

# **Chương 10**

## **Hệ thống IO (Input Output System)**

# Nội dung

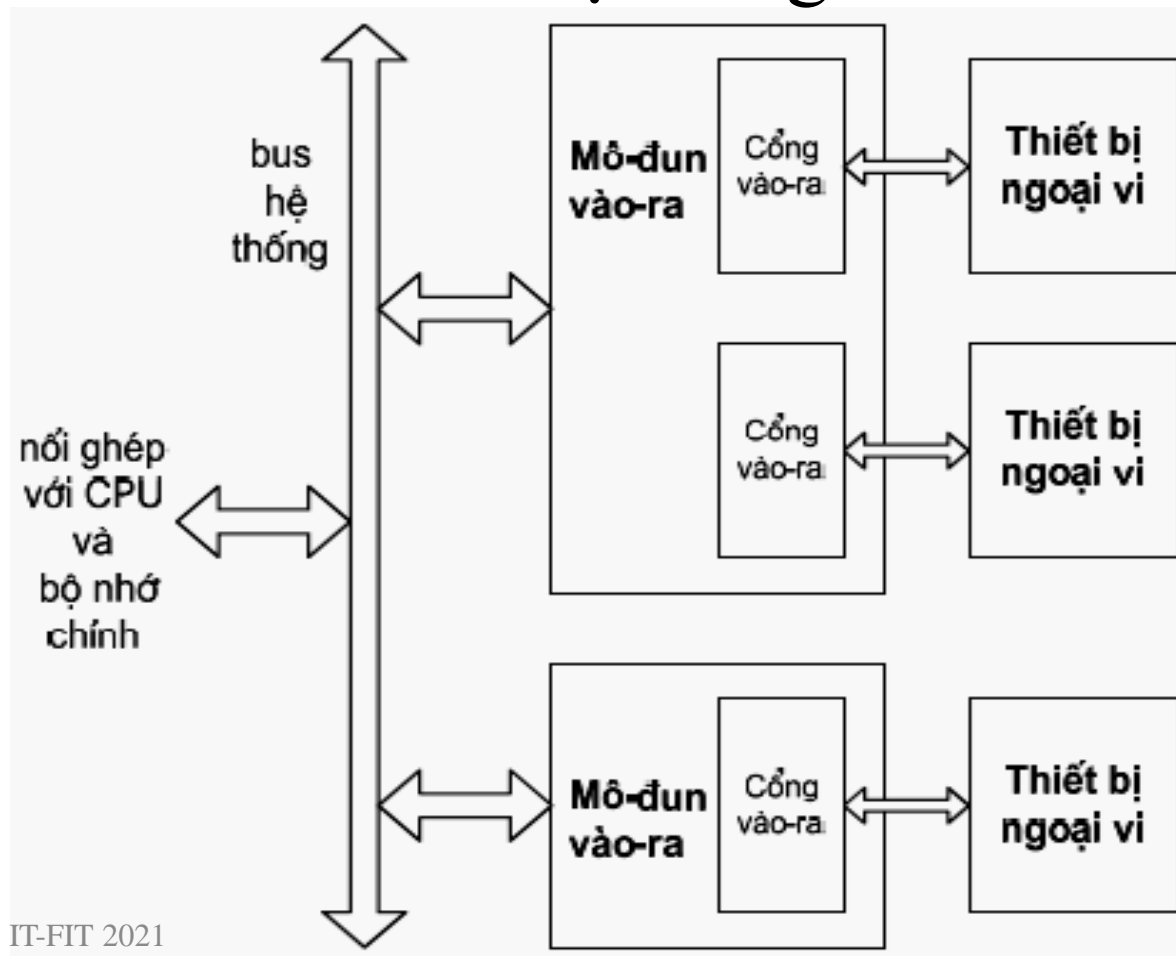
- Tổng quan về hệ thống IO
- Điều khiển IO
- Nối ghép thiết bị ngoại vi
- Các thiết bị ngoại vi thông dụng

# Tổng quan về hệ thống IO

- Giới thiệu chung
  - Chức năng của hệ thống IO: Trao đổi thông tin giữa máy tính với thế giới bên ngoài
  - Các thao tác cơ bản:
    - Nhập dữ liệu (Input)
    - Xuất dữ liệu (Output)
  - Các thành phần chính:
    - Các thiết bị ngoại vi
    - Các mô-đun IO (IO module)
  - Tất cả các thiết bị ngoại vi đều chậm hơn CPU và RAM → Cần có các mô-đun IO để nối ghép các thiết bị ngoại vi với CPU và bộ nhớ chính

# Tổng quan về hệ thống IO

- Cấu trúc cơ bản của hệ thống IO

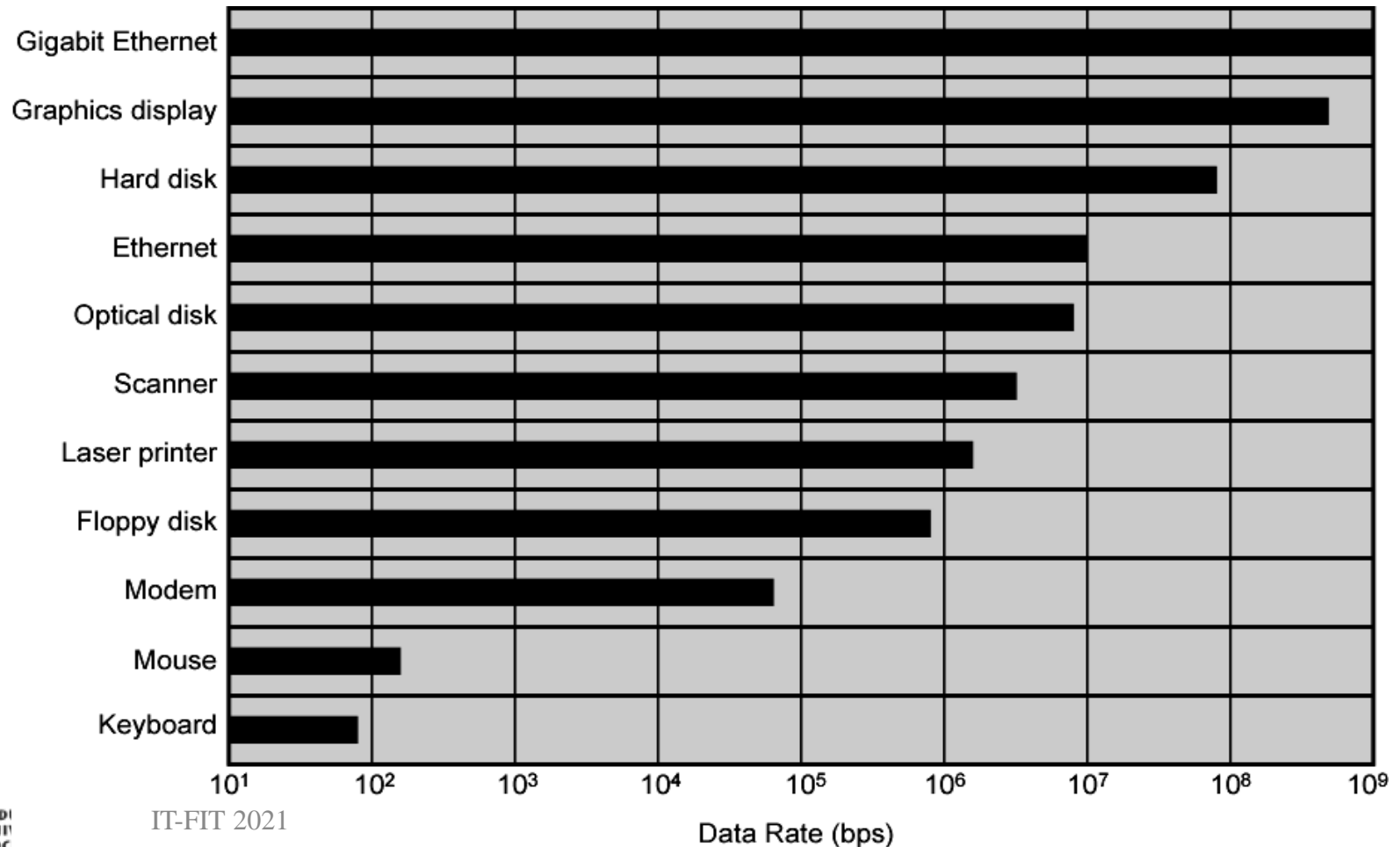


# Tổng quan về hệ thống IO

- 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 (người đọc): Bàn phím, Màn hình, Máy in,...
    - Thiết bị ngoại vi giao tiếp máy-máy (máy đọc): Đĩa cứng, CDROM, USB,...
    - Thiết bị ngoại vi truyền thông: Modem, Network Interface Card (NIC)

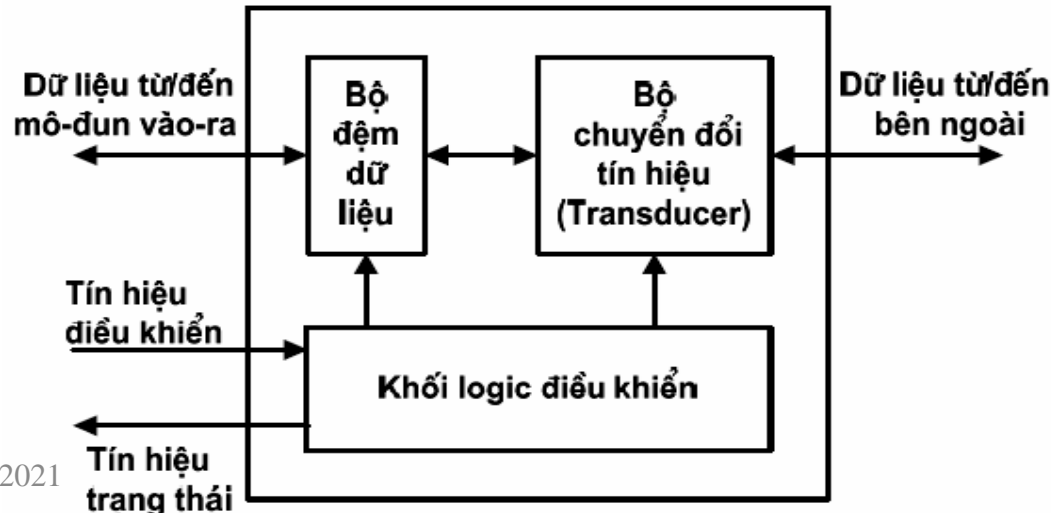
# Tổng quan về hệ thống IO

- Tốc độ 1 số TBNV



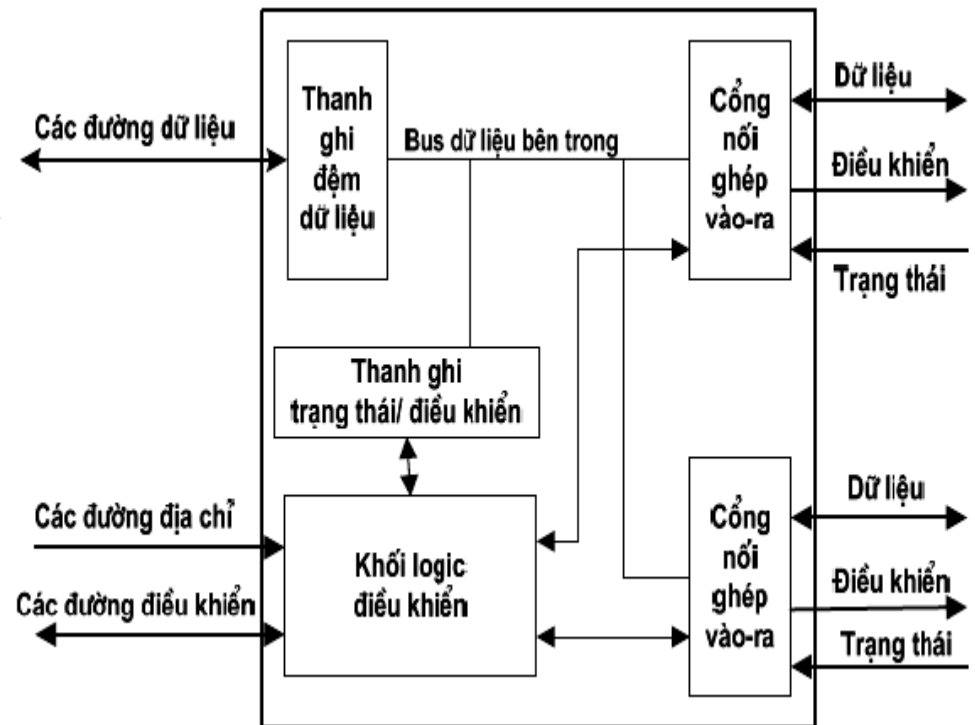
# Tổng quan về hệ thống IO

- 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 IO 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 IO



# Tổng quan về hệ thống IO

- Chức năng của mô-đun IO:
  - Điều khiển và định thời
  - Trao đổi thông tin với CPU hoặc bộ nhớ chính
  - 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





# Tổng quan về hệ thống IO

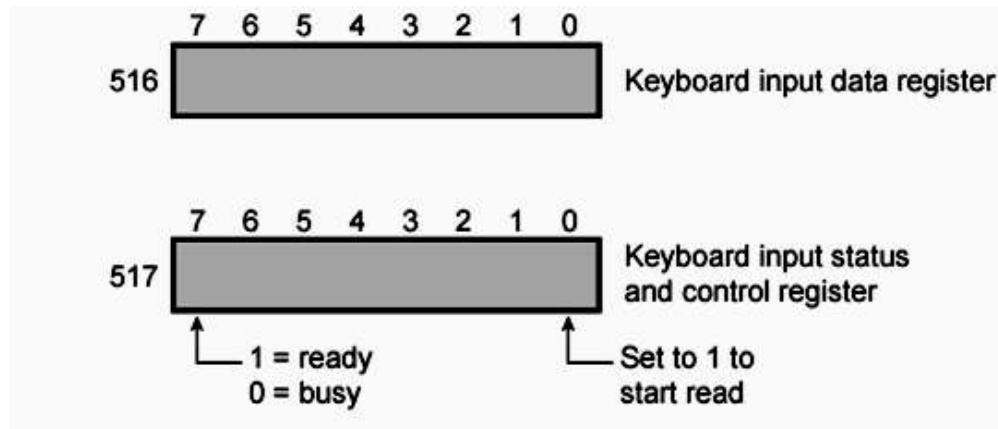
- Không gian địa chỉ của CPU
  - Một số CPU quản lý duy nhất một không gian địa chỉ:
    - Không gian địa chỉ bộ nhớ:  $2^M$  địa chỉ
  - Một số CPU quản lý hai không gian địa chỉ tách biệt:
    - Không gian địa chỉ bộ nhớ:  $2^M$  địa chỉ
    - Không gian địa chỉ IO:  $2^I$  địa chỉ
    - Có tín hiệu điều khiển phân biệt truy nhập không gian địa chỉ
    - Tập lệnh có các lệnh IO chuyên dụng
  - Ví dụ: CPU Intel Pentium 4
    - Không gian địa chỉ bộ nhớ =  $2^{36}$  byte = 64GB
    - Không gian địa chỉ IO =  $2^{16}$  byte = 64KB
    - Lệnh IO chuyên dụng: IN, OUT

# Tổng quan về hệ thống IO

- Các phương pháp địa chỉ hoá cổng IO
  - IO riêng biệt (Isolated IO, IO mapped IO)
    - Cổng IO được đánh địa chỉ theo không gian địa chỉ IO
    - CPU trao đổi dữ liệu với cổng IO thông qua các lệnh IO chuyên dụng (IN, OUT)
    - Chỉ có thể thực hiện trên các hệ thống có quản lý không gian địa chỉ IO riêng biệt
  - IO theo bộ nhớ (Memory mapped IO)
    - Cổng IO được đánh địa chỉ theo không gian địa chỉ bộ nhớ
    - IO giống như đọc/ghi bộ nhớ
    - CPU trao đổi dữ liệu với cổng IO thông qua các lệnh truy nhập dữ liệu bộ nhớ
    - Có thể thực hiện trên mọi hệ thống

# Tổng quan về hệ thống IO

- Ví dụ: So sánh 2 phương pháp IO



ADDRESS	INSTRUCTION	OPERAND	COMMENT
200	Load AC	"1"	Load accumulator
	Store AC	517	Initiate keyboard read
202	Load AC	517	Get status byte
	Branch if Sign = 0	202	Loop until ready
	Load AC	516	Load data byte

(a) Memory-mapped I/O

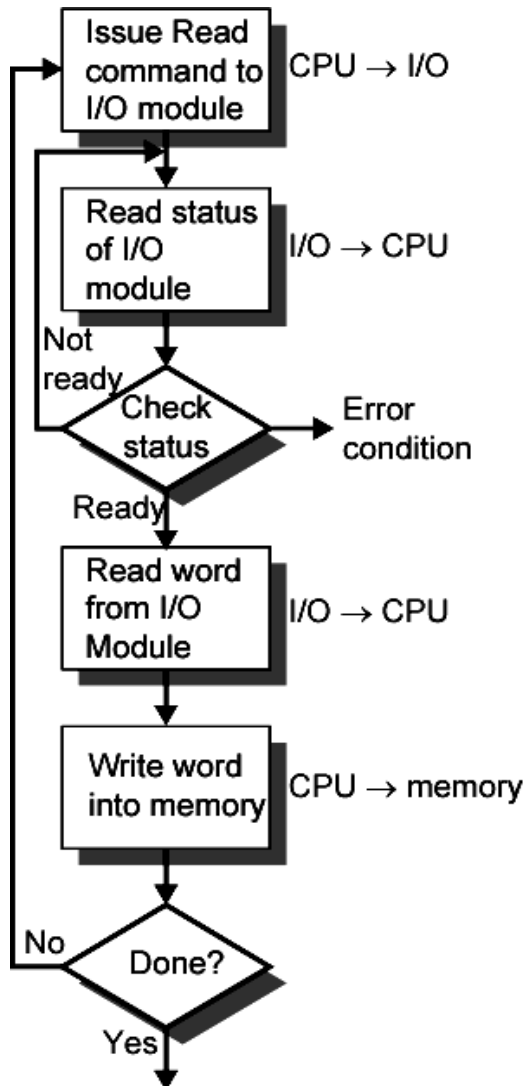
ADDRESS	INSTRUCTION	OPERAND	COMMENT
200	Load I/O	5	Initiate keyboard read
201	Test I/O	5	Check for completion
	Branch Not Ready	201	Loop until complete
	In	5	Load data byte

(b) Isolated I/O

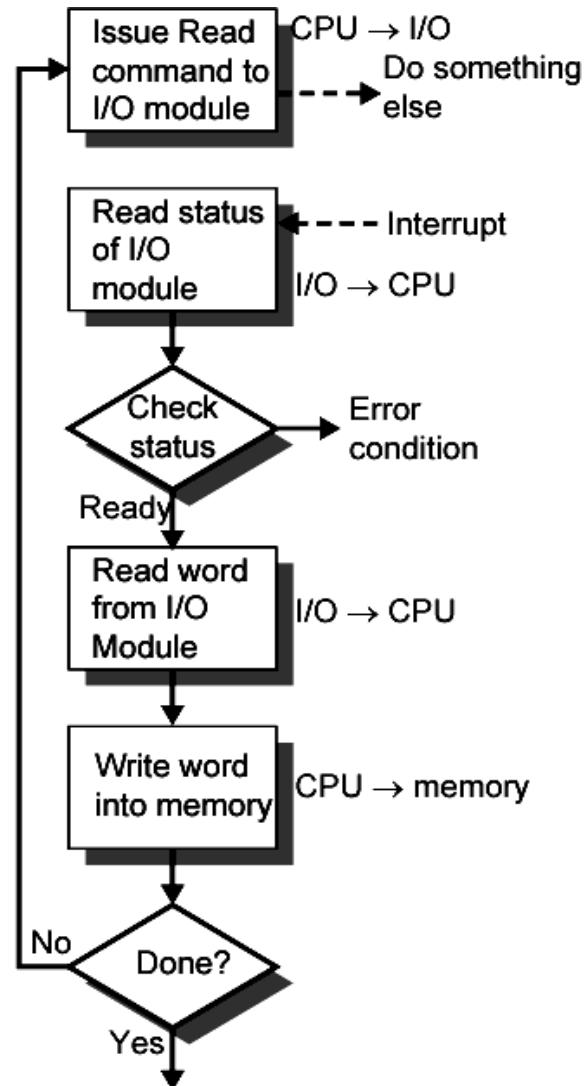
# Điều khiển IO

- Các phương pháp điều khiển IO
  - IO bằng chương trình (Programmed IO)
  - IO điều khiển bằng ngắt (Interrupt Driven IO)
  - Truy nhập bộ nhớ trực tiếp DMA (Direct Memory Access)

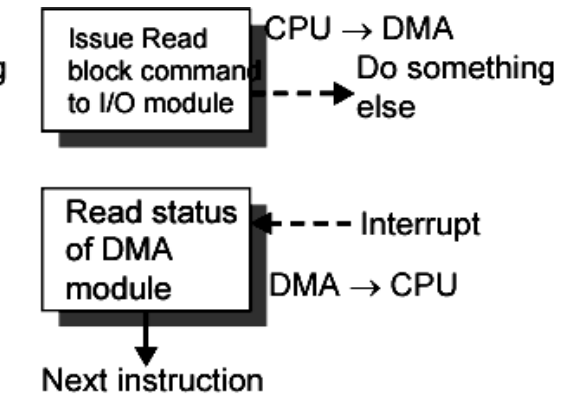
# Điều khiển IO



(a) Programmed I/O



(b) Interrupt-driven I/O



(c) Direct memory access



# Điều khiển IO

- IO bằng chương trình
  - Nguyên tắc chung: CPU điều khiển trực tiếp IO bằng chương trình → cần phải lập trình IO.
  - Với IO riêng biệt: sử dụng các lệnh IO chuyên dụng (IN, OUT).
  - Với IO theo bản đồ bộ nhớ: sử dụng các lệnh trao đổi dữ liệu với bộ nhớ để trao đổi dữ liệu với cổng IO.

# Điều khiển IO

- Các tín hiệu điều khiển IO
  - Tín hiệu điều khiển (Control): kích hoạt & khởi động thiết bị ngoại vi
  - Tín hiệu kiểm tra (Test): kiểm tra trạng thái của mô-đun IO và thiết bị ngoại vi
  - Tín hiệu điều khiển đọc (Read): yêu cầu môđun IO 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 môđun IO lấy dữ liệu trên bus dữ liệu đưa đến thanh ghi đệm dữ liệu rồi chuyển ra thiết bị ngoại vi

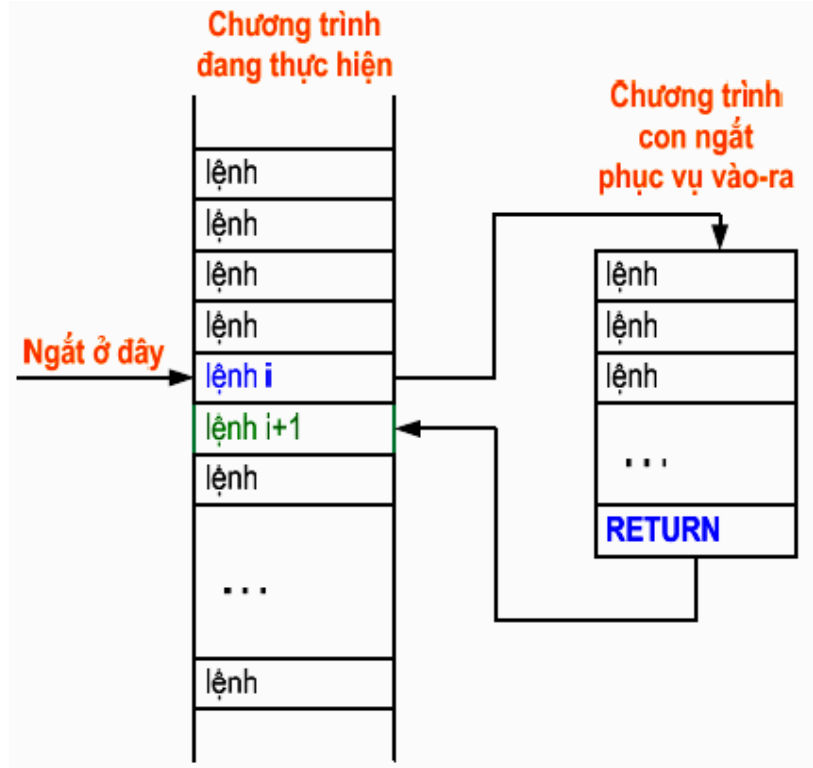
# Điều khiển IO

- Hoạt động của IO bằng chương trình
  - CPU yêu cầu thao tác IO
  - Mô-đun IO thực hiện thao tác
  - Mô-đun IO 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 IO
- Đặc điểm
  - IO do ý muốn của người lập trình
  - CPU trực tiếp điều khiển IO
  - CPU đợi mô-đun IO → tiêu tốn thời gian của CPU



# Điều khiển IO

- IO điều khiển bằng ngắt
  - Sau khi gửi yêu cầu IO, CPU không phải đợi trạng thái sẵn sàng của mô-đun IO, CPU thực hiện một chương trình nào đó
  - Khi mô-đun IO sẵn sàng thì nó phát tín hiệu ngắt CPU
  - CPU thực hiện chương trình con IO tương ứng để trao đổi dữ liệu (trình xử lý ngắt)
  - CPU trở lại tiếp tục thực hiện chương trình đang bị ngắt



# Điều khiển IO

- Hoạt động nhập dữ liệu: nhìn từ mô-đun IO
  - Mô-đun IO nhận tín hiệu điều khiển đọc từ CPU
  - Mô-đun IO nhận dữ liệu từ thiết bị ngoại vi, trong khi đó CPU làm việc khác
  - Khi đã có dữ liệu → mô-đun IO phát tín hiệu ngắt CPU
  - CPU yêu cầu dữ liệu
  - Mô-đun IO chuyển dữ liệu đến CPU

# Điều khiển IO

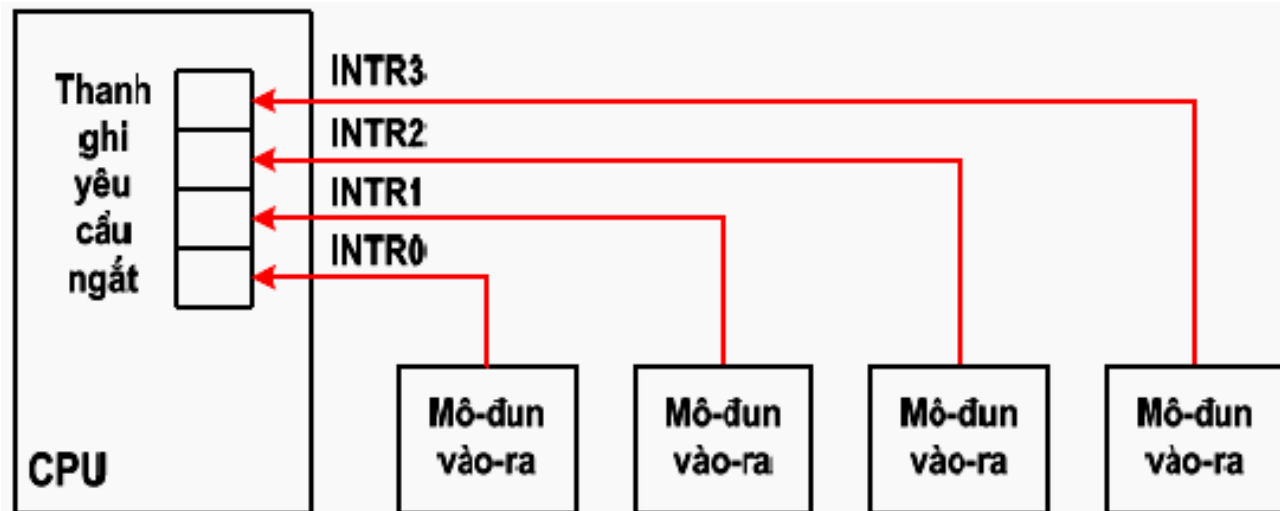
- Hoạt động nhập dữ liệu: nhìn từ CPU
  - Phát tín hiệu điều khiển đọc
  - Làm việc khác
  - Cuối mỗi chu trình lệnh, kiểm tra tín hiệu ngắt
  - Nếu bị ngắt:
    - Cắt ngữ cảnh (nội dung các thanh ghi)
    - Thực hiện chương trình con ngắt để nhập dữ liệu
    - Khôi phục ngữ cảnh của chương trình đang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

# Điều khiển IO

- Các vấn đề nảy sinh khi có ngắt:
  - Xác định được mô-đun IO nào phát tín hiệu ngắt ?
  - 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 lập trình được PIC (Programmable Interrupt Controller)

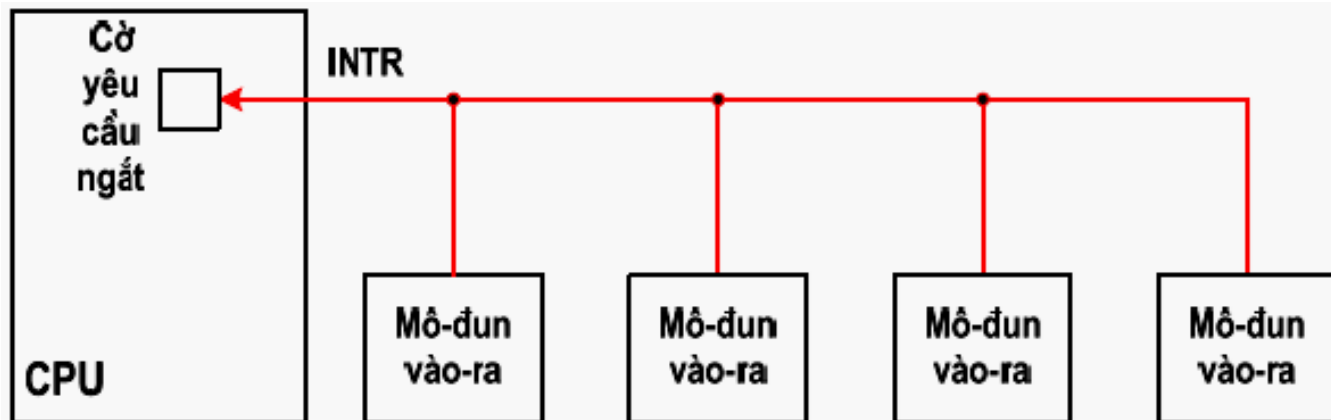
# Điều khiển IO

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



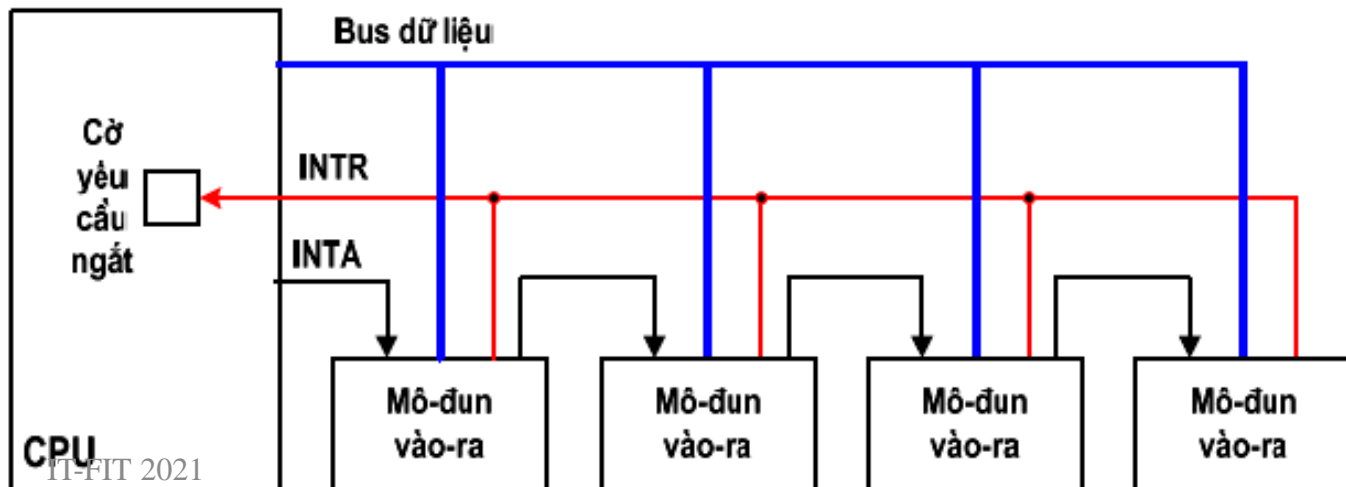
# Điều khiển IO

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



# Điều khiển IO

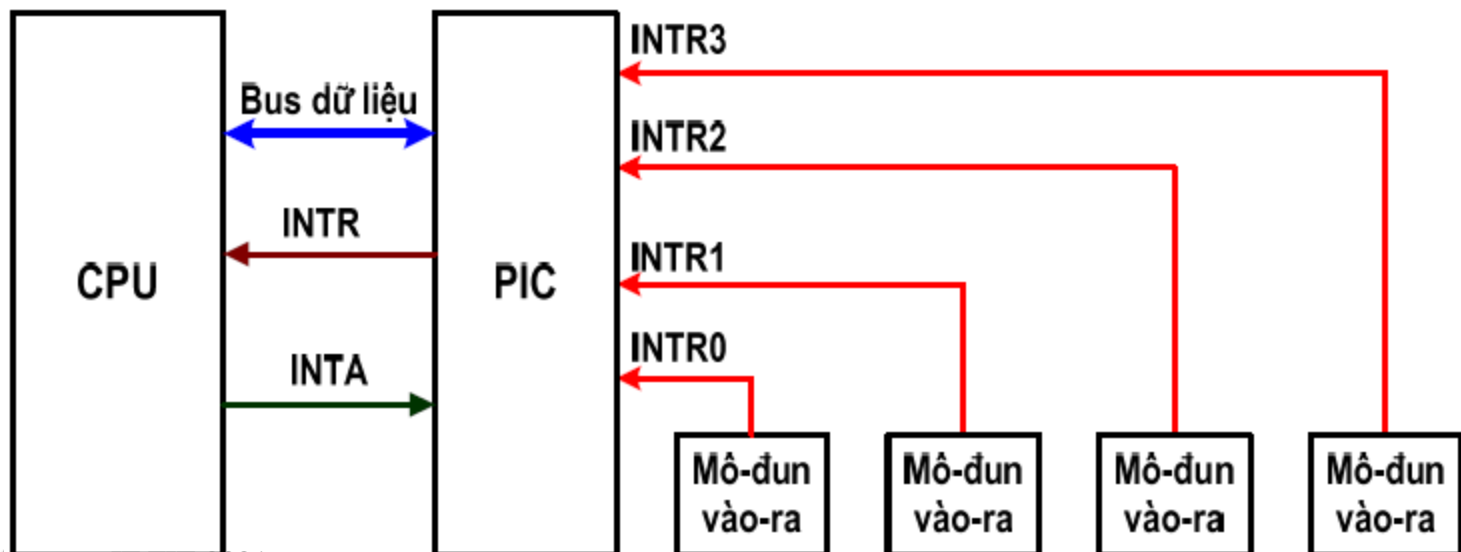
- Hởi vòng bằng phần cứng
  - CPU phát tín hiệu chấp nhận ngắt (INTA) đến mô-đun IO đầu tiên
  - Nếu mô-đun IO đó không gây ra ngắt thì nó gửi tín hiệu đến mô-đun kế tiếp cho đến khi xác định được mô-đun gây ngắt
  - Thứ tự các mô-đun IO kết nối trong chuỗi xác định thứ tự ưu tiên



IT-FIT 2021

# Điều khiển IO

- Bộ điều khiển ngắt lập trình được PIC
  - 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



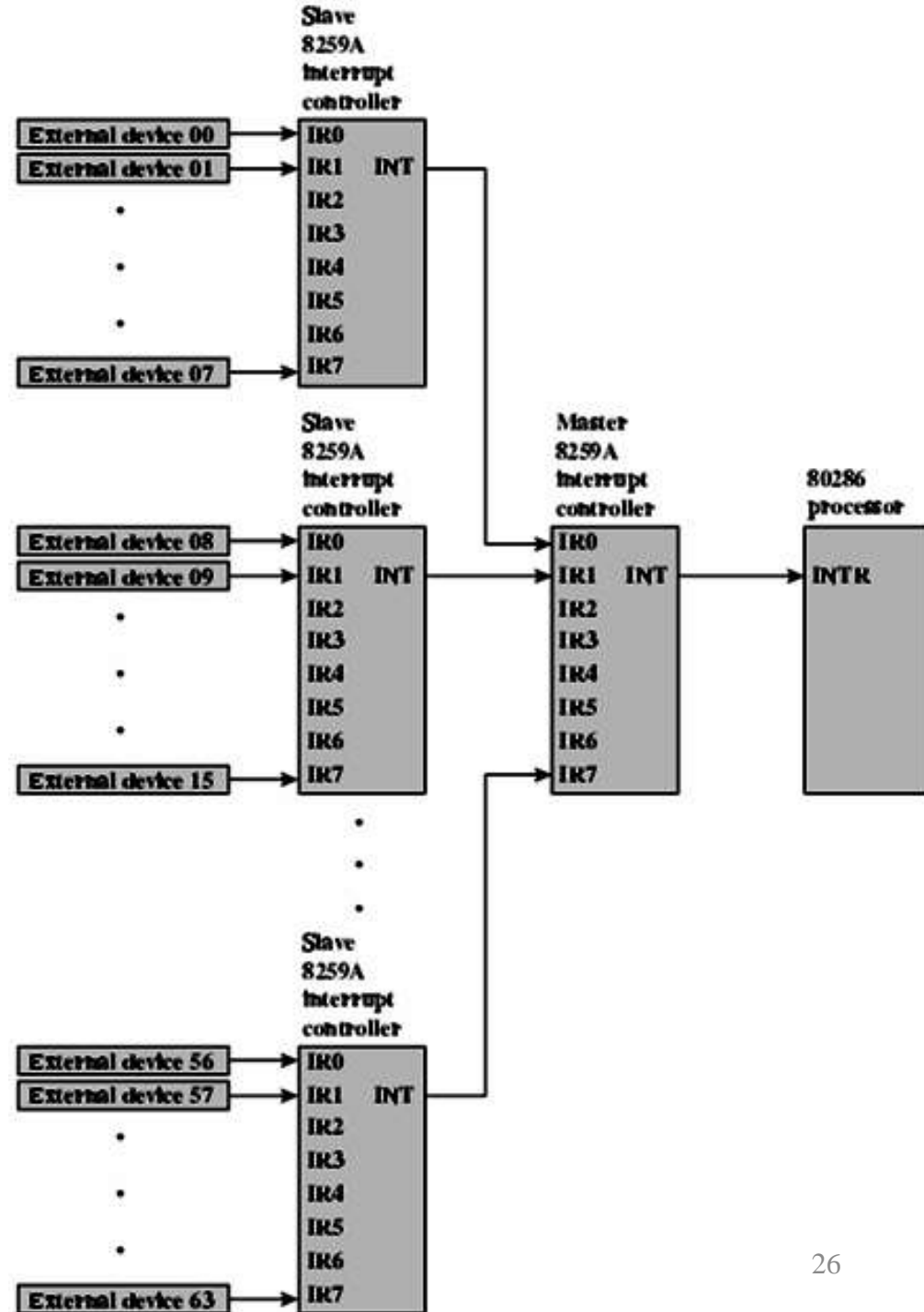


# Điều khiển IO

- Đặc điểm của IO 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 IO
  - CPU không phải đợi mô-đun IO → hiệu quả sử dụng CPU tốt hơn

- Ví dụ: Hệ thống ngắt trên máy PC

- CPU Intel x86 có 1 chân tín hiệu ngắt
- PIC 8259A có 8 đường ngắt
- Có thể đấu nối nhiều PIC theo chế độ master/ slaver để tăng số lượng đường ngắt phục vụ cho nhiều thiết bị

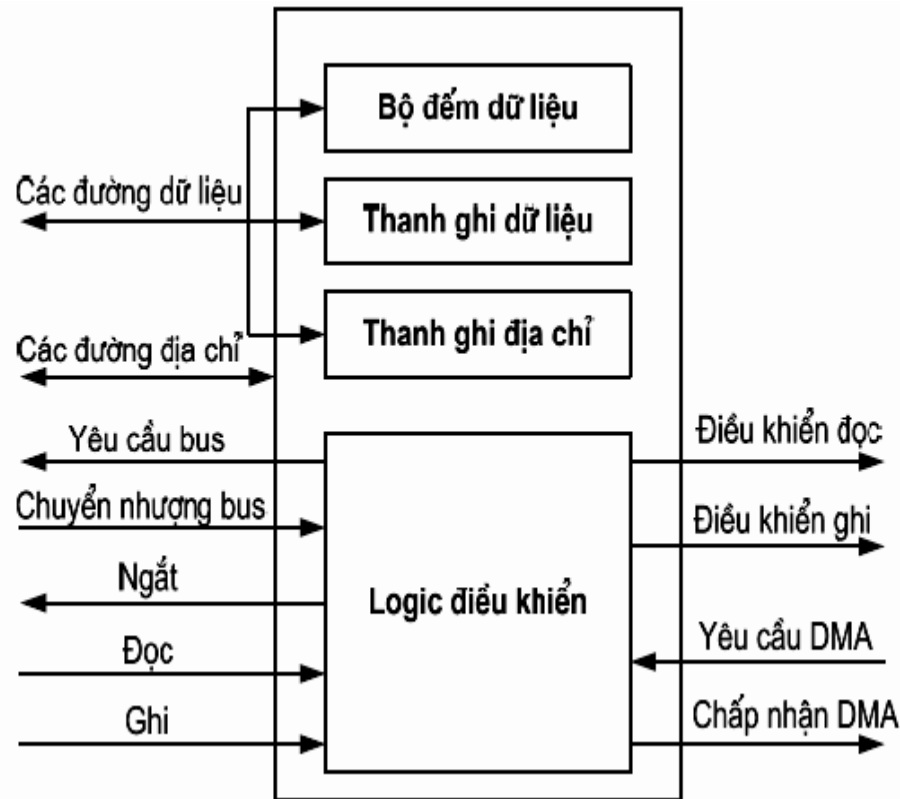


# Điều khiển IO

- DMA (Direct Memory Access)
  - IO 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 dữ liệu qua CPU (thanh ghi có dung lượng nhỏ)
  - Để khắc phục dùng DMA
    - Thêm mô-đun phần cứng trên bus → DMAC (DMA Controller)
    - DMAC điều khiển trao đổi dữ liệu giữa môđun IO với bộ nhớ chính

# Điều khiển IO

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



# Điều khiển IO

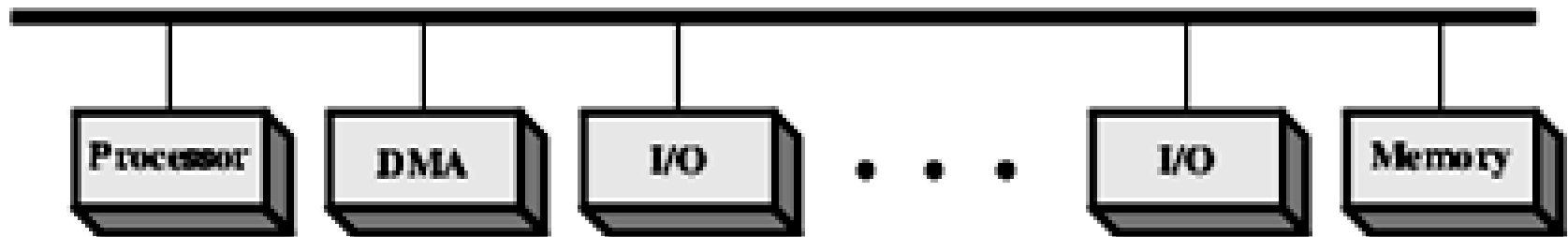
- Hoạt động DMA
  - CPU gửi tín hiệu cho DMAC
    - Vào hay Ra dữ liệu
    - Địa chỉ thiết bị IO (cổng IO tương ứng)
    - Địa chỉ đầu của mảng nhớ chứa dữ liệu → nạp vào thanh ghi địa chỉ
    - Số từ dữ liệu cần truyền → nạp vào bộ đếm dữ liệu
  - CPU làm việc khác
  - DMAC điều khiển trao đổi dữ liệu
  - 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

# Điều khiển IO

- 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 lén 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.

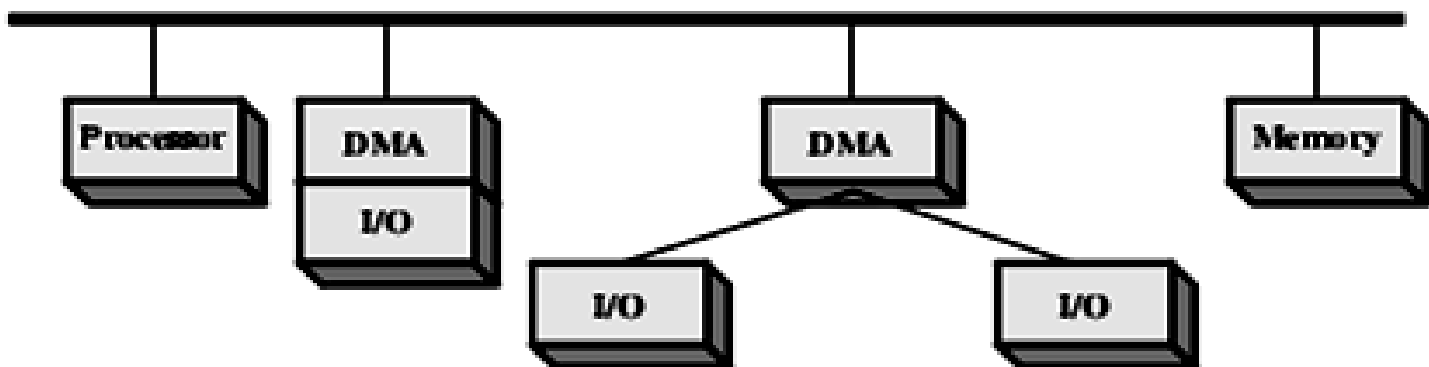
# Điều khiển IO

- Cấu hình DMA 1: Bus chung, DMA tách biệt
  - Mỗi lần trao đổi một dữ liệu, DMAC sử dụng bus hai lần
    - Giữa mô-đun IO với DMAC
    - Giữa DMAC với bộ nhớ
  - CPU bị treo khỏi bus 2 lần



# Điều khiển IO

- Cấu hình DMA 2: Bus chung, DMA tích hợp
  - DMAC điều khiển một hoặc vài mô-đun IO
  - Mỗi lần trao đổi một dữ liệu, DMAC sử dụng bus một lần
    - Giữa DMAC với bộ nhớ
  - CPU bị treo khỏi bus 1 lần

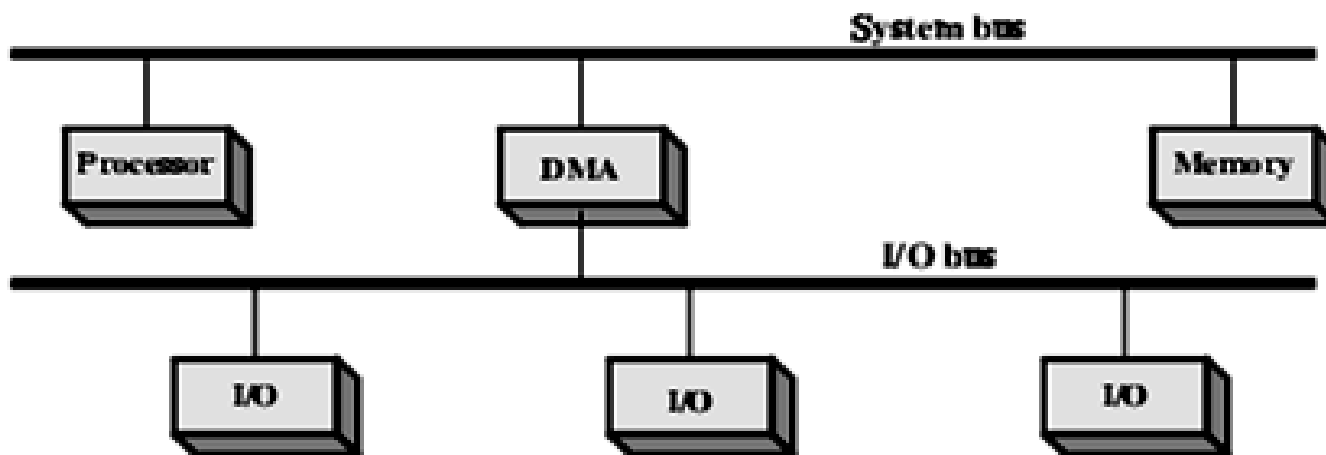


(b) Single-bus, Integrated DMA-I/O



# Điều khiển IO

- Cấu hình DMA 3: Bus IO riêng
  - Bus IO tách rời hỗ trợ tất cả các thiết bị cho phép DMA
  - Mỗi lần trao đổi một dữ liệu, DMAC sử dụng bus một lần
    - Giữa DMAC với bộ nhớ
  - CPU bị treo khỏi bus 1 lần



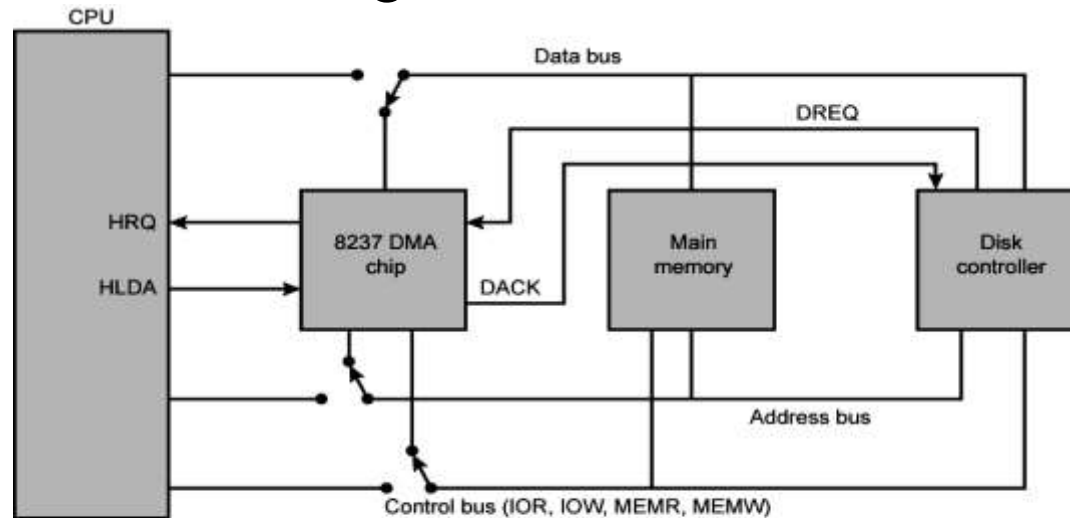
(c) I/O bus

# Điều khiển IO

- 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 IO (hoàn toàn bằng phần cứng) → tốc độ nhanh
  - Phù hợp với các yêu cầu trao đổi mảng dữ liệu có kích thước lớn (Block devices)
- Phân loại TBNV
  - Character devices
  - Block devices

# Điều khiển IO

- Ví dụ: Chip DMA trong máy PC
  - Intel 8237A DMA Controller
  - Giao tiếp với CPU Intel x86 và DRAM
  - Khi DMA cần bus, nó gửi tín hiệu HRQ cho CPU
  - CPU trả lời bằng tín hiệu HLDA
  - DMA bắt đầu sử dụng bus



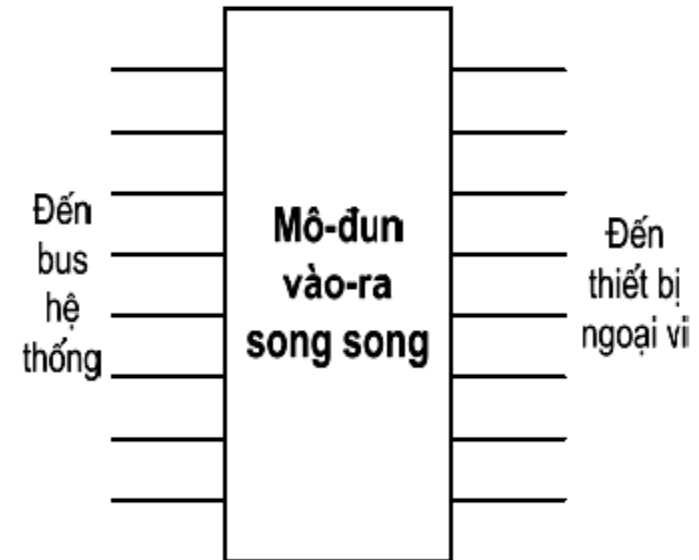
DACK = DMA acknowledge  
DREQ = DMA request  
HLDA = HOLD acknowledge  
HRQ = HOLD request

# Điều khiển IO

- Kênh IO (IO channel)
  - Việc điều khiển IO được thực hiện bởi một bộ xử lý IO chuyên dụng
  - Bộ xử lý IO hoạt động theo chương trình của riêng nó
  - Chương trình của bộ xử lý IO có thể nằm trong bộ nhớ chính hoặc nằm trong một bộ nhớ riêng
  - Hoạt động theo kiến trúc đa xử lý
    - CPU gửi yêu cầu IO cho kênh IO
    - Kênh IO tự thực hiện việc truyền dữ liệu

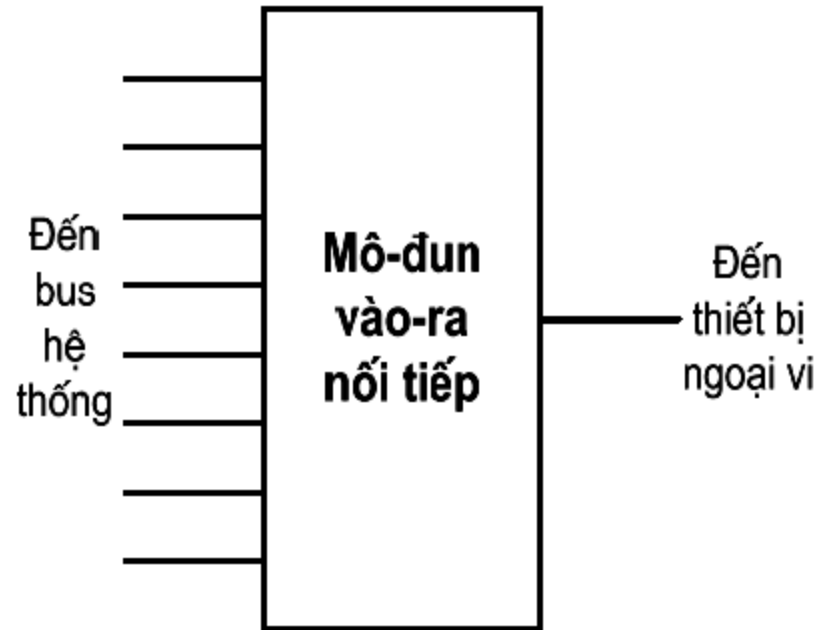
# Nối ghép thiết bị ngoại vi

- Các kiểu nối ghép
  - Nối ghép song song (parallel)
  - Nối ghép nối tiếp (serial)
- Nối ghép song song
  - Truyền nhiều bit song song
  - Cần nhiều đường truyền dữ liệu
  - Tốc độ nhanh
  - Dễ bị nhiễu giữa các tín hiệu



# Nối ghép thiết bị ngoại vi

- 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
  - Cần ít đường truyền dữ liệu
  - Tốc độ chậm hơn



# Nối ghép thiết bị ngoại vi

- Các cấu hình nối ghép
  - Điểm tới điểm (Point to Point)
    - Mỗi cổng IO nối ghép với một thiết bị ngoại vi
    - Ví dụ:
      - SATA (Serial ATA)
      - SAS (Serial Atache SCSI)
  - Điểm tới đa điểm (Point to Multipoint)
    - Mỗi cổng IO cho phép nối ghép 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

# Nối ghép thiết bị ngoại vi

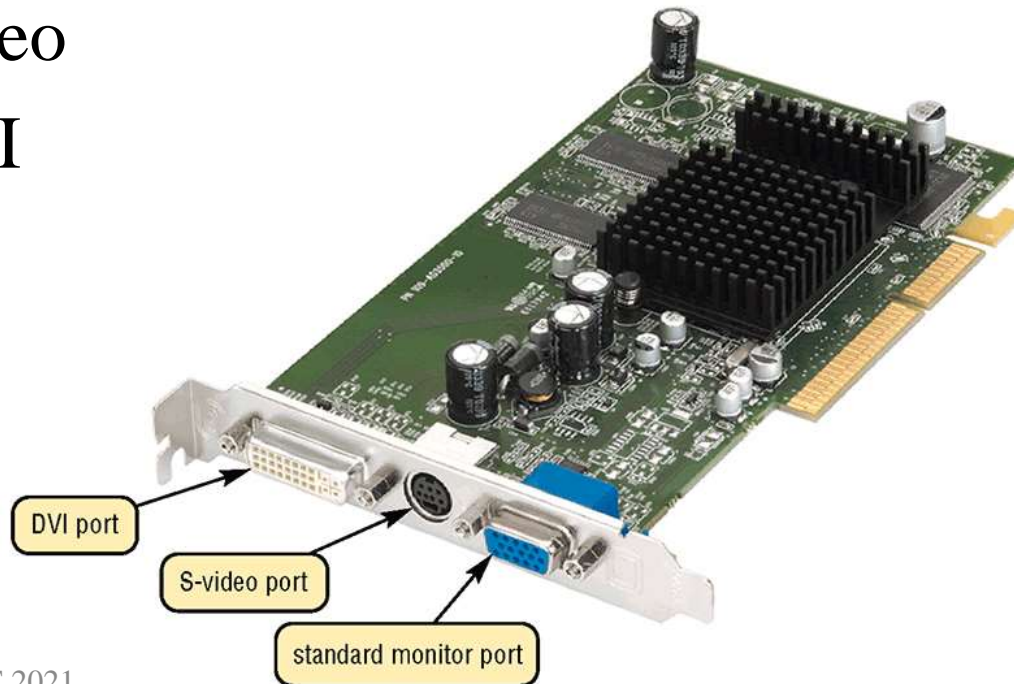
- Ví dụ: Các cổng nối ghép ngoại vi trên PC
  - PS/2: nối ghép bàn phím và chuột – MiniDIN 6 chân
  - RJ45: nối ghép mạng
  - LPT (Line Printer): nối ghép với máy in, là cổng song song (Parallel Port) – 25 chân
  - COM (Communication): nối ghép với Modem, là cổng nối tiếp (Serial Port) - 9 hoặc 25 chân
  - USB (Universal Serial Bus): Cổng nối tiếp đa năng, cho phép nối ghép tối đa 127 thiết bị





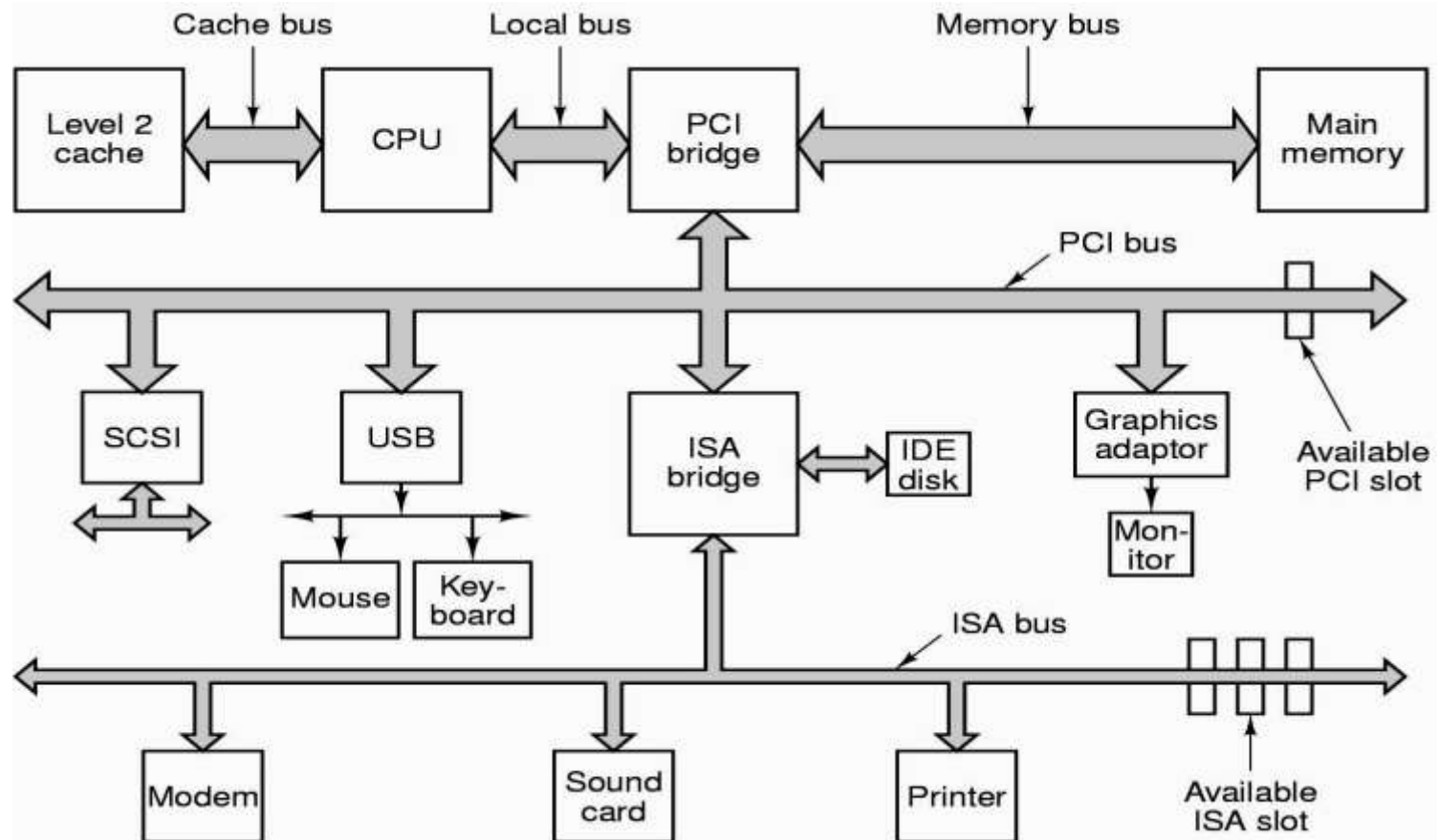
# Nối ghép thiết bị ngoại vi

- Ví dụ: Các cổng nối ghép trên card màn hình
  - VGA: Cổng nối ghép màn hình Analog– 15 chân
  - DVI: Cổng nối ghép màn hình Digital
  - S-Video
  - HDMI



# Nối ghép thiết bị ngoại vi

- Ví dụ: Hệ thống bus ngoại vi trên máy PC



# Nối ghép thiết bị ngoại vi

- Hệ thống bus ngoại vi trên máy PC (tiếp)
  - ISA (Industry Standard Architecture): Sử dụng trên máy PC 8086 (8 bit) và AT 80286 (16 bit)
  - MCA (Micro Channel Architecture): Sử dụng trên máy 80386 của IBM (32 bit)
  - EISA (Extended ISA) Sử dụng trên các máy 80386 tương thích (32 bit)
  - VL bus (VESA Local bus): Sử dụng trên các máy 80486 (32 bit)

# Nối ghép thiết bị ngoại vi

- Hệ thống bus ngoại vi trên máy PC (tiếp)
  - AGP (Accelerated Graphics Port): Bus dành riêng cho card màn hình trên máy Pentium. Bao gồm các mức tốc độ 1x, 2x, 4x và 8x (1x=266MB/s).
  - PCI (Peripheral Component Interconnect): Sử dụng trên các máy Pentium (32 & 64 bit)
    - PCI-X: Sử dụng tần số xung nhịp cao hơn (66-133 MHz) so với PCI 33 MHz
    - PCI-E (PCI-Express): Cho phép truyền dữ liệu tốc độ cao, được sử dụng trong các máy PC đời mới. Gồm nhiều mức tốc độ: 1x, 2x, ..., 32x (1x: 1 Lane có 4 đường truyền nối tiếp 250 MB/s)

# Nối ghép thiết bị ngoại vi

- Các cổng điều khiển đĩa
  - Đĩa mềm : Dùng cáp 34 chân kết nối tối đa 2 ổ mềm
  - Đĩa cứng/CD/DVD/SSD :
    - Chuẩn ST506
    - Chuẩn ESDI
    - Chuẩn IDE/UDMA/PATA
    - Chuẩn SCSI
    - Chuẩn SATA
    - Chuẩn SAS

# Các thiết bị ngoại vi thông dụng

- Thiết bị nhập
  - Bàn phím, chuột, scanner, digitizer, micro, đọc vân tay, đọc bar-code, camera, ...
- Thiết bị xuất
  - Màn hình, máy in, máy vẽ, loa, projector, ...
- Thiết bị mạng & truyền thông
  - Modem, Router,...
- Thiết bị lưu trữ
  - Đĩa mềm, đĩa cứng, SSD, CD, DVD, thẻ nhớ, ...

# Câu hỏi

