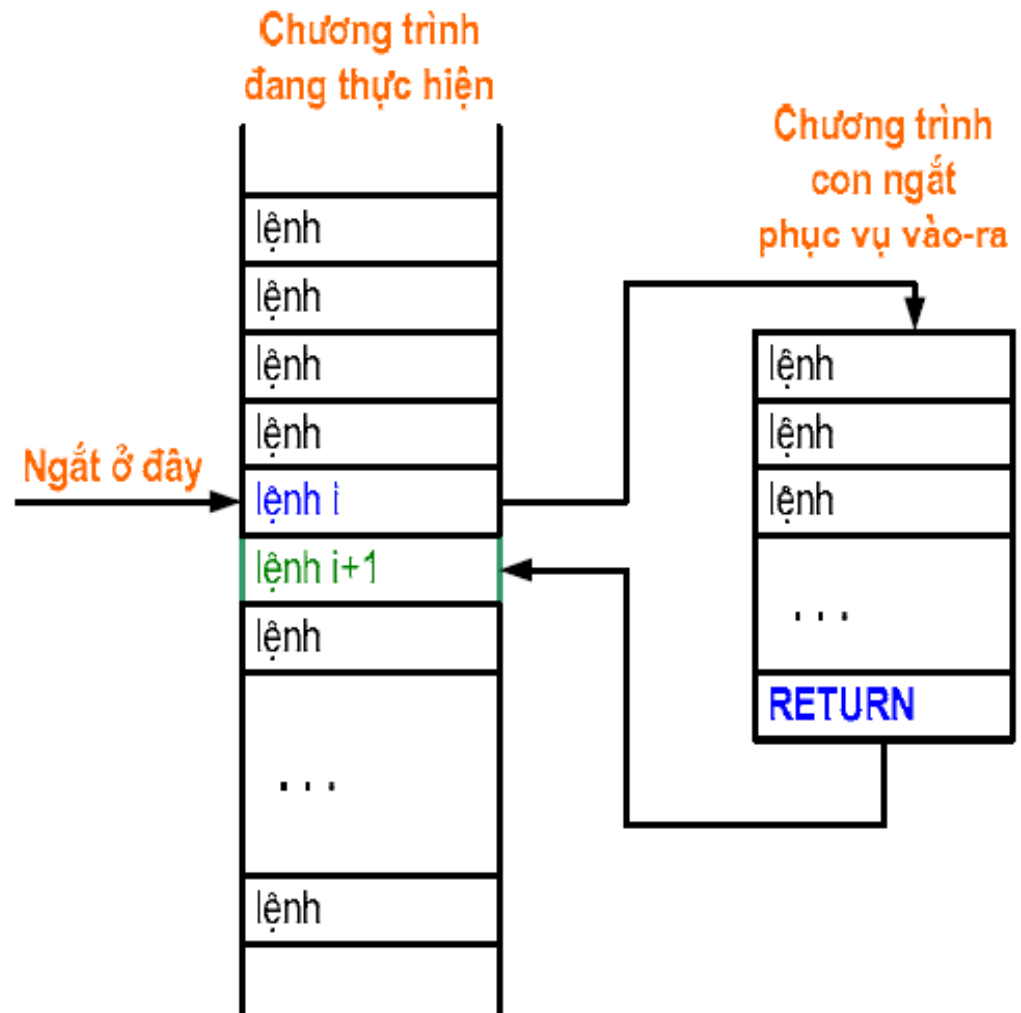
- Vào-ra do ý muốn của người lập trình
- CPU trực tiếp điều khiển vào-ra
- CPU đợi mô-đun vào-ra → tiêu tốn thời gian của CPU

2. Vào-ra điều khiển bằng ngắt

■ Nguyên tắc chung:

- CPU không phải đợi trạng thái sẵn sàng của mô-đun vào-ra, CPU thực hiện một chương trình nào đó
- Khi mô-đun vào-ra sẵn sàng thì nó phát tín hiệu ngắt CPU
- CPU thực hiện chương trình con vào-ra tương ứng để trao đổi dữ liệu
- CPU trở lại tiếp tục thực hiện chương trình đang bị ngắt

Chuyển điều khiển đến chương trình con ngắt



Hoạt động vào dữ liệu: nhìn từ mô-đun vào-ra

- Mô-đun vào-ra nhận tín hiệu điều khiển *đọc từ CPU*
- Mô-đun vào-ra nhận dữ liệu từ thiết bị ngoại vi, trong khi đó CPU làm việc khác
- Khi đã có dữ liệu → mô-đun vào-ra phát tín hiệu ngắt CPU
- CPU yêu cầu dữ liệu
- Mô-đun vào-ra chuyển dữ liệu đến CPU

Hoạt động vào dữ liệu: nhìn từ CPU

- Phát tín hiệu điều khiển **đọc**
- Làm việc khác
- Cuối mỗi chu trình lệnh, kiểm tra tín hiệu ngắt
- Nếu bị ngắt:
 - Cắt ngữ cảnh (nội dung các thanh ghi)
 - Thực hiện chương trình con ngắt để vào dữ liệu
 - Khôi phục ngữ cảnh của chương trình đang thực hiện

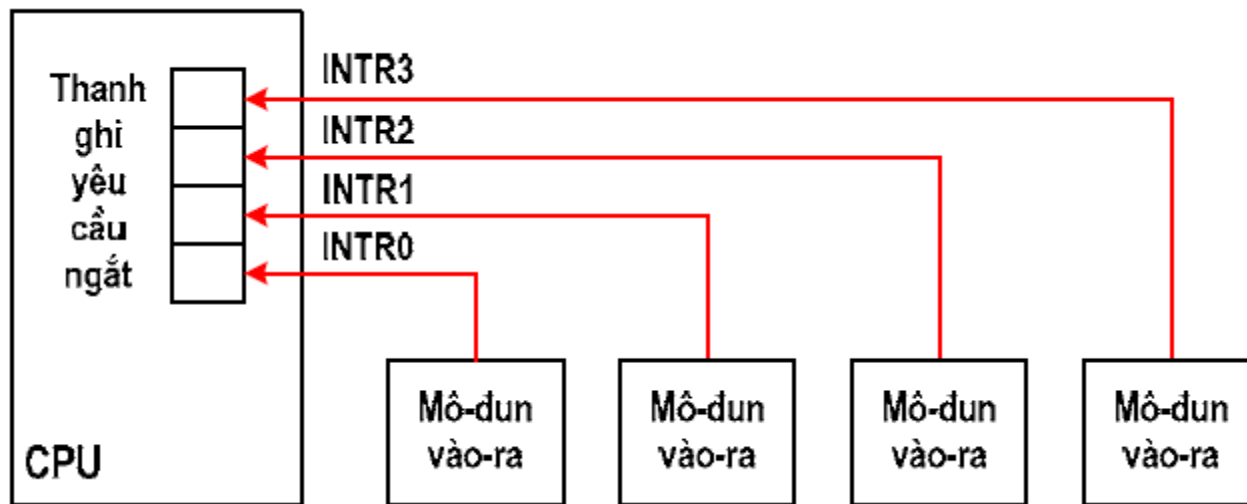
Các vấn đề nảy sinh khi thiết kế

- Làm thế nào để xác định được mô-đun vào-ra nào phát tín hiệu ngắt ?
- CPU làm như thế nào khi có nhiều yêu cầu ngắt cùng xảy ra ?

Các phương pháp nối ghép ngắt

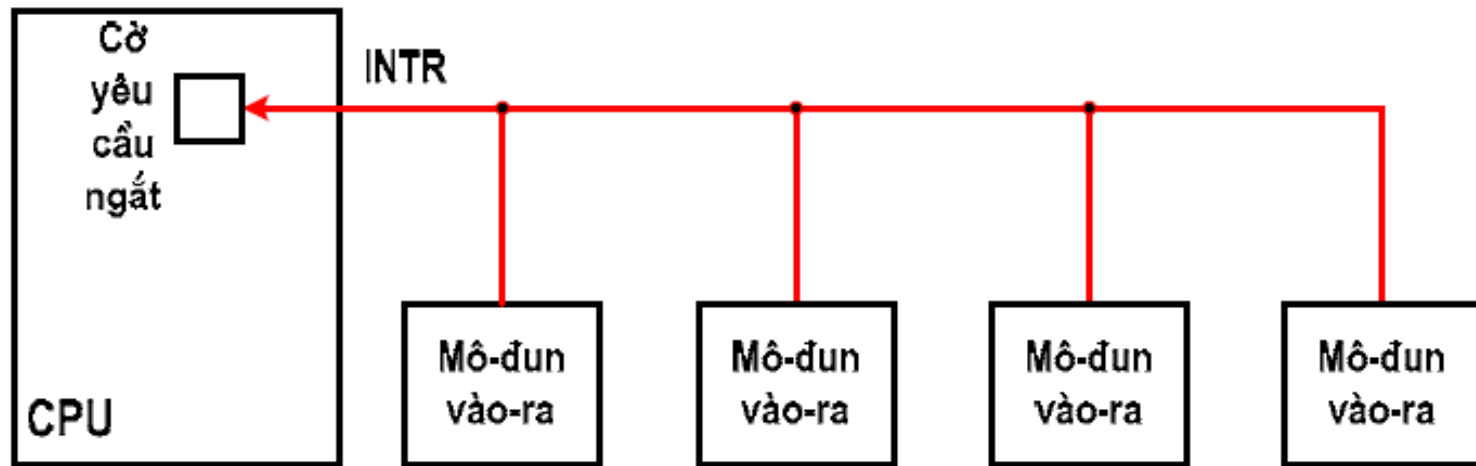
- Sử dụng nhiều đường yêu cầu ngắt
- Hỏi vòng bằng phần mềm (Software Poll)
- Hỏi vòng bằng phần cứng (Daisy Chain or Hardware Poll)
- Sử dụng bộ điều khiển ngắt (PIC)

Nhiều đường yêu cầu ngắt



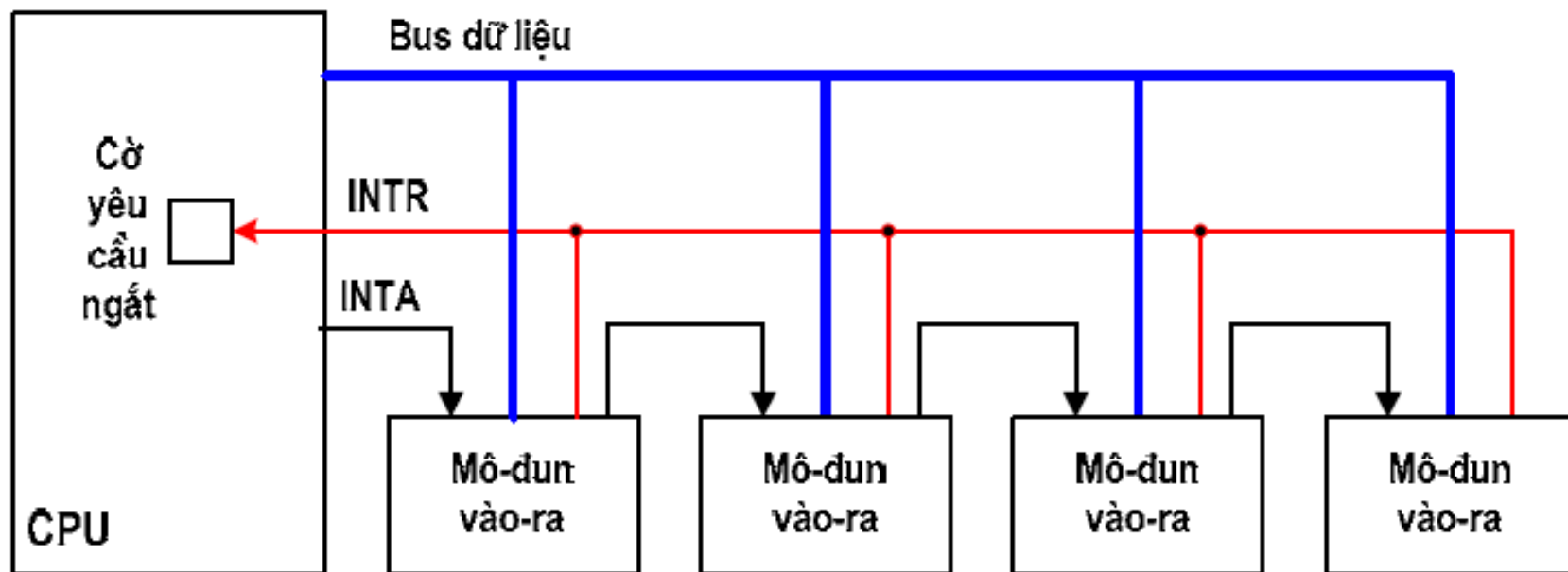
- Mỗi mô-đun vào-ra được nối với một đường yêu cầu ngắt
- CPU phải có nhiều đường tín hiệu yêu cầu ngắt
- Hạn chế số lượng mô-đun vào-ra
- Các đường ngắt được quy định mức ưu tiên

Hỏi vòng bằng phần mềm



- CPU thực hiện phần mềm hỏi lần lượt từng mô-đun vào-ra
- Chậm
- Thứ tự các mô-đun được hỏi vòng chính là thứ tự ưu tiên

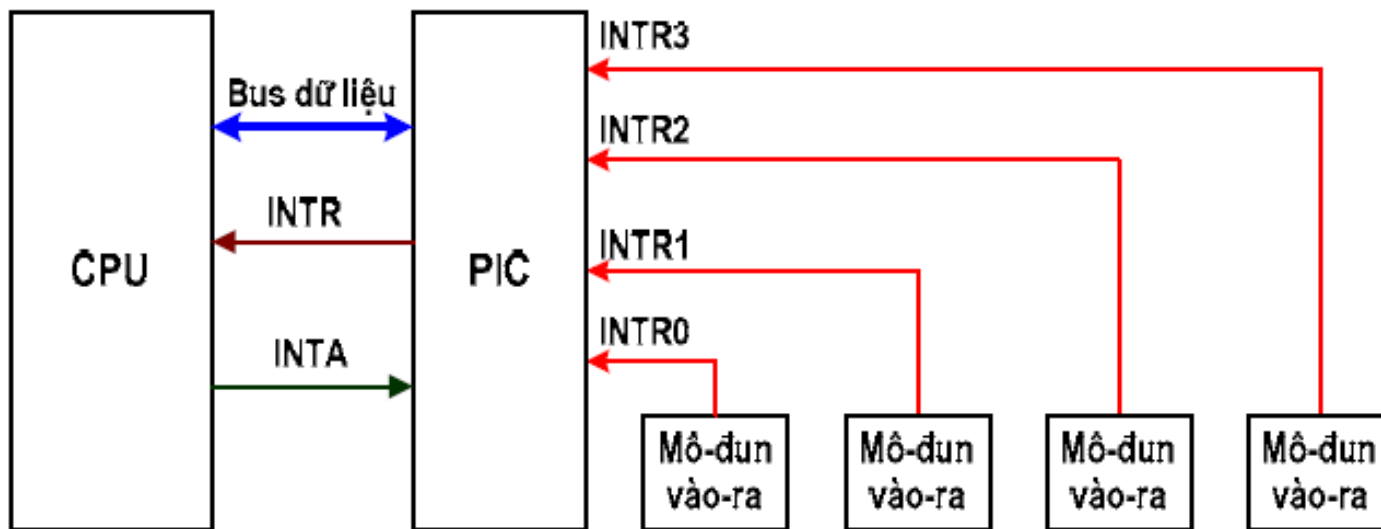
Hỏi vòng bằng phần cứng



Kiểm tra vòng bằng phần cứng (tiếp)

- CPU phát tín hiệu chấp nhận ngắt (INTA) đến mô-đun vào-ra đầu tiên
- Nếu mô-đun vào-ra đó không gây ra ngắt thì nó gửi tín hiệu đến mô-đun kế tiếp cho đến khi xác định được mô-đun gây ngắt
- Thứ tự các mô-đun vào-ra kết nối trong chuỗi xác định thứ tự ưu tiên

Bộ điều khiển ngắt lập trình được



- PIC – Programmable Interrupt Controller
- PIC có nhiều đường vào yêu cầu ngắt có qui định mức ưu tiên
- PIC chọn một yêu cầu ngắt không bị cấm có mức ưu tiên cao nhất gửi tới CPU

Đặc điểm của vào-ra điều khiển bằng ngắt

- Có sự kết hợp giữa phần cứng và phần mềm
- Phần cứng: gây ngắt CPU
- Phần mềm: trao đổi dữ liệu
- CPU trực tiếp điều khiển vào-ra
- CPU không phải đợi mô-đun vào-ra → hiệu quả sử dụng CPU tốt hơn

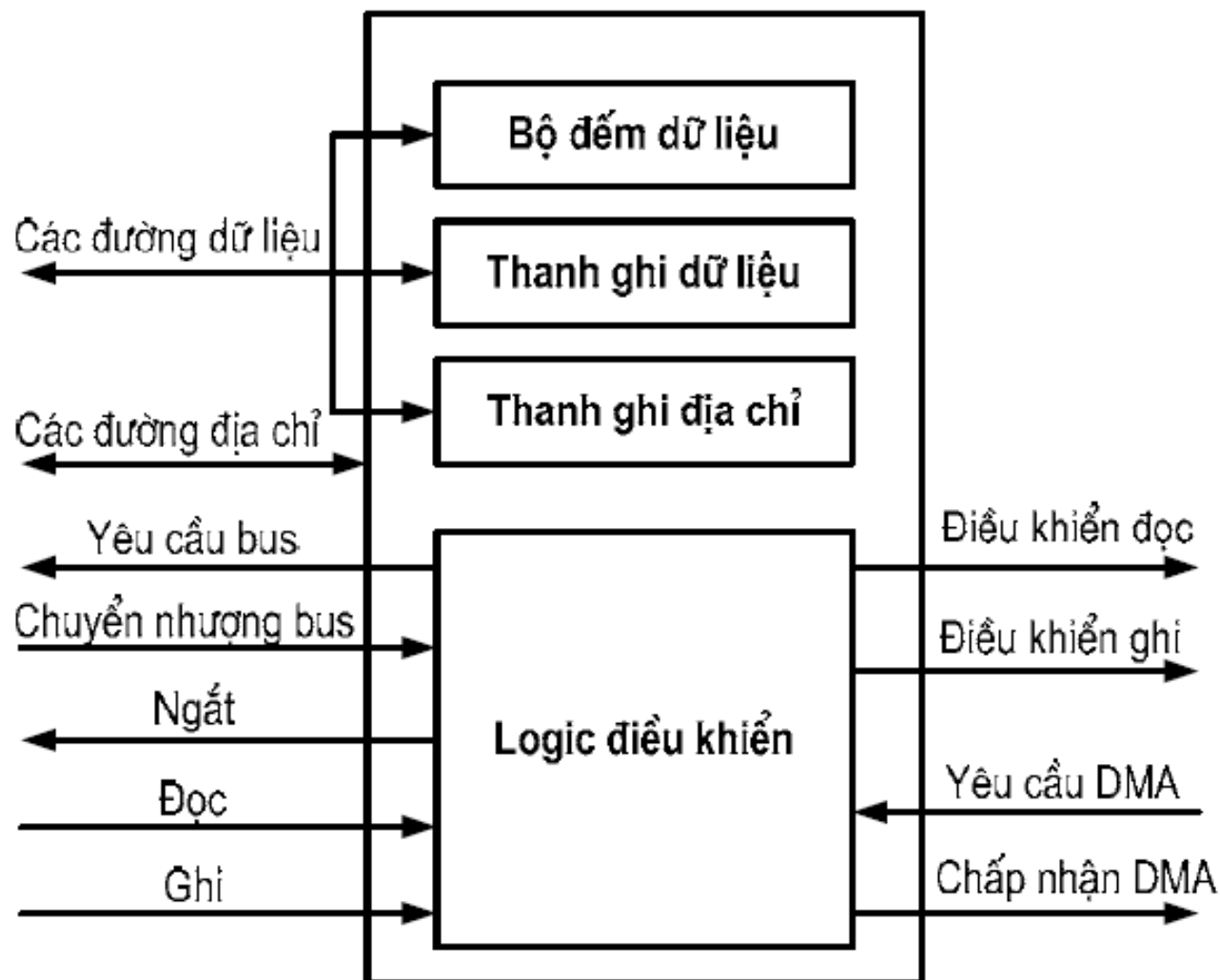
Ngắt của 80x86

- Tổ chức kiểu vector ngắt
- Số hiệu ngắt: n (00-FF)
- Bảng vector ngắt: $256 \times 4 \text{ byte} = 1024 \text{ bytes}$
00000 – 003FF
- Lệnh INT n

3. DMA (Direct Memory Access)

- Vào-ra bằng chương trình và bằng ngắt do CPU trực tiếp điều khiển:
 - Chiếm thời gian của CPU
 - Tốc độ truyền bị hạn chế vì phải chuyển qua CPU
- Để khắc phục dùng DMA
- Thêm mô-đun phần cứng trên bus → DMAC (Controller)
- DMAC điều khiển trao đổi dữ liệu giữa môđun vào-ra với bộ nhớ chính

Sơ đồ cấu trúc của DMAC



Các thành phần của DMAC

- Thanh ghi dữ liệu: chứa dữ liệu trao đổi
- Thanh ghi địa chỉ: chứa địa chỉ ngăn nhớ dữ liệu
- Bộ đếm dữ liệu: chứa số từ dữ liệu cần trao đổi
- Logic điều khiển: điều khiển hoạt động của DMAC

Hoạt động DMA

■ CPU “nói” cho DMAC

- Vào hay Ra dữ liệu
- Địa chỉ thiết bị vào-ra (cổng vào-ra tương ứng)
- Địa chỉ đầu của mảng nhớ chứa dữ liệu → nạp vào thanh ghi địa chỉ
- Số từ dữ liệu cần truyền → nạp vào bộ đếm dữ liệu

■ CPU làm việc khác

■ DMAC điều khiển trao đổi dữ liệu

■ Sau khi truyền được một từ dữ liệu thì:

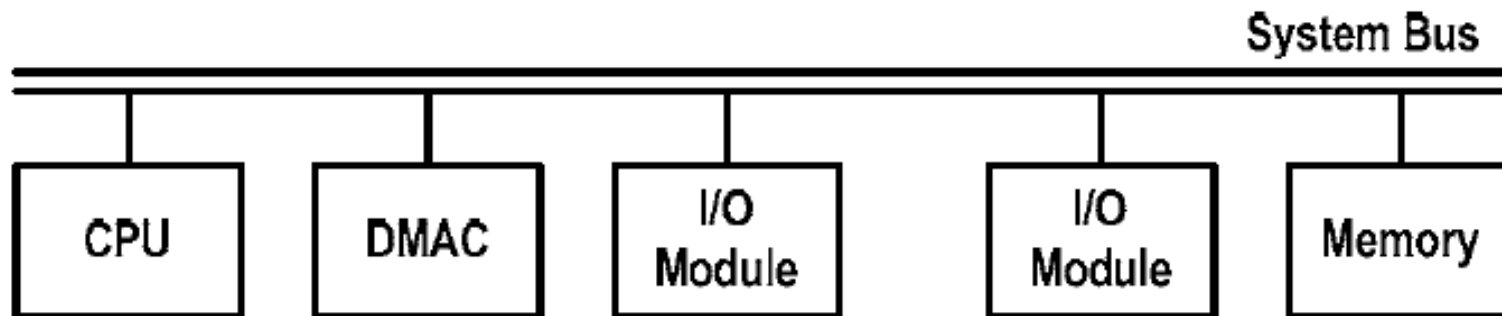
- nội dung thanh ghi địa chỉ tăng
- nội dung bộ đếm dữ liệu giảm

■ Khi bộ đếm dữ liệu = 0, DMAC gửi tín hiệu ngắt CPU để báo kết thúc DMA

Các kiểu thực hiện DMA

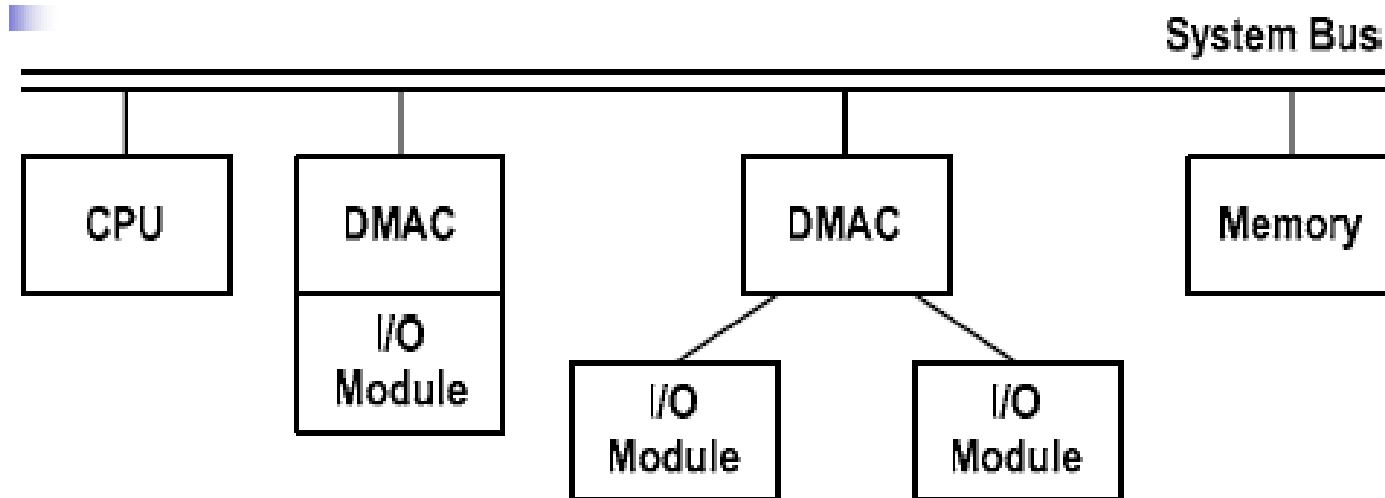
- DMA truyền theo khối (Block-transfer DMA): DMAC sử dụng bus để truyền xong cả khối dữ liệu
- DMA lấy chu kỳ (Cycle Stealing DMA): DMAC cưỡng bức CPU treo tạm thời từng chu kỳ bus, DMAC chiếm bus thực hiện truyền một từ dữ liệu.
- DMA trong suốt (Transparent DMA): DMAC nhận biết những chu kỳ nào CPU không sử dụng bus thì chiếm bus để trao đổi một từ dữ liệu.

Cấu hình DMA (1)



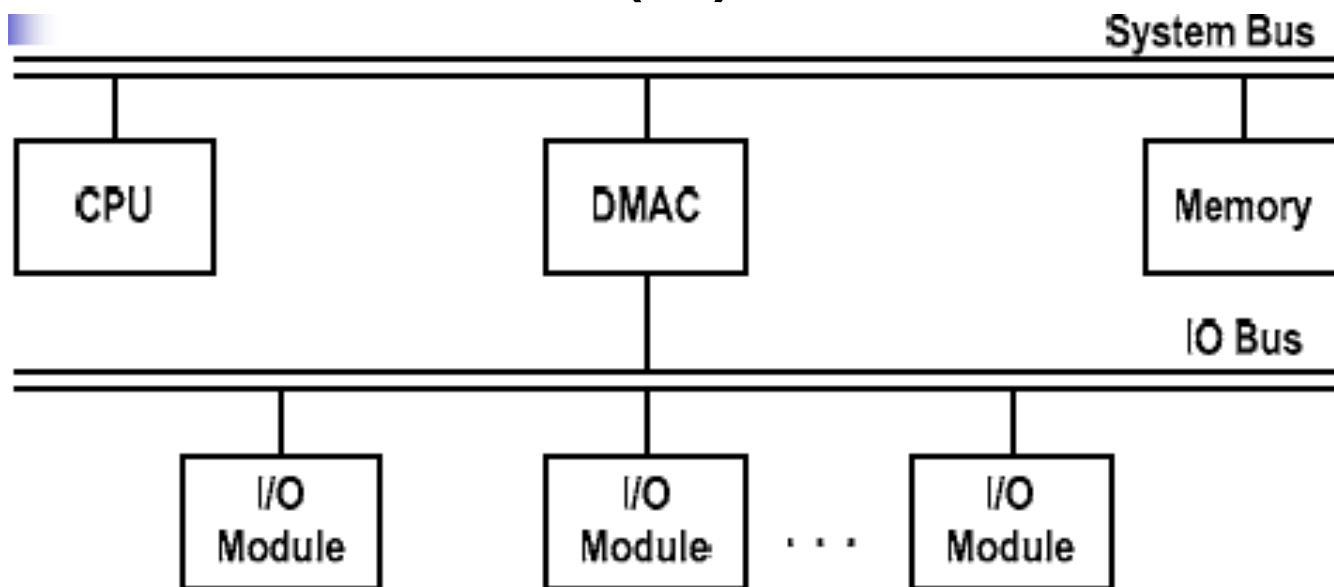
- Mỗi lần truyền, DMAC sử dụng bus hai lần
 - Giữa mô-đun vào-ra với DMAC
 - Giữa DMAC với bộ nhớ

Cấu hình DMA (2)



- DMAC điều khiển một hoặc vài mô-đun vào-ra
- Mỗi lần truyền, DMAC sử dụng bus một lần
 - Giữa DMAC với bộ nhớ

Cấu hình DMA (3)



- Bus vào-ra tách rời hỗ trợ tất cả các thiết bị cho phép DMA
- Mỗi lần truyền, DMAC sử dụng bus một lần
 - Giữa DMAC với bộ nhớ

Đặc điểm của DMA

- CPU không tham gia trong quá trình trao đổi dữ liệu
- DMAC điều khiển trao đổi dữ liệu giữa bộ nhớ chính với mô-đun vào-ra (hoàn toàn bằng phần cứng)→ tốc độ nhanh
- Phù hợp với các yêu cầu trao đổi mảng dữ liệu có kích thước lớn

4. Kênh vào-ra hay là bộ xử lý vào-ra

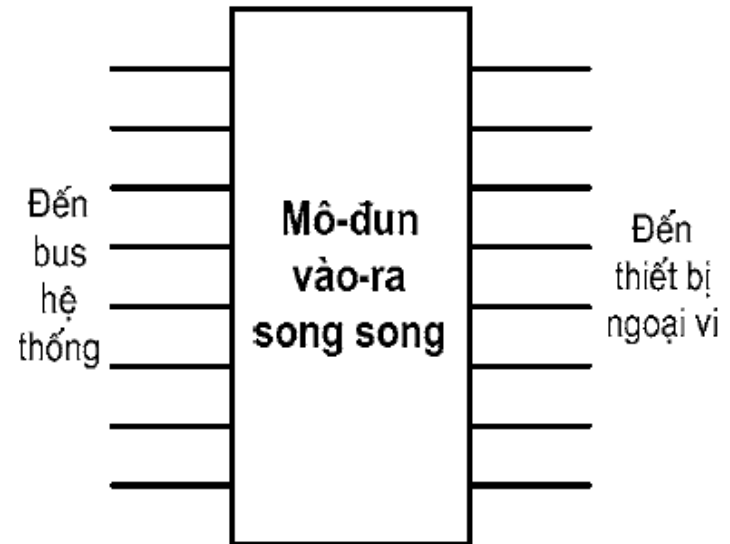
- Việc điều khiển vào-ra được thực hiện bởi một bộ xử lý vào-ra chuyên dụng
- Bộ xử lý vào-ra hoạt động theo chương trình của riêng nó
- Chương trình của bộ xử lý vào-ra có thể nằm trong bộ nhớ chính hoặc nằm trong một bộ nhớ riêng
- Hoạt động theo kiến trúc đa xử lý

5.3. Nối ghép thiết bị ngoại vi

1. Các kiểu nối ghép vào-ra

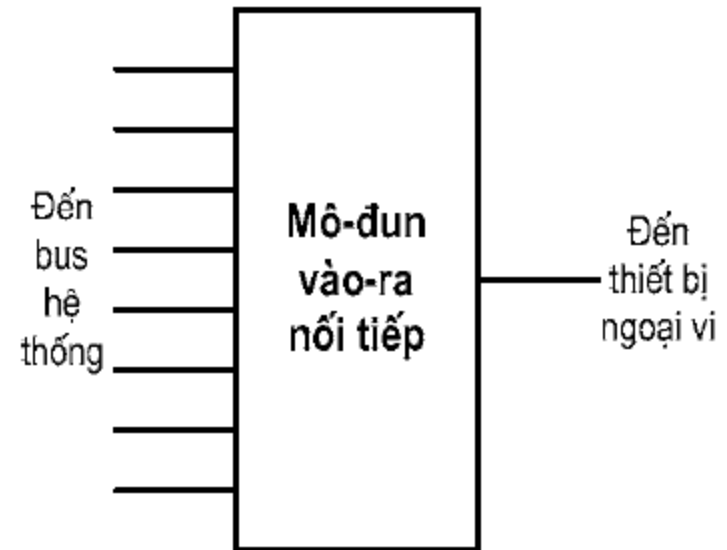
- Nối ghép song song
- Nối ghép nối tiếp

Nối ghép song song



- Truyền nhiều bit song song
- Tốc độ nhanh
- Cần nhiều đường truyền dữ liệu

Nối ghép nối tiếp



- Truyền lần lượt từng bit
- Cần có bộ chuyển đổi từ dữ liệu song song sang nối tiếp hoặc/và ngược lại
- Tốc độ chậm hơn
- Cần ít đường truyền dữ liệu

2. Các cấu hình nối ghép

■ Điểm tới điểm (Point to Point)

- Thông qua một cổng vào-ra nối ghép với một thiết bị ngoại vi

■ Điểm tới đa điểm (Point to Multipoint)

- Thông qua một cổng vào-ra cho phép nối ghép được với nhiều thiết bị ngoại vi
- Ví dụ:
 - SCSI (Small Computer System Interface): 7 hoặc 15 thiết bị
 - USB (Universal Serial Bus): 127 thiết bị
 - IEEE 1394 (FireWire): 63 thiết bị

5.4. Các cổng vào-ra thông dụng trên PC

- Các cổng PS/2: nối ghép bàn phím và chuột
- Cổng nối ghép màn hình
- Cổng LPT (Line Printer): nối ghép với máy in, là cổng song song (Parallel Port) – 25 chân
- Cổng COM (Communication): nối ghép với MODEM, là cổng nối tiếp (Serial Port) - 9 hoặc 25 chân
- Cổng USB (Universal Serial Bus): Cổng nối tiếp đa năng, cho phép nối ghép tối đa 127 thiết bị, nhờ các USB Hub
- ...



Hết Chương 5