Struttura dei Sistemi di Calcolo

Ivan Scagnetto

(ivan.scagnetto@dimi.uniud.it)
Università di Udine — Facoltà di Scienze MM.FF.NN.

A.A. 2011-2012

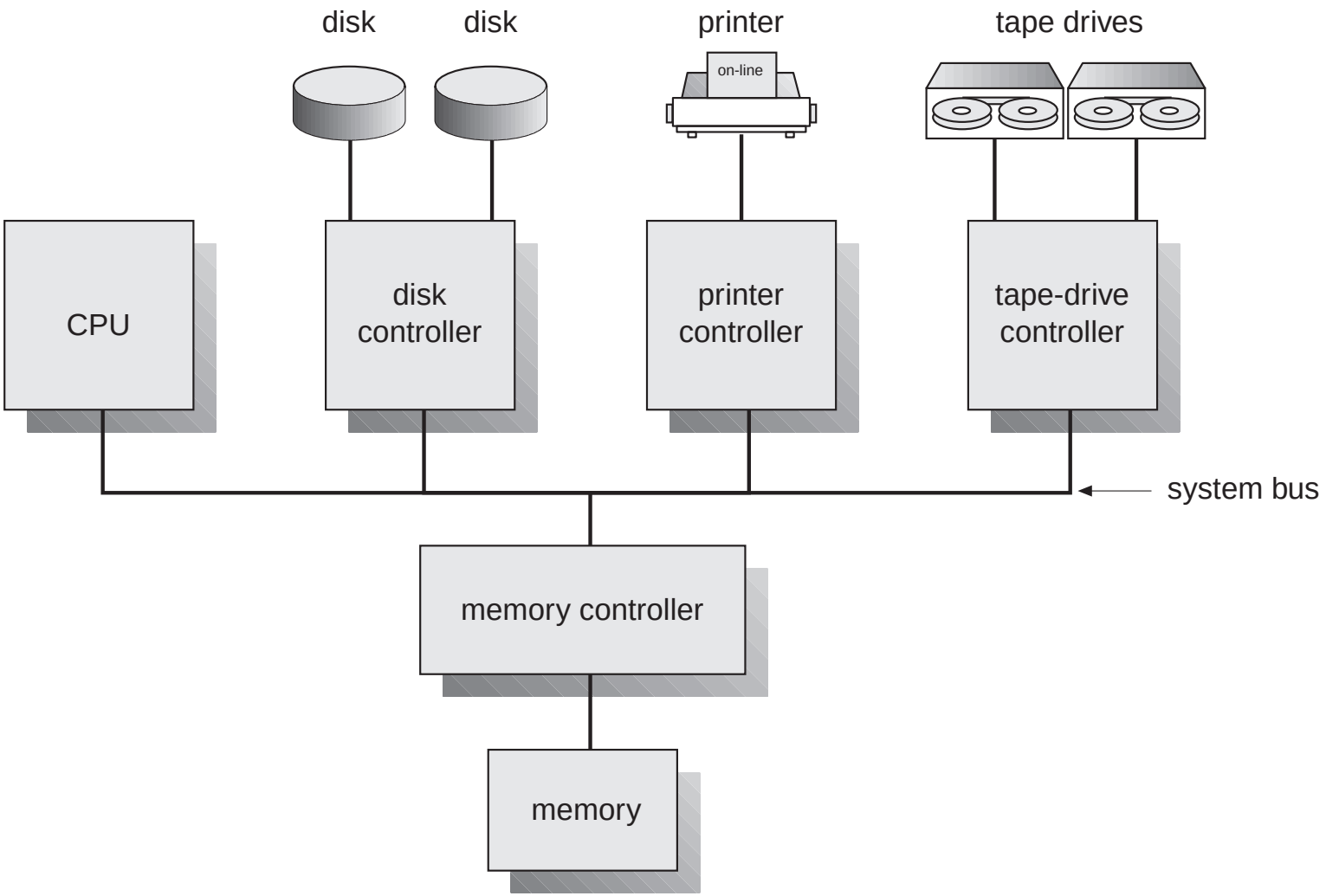
Sommario

- Operazioni dei sistemi di calcolo
- Struttura dell'I/O
- Struttura della memoria
- Gerarchia delle memorie
- Protezione hardware
- Invocazione del Sistema Operativo

Architettura dei calcolatori

- Un sistema operativo (S.O.) è fortemente legato all'hardware del calcolatore su cui gira. Infatti un S.O. ha le seguenti caratteristiche:
  - estende l'insieme di istruzioni del calcolatore,
  - gestisce le risorse (hardware) del calcolatore.
- Di conseguenza un S.O. deve avere un'ottima rappresentazione interna dell'hardware o, almeno, di come quest'ultimo appaia al programmatore.
- Questa è la ragione per cui solitamente il codice dei S.O. è scritto in linguaggi "vicini" alla macchina (e.g., Assembly, C).

Modello astratto del calcolatore



Struttura della Memoria

Idealmente si vorrebbe che la memoria fosse

- estremamente veloce (più veloce del tempo richiesto per l'esecuzione di un'istruzione),
- molto capiente,
- economica.

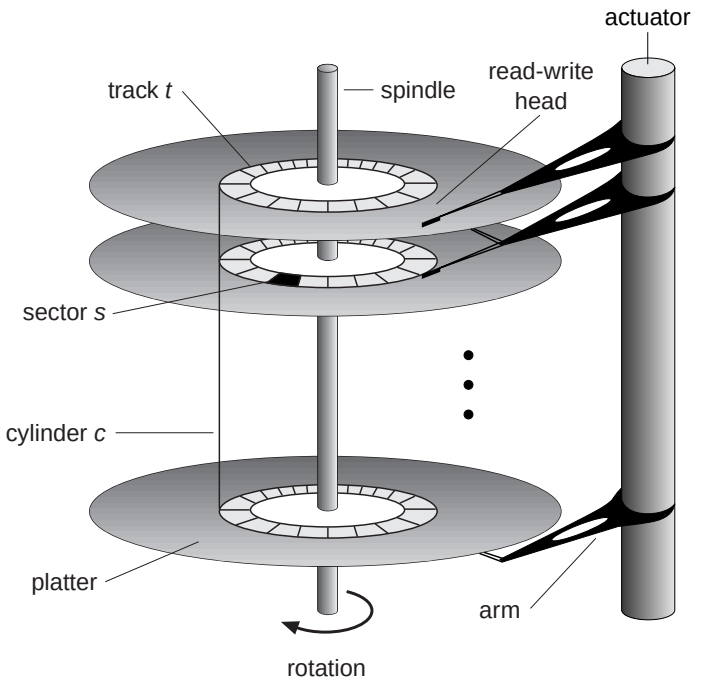
In realtà la memoria si distingue in almeno due categorie:

- Memoria principale – la memoria che la CPU può accedere direttamente.
- Memoria secondaria – estensione della memoria principale che fornisce una memoria non volatile (e solitamente più grande).

Dischi magnetici

Sono sostanzialmente dei piatti di metallo rigido ricoperti di materiale ferromagnetico, in rotazione:

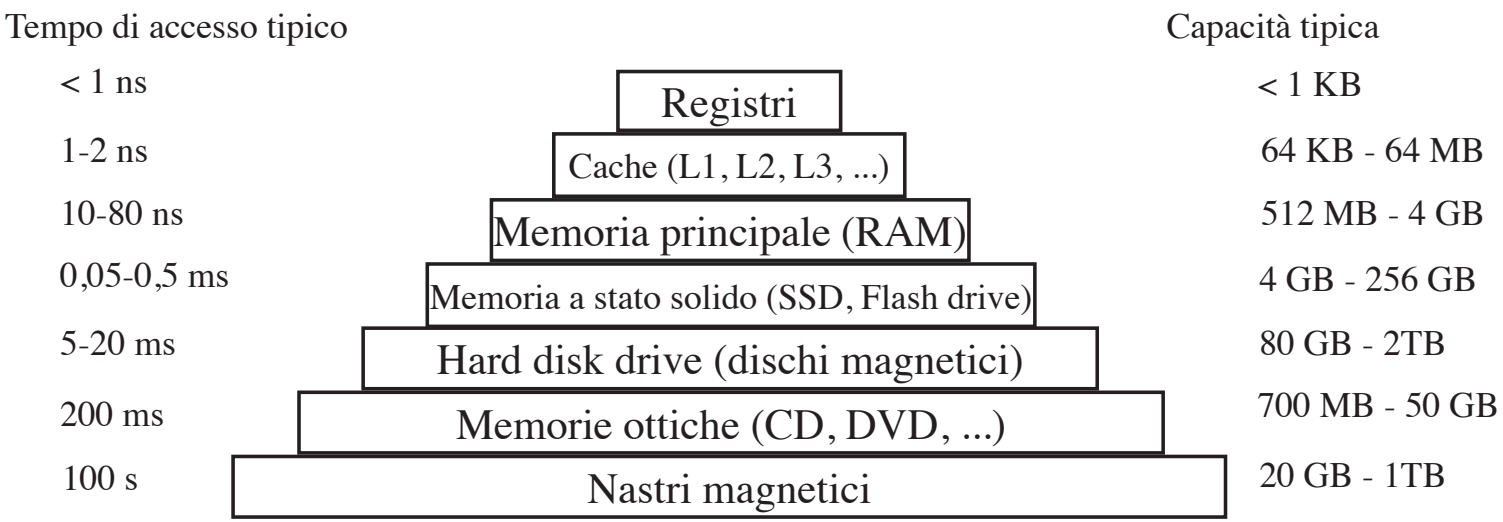
- la superficie del disco è logicamente divisa in *tracce*, che sono sottodivise in *settori*;
- Il *controller dei dischi* determina l'interazione logica tra il dispositivo ed il calcolatore.



Gerarchia della Memoria

I sistemi di memorizzazione sono organizzati gerarchicamente, in base ai seguenti criteri:

- velocità,
- costo,
- volatilità.



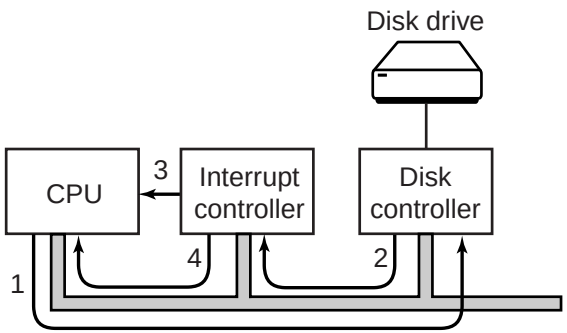
Caching – duplicare i dati più frequentemente usati di una memoria, in una memoria più veloce.
Ad esempio, la memoria principale può essere vista come una cache per la memoria secondaria.

Operazioni dei sistemi di calcolo

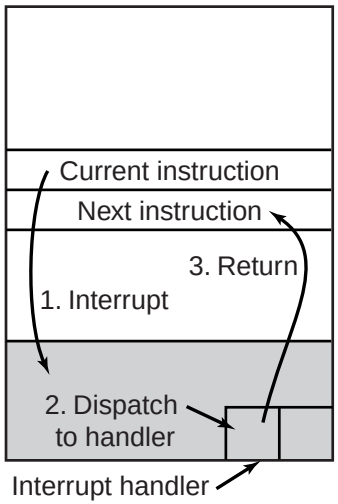
- I dispositivi di I/O e la CPU possono funzionare concorrentemente.
- Ogni controller di dispositivo gestisce un particolare tipo di dispositivo.
- Ogni controller ha un buffer locale.
- La CPU muove dati da/per la memoria principale per/da i buffer locali dei controller.
- l'I/O avviene tra il dispositivo e il buffer locale del controller.
- Il controller informa la CPU quando ha terminato la sua operazione, generando un interrupt.

Schema comune degli Interrupt

- Gli interrupt trasferiscono il controllo alla routine di servizio dell'interrupt. Ciò può avvenire in due modi:
  - tramite polling,
  - tramite il vettore di interruzioni: contiene gli indirizzi delle routine di servizio.



(a)



(b)

Gestione dell'interrupt

- L'hardware salva l'indirizzo dell'istruzione interrotta (p.e., sullo stack).
- Il S.O. preserva lo stato della CPU salvando registri e program counter in apposite strutture dati.
- Per ogni tipo di interrupt, uno specifico segmento di codice determina cosa deve essere fatto.
- Terminata la gestione dell'interrupt, lo stato della CPU viene ripristinato e l'esecuzione del codice interrotto viene ripresa.
- Interrupt in arrivo sono disabilitati mentre un altro interrupt viene gestito, per evitare che vadano perduti.
- Un trap è un interrupt generato da software, causato o da un errore o da una esplicita richiesta dell'utente (istruzioni `TRAP`, `SVC`).
- Un sistema operativo è guidato da interrupt.

I/O sincrono

I/O sincrono: dopo che l'I/O è partito, il controllo ritorna al programma utente solo dopo che l'I/O è stato completato.
Ciò può avvenire in diversi modi:

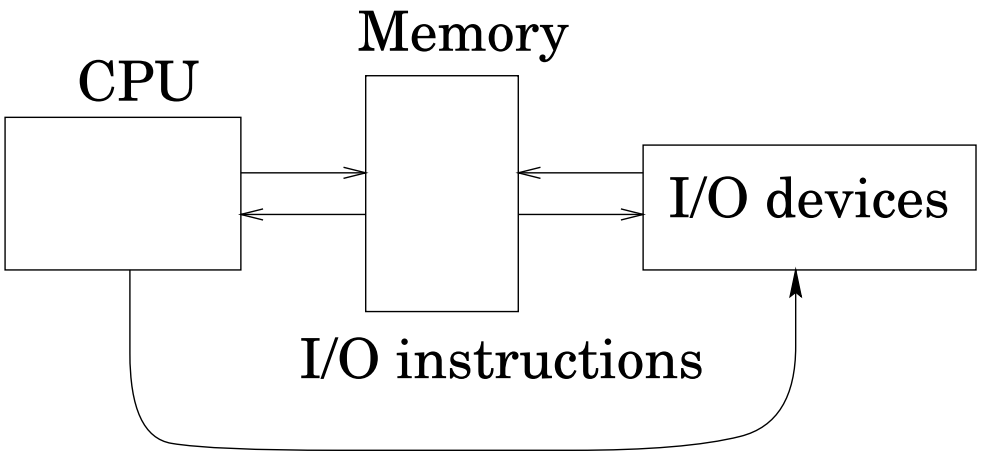
- l'istruzione `wait` permette di bloccare la CPU fino alla prossima interruzione,
- oppure, si utilizza un ciclo di attesa (busy wait); inefficiente perché spreca tempo di CPU,
- al più una richiesta di I/O è eseguita alla volta; non ci sono I/O paralleli.

I/O asincrono

I/O asincrono: dopo che l'I/O è partito, il controllo ritorna al programma utente senza aspettare che l'I/O venga completato

- chiamata di sistema (system call) – richiede al sistema operativo di sospendere il processo in attesa del completamento dell'I/O.
- una tabella dei dispositivi mantiene tipo, indirizzo e stato di ogni dispositivo di I/O.
- Il sistema operativo accede alla tabella dei dispositivi per determinare lo stato e per mantenere le informazioni relative agli interrupt.

Direct Memory Access (DMA)



- Usata per dispositivi in grado di trasferire dati a velocità prossime a quelle della memoria.
- I controller trasferiscono blocchi di dati dal buffer locale direttamente alla memoria, senza intervento della CPU.
- Viene generato un solo interrupt per blocco, invece di uno per ogni byte trasferito.
- Richiede hardware specifico (controller DMA).

Protezione hardware

- Funzionamento in dual-mode
- Protezione dell'I/O
- Protezione della Memoria
- Protezione della CPU

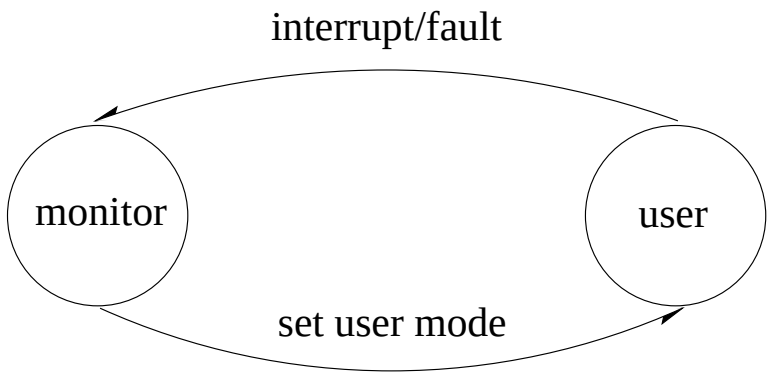
Funzionamento Dual-Mode

- La condivisione di risorse di sistema richiede che il sistema operativo assicuri che un programma scorretto non possa portare altri programmi (corretti) a funzionare non correttamente.
- L'hardware deve fornire un supporto per differenziare almeno tra due modi di funzionamento:
  1. user mode – la CPU sta eseguendo codice di un utente,
  2. monitor mode (anche supervisor mode, system mode, kernel mode) – la CPU sta eseguendo codice del sistema operativo.

Funzionamento Dual-Mode (Cont.)

Richiede un supporto da parte dell'hardware.

- La CPU ha un mode bit che indica in quale modo si trova: supervisor (0) o user (1).
- Quando avviene un interrupt, l'hardware passa automaticamente in modo supervisore.



- Le istruzioni privilegiate possono essere eseguite solamente in modo supervisore.

Protezione dell'I/O

- Tutte le istruzioni di I/O sono privilegiate.
- Si deve assicurare che un programma utente non possa mai passare in modo supervisore (per esempio, andando a scrivere nel vettore delle interruzioni).

Protezione della Memoria

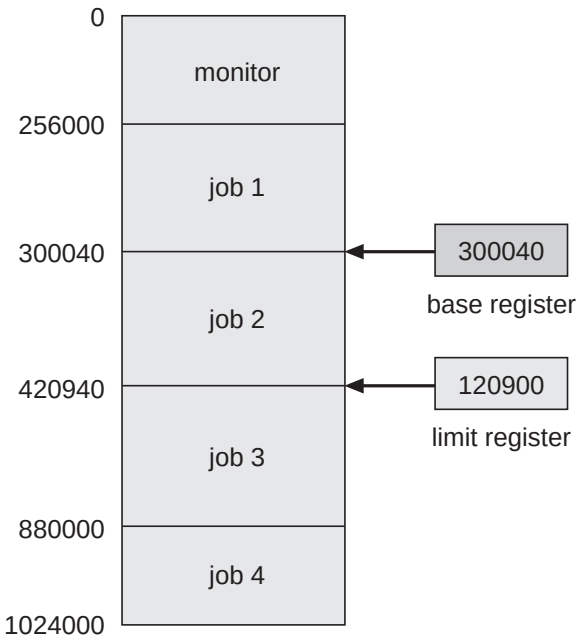
Si deve proteggere almeno il vettore delle interruzioni e le routine di gestione degli interrupt

- Per avere la protezione della memoria, si aggiungono due registri che determinano il range di indirizzi a cui un programma può accedere:

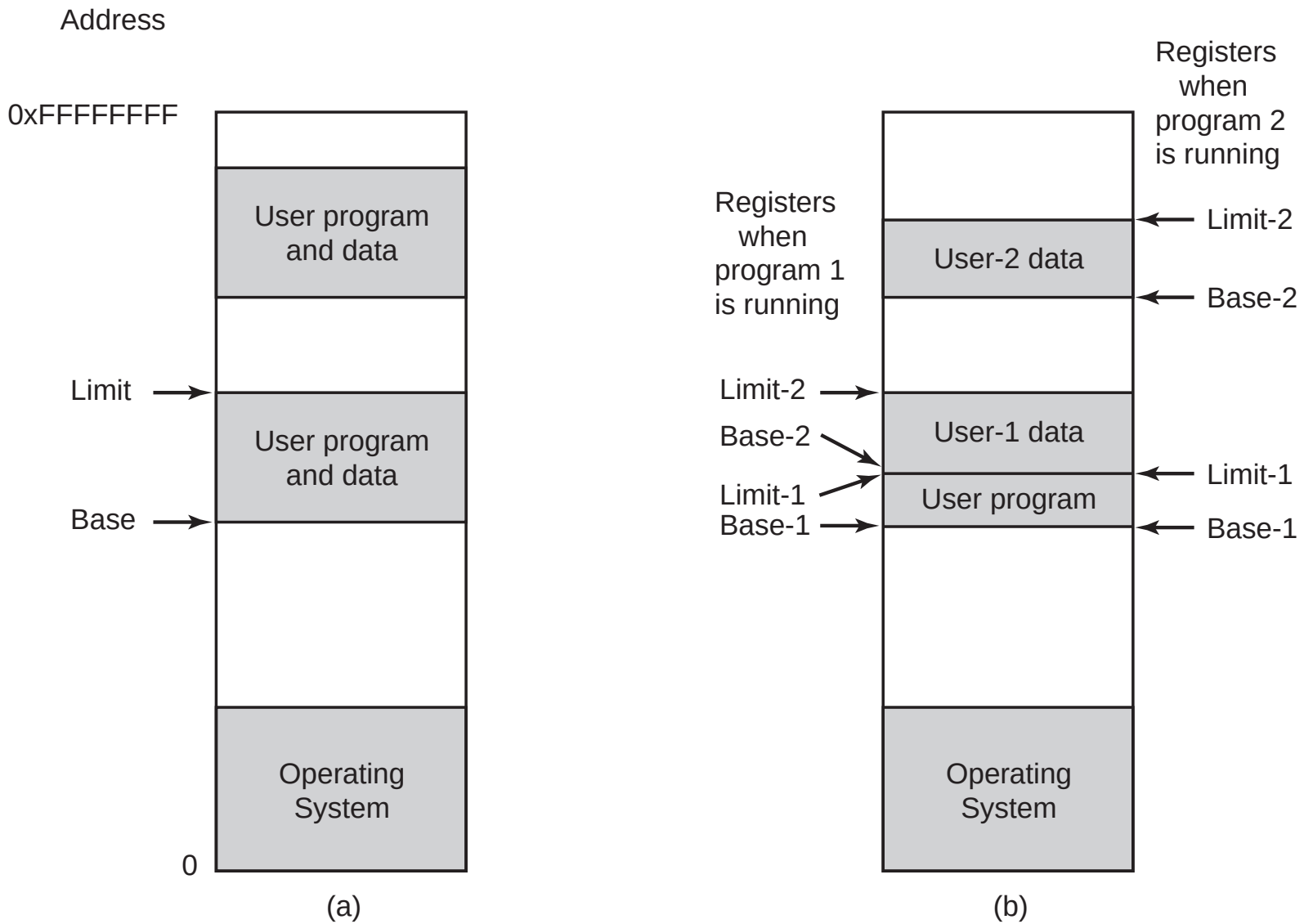
  registro base contiene il primo indirizzo fisico legale,

  registro limite contiene la dimensione del range di memoria accessibile.

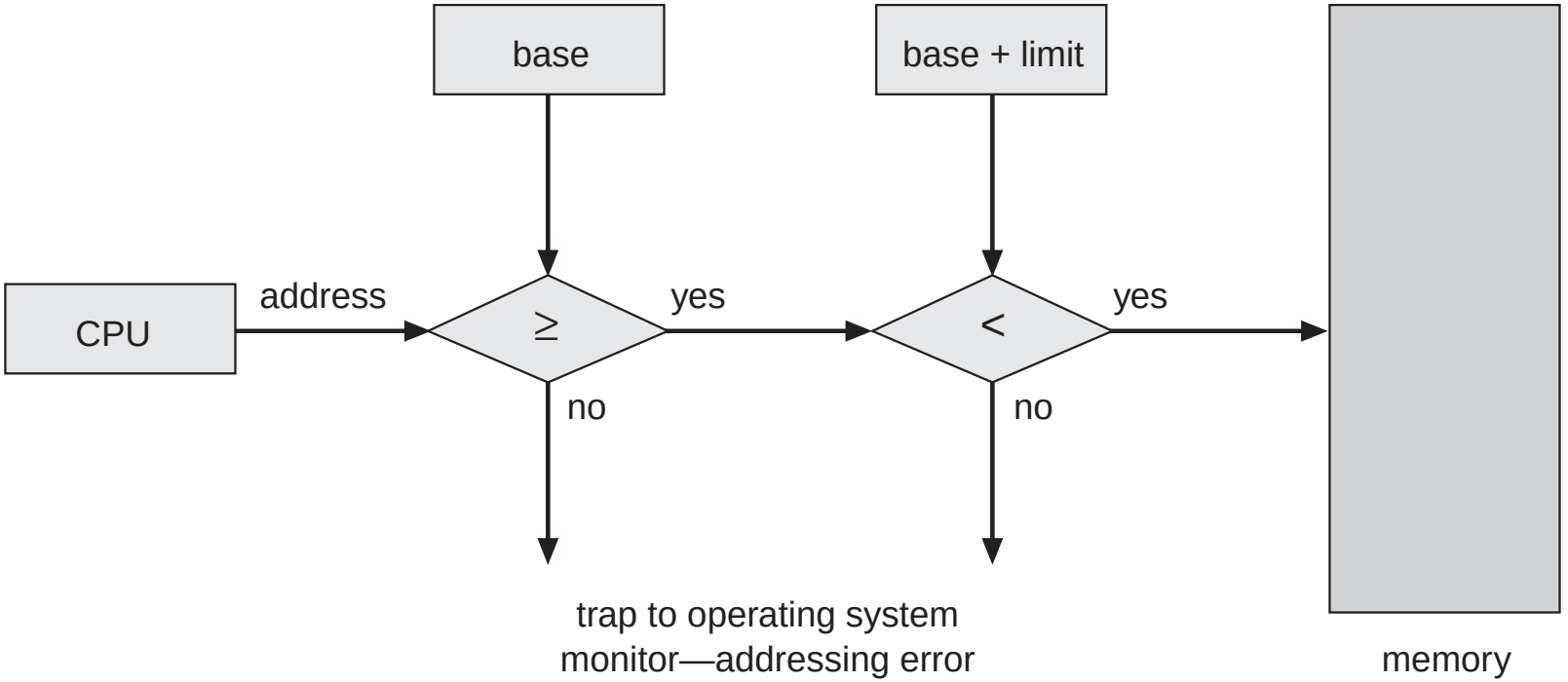
- La memoria al di fuori di questo range è protetta.



Protezione della Memoria (Cont.)



Protezione della Memoria (Cont.)



- Essendo eseguito in modo monitor, il sistema operativo ha libero accesso a tutta la memoria, sia di sistema sia utente.
- Le istruzioni di caricamento dei registri base e limite sono privilegiate.

Protezione della CPU

Si vuole impedire che un programma per errore di programmazione o intenzionalmente possa monopolizzare la CPU (bloccando l'esecuzione degli altri programmi).

- il Timer interrompe la computazione dopo periodi prefissati, per assicurare che periodicamente il sistema operativo riprenda il controllo.
  - Il timer viene decrementato ad ogni *tick* del clock (1/50 di secondo, tipicamente).
  - Quanto il timer va a 0, viene generato l'interrupt.
- Il timer viene usato comunemente per implementare il time sharing.
- Serve anche per mantenere la data e l'ora.
- L'operazione di caricamento del timer è un'istruzione privilegiata.

Invocazione del sistema operativo

- Dato che le istruzioni di I/O sono privilegiate, come può il programma utente eseguire dell'I/O?
- Attraverso le system call – il metodo con cui un processo richiede un'azione da parte del sistema operativo.
  - Solitamente sono un interrupt software (trap)
  - Il controllo passa attraverso il vettore di interrupt alla routine di servizio della trap nel sistema operativo, e il mode bit viene impostato a monitor.
  - Il sistema operativo verifica che i parametri siano legali e corretti, esegue la richiesta, e ritorna il controllo all'istruzione che segue la system call.
  - Con l'istruzione di ritorno, il mode bit viene impostato a user.