ESD Electronic Systems Design
Synthesis Verification Testing Power Communication

Il sistema di I/O

Introduzione

- Hardware di I/O
- Interfacce di I/O
- Software di I/O

Sotto-sistema di I/O

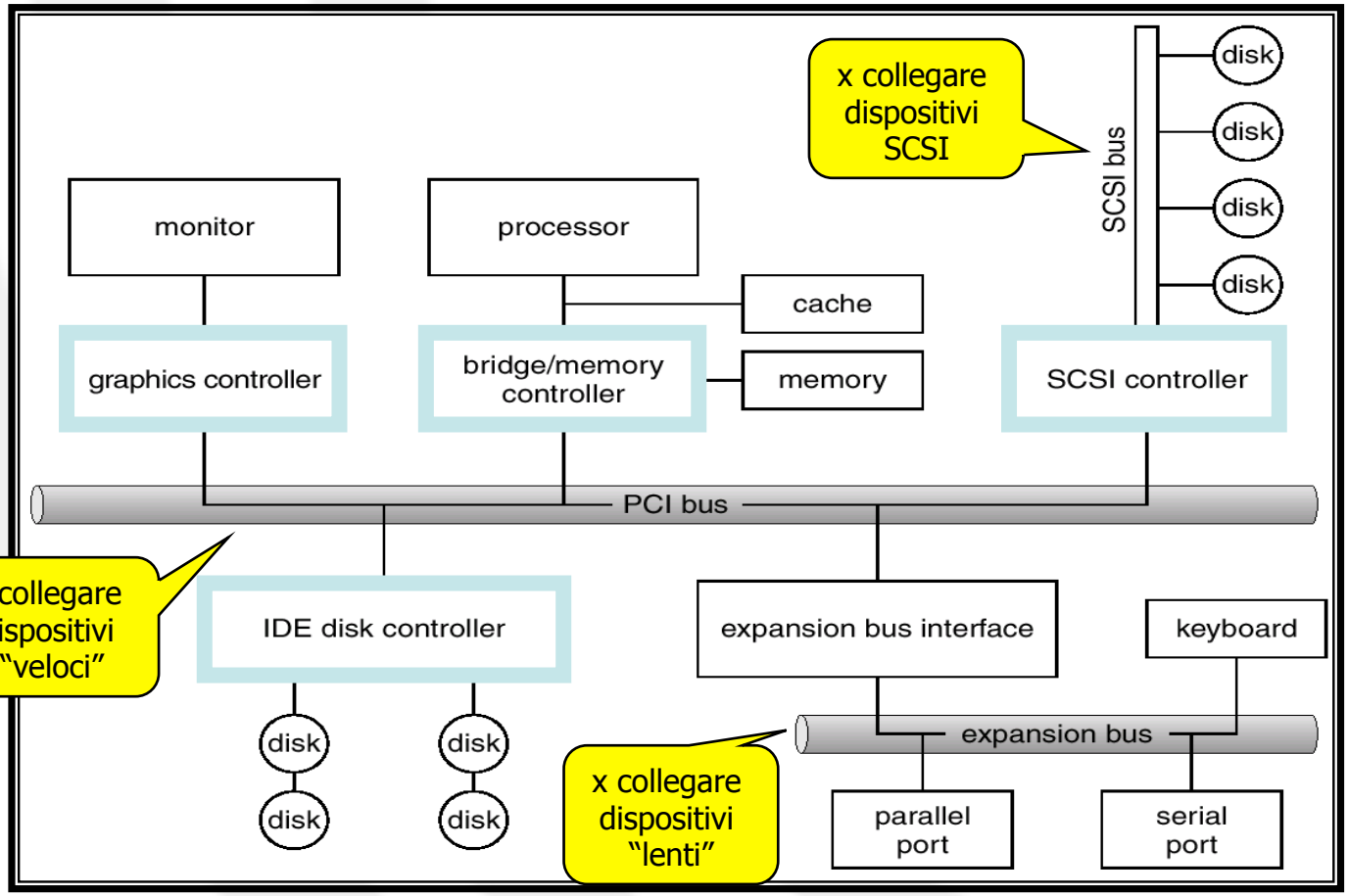
- Insieme di metodi per controllare i dispositivi di I/O
- Obiettivo:
  - Fornire ai processi utente un'interfaccia efficiente e indipendente dai dispositivi
- Interazione tra due componenti:
  - I/O hardware
  - I/O software (S.O.)

HARDWARE DI I/O

I/O Hardware

- Numerosi ed eterogenei dispositivi di I/O per:
  - Memorizzazione (dischi, nastri, …)
  - Trasmissione (modem, schede di rete, …)
  - interazione uomo-macchina (tastiera, monitor, …)
- Distinzione tra:
  - Dispositivi (parte non elettronica)
  - Controllori dei dispositivi (parte elettronica)
- Concetti comuni:
  - Porta (punto di connessione)
  - Bus (set di fili e relativo protocollo)
  - Controllore (agisce su port, bus o dispositivi)

Tipica struttura di un bus per PC



Controllore dei dispositivi

- Parte elettronica di un dispositivo
  - Detto anche device controller
- Connesso tramite bus al resto del sistema
- Associato ad un indirizzo
- Contiene registri per comandare il dispositivo
  - Registro(i) di stato
    - per capire se il comando è stato eseguito, se c'è stato un errore, se i dati sono pronti per essere letti, …
  - Registro di controllo
    - per inviare comandi al dispositivo
  - Buffer (uno o più) per la "conversione" dei dati

Controllori dei dispositivi

- Come avviene accesso ai registri?
  - Dispositivi mappati in memoria (memory-mapped)
    - I registri sono visti nello spazio di indirizzamento della memoria
    - Accesso ai registri tramite le istruzioni di accesso alla memoria
      - Necessario disabilitare la cache
    - Permettono di scrivere driver in linguaggio ad alto livello
    - Nessuno speciale accorgimento per la protezione
      - Sufficiente allocare lo spazio di indirizzamento di I/O fuori dallo spazio utente
  - Dispositivi mappati su I/O (I/O-mapped)
    - Accesso ai registri tramite istruzioni specifiche
    - Nessun problema di gestione della cache
  - Soluzioni ibride (es:. Pentium)
    - Registri → I/O mapped
    - Buffer → memory mapped

Accesso ai dispositivi di I/O

- Opzioni
  - Polling (controllo diretto o I/O programmato)
  - Interrupt
  - DMA (Direct memory access)

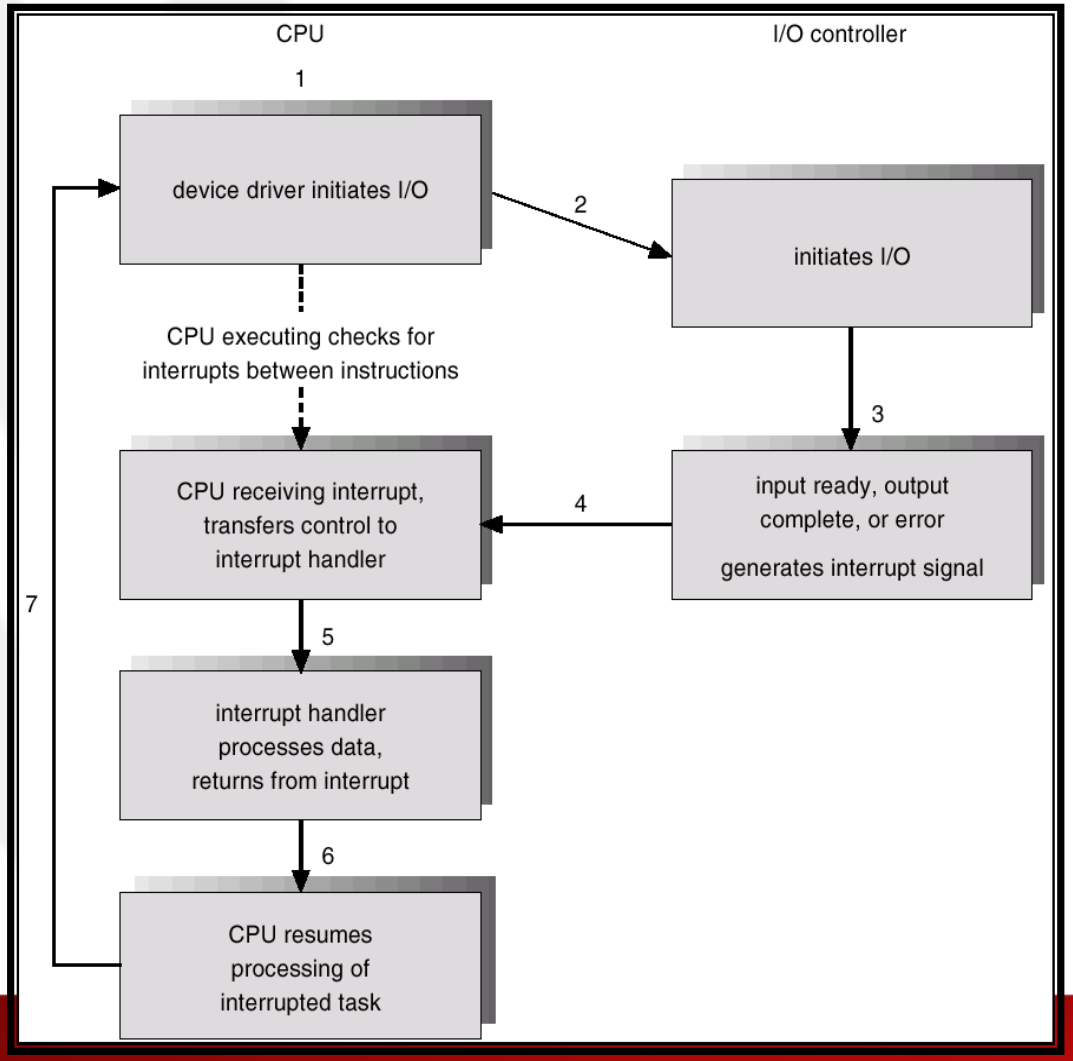
Polling

- Determina lo stato del dispositivo mediante lettura ripetuta del busy-bit del registro di status
  - Es.: Quando il busy bit è a 0 il comando viene scritto nel registro di controllo e il command-ready bit del registro di status viene posto a 1, quindi l'operazione di I/O viene eseguita
  - Ciclo di attesa attiva → spreco di CPU

Interrupt

- Dispositivo di I/O “avverte” la CPU tramite un segnale su una connessione fisica
- Problematiche gestite da controllore di interrupt (circuito)
  - Interrupt possono essere mascherabili
    - Interrupt ignorabile durante l’esecuzione di istruzioni critiche
  - Interrupt sono numerati
    - Valore = indice in una tabella (vettore di interrupt)
    - Vettore di interrupt
      - “Consegna” l’interruzione al gestore corrispondente
      - Basato su priorità
  - Interrupt multipli sono ordinati
    - Interrupt con priorità + alta prelazionano quelli con priorità + bassa

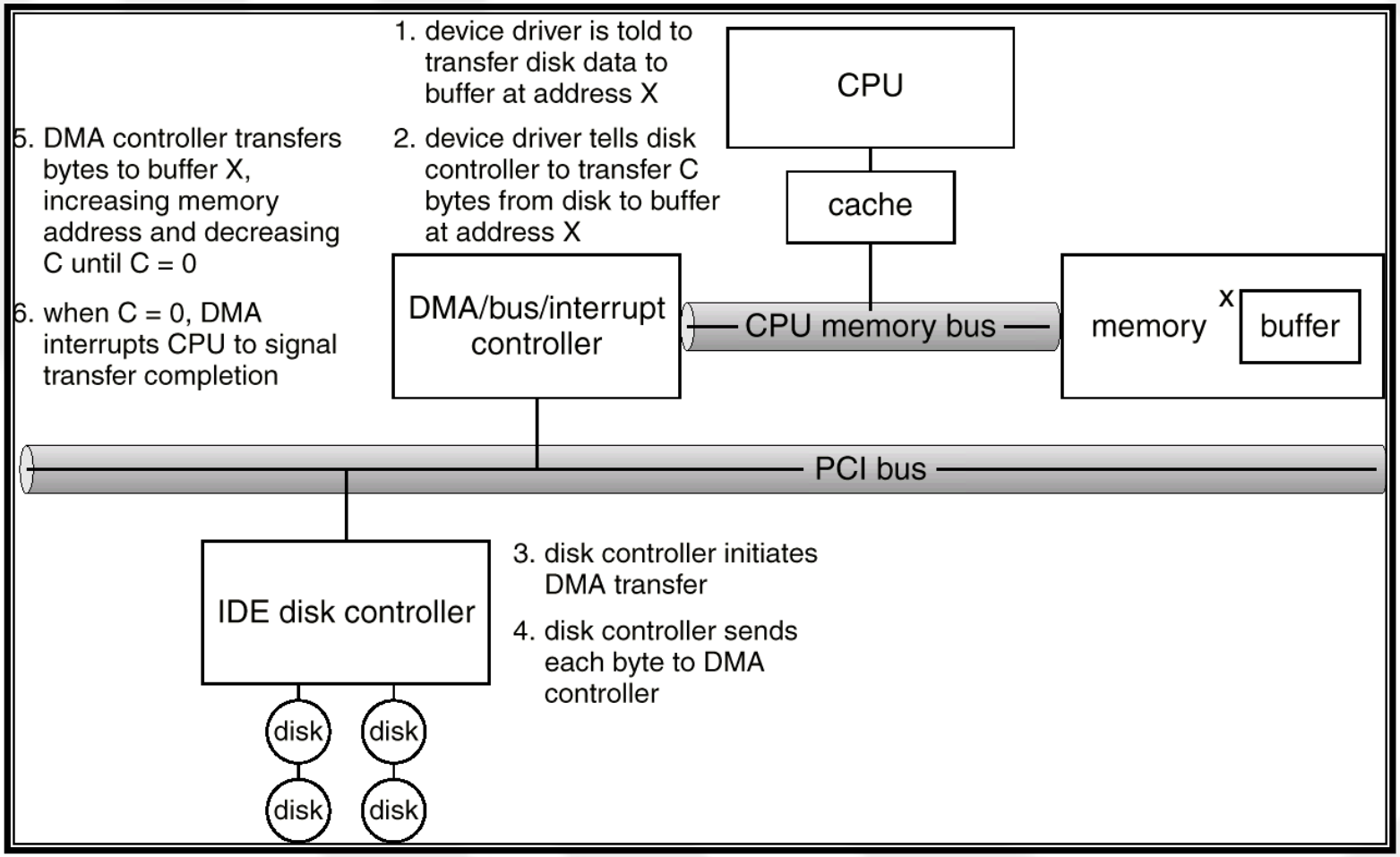
Ciclo di I/O basato su interrupt



DMA - Direct Memory Access

- Pensato per evitare I/O programmato (PIO) per grandi spostamenti di dati
  - Usare CPU per controllare registro di stato del controllore e trasferire pochi byte alla volta è uno speco
- Richiede esplicito HW (DMA controller)
- Basato sull'idea di bypassare la CPU per trasferire dati direttamente tra I/O e memoria
  - Per effettuare un trasferimento la CPU invia al DMAC:
    - L'indirizzo di partenza dei blocchi/memoria da trasferire
    - L'indirizzo di destinazione
    - Il numero di byte da trasferire
    - La direzione del trasferimento
  - Il DMA controller gestisce il trasferimento, comunicando con il controllore del dispositivo mentre la CPU effettua altre operazioni
  - Il DMA controller interrompe la CPU al termine del trasferimento

Trasferimento con DMA



INTERFACCIA DI I/O

Caratteristiche dei dispositivi di I/O

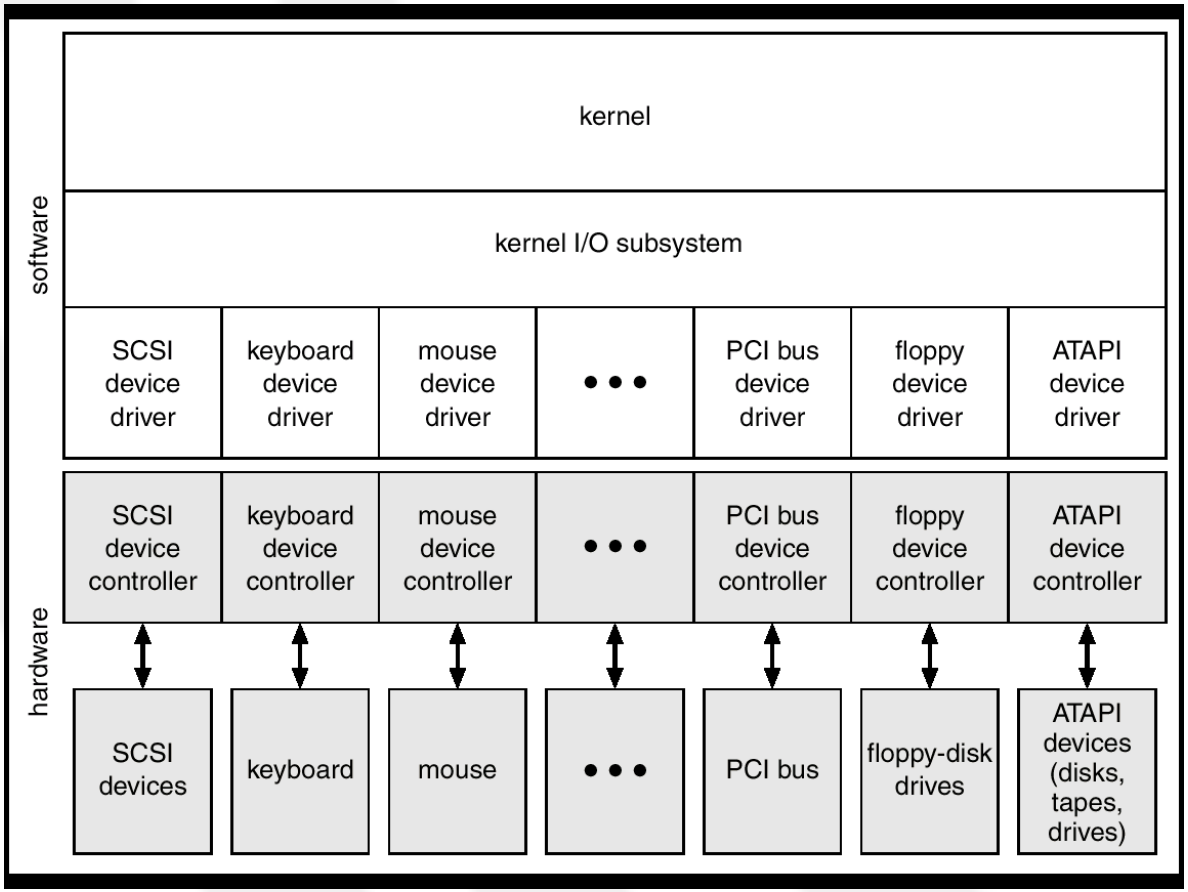
- I dispositivi di I/O si differenziano per molti aspetti

aspect	variation	example
data-transfer mode	character block	terminal disk
access method	sequential random	modem CD-ROM
transfer schedule	synchronous asynchronous	tape keyboard
sharing	dedicated sharable	tape keyboard
device speed	latency seek time transfer rate delay between operations	
I/O direction	read only write only read▪write	CD-ROM graphics controller disk

Interfaccia di I/O

- Come è possibile trattare i differenti dispositivi in modo standard ?
  - Usando abstarction, encapsulation e software layering per “nascondere” le differenze al kernel del S.O.
  - Ovvero costruendo un’interfaccia comune
    - Insieme di funzioni standard
    - Le differenze sono incapsulate nei device driver
- Interfacce semplificano il lavoro del S.O.
  - Posso aggiungere nuovo HW senza modificare S.O.

Struttura a livelli dell'I/O



Dispositivi a blocco e a carattere

- Interfaccia dispositivi a blocchi
  - Memorizzano e trasferiscono dati in blocchi
  - Lettura/scrittura di un blocco indipendentemente dagli altri
  - Comandi tipo: read, write, seek
  - Dispositivi tipici: dischi
  - Memory-mapped I/O sfrutta block-device driver
- Interfaccia dispositivi a carattere
  - Memorizzano/trasferiscono stringhe di caratteri
  - No indirizzamento (no seek)
  - Comandi tipo: get, put
  - Dispositivi tipici: terminali, mouse, porte seriali

SOFTWARE DI I/O

Software di I/O

- Obiettivi
  - Indipendenza dal dispositivo
  - Notazione uniforme
  - Gestione degli errori
  - Gestione di varie opzioni di trasferimento (sincrono/asincrono, …)
  - Prestazioni
- Organizzazione per livelli di astrazione
  1. Gestori degli interrupt
  2. Device driver
  3. SW del S.O. indipendente dal dispositivo
  4. Programmi utente

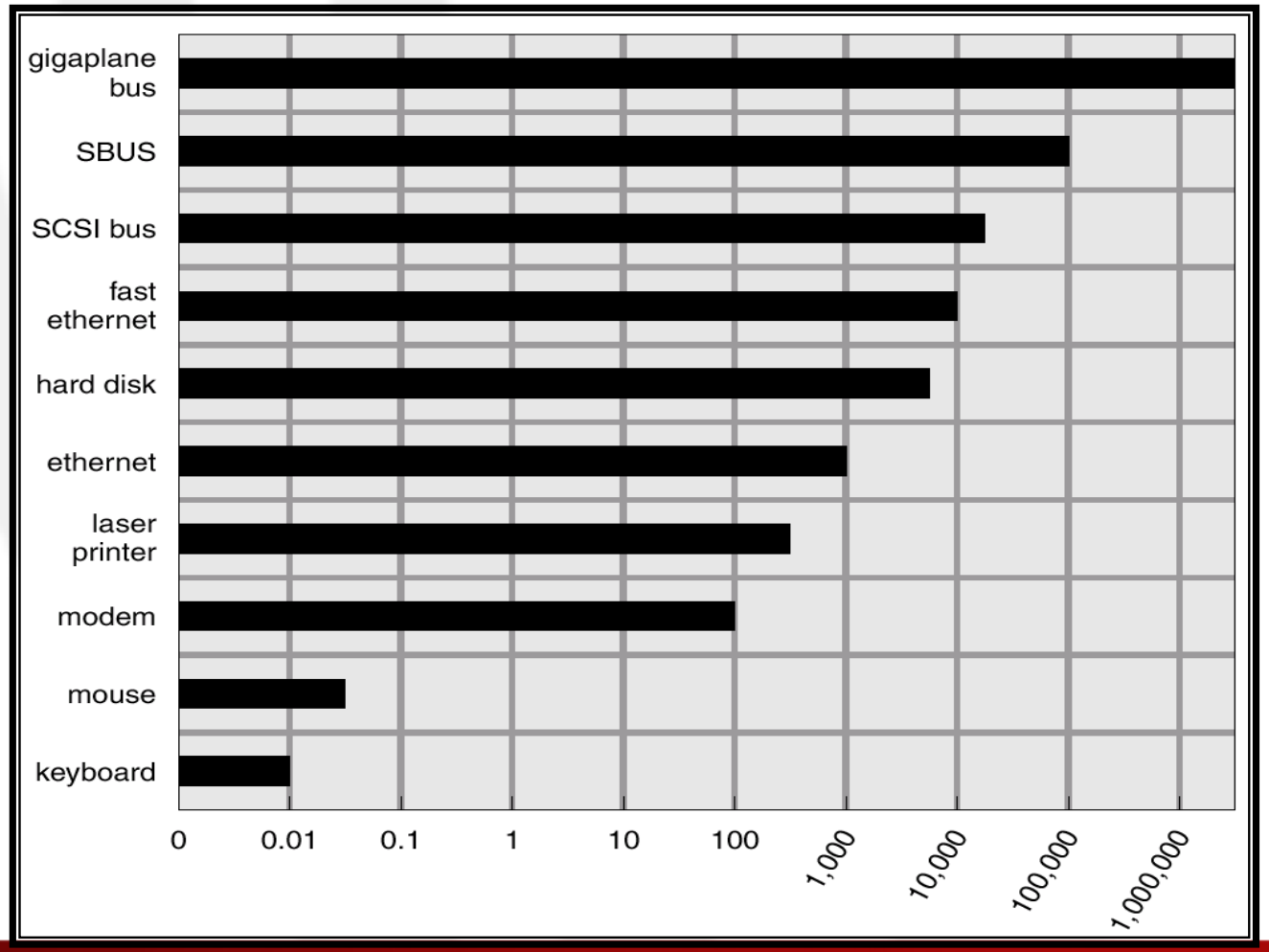
Software di I/O

- Gestori degli interrupt
  - Astratti il più possibile dal resto del S.O.
  - Bloccaggio/sbloccaggio processi (semafori, segnali, …)
- Device driver
  - Obiettivo: tradurre le richieste astratte del livello superiore in richieste device-dependent
  - Contengono tutto il codice device-dependent
  - Spesso condivisi per classi di dispositivi
  - Interagiscono con i controllori dei dispositivi
  - Tipicamente scritti in linguaggio macchina

Software di I/O

- SW del S.O. indipendente dal dispositivo
  - Funzioni principali
    - Definizione di interfacce uniformi
    - Naming
      - Come individuare un device, e gestione nomi
    - Protezione
      - Tutte le primitive di I/O sono privilegiate
    - Buffering (Memorizzazione dei dati durante un trasferimento)
      - per gestire differenti velocità
      - per gestire differenti dimensioni (es.: pacchetti sulla rete vengono riassemblati)
    - Definizione della dimensione del blocco
    - Allocazione e rilascio dei dispositivi
    - Gestione errori
      - Tipicamente device-dependent, ma non il loro trattamento

Velocità di trasferimento



Buffering è giustificato

Software di I/O

- Spooling: gestione di I/O dedicato (non condivisibile, es. stampante)
  - Più processi possono voler scrivere sulla stampante contemporaneamente, ma le stampe non devono essere interfogliate
  - Dati da processare sono “parcheggiati” in una directory (spooling directory)
  - Un processo di sistema (spooler) è l’unico autorizzato ad accedere alla stampante
  - Periodicamente, lo spooler si occupa di stampare i dati nella spooling directory
- Programmi utente
  - Tipicamente system call per l’accesso ai dispositivi

Ciclo di vita di una richiesta di I/O

User

S.O. device-independent

Device driver

Interrupt handler

HW