

Sistemi Operativi

Introduzione

Domenico Talia

DIMES
Università della Calabria

talia@dimes.unical.it

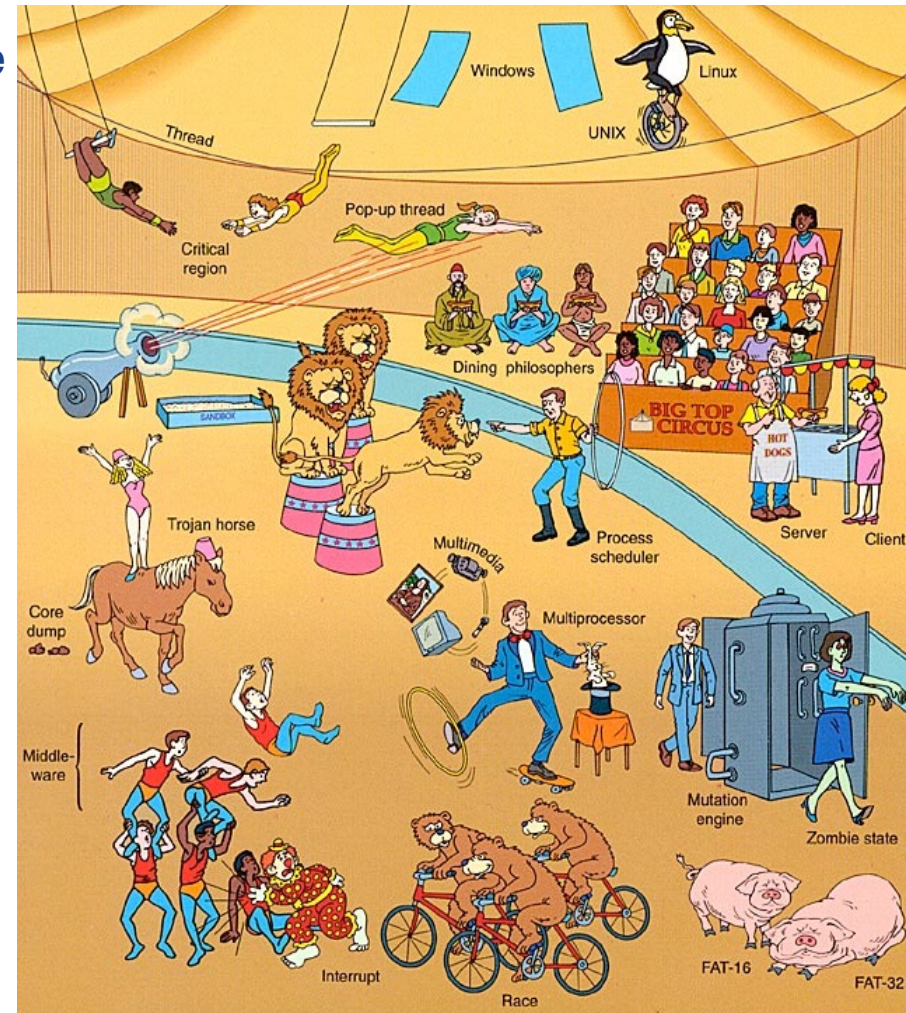
Obiettivi del corso

- Introdurre i **principi di funzionamento e di progetto** dei **sistemi operativi** ed i concetti e i meccanismi fondamentali per la **gestione dei processi** di elaborazione, della **memoria**, dell'I/O e del file system su cui sono basati i sistemi operativi moderni.
- Crediti: 9 CFU
 - 57 ore di lezione
 - 27 ore di esercitazione



Programma

- Concetti fondamentali e Struttura SO
- Gestione dei Processi di elaborazione
- Cooperazione tra Processi e Threads
- Meccanismi di comunicazione e condivisione
- Gestione della Memoria Principale
- Memoria Virtuale
- File System
- Gestione dei dispositivi di Input/Output
- Gestione del disco
- Protezione e sicurezza
- Programmazione concorrente
- SO real time.



Orario delle lezioni

- Ogni settimana 6 ore di lezione e 2 ore di esercitazione, normalmente suddivise come segue:

- Lezioni:

- **Lunedì** 8.30 - 10.30
- **Martedì** 8.30 - 11.30
- **Venerdì** 10.30 -13.30

- Ricevimento :

Martedì 17:30 – 19:30

DIMES, cubo 41c, 5° piano.

(oppure su **Teams**)

Email: talia@dimes.unical.it



Modalità d'esame

- L'esame consiste in una prova scritta e una prova orale.
 - Programmazione concorrente in Java e domande di teoria.
- L'ammissione alla prova orale è subordinata al superamento della prova scritta
- Propedeuticità:
 - Fondamenti di Informatica

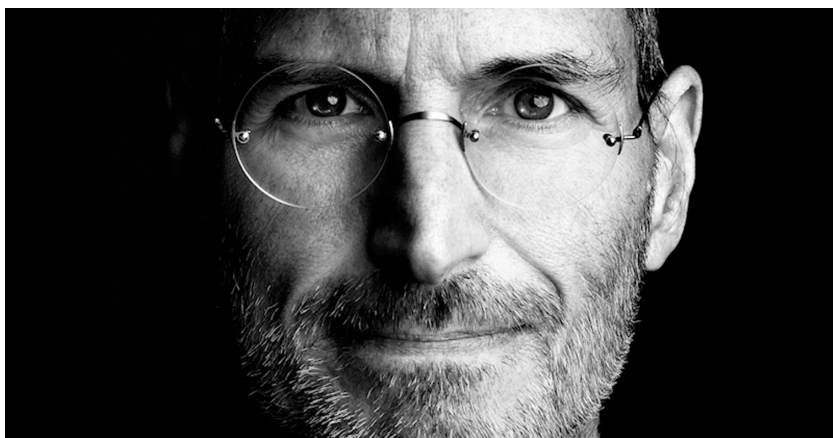


Materiale didattico

- Disponibile su **Teams** e su didattica.dimes.unical.it (in formato PDF).
 - Lucidi delle lezioni
 - Lucidi delle esercitazioni
- Libro di testo:
 - A. Silberschatz, P. B. Galvin, G. Gagne, **Sistemi operativi: Concetti ed esempi** – 9 o 10 Ed., Pearson Education.



?



Steve Jobs

Apple



Dennis Ritchie

UNIX e C

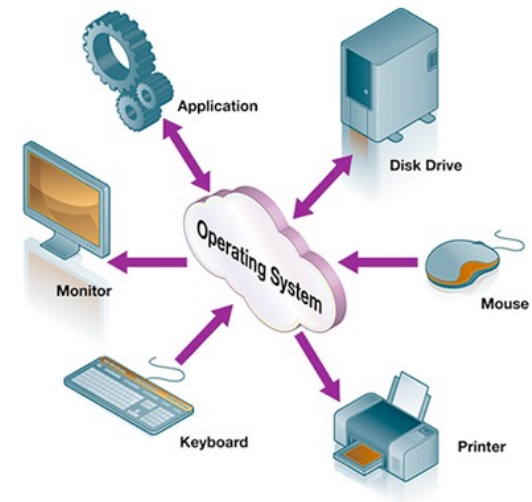
Introduzione ai sistemi operativi

- Cos'è un sistema operativo
- Organizzazione di un sistema di calcolo
- Architettura degli elaboratori
- Struttura del sistema operativo
- Attività del sistema operativo
- Gestione dei processi di elaborazione
- Gestione della memoria centrale
- Gestione della memoria di massa
- Protezione e sicurezza
- Sistemi distribuiti: concetti

Che cos'è un sistema operativo?

1ª Definizione: Un Sistema Operativo è un programma che agisce da *intermediario* tra gli utenti e l'hardware di un computer.

- Obiettivi di un sistema operativo:
 - Eseguire i programmi utente e aiutare gli utenti a risolvere i loro problemi tramite il computer
 - Rendere i computer convenienti da usare
 - Usare l'hardware dei computer in modo efficiente

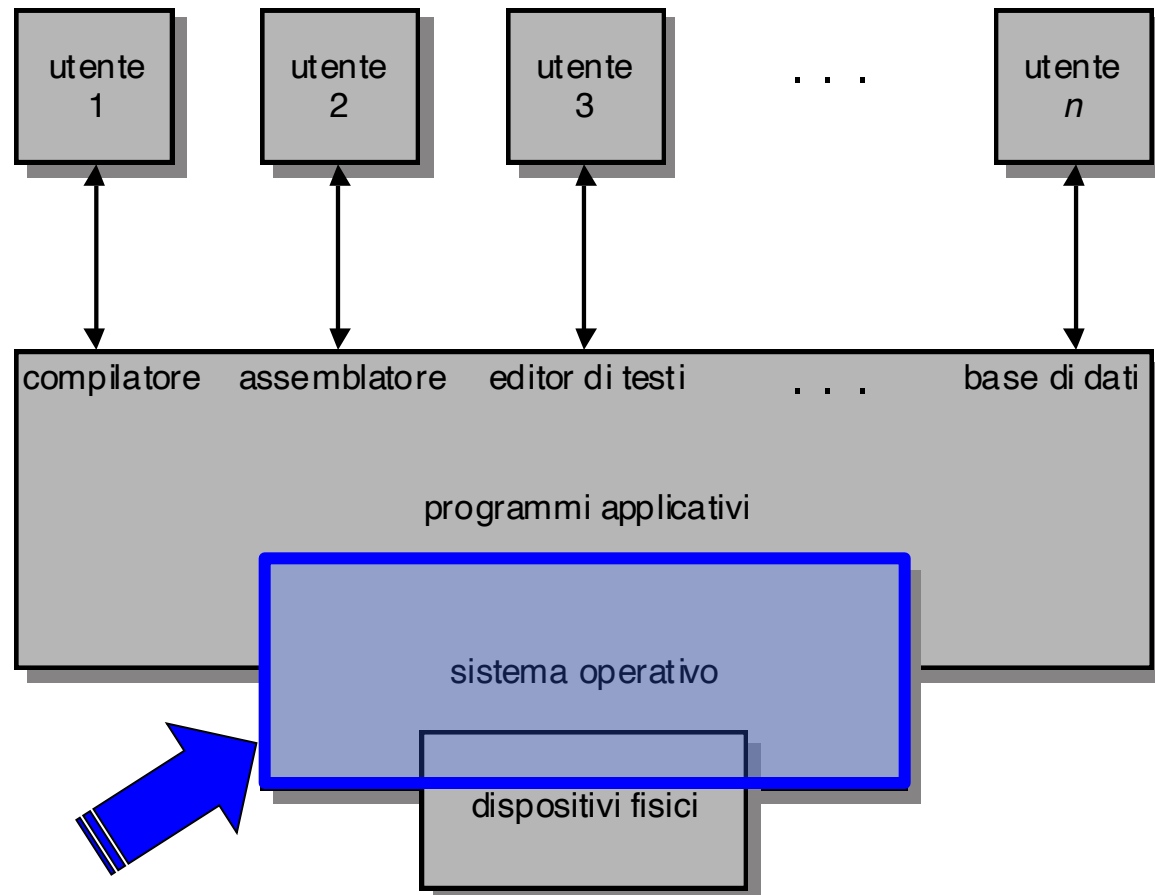


Componenti di un sistema di calcolo

- **Hardware** – include le risorse di base:
 - CPU, memoria, dispositivi di I/O
- **Sistema operativo**
 - Controlla e coordina l'uso dell'hardware tra le varie applicazioni e i vari utenti
- **Programmi applicativi** – definiscono i modi in cui le risorse del sistema sono usate per risolvere i problemi degli utenti
 - Word processor, compilatori, browser Web, database, video games
- **Utenti**
 - Persone, macchine, altri computer



Componenti di un sistema di calcolo



Sistemi Operativi: Definizioni

2ª Definizione: Un sistema operativo è un *allocatore di risorse*:

- Gestisce tutte le risorse hardware e software
- Gestisce le richieste in conflitto tra loro in modo da garantire un uso efficiente ed equo delle risorse



3ª Definizione: Un sistema operativo è un *programma di controllo*:

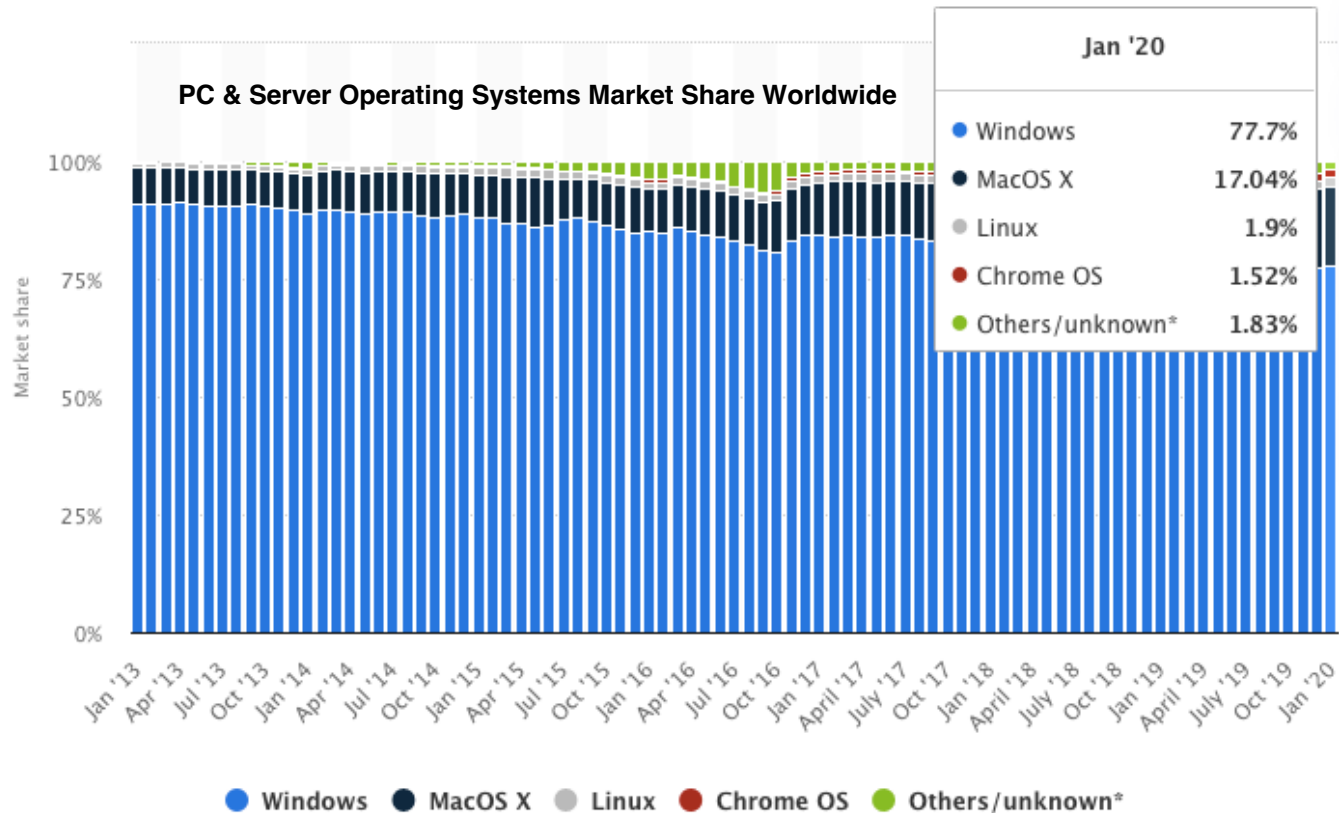
- Controlla l'esecuzione dei programmi in modo da prevenire errori nell'uso del computer.

Sistemi Operativi: Definizioni

- Il programma sempre in esecuzione nel computer è il **kernel** (o **nucleo**) del sistema operativo.
 - Tutto il resto è un insieme di programmi di sistema e/o programmi applicativi.

- Il **programma di bootstrap** è caricato all'accensione o al riavvio del computer
 - Tipicamente memorizzato in una ROM o EPROM
 - Inizializza lo stato del sistema
 - Carica il kernel del sistema operativo e ne avvia l'esecuzione.

Sistemi Operativi: Diffusione

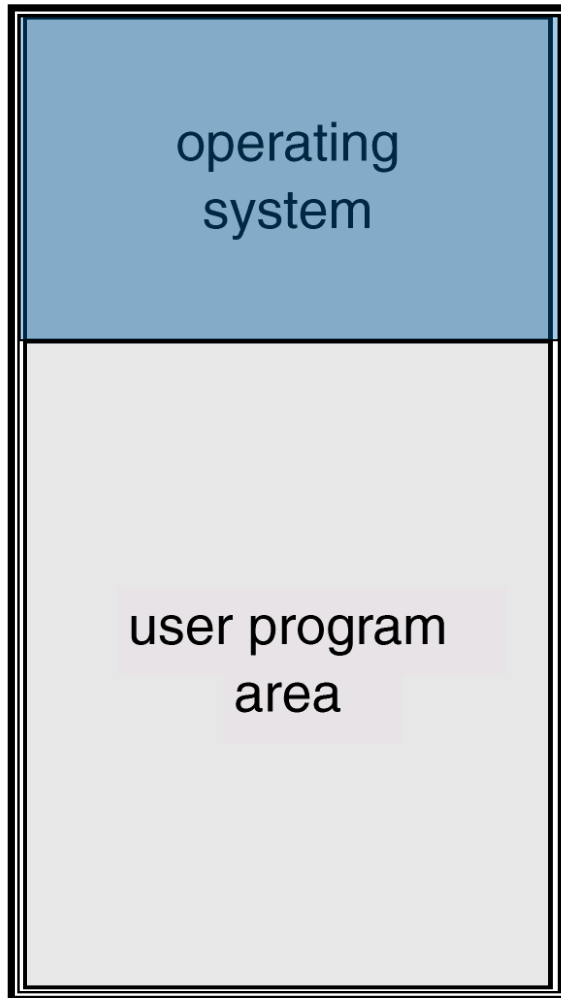


Sistemi Mainframe

- Obiettivo primario: ridurre il tempo di trasferimento del controllo tra un programma (Job) e l'altro.
- **Automatic job sequencing**: trasferimento automatico del controllo da un job all'altro. Primo sistema operativo rudimentale.
- **Monitor residente (S.O.)**
 - controllo iniziale nel monitor
 - Controlla il trasferimento dei job
 - Quando un job è completato il controllo passa al monitor.

Memoria in un sistema Batch semplice

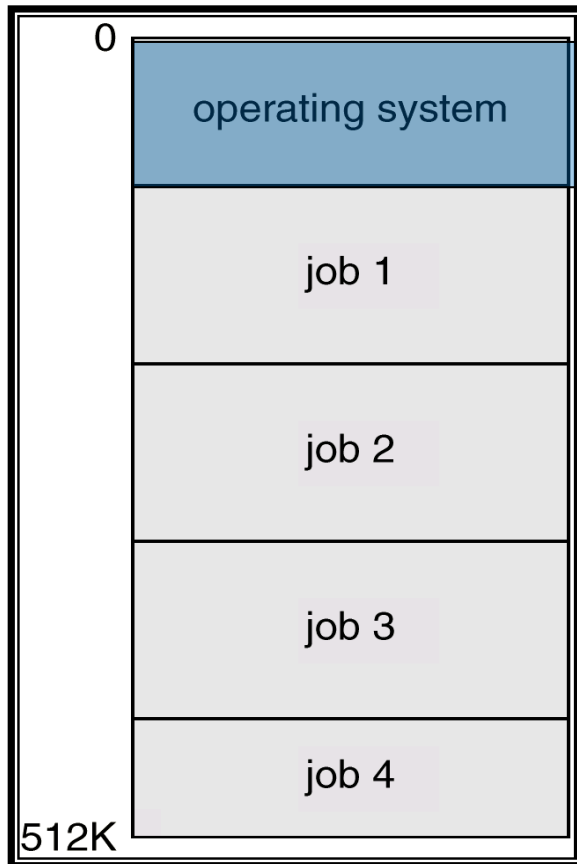
Memoria Centrale



Sistema Batch Multiprogrammato

Numerosi programmi (job pool) sono tenuti in memoria contemporaneamente e la CPU è assegnata a loro di volta in volta.

Memoria Centrale



Caratteristiche del S.O. per la Multiprogrammazione

- **Routine di I/O** (input/output) fornite dal sistema.
- **Memory management** – il sistema deve allocare la memoria a più job.
- **CPU scheduling** – il sistema deve scegliere tra più job pronti ad essere eseguiti.
- **Allocazione dei devices** ai job.

Sistemi Time-Sharing

- La CPU è assegnata di volta in volta a diversi programmi (jobs) che sono tenuti in memoria.
- Un programma caricato in memoria e in esecuzione è detto **processo** (di elaborazione).
- Un programma è copiato dalla memoria al disco e viceversa.
- La comunicazione è interattiva tra utente e sistema.
- Un file system on-line deve essere disponibile agli utenti per accedere dati e codice.



Sistemi Operativi per Calcolatori Diversi

Non esiste un unico sistema operativo che vada bene per tutti i calcolatori esistenti.

- Diversi Sistemi Operativi sono stati progettati e realizzati per differ classi di computer.

- PC
- Sistemi Paralleli
- Sistemi Distribuiti
- Cluster computer
- Sistemi Real-time
- Sistemi mobili
- Sensori.



Desktop



Laptop



Personal Digital Assistant



SmartPhone



Netbook



Mainframe



Embedded

Sistemi Desktop - PC

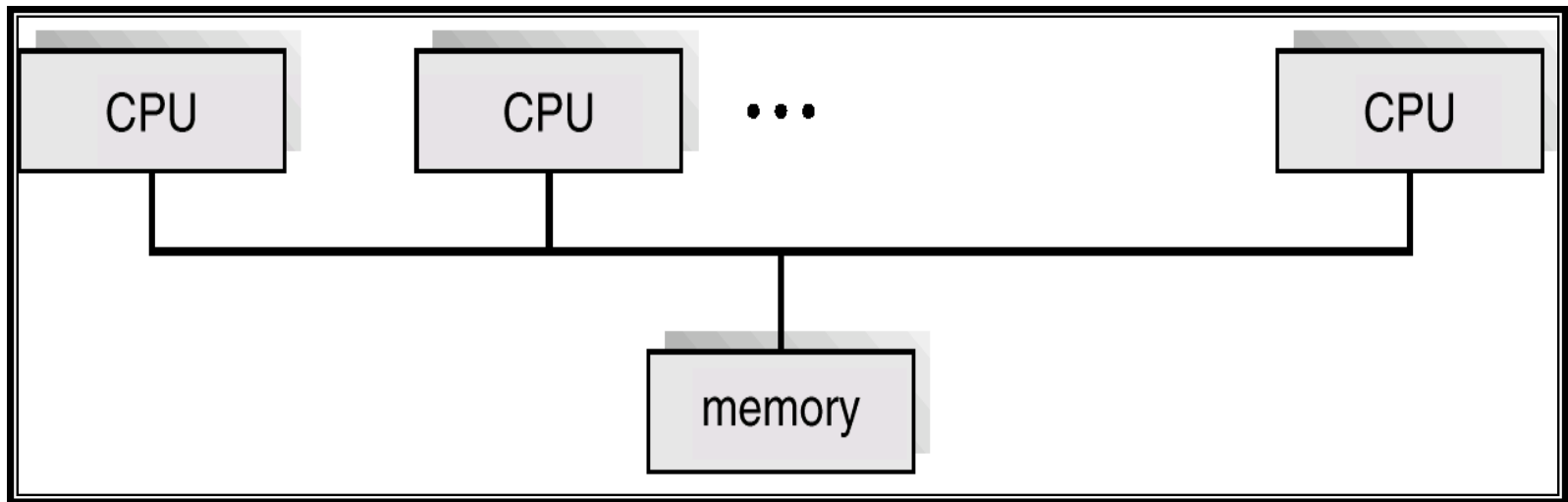
- *Personal computers* – computer dedicato ad un singolo utente.
- I/O devices – tastiera, mouse, display, piccola stampante.
- Convenienza e responsabilità.
- Si è potuto usare la tecnologia sviluppata per altri sistemi di elaborazione più complessi.
- Può eseguire differenti tipi di sistemi operativi (Windows, MacOS, UNIX, Linux).

Sistemi Paralleli

- **Multiprocessori:** sistemi con più di una CPU e con connessioni brevi e veloci.
- Sistemi strettamente accoppiati (*Tightly coupled systems*) i processori condividono la memoria e il clock; la comunicazione avviene tramite la memoria condivisa.
- Vantaggi:
 - Prestazioni superiori
 - Economicità
 - Affidabilità
 - ▶ Graceful degradation
 - ▶ Tolleranza ai guasti



Sistema Multiprocessore : Architettura



Sistemi Paralleli Multiprocessore

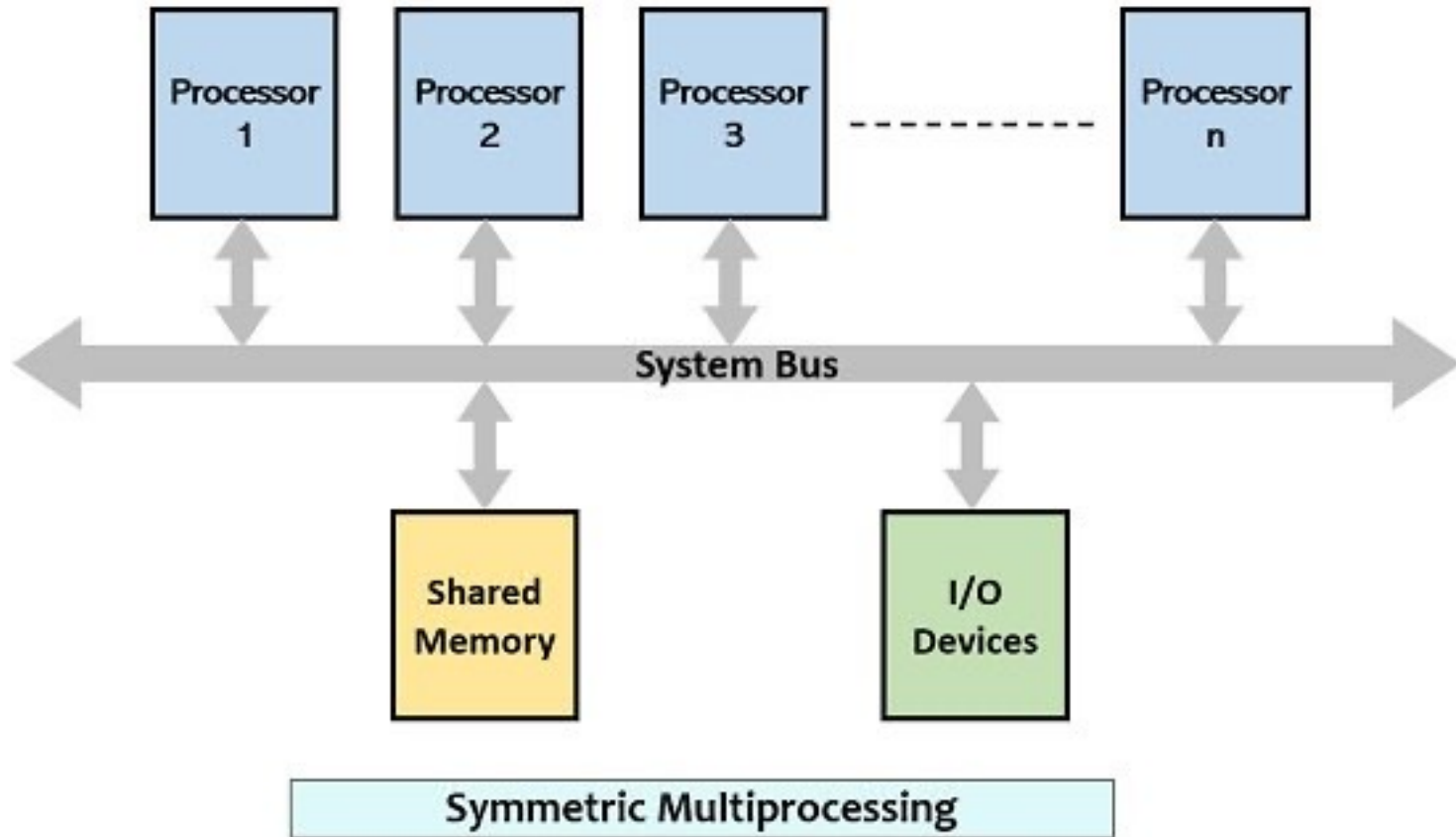
■ *Multiprocessing simmetrico (SMP)*

- Ogni processore esegue una copia identica del sistema operativo.
- Più processi vengono eseguiti contemporaneamente.
- Numerosi sistemi operativi supportano sistemi SMP.

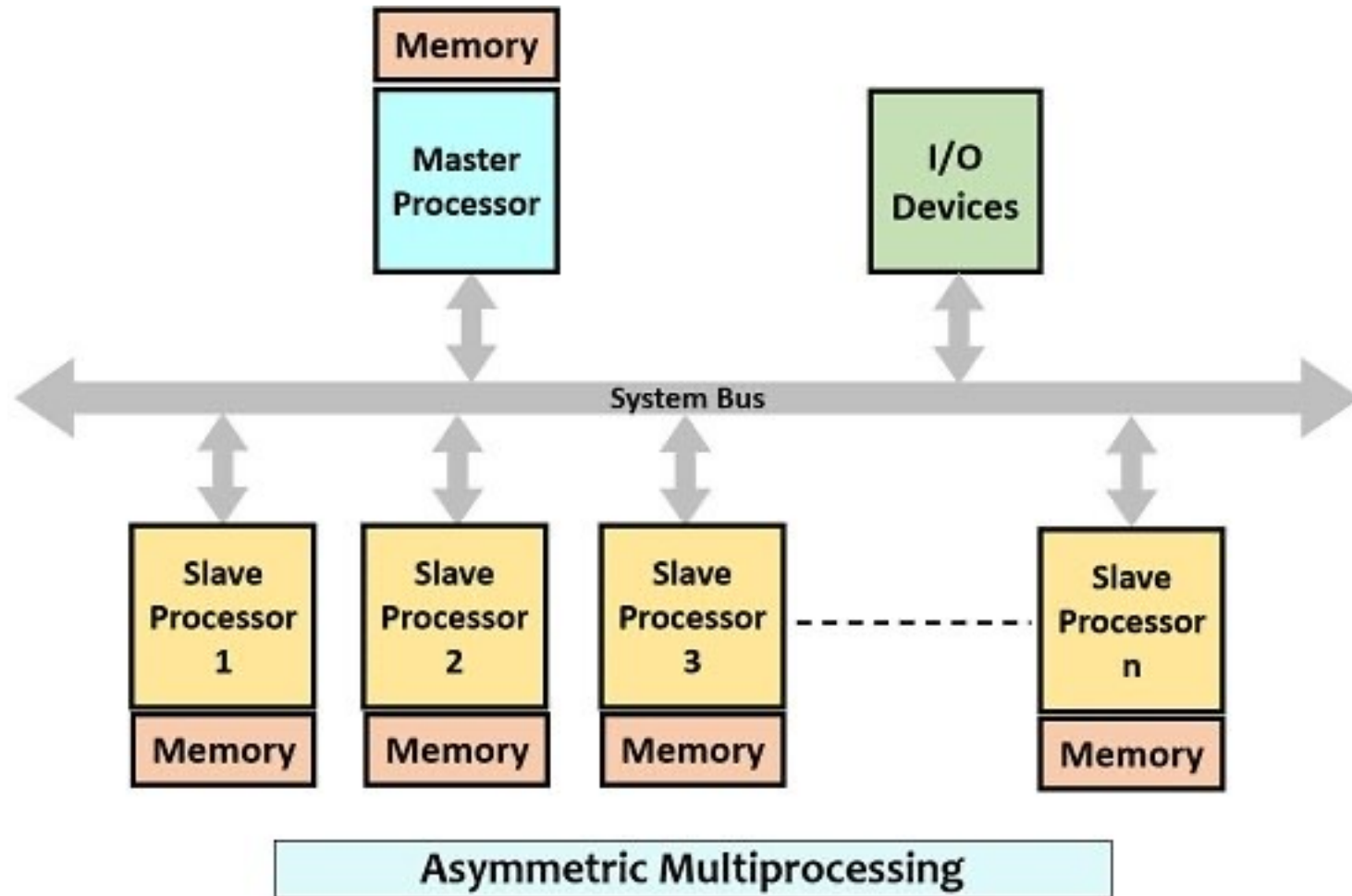
■ *Multiprocessing asimmetrico (AMP)*

- Ogni processore esegue un compito specifico, ad es. ci sono **processori master** e **processori slave**.
- E' più usato in sistemi molto grandi (con un numero molto alto di processori).

Architettura dei sistemi SMP

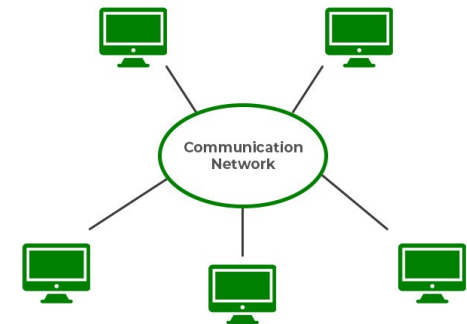


Architettura dei sistemi AMP



Sistemi Distribuiti

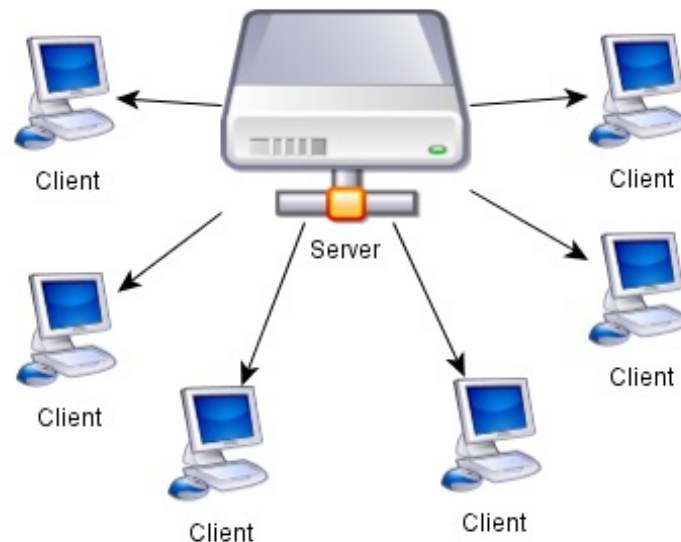
- Distribuiscono l'elaborazione tra diversi calcolatori collegati tra loro.
- Sistemi debolmente accoppiati (*Loosely coupled systems*)
 - Ogni processore ha la propria memoria locale e la comunicazione avviene tramite una rete. Non esiste memoria condivisa. → **MULTICOMPUTER**
- Vantaggi
 - Condivisione di risorse
 - Accelerazione dell'elaborazione
 - Affidabilità
 - Comunicazione e distribuzione



Sistemi Distribuiti

- Richiedono una infrastruttura di rete:
 - Local area networks (LAN) or Wide area networks (WAN)
- Possono usare un modello
 - Client-Server oppure
 - Peer-to-Peer.

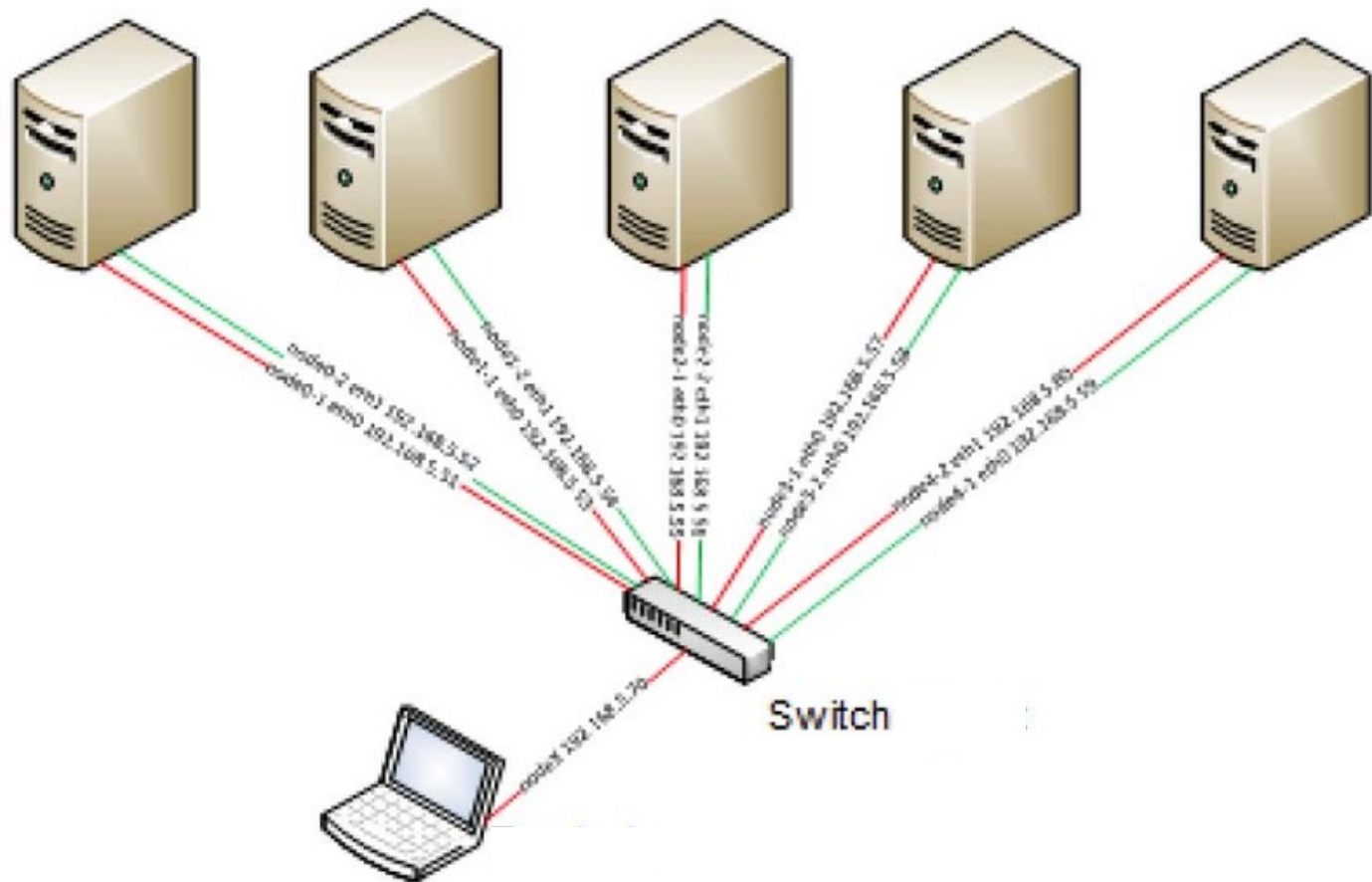
Architettura client-server



Cluster di computer

- Un cluster di computer è composto da un insieme di computer convenzionali connessi in rete per costituire un singolo sistema parallelo
- Alta affidabilità.
- Basso costo.
- Sistemi cluster usano sistemi operativi ad hoc o sistemi operativi convenzionali (ad esempio Linux) con software di supporto per la comunicazione e condivisione dei dati.

Struttura generale di un cluster



Sistemi Real-Time

- **Sistemi** (in **tempo reale**) con vincoli temporali ben definiti sull'elaborazione e sull'accesso alle risorse.
- Sono spesso usati per controllare dispositivi in applicazioni dedicate come:
 - gestione di macchine o di robot,
 - gestione di immagini in medicina,
 - sistemi di controllo militare,
 - gestione di dati scientifici, ecc.
- Algoritmi di scheduling specifici.

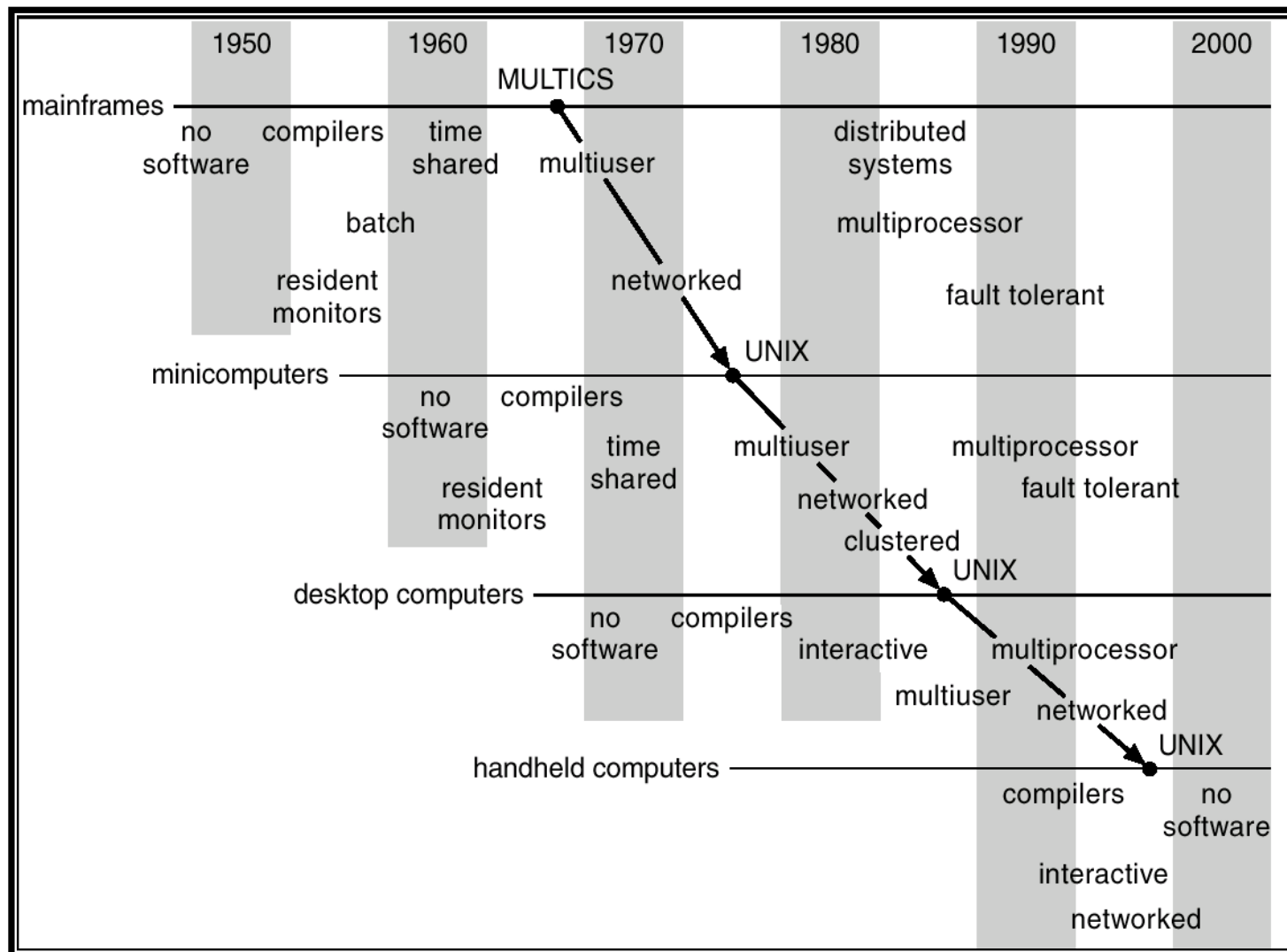
Sistemi portatili-mobili

- Personal Digital Assistants (PDAs)
- Palmtop, pocket PC
- E-books
- Smartphone
- Sensori
- RFID

Esistono sistemi operativi per queste classi di calcolatori.

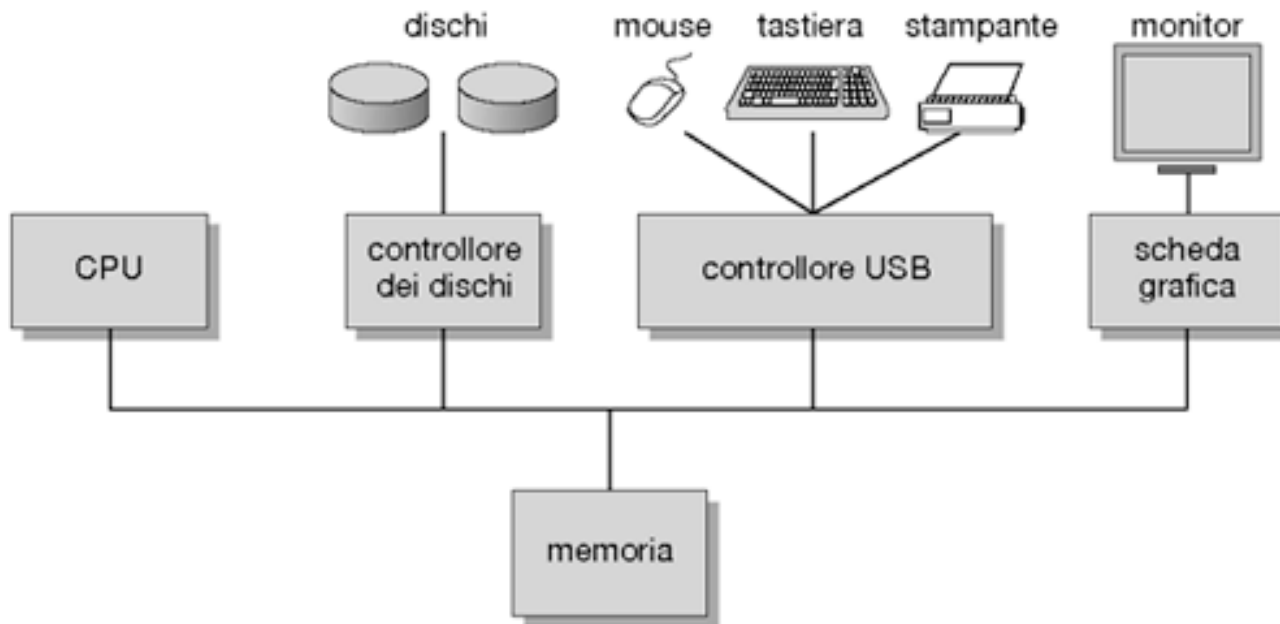
- Problemi:
 - Memoria limitata
 - Processori lenti
 - Display piccoli

Migrazione di Concetti e Caratteristiche dei S.O.



Moderno sistema di calcolo

- Un insieme di processori (*CPU*) e controllori di dispositivi (*device controllers*) connessi attraverso un **bus** che fornisce l'accesso ad una memoria condivisa.



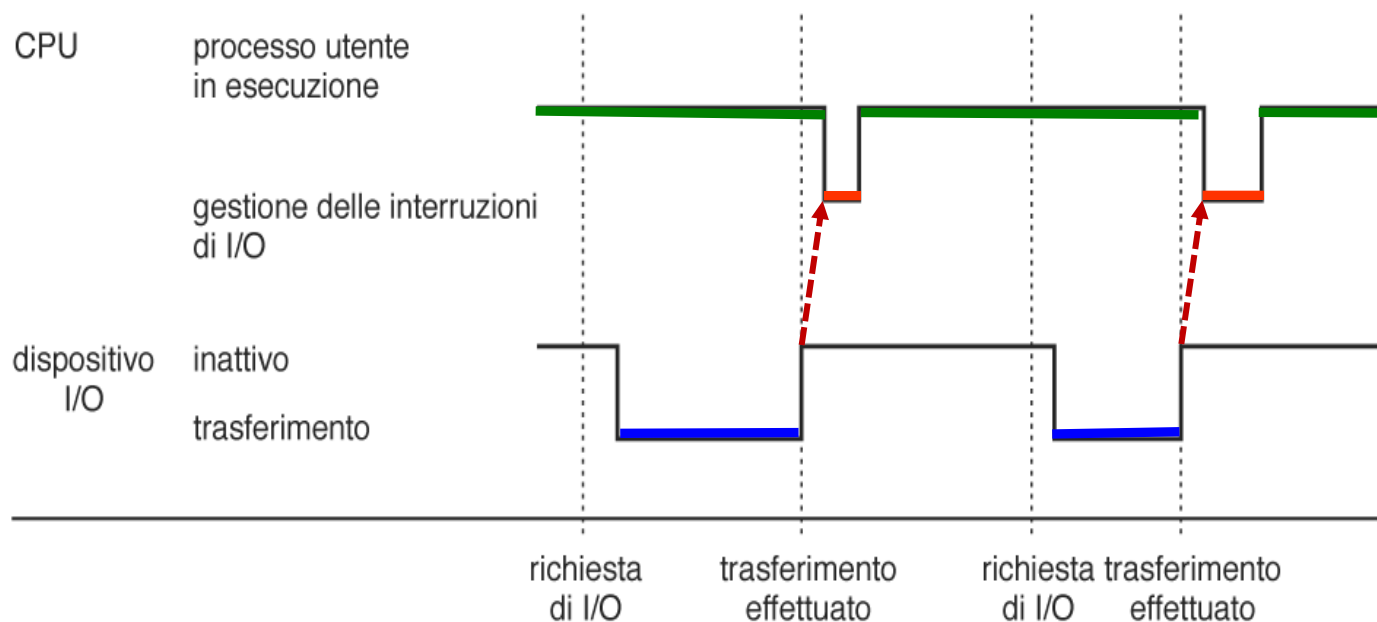
Moderno sistema di calcolo

- I dispositivi di I/O e la CPU possono eseguire operazioni in modo concorrente
- Ogni device controller è responsabile di un particolare tipo di dispositivo
- Ogni device controller ha un buffer locale
- La CPU muove i dati dalla/alla memoria centrale ai/dai buffer locali
- L'I/O si effettua dal dispositivo al buffer locale del controller
- Il device controller informa la CPU che ha completato la sua operazione generando una interruzione (*interrupt*)

Gestione degli interrupt

- I sistemi operativi sono guidati dagli interrupt (***interrupt driven***)
- Un **interrupt** trasferisce il controllo alla routine di servizio ad esso associata mediante il vettore degli interrupt (***interrupt vector***), il quale contiene gli indirizzi di tutte le routine di servizio
- Il sistema operativo conserva lo stato della CPU a seguito di un interrupt memorizzando i valori dei registri e del program counter
- Durante la gestione di un interrupt, altri interrupt in arrivo sono disabilitati (sospesi) per evitare la perdita dell'interrupt corrente
- Un **trap** è un interrupt software generato da un errore o da una particolare richiesta dell'utente

Diagramma temporale delle interruzioni



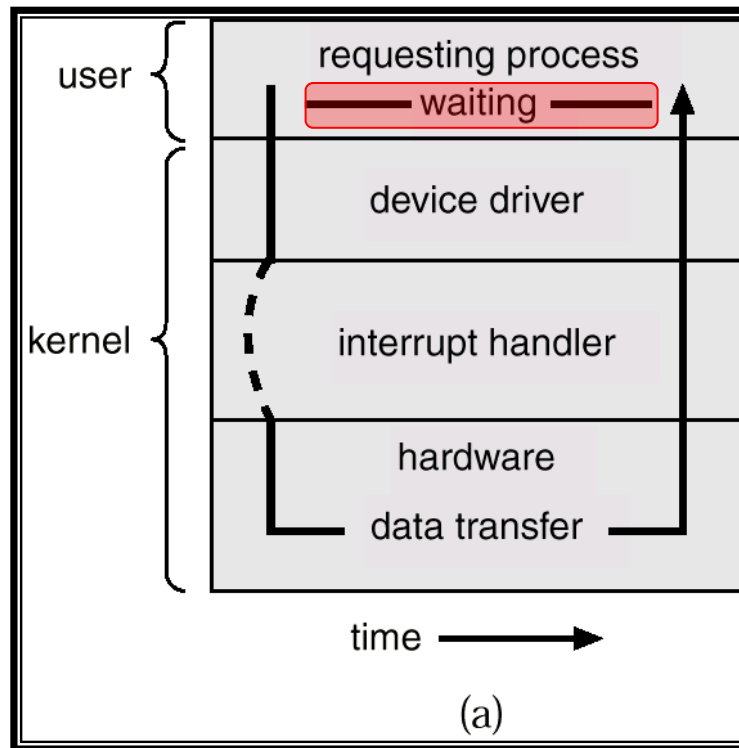
Due metodi di gestione dell'I/O

- **Sincrono:** Dopo che è stata avviata un'operazione di I/O, il controllo ritorna al programma utente soltanto dopo il completamento dell'operazione di I/O
 - Istruzione ***wait*** che sospende il processo fino al prossimo interrupt;
 - Ciclo di attesa;
 - Al più una richiesta di I/O per volta.

- **Asincrono:** Dopo che è stata avviata di I/O, il controllo ritorna al programma utente senza attendere il completamento dell'operazione di I/O
 - **System call** – richiesta al sistema operativo per attendere il completamento dell'operazione di I/O;
 - **Tabella di stato dei dispositivi** contiene elementi per ogni dispositivo di I/O che indica il suo tipo, indirizzo e stato;
 - Il sistema operativo accede alla **Tabella di stato dei dispositivi** per determinare lo stato del dispositivo e modificare la sua descrizione.

Due metodi di gestione dell'I/O

Sincrono



Asincrono

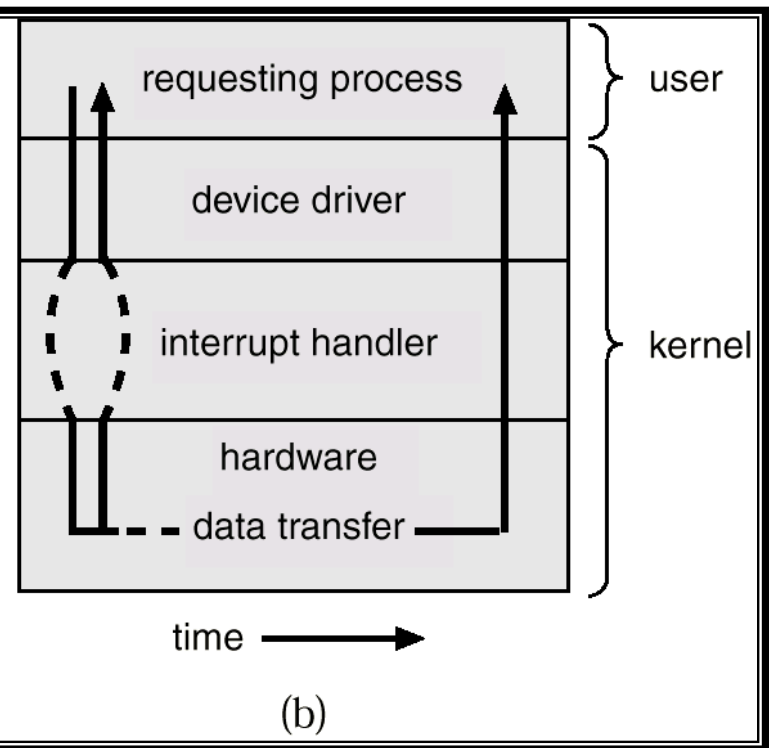
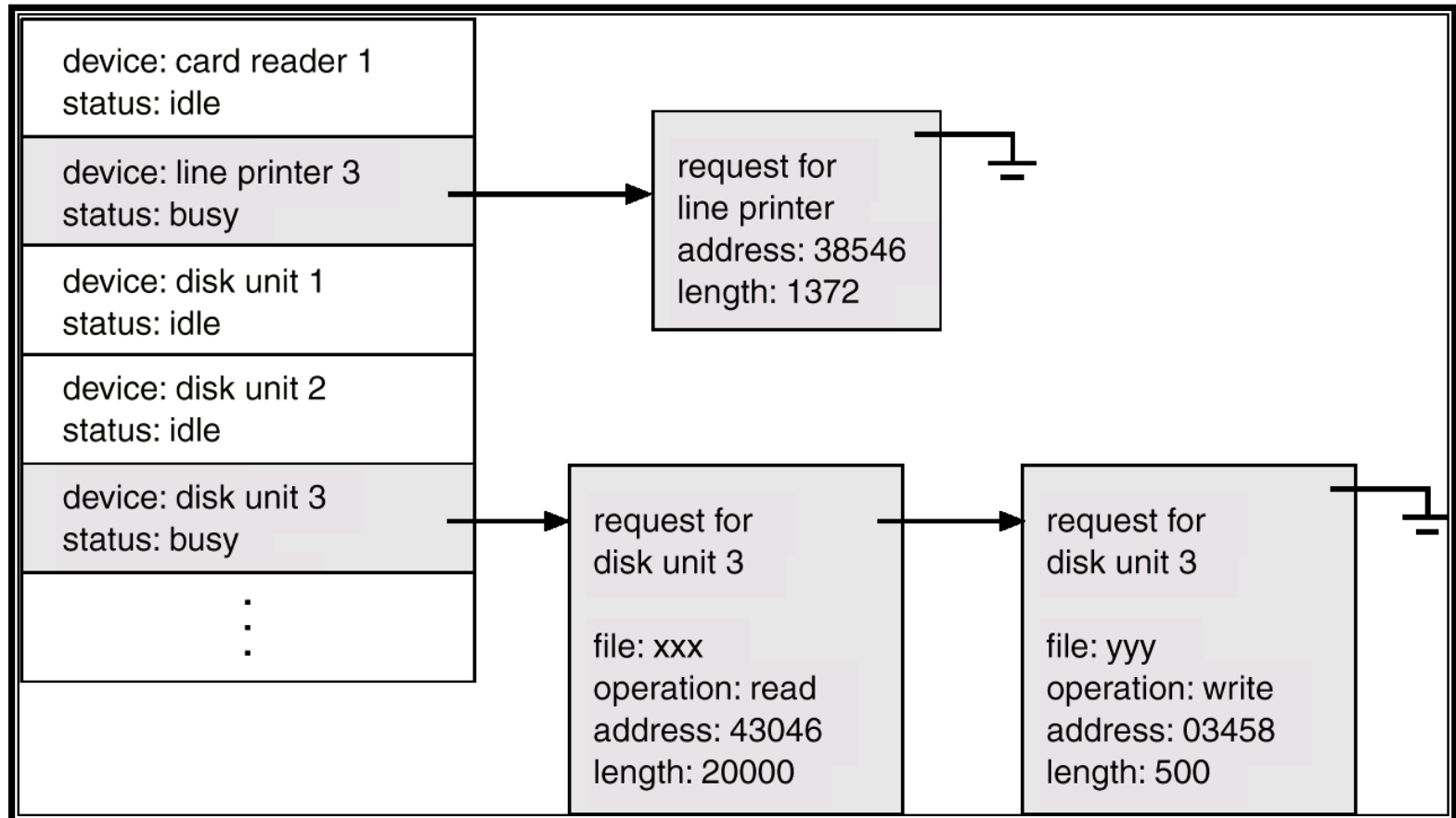
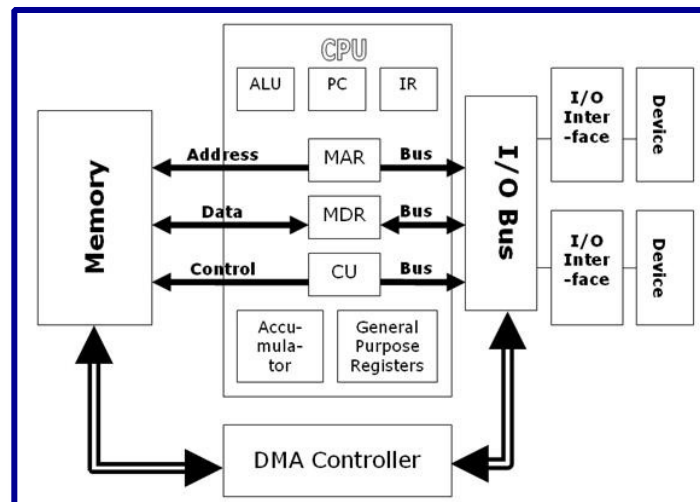


Tabella di stato dei dispositivi



Direct Memory Access (DMA)

- Il DMA è usato per dispositivi di I/O capaci di trasmettere dati a velocità vicine a quelle della memoria.
- Il device controller trasferisce blocchi di dati dal buffer direttamente alla memoria centrale senza l'intervento della CPU. Il DMA Controller si occupa di gestire gli interrupt intermedi.
- Viene generato un solo interrupt per blocco, invece che un interrupt per ogni byte trasferito.



Struttura della memoria

- **Memoria centrale** o principale (*main memory*) – celle di memoria accessibili direttamente dalla CPU (oltre ai registri)
- **Memoria secondaria** (*secondary storage*) – estensione della memoria centrale in modo da fornire una memoria di grandi dimensioni e non volatile



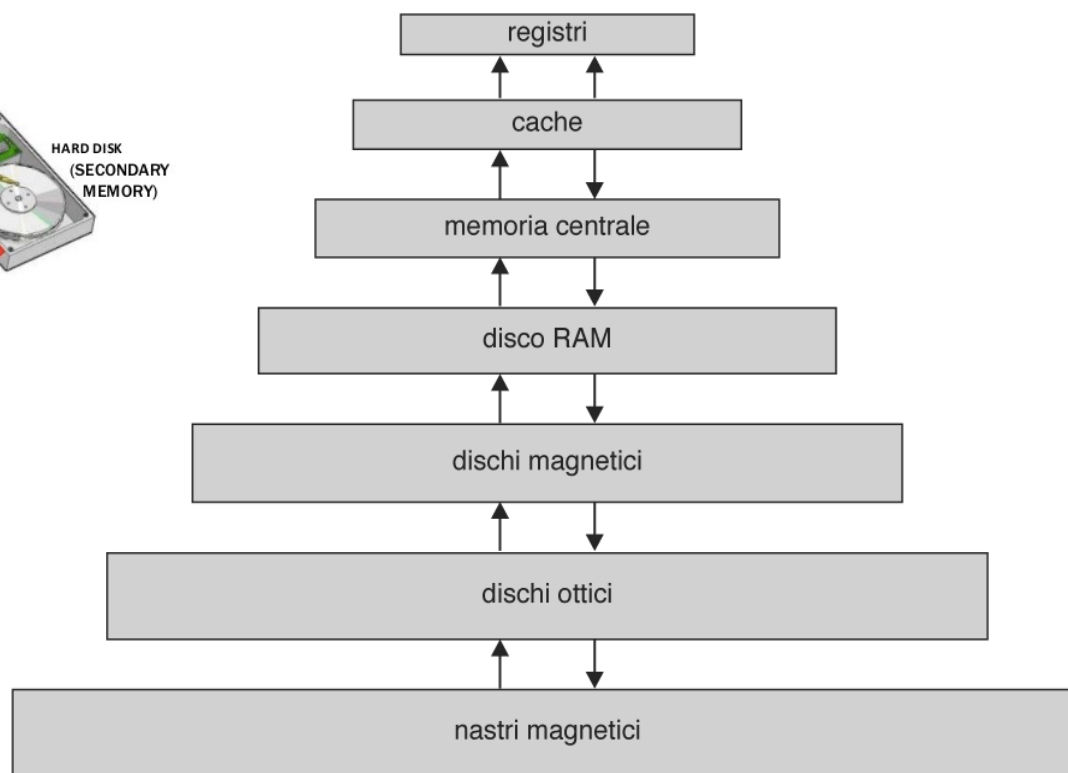
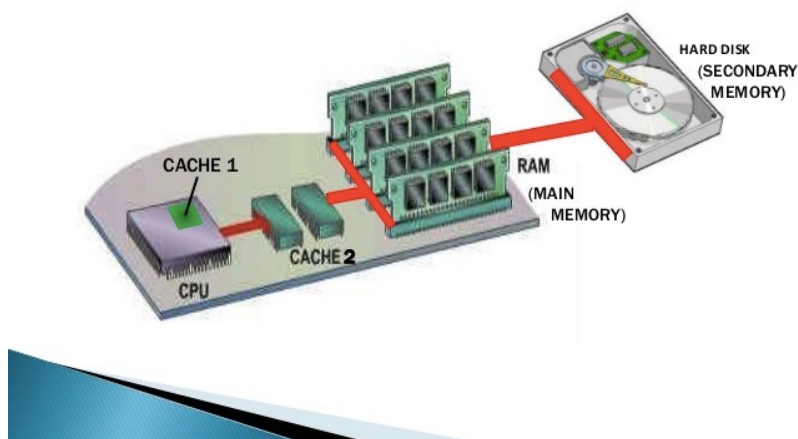
- **Dischi** magnetici – piatti di metallo ricoperti di materiale magnetico
 - La superficie dei dischi è logicamente divisa in tracce (*tracks*), a loro volta suddivise in settori (*sectors*)
 - Il controllore del disco (*disk controller*) determina l'interazione tra il dispositivo e il computer

Gerarchie dei dispositivi di memoria

- I dispositivi di memoria possono essere classificati in base a tre parametri principali:
 - Velocità di accesso: (multipli di) byte/secondo
 - Costo: prezzo di un (multiplo di) byte.
 - Volatilità: capacità di mantenere le informazioni anche quando non è alimentata.

Gerarchie dei dispositivi di memoria

Memory Management



- **Caching:** copia dei dati in memorie più veloci; la memoria centrale può essere vista come una cache per la memoria secondaria

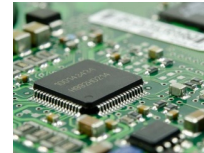
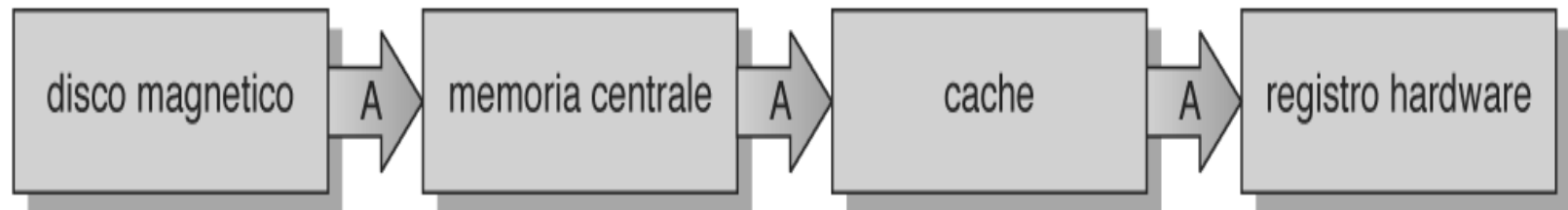
Prestazioni dei diversi dispositivi di memoria

Livello	1	2	3	4
Nome	registri	cache	memoria centrale	disco
Dimensione tipica	< 1 KB	< 16 MB	< 16 GB	> 100 GB
Tecnologia	memoria dedicata con porte multiple (CMOS)	CMOS SRAM (on-chip o off-chip)	CMOS DRAM	disco magnetico
Tempo d'accesso (ns)	0,25 – 0,5	0,5 – 25	80 – 250	5.000,000
Ampiezza di banda (MB/s)	20.000 – 100.000	5000 – 10.000	1000 – 5000	20 – 150
Gestito da	compilatore	hardware	sistema operativo	sistema operativo
Supportato da	cache	memoria centrale	disco	CD o nastro

Caching

- Principio importante, realizzato a diversi livelli in un computer (hardware, sistema operativo, software).
- L'informazione in uso è copiata temporaneamente da memorie più lente a memorie più veloci (**cache**)
- La cache è controllata prima per verificare se contiene l'informazione di interesse:
 - In caso positivo, l'informazione è acceduta direttamente dalla cache (maggiore velocità d'accesso)
 - Altrimenti, i dati sono copiati nella cache e acceduti da lì
- La cache è più piccola della memoria principale
 - La gestione della cache è un importante problema progettuale nei sistemi operativi
 - Dimensione della cache e politiche di sostituzione

Migrazione di un intero A da un disco a un registro



Protezione Hardware

- Un sistema operativo deve impedire che il cattivo funzionamento di un programma influenzi la corretta esecuzione del sistema operativo e di altri programmi.
- L'hardware supporta meccanismi di protezione.
- Approcci alla protezione:
 - Funzionamento Dual-Mode
 - Protezione dell'I/O
 - Protezione della Memoria
 - Protezione della CPU

Funzionamento Dual-Mode

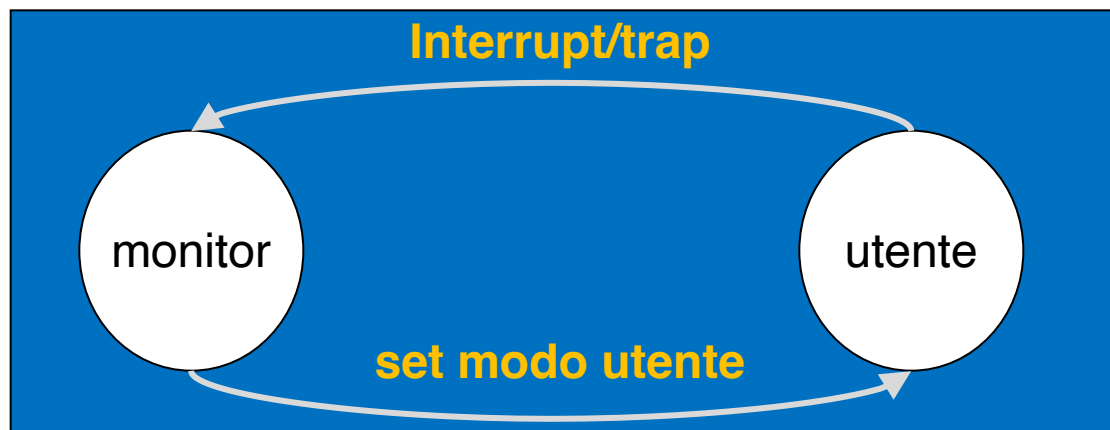
- Fornisce un supporto hardware per differenziare tra due modalità principali di esecuzione delle operazioni:

1. **Modo Utente** – esecuzione svolta per conto **dell'utente**.
2. **Modo Monitor** (o *kernel* o *system*) – esecuzione svolta per conto **del sistema operativo**.

Nel modo utente non si possono eseguire istruzioni che possano creare malfunzionamenti.

Funzionamento Dual-Mode

- Si usa un **Bit di modo** per indicare il modo corrente: monitor (0) o user (1).
- Quando avviene un interrupt o una trap il sistema passa al modo monitor.



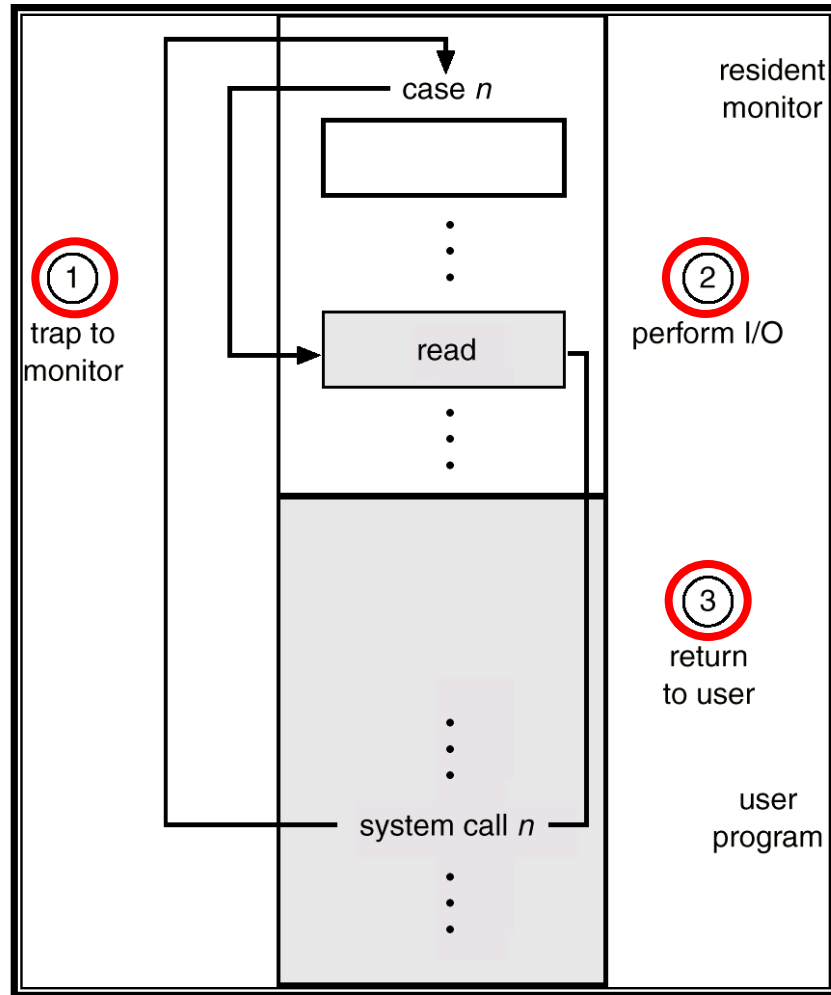
ATTENZIONE:

*Le istruzioni privilegiate possono essere eseguite **soltanto nel modo monitor.***

Protezione dell'I/O

- Tutte le istruzioni di I/O sono istruzioni privilegiate.
- Bisogna assicurare che un programma utente non possa ottenere il controllo del computer in modo monitor.
- Questo potrebbe succedere se le operazioni di I/O venissero eseguite in modo utente.
- Le **system call** si usano a questo scopo.

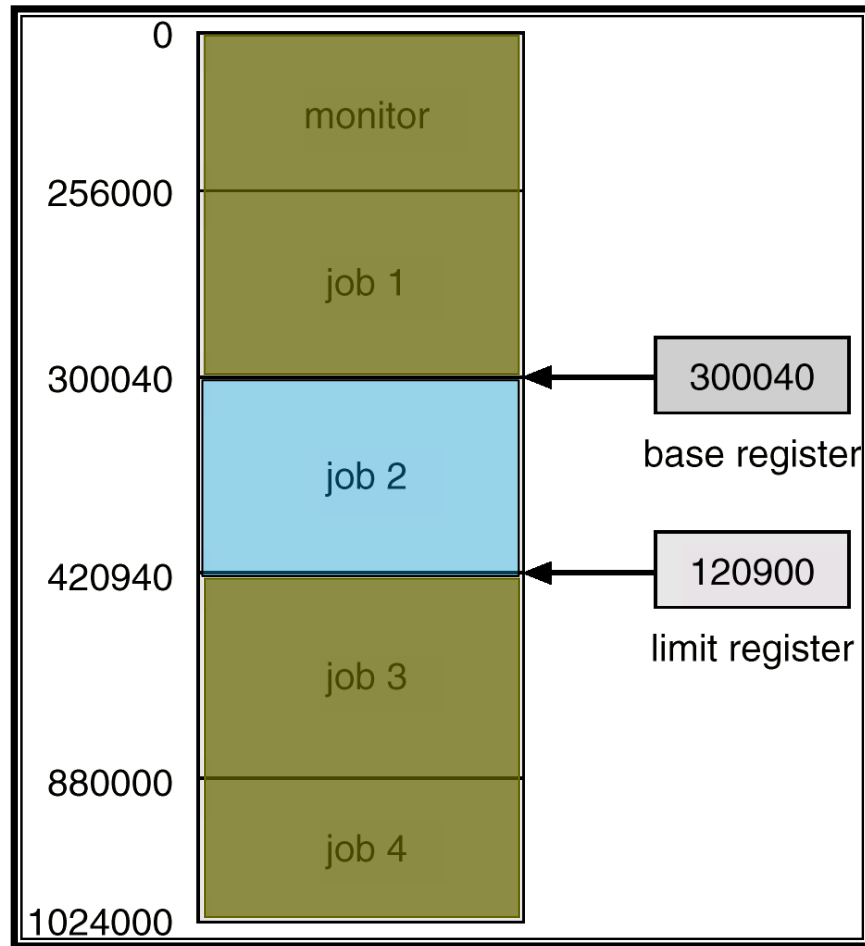
Uso di una System Call per l'I/O



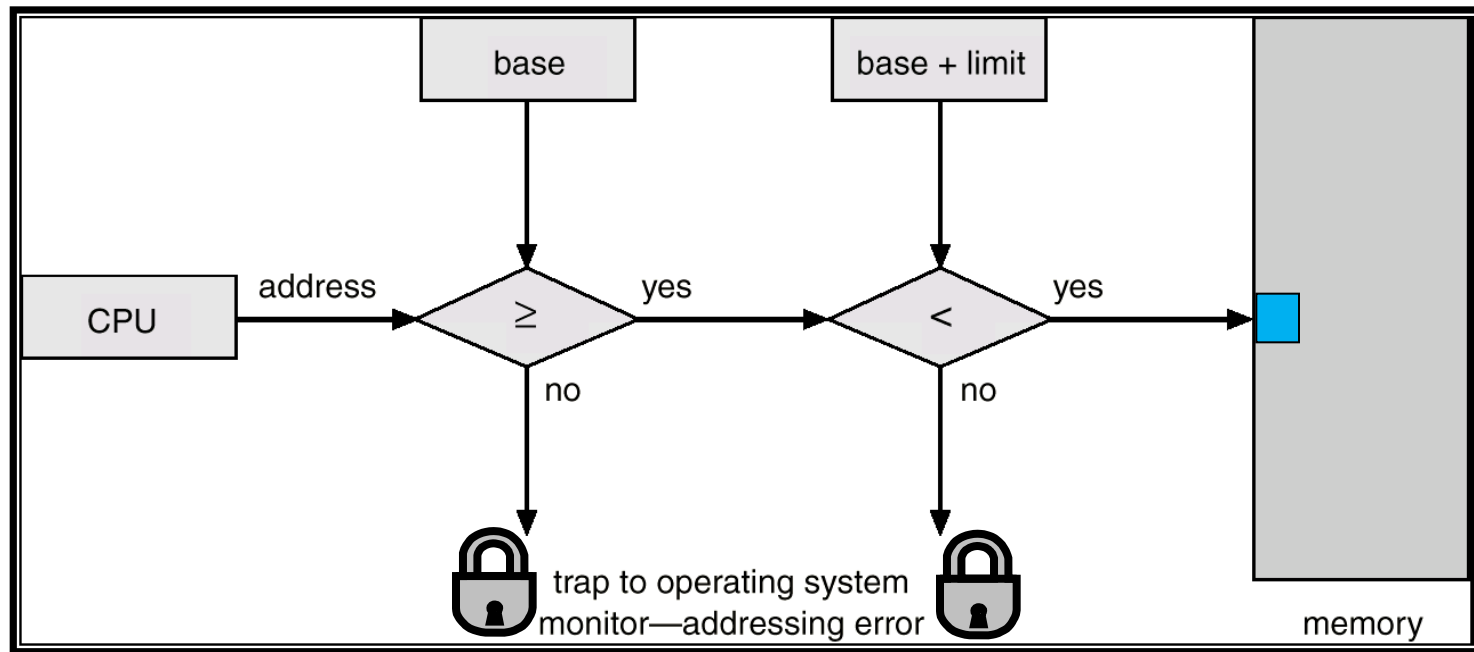
Protezione della Memoria

- Occorre proteggere aree di memoria critiche come il vettore delle interruzioni e le routine di servizio degli interrupt.
- Per proteggere la memoria da usi non corretti si usano due registri per determinare l'intervallo di valori corretto che un programma può accedere:
 - **Registro Base** – contiene l'indirizzo iniziale della memoria che un programma può accedere.
 - **Registro Limite** – contiene la dimensione dell'intervallo.
- La memoria al di fuori dell'intervallo è protetta.

Uso di un Registro Base e di un Registro Limite



Protezione degli Indirizzi Hardware



Protezione Hardware

- Quando il sistema operativo è in esecuzione in modo monitor può accedere tutte le celle di memoria.

- **ATTENZIONE:**

Le istruzioni di caricamento e modifica dei registri base e limite vengono eseguite dal sistema operativo in modalità monitor.

Protezione della CPU

- *E' fondamentale che un processo utente non usi indefinitamente la CPU.*
- Soluzione:
 - *Timer* – per l'invio di un interrupt dopo un dato intervallo di tempo.
 - ▶ Il timer è decrementato ad ogni tick del clock.
 - ▶ Quando il timer avrà valore 0 viene generato l'interrupt.
- Il Timer viene usato per implementare il time sharing.
- **ATTENZIONE: Il caricamento del timer è una istruzione privilegiata.**



Meltdown e Spectre



- **Meltdown** sfrutta il fatto che le CPU Intel e ARM eseguono dei controlli a posteriori sui privilegi di accesso delle istruzioni alla memoria e che quindi la CPU può essere forzata ad accedere a locazioni non consentite.
- Durante l'esecuzione di una istruzione che usa dati in memoria, la CPU avvia la verifica sui privilegi di accesso e **in parallelo legge i dati** dalla memoria.
- Se l'istruzione non ha i privilegi corretti per accedere alla memoria il processore blocca l'istruzione **ma comunque l'accesso alla memoria è stato già eseguito e i dati sono stati salvati nella cache.**
- Una volta presenti nella cache questi possono essere estratti tramite un altro tipo di attacco.





Meltdown e Spectre



- **Spectre** è basato sulla predizione delle diramazioni (*if, case, while*).
- Si può forzare il processore ad accedere ad aree di memoria riservate e una volta che queste **sono state copiate in cache** queste possono essere estratte tramite lo stesso attacco utilizzato da Meltdown.
- L'attacco Spectre richiede che il processore abbia una cache e una unità di predizione delle diramazione, due condizioni molto comuni nelle CPU moderne.
- Mentre l'attacco Meltdown può essere bloccato utilizzando una tecnica chiamata Kaiser, l'attacco Spectre non ha una soluzione singola che consenta di eliminare il problema.

