

Sistemi Operativi

Modulo 1: Introduzione ai sistemi operativi

Docente: Salvatore Sorce

Copyright © 2002-2005 Renzo Davoli, Alberto Montresor

Permission is granted to copy, distribute and/or modify this document under the terms of the GNU Free Documentation License, Version 1.2 or any later version published by the Free Software Foundation; with no Invariant Sections, no Front-Cover Texts, and no Back-Cover Texts. A copy of the license can be found at: <http://www.gnu.org/licenses/fdl.html#TOC1>

Sommario



- ♦ **Cos'è un sistema operativo?**
 - ♦ S.O. come gestore di risorse
 - ♦ S.O. come macchina astratta
- ♦ **Storia dei sistemi operativi**
 - ♦ Generazioni 1-4 (dal 1945 a oggi)
 - ♦ Sistemi operativi paralleli, distribuiti, real-time
- ♦ **Ripasso di architettura**
 - ♦ Concetti fondamentali di architettura degli elaboratori
- ♦ **Organizzazione di un sistema operativo**
 - ♦ Panoramica sulle funzionalità offerte da un sistema operativo

1. Cos'è un sistema operativo?

Cos'è un sistema operativo?



- ◆ **Definizione:**

- ◆ Un sistema operativo è un programma che *controlla l'esecuzione di programmi applicativi* e agisce come *interfaccia tra le applicazioni e l'hardware* del calcolatore

- ◆ **Obiettivi**

- ◆ **Efficienza:**
 - ◆ Un S.O. cerca di utilizzare in modo efficiente le risorse del calcolatore
- ◆ **Semplicità:**
 - ◆ Un sistema operativo dovrebbe semplificare l'utilizzazione dell'hardware di un calcolatore

Visione 1: S.O. come gestore di risorse

- ◆ **Considerate un ristorante con un capo-cuoco e i suoi aiutanti, una cucina, camerieri e clienti**
 - ◆ i clienti scelgono un piatto da un menu
 - ◆ un cameriere prende l'ordine e lo consegna al capo-cuoco
 - ◆ il capo-cuoco riceve l'ordine e assegna uno o più aiutanti alla preparazione del piatto
 - ◆ ogni aiutante si dedicherà alla preparazione di un piatto, il che potrà richiedere più attività diverse
 - ◆ il capo-cuoco supervisiona la preparazione dei piatti e gestisce le risorse (limitate) disponibili

Visione 1: S.O. come gestore di risorse



- ♦ **Il capo-cuoco è il sistema operativo!**
 - ♦ i clienti sono gli utenti
 - ♦ le ricette associate ai piatti corrispondono ai programmi
 - ♦ il menu e il cameriere costituiscono l'interfaccia verso il sistema operativo (grafica e non)
 - ♦ gli aiutanti corrispondono ai processi
 - ♦ la cucina corrisponde al computer; pentole, fornelli, etc. corrispondono alle componenti di un computer

Visione 1: S.O. come gestore di risorse



- ◆ **Problemi di un capo-cuoco:**

- ◆ esecuzione fedele delle ricette
- ◆ allocazione efficiente delle risorse esistenti (attori, fornelli, etc.)
- ◆ coordinamento efficiente degli attori
- ◆ "licenziamento" degli attori che non si comportano secondo le regole

- ◆ **Problemi di un sistema operativo**

- ◆ Efficienza nell'uso delle risorse (processore, memoria, dischi, etc.)
- ◆ Protezione nell'uso delle risorse

Visione 1: S.O. come gestore di risorse



- ◆ **Alcune osservazioni:**

- ◆ Gestendo le risorse di un calcolatore, un S.O. controlla il funzionamento del calcolatore stesso...
- ◆ ... ma questo controllo è esercitato in modo "particolare"

- ◆ **Normalmente:**

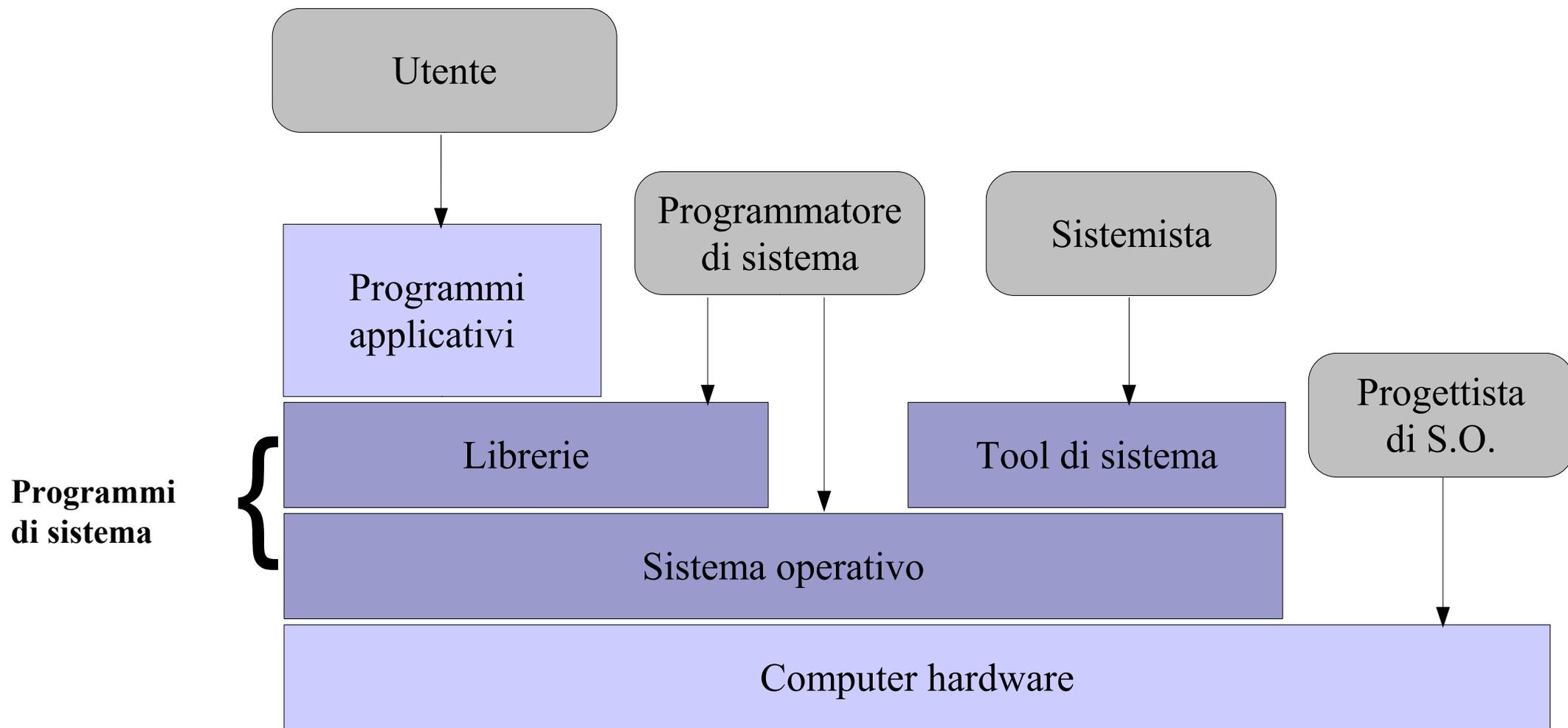
- ◆ Il meccanismo di controllo è esterno al sistema controllato
- ◆ Esempio: termostato e impianto di riscaldamento

- ◆ **In un elaboratore:**

- ◆ Il S.O. è un programma, simile all'oggetto del controllo, ovvero le applicazioni controllate
- ◆ Il S.O. deve lasciare il controllo alle applicazioni e affidarsi al processore per riottenere il controllo

Visione 2: S.O. come macchina estesa

- **Visione "a strati" delle componenti hardware/software che compongono un elaboratore:**



Visione 2: S.O. come macchina estesa

- ◆ **In questa visione, un sistema operativo:**
 - ◆ nasconde ai programmatori i dettagli dell'hardware e fornisce ai programmatori una API conveniente e facile da usare
 - ◆ agisce come intermediario tra programmatore e hardware
- ◆ **Parole chiave:**
 - ◆ Indipendenza dall'hardware
 - ◆ Comodità d'uso
 - ◆ Programmabilità

Visione 2: S.O. come macchina estesa

- ◆ **Esempio: floppy disk drive**

- ◆ I floppy drive delle macchine Intel sono compatibili con il controllore NEC PD765
- ◆ 16 comandi
 - ◆ inizializzazione, avviamento motore, spostamento testina, lettura-scrittura, spegnimento motore
 - ◆ formato: vari parametri, impacchettati in 1-9 byte
 - ◆ esempio: comando read, 13 parametri
- ◆ al completamento, il driver restituirà 23 campi di stato e di errore racchiusi in 7 byte

Visione 2: S.O. come macchina estesa

- **Esempio senza S.O.**

```
li $t0, 0xDEFF12 # init
```

```
sw $t0, 0xB000.0040
```

```
li $t0, 0xFFDF # motor
```

```
sw $t0, 0xB000.0044
```

```
li $t0, 0xFFBB
```

```
sw $t0, 0xB000.0048
```

...

**NB: Questo è esempio serve a dare un'idea,
la realtà è molto più complessa....**

- **Esempio con S.O.**

```
fd = open("/etc/rpc");
```

```
read(fd, buffer, size);
```

Visione 2: S.O. come macchina estesa



- ♦ **Servizi estesi offerti da un S.O.:**
 - ♦ esecuzione di programmi
 - ♦ accesso semplificato ai dispositivi di I/O
 - ♦ accesso controllato a dispositivi, file system, etc.
 - ♦ accesso al sistema
 - ♦ rilevazione e risposta agli errori
 - ♦ accounting

2. Storia dei sistemi operativi

Storia dei Sistemi Operativi



- ♦ **L'evoluzione dei sistemi operativi**
 - ♦ *è stata spinta* dal progresso tecnologico nel campo dell'hardware
 - ♦ *ha guidato* il progresso tecnologico nel campo dell'hardware
- ♦ **Esempio:**
 - ♦ Gestione degli interrupt
 - ♦ Protezione della memoria
 - ♦ Memoria virtuale
 - ♦

- ◆ **Perché analizzare la storia dei sistemi operativi?**
 - ◆ Perché permette di capire l'origine di certe soluzioni presenti oggi nei moderni sistemi operativi
 - ◆ Perché è l'approccio didattico migliore per capire come certe idee si sono sviluppate
 - ◆ Perché alcune delle soluzioni più vecchie sono ancora utilizzate
- ◆ **Durante il corso:**
 - ◆ illustreremo ogni argomento
 - ◆ partendo dalle prime soluzioni disponibili
 - ◆ costruendo sopra di esse soluzioni mano a mano più complesse
 - ◆ non stupitevi quindi se alcune soluzioni vi sembreranno banali e ingenuie; sono soluzioni adottate 10,20,30,40 o 50 anni fa!

Storia dei Sistemi Operativi



- ♦ **Generazione 1: 1945 - 1955**
 - ♦ valvole e tavole di commutazione
- ♦ **Generazione 2: 1955 - 1965**
 - ♦ transistor e sistemi batch
- ♦ **Generazione 3: 1965 – 1980**
 - ♦ circuiti integrati, multiprogrammazione e time-sharing
- ♦ **Generazione 4: 1980 – oggi**
 - ♦ personal computer

Generazione 0



- ♦ **Babbage (1792-1871)**
 - ♦ Cerca di costruire la macchina analitica (programmabile, meccanica)
 - ♦ Non aveva sistema operativo
 - ♦ La prima programmatrice della storia e' Lady Ada Lovelace (figlia del poeta Lord Byron)

Generazione 1 (1944-1955)



- ◆ **Come venivano costruiti?**

- ◆ macchine a valvole e tavole di commutazione

- ◆ **Come venivano usati?**

- ◆ solo calcoli numerici (calcolatori non elaboratori)
- ◆ un singolo gruppo di persone progettava, costruiva, programmava e manteneva il proprio computer

- ◆ **Come venivano programmati?**

- ◆ in linguaggio macchina
 - ◆ programmazione su tavole di commutazione
 - ◆ non esisteva il concetto di assembler!

- ◆ **Nessun sistema operativo!**

Generazione 1 (1944-1955)



◆ **Principali problemi**

- ◆ grossi problemi di affidabilità (guasti frequenti)
- ◆ rigidità nell'assegnazione dei ruoli;
 - ◆ non esiste il concetto di programmatore come entità separata dal costruttore di computer e dall'utente
- ◆ utilizzazione lenta e complessa; l'operatore doveva:
 - ◆ caricare il programma da eseguire
 - ◆ inserire i dati di input
 - ◆ eseguire il programma
 - ◆ attendere il risultato
 - ◆ ricominciare dal punto 1.
- ◆ tutto ciò a causa dell'assenza del sistema operativo

Generazione 1 (1944-1955)



- ♦ **Frase celebri**

(da una lezione di P. Ciancarini)

- ♦ Nel futuro i computer arriveranno a pesare non più di una tonnellata e mezzo (Popular Mechanics, 1949)
- ♦ Penso che ci sia mercato nel mondo per non più di cinque computer (Thomas Watson, presidente di IBM, 1943)
- ♦ Ho girato avanti e indietro questa nazione (USA) e ho parlato con la gente. Vi assicuro che questa moda dell'elaborazione automatica non vedrà l'anno prossimo (Editor di libri scientifici di Prentice Hall, 1947)

Generazione 2 (1955-1965)



- ◆ **Come venivano costruiti?**

- ◆ introduzione dei transistor
- ◆ costruzione di macchine più affidabili ed economiche

- ◆ **Come venivano usati?**

- ◆ le macchine iniziano ad essere utilizzate per compiti diversi
- ◆ si crea un mercato, grazie alle ridotte dimensioni e al prezzo più abbordabile
- ◆ avviene una separazione tra costruttori, operatori e programmatori

- ◆ **Come venivano programmati?**

- ◆ linguaggi ad "alto livello": Assembly, Fortran
- ◆ tramite schede perforate

- ◆ **Sistemi operativi batch**

Generazione 2 (1955-1965)



- ◆ **Definizione: job**
 - ◆ Un programma o un'insieme di programmi la cui esecuzione veniva richiesta da uno degli utilizzatori del computer
- ◆ **Ciclo di esecuzione di un job:**
 - ◆ **il programmatore**
 - ◆ scrive (su carta) un programma in un linguaggio ad alto livello
 - ◆ perfora una serie di schede con il programma e il suo input
 - ◆ consegna le schede ad un operatore
 - ◆ **l'operatore**
 - ◆ inserisce schede di controllo scritte in JCL
 - ◆ inserisce le schede del programma
 - ◆ attende il risultato e lo consegna al programmatore
- ◆ **Nota: operatore != programmatore == utente**

Generazione 2 (1955-1965)



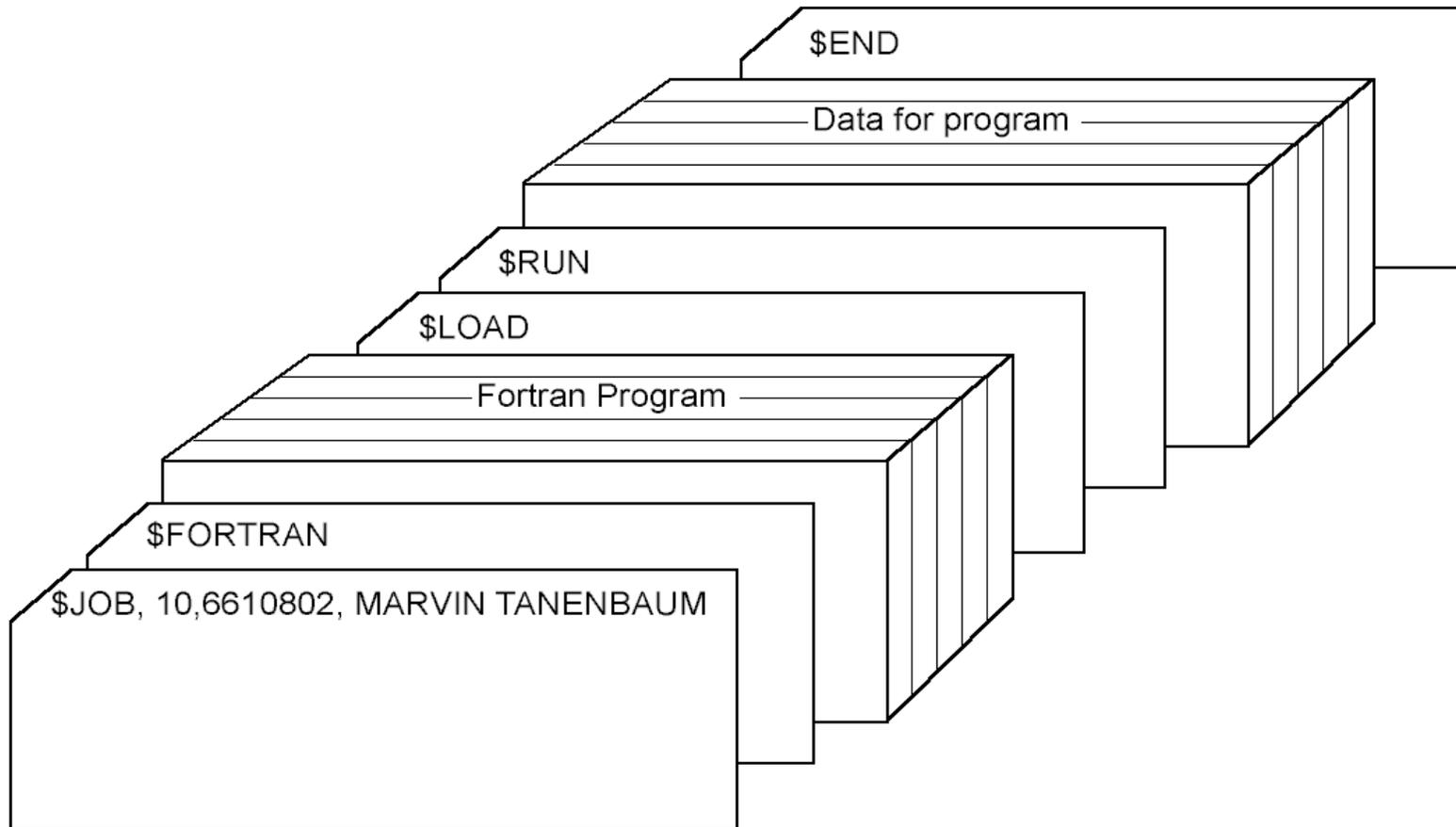
- ◆ **Sistema operativo**

- ◆ primi rudimentali esempi di sistema operativo, detti anche monitor residenti:
 - ◆ controllo iniziale nel monitor
 - ◆ il controllo viene ceduto al job corrente
 - ◆ una volta terminato il job, il controllo ritorna al monitor
- ◆ il monitor residente è in grado di eseguire una sequenza di job, trasferendo il controllo dall'uno all'altro

- ◆ **Detti anche sistemi batch ("infornata")**

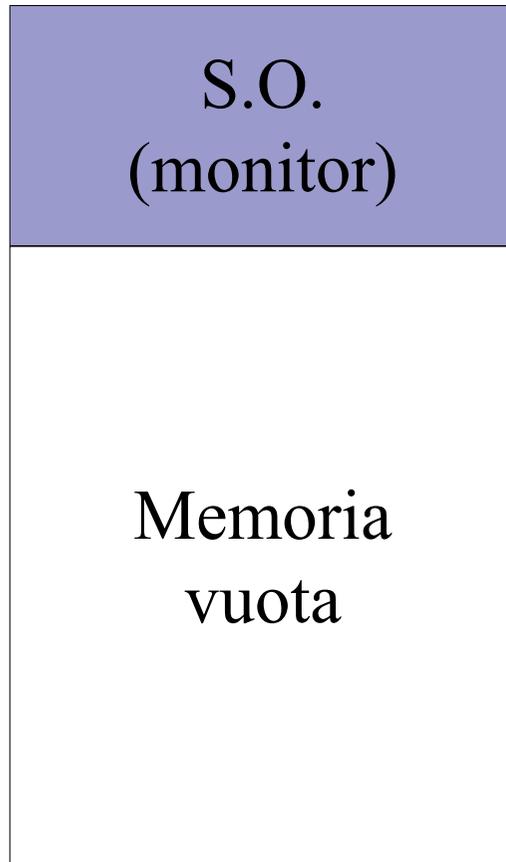
Generazione 2 (1955-1965)

- ♦ **Job Control Language (JCL-FMS)**



Generazione 2 (1955-1965)

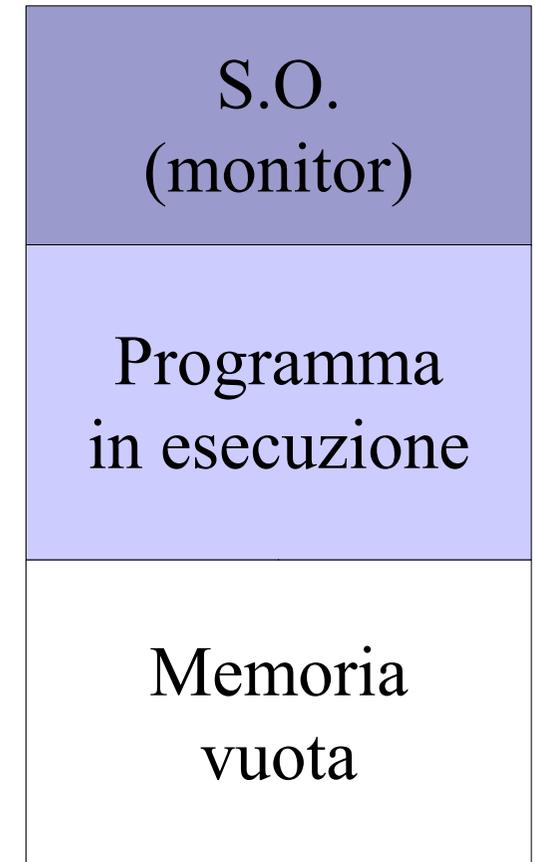
- ♦ **Memory layout per un S.O. batch (versione semplificata)**



1. Stato iniziale



2. Dopo il caricamento del compilatore fortran



3. Dopo la compilazione

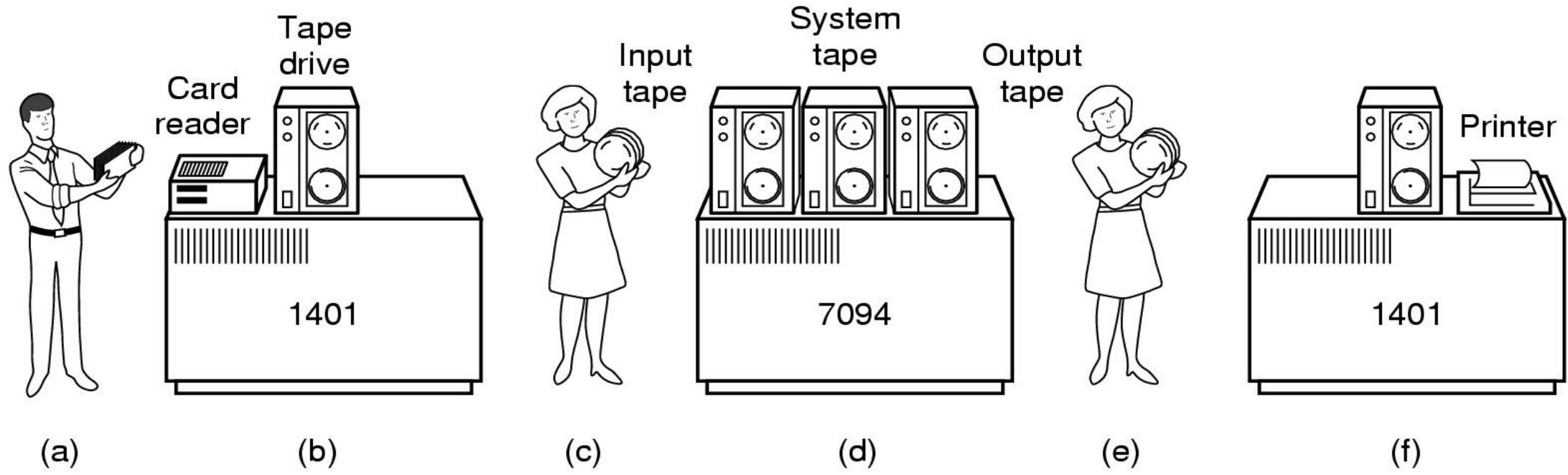
Generazione 2 (1955-1965)



- ◆ **Principali problemi**

- ◆ Molte risorse restavano inutilizzate:
 - ◆ durante le operazioni di lettura schede / stampa, durante il caricamento di un nuovo job, il processore restava inutilizzato
 - ◆ parte della memoria restava inutilizzata
- ◆ Primo miglioramento (ma non una soluzione)
 - ◆ caricamento di numerosi job su nastro (off-line)
 - ◆ elaborazione (output su nastro)
 - ◆ stampa del nastro di output (off-line)

Generazione 2 (1955-1965)



Generazione 3 (1965-1980)



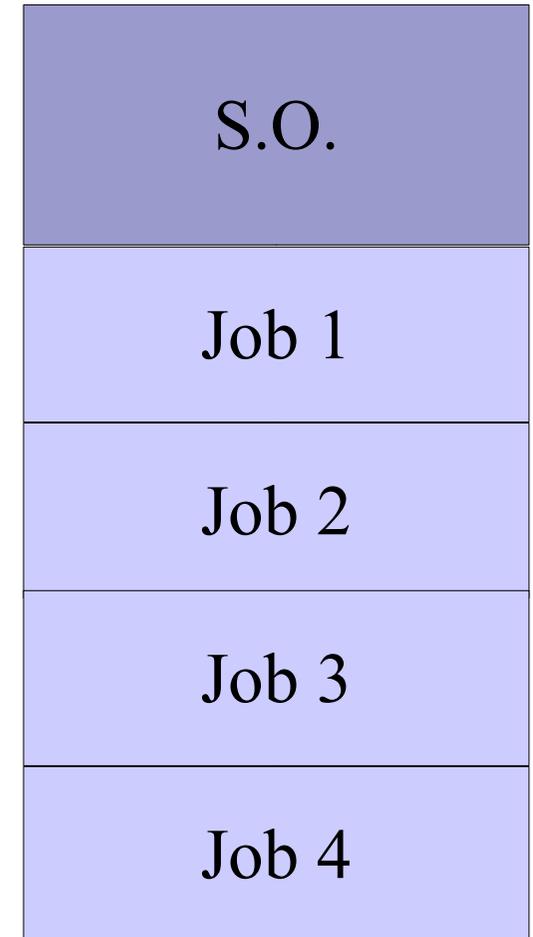
- ♦ **Come venivano costruiti?**
 - ♦ circuiti integrati
- ♦ **Come venivano usati?**
 - ♦ man mano sparisce la figura dell'operatore come "interfaccia" degli utenti verso la macchine
 - ♦ utente == operatore
- ♦ **Come venivano programmati?**
 - ♦ linguaggi ad "alto livello": C, shell scripting
 - ♦ editor testuali, editor grafici, compilatori
 - ♦ accesso al sistema da terminali
- ♦ **Quale sistemi operativi venivano usati?**
 - ♦ non più batch ma interattivi
 - ♦ multi-programmazione
 - ♦ time sharing

Generazione 3 - Multiprogrammazione

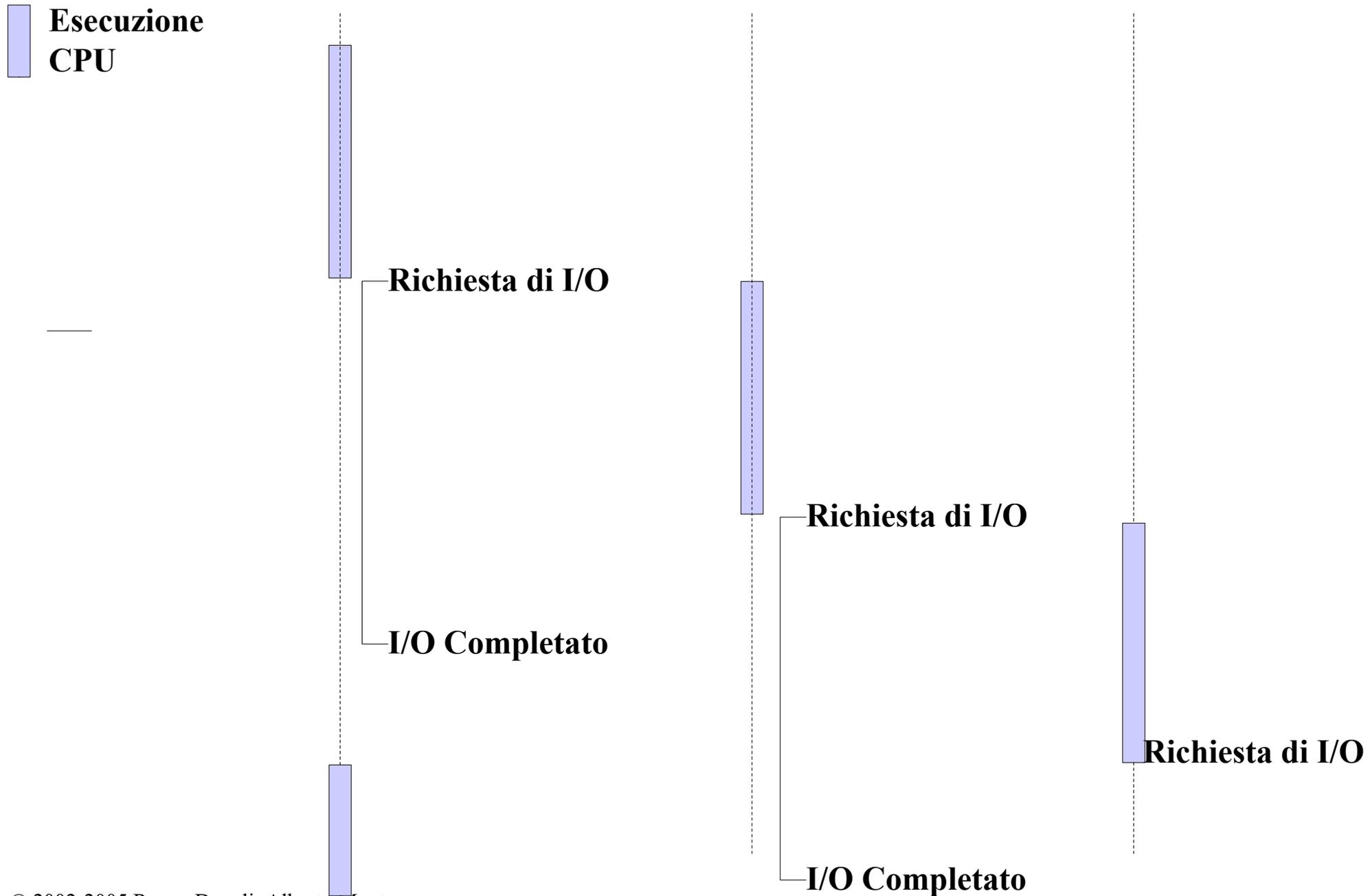
- ◆ **Definizione: *multiprogrammazione***
 - ◆ utilizzare il processore durante i periodi di I/O di un job per eseguire altri job
- ◆ **Vantaggi**
 - ◆ il processore non viene lasciato inattivo (*idle*) durante operazioni di I/O molto lunghe
 - ◆ la memoria viene utilizzata al meglio, caricando il maggior numero di job possibili
- ◆ **Nota**
 - ◆ per gestire la multiprogrammazione, il S.O. deve gestire un *pool* ("insieme") di job da eseguire, fra cui alternare il processore
 - ◆ *Simultaneous Peripheral Operation On-line (SPOOL)*
 - ◆ ad esempio: print spooler

Generazione 3 - Multiprogrammazione

- ♦ **Caratteristiche tecniche:**
 - ♦ Più job contemporaneamente in memoria
 - ♦ Una componente del S.O. detto scheduler si preoccupa di alternarli nell'uso della CPU
 - ♦ quando un job richiede un'operazione di I/O, la CPU viene assegnata ad un altro job.



Generazione 3 - Multiprogrammazione



Generazione 3 - Multiprogrammazione



- ♦ **S.O. multiprogrammati: quali caratteristiche?**
 - ♦ routine di I/O devono essere fornite dal S.O.
 - ♦ gestione della memoria
 - ♦ il sistema deve allocare la memoria per i job multipli presenti contemporaneamente
 - ♦ CPU scheduling
 - ♦ il sistema deve scegliere tra i diversi job pronti ad eseguire
 - ♦ allocazione delle risorse di I/O
 - ♦ Il sistema operativo deve essere in grado di allocare le risorse di I/O fra diversi processi

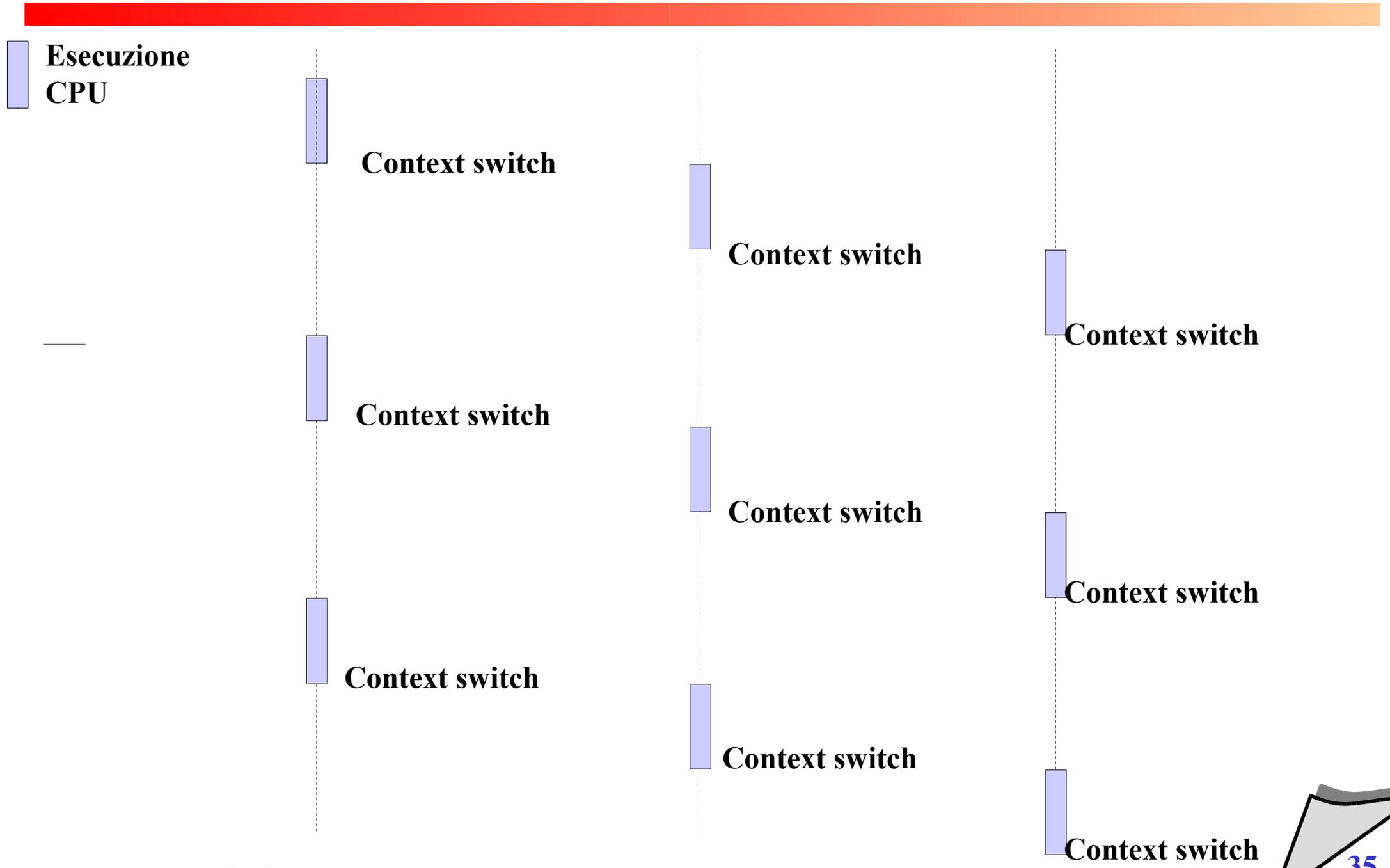
Generazione 3 - Time-sharing



- ◆ **Definizione - Time sharing**

- ◆ E' l'estensione logica della multiprogrammazione
- ◆ L'esecuzione della CPU viene suddivisa in un certo numero di quanti temporali
- ◆ Allo scadere di un quanto, il job corrente viene interrotto e l'esecuzione passa ad un altro job
 - ◆ anche in assenza di richieste di I/O
- ◆ I passaggi (*context switch*) avvengono così frequentemente che più utenti possono interagire con i programmi in esecuzione

Generazione 3 - Time-sharing



Generazione 3 - Time-sharing

- ◆ **S.O. time-sharing: quali caratteristiche?**
 - ◆ *Gestione della memoria*
 - ◆ Il numero di programmi eseguiti dagli utenti può essere molto grande; si rende necessario la gestione della *memoria virtuale*
 - ◆ *CPU Scheduling*
 - ◆ Lo scheduling deve essere di tipo *preemptive* o *time-sliced*, ovvero sospendere periodicamente l'esecuzione di un programma a favore di un altro
 - ◆ *Meccanismi di protezione*
 - ◆ La presenza di più utenti rende necessari meccanismi di protezione (e.g. protezione nel file system, della memoria, etc.)

Generazione 3 - Storia

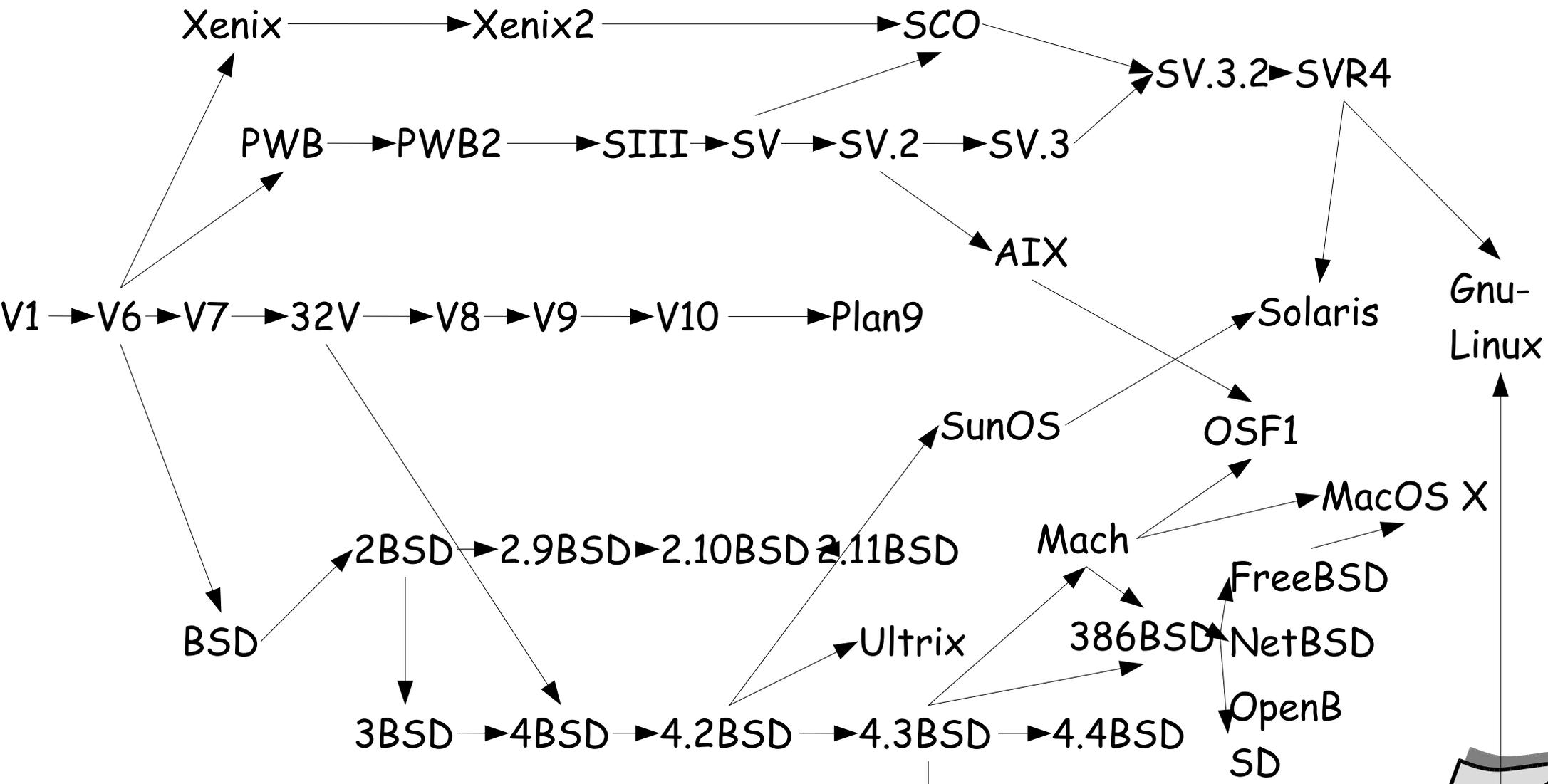
- ◆ **Compatible Time-Sharing System (CTSS) (1962)**
 - ◆ introdusse il concetto di multiprogrammazione
 - ◆ introdusse il concetto di time-sharing
 - ◆ Codice sorgente rilasciato nel settembre 2004:
<http://www.piercefuller.com/library/ctss.html?id=ctss>
- ◆ **Multics (1965)**
 - ◆ introduzione del concetto di processo
- ◆ **Unix (1970)**
 - ◆ derivato da CTSS e da Multics
 - ◆ sviluppato inizialmente ai Bell-labs su un PDP-7

Unix – Un po' di storia

- ♦ **La storia di UNIX – in breve**

- ♦ portato dal PDP-7 al PDP-11
(1^a volta che un S.O viene utilizzato in due architetture diverse)
- ♦ riscritto in linguaggio C per renderlo portabile
(anche questa una 1^a volta, visto che i S.O. venivano scritti in assembly)
- ♦ Inizialmente, veniva usato solo all'interno di Bell Labs
- ♦ Nel 1974, viene pubblicato un articolo
 - ♦ licenze commerciali
 - ♦ licenze “libere” alle università
- ♦ Due varianti
 - ♦ Xenix (Microsoft, poi diventato SCO...)
 - ♦ BSD (Berkeley Software Distribution, ora OpenBSD e FreeBSD)

Unix - Un po' di storia



Generazione 4 (1980-) - Personal computer



- ◆ **Ancora una frase celebre**

- ◆ Non c'è ragione per cui qualcuno possa volere un computer a casa sua
(Ken Olson, fondatore di Digital, 1977)

- ◆ **Punti chiave**

- ◆ I personal computer sono dedicati a singoli utenti
- ◆ L'obiettivo primario diventa la facilità d'uso
- ◆ Essendo dedicati a singoli utenti, i sistemi operativi per PC sono in generale più semplici
- ◆ Tecnologie a finestre
- ◆ Tuttavia, tecnologie sviluppate per sistemi operativi più complessi possono essere adottate

Sistemi paralleli



- ◆ **Definizione - *Sistema parallelo***
 - ◆ un singolo elaboratore che possiede più unità di elaborazione
- ◆ **Si dicono anche sistemi *tightly coupled***
 - ◆ alcune risorse contenute nell'elaboratore possono essere condivise
 - ◆ esempio: memoria
 - ◆ la comunicazione avviene tramite memoria condivisa o canali di comunicazione dedicati
- ◆ **Vantaggi dei sistemi paralleli**
 - ◆ incremento delle prestazioni
 - ◆ incremento dell'affidabilità (*graceful degradation*)

Sistemi paralleli



- ◆ **Tassonomia basata sulla struttura**

- ◆ *SIMD - Single Instruction, Multiple Data*

- ◆ Le CPU eseguono all'unisono lo stesso programma su dati diversi

- ◆ *MIMD - Multiple Instruction, Multiple Data*

- ◆ Le CPU eseguono programmi differenti su dati differenti

- ◆ **Tassonomia basata sulla dimensione**

- ◆ A seconda del numero (e della potenza) dei processori si suddividono in

- ◆ *sistemi a basso parallelismo*

- ◆ pochi processori in genere molto potenti

- ◆ *sistemi massicciamente paralleli*

- ◆ gran numero di processori, che possono avere anche potenza non elevata

- ◆ **Symmetric multiprocessing (SMP)**

- ◆ Ogni processore esegue una copia identica del sistema operativo
- ◆ Processi diversi possono essere eseguiti contemporaneamente
- ◆ Molti sistemi operativi moderni supportano SMP

- ◆ **Asymmetric multiprocessing**

- ◆ Ogni processore è assegnato ad un compito specifico; un processore master gestisce l'allocazione del lavoro ai processori slave
- ◆ Più comune in sistemi estremamente grandi

Sistemi distribuiti



- ♦ **Definizione - *Sistema distribuito***
 - ♦ Sono sistemi composti da più elaboratori indipendenti (con proprie risorse e proprio sistema operativo)
- ♦ **Si dicono anche sistemi *loosely coupled***
 - ♦ Ogni processore possiede la propria memoria locale
 - ♦ I processori sono collegati tramite linee di comunicazione (rete, linee telefoniche, linee wireless, etc)
- ♦ **Vantaggi dei sistemi distribuiti**
 - ♦ Condivisione di risorse
 - ♦ Suddivisione di carico, incremento delle prestazioni
 - ♦ Affidabilità
 - ♦ Possibilità di comunicare

Sistemi distribuiti



- ◆ **Sistemi operativi di rete**

- ◆ forniscono condivisione di file
- ◆ forniscono la possibilità di comunicare
- ◆ ogni computer opera indipendentemente dagli altri

- ◆ **Sistemi operativi distribuiti**

- ◆ minore autonomia tra i computer
- ◆ dà l'impressione che un singolo sistema operativo stia controllando la rete

Sistemi real-time



- ◆ **Definizione: *sistemi real-time***
 - ◆ Sono i sistemi per i quali la correttezza del risultato non dipende solamente dal suo valore ma anche dall'istante nel quale il risultato viene prodotto

Sistemi real-time



- ♦ **I sistemi real-time si dividono in:**
 - ♦ *hard real-time*:
 - ♦ se il mancato rispetto dei vincoli temporali può avere effetti catastrofici
 - ♦ e.g. controllo assetto velivoli, controllo centrali nucleari, apparecchiature per terapia intensiva
 - ♦ *soft real-time*:
 - ♦ se si hanno solamente disagi o disservizi
 - ♦ e.g. programmi interattivi
- ♦ **N.B.**
 - ♦ real-time non significa necessariamente esecuzione veloce

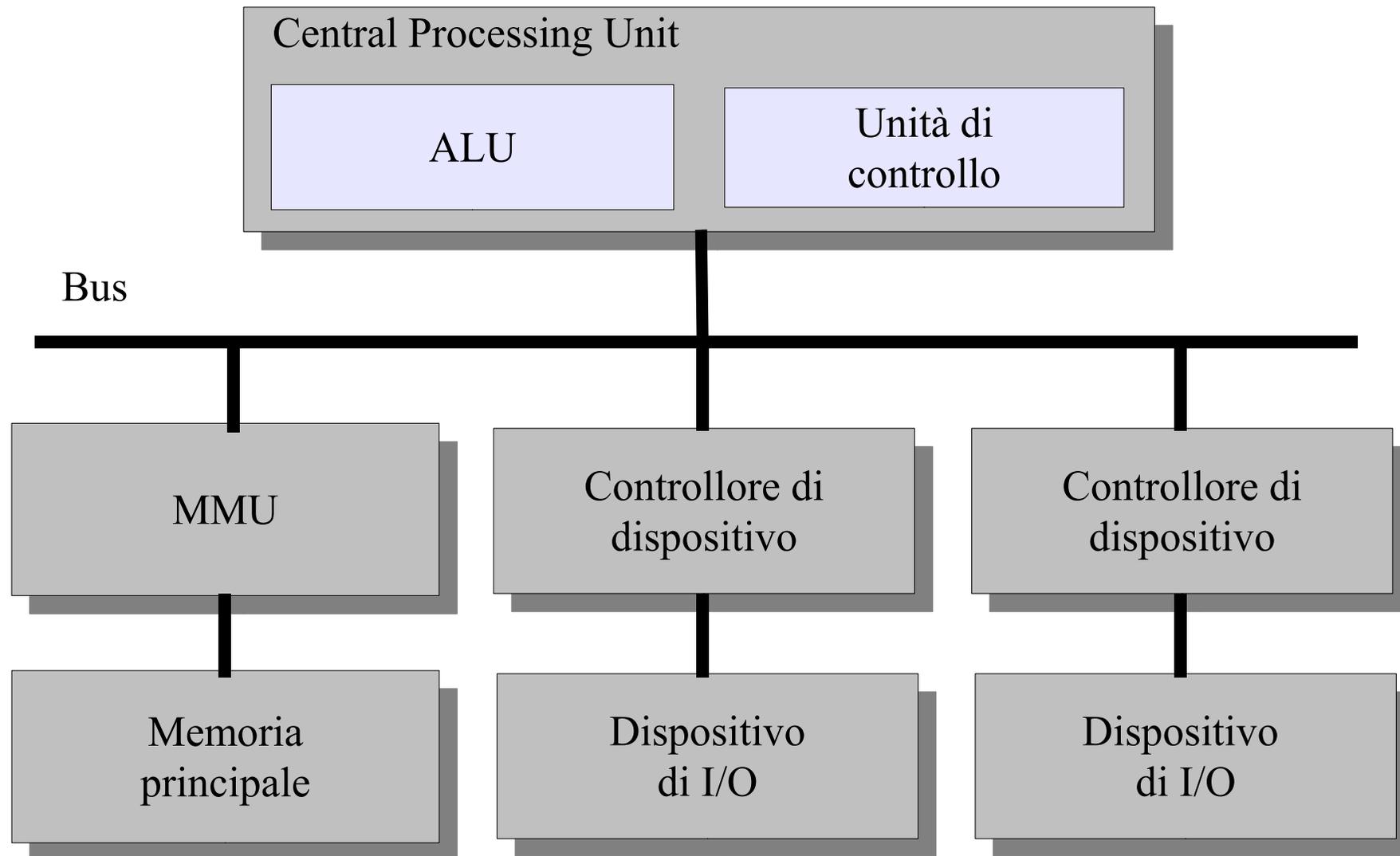
Lo "zoo" dei sistemi operativi



- ◆ **Mainframe operating systems**
- ◆ **Server operating systems**
- ◆ **Multiprocessor operating systems**
- ◆ **Personal computer operating systems**
- ◆ **Network operating systems**
- ◆ **Distributed operating systems**
- ◆ **Real-time operating systems**
- ◆ **Embedded operating systems**
- ◆ **Smart card operating systems**

3. Concetti base di architetture degli elaboratori (ripasso)

Architettura di Von Neumann



Architettura di Von Neumann



- ◆ **Concetti noti:**

- ◆ architettura dei processori
- ◆ concetti base relativi alla memoria
- ◆ linguaggio assembly

- ◆ **Nei prossimi lucidi vedremo alcuni concetti relativi a:**

- ◆ gestione della comunicazione tra processore e dispositivi di I/O
- ◆ concetto di interrupt
- ◆ gerarchie di memoria

Interrupt



- ◆ **Definizione:**

- ◆ Un meccanismo che permette l'interruzione del normale ciclo di esecuzione della CPU

- ◆ **Caratteristiche**

- ◆ introdotti per aumentare l'efficienza di un sistema di calcolo
- ◆ permettono ad un S.O. di "intervenire" durante l'esecuzione di un processo utente, allo scopo di gestire efficacemente le risorse del calcolatore
 - ◆ processore, memoria, dispositivi di I/O
- ◆ possono essere sia hardware che software
- ◆ possono essere mascherati (ritardati) se la CPU sta svolgendo compiti non interrompibili

Interrupt vs Trap



- ◆ **Interrupt Hardware**

- ◆ Eventi hardware asincroni, non causati dal processo in esecuzione
- ◆ Esempi:
 - ◆ *dispositivi di I/O*
(per notifica di eventi quali il completamento di una operazione di I/O)
 - ◆ *clock*
(scadenza del quanto di tempo)

- ◆ **Interrupt Software (Trap)**

- ◆ Causato dal programma
- ◆ Esempi
 - ◆ eventi eccezionali come divisione per 0 o problemi di indirizzamento
 - ◆ richiesta di servizi di sistema (system call)

Gestione Interrupt - Panoramica

♦ Cosa succede in seguito ad un interrupt

Hardware

- ♦ Un segnale "interrupt request" viene spedito al processore
- ♦ Il processore
 - ♦ sospende le operazioni del processo corrente
 - ♦ salta ad un particolare indirizzo di memoria contenente la routine di gestione dell'interrupt (*interrupt handler*)

Software

- ♦ L'interrupt handler
 - ♦ gestisce nel modo opportuno l'interrupt
 - ♦ ritorna il controllo al processo interrotto (o a un altro processo, nel caso di scheduling)
- ♦ Il processore riprende l'esecuzione del processo interrotto come se nulla fosse successo

Interrupt



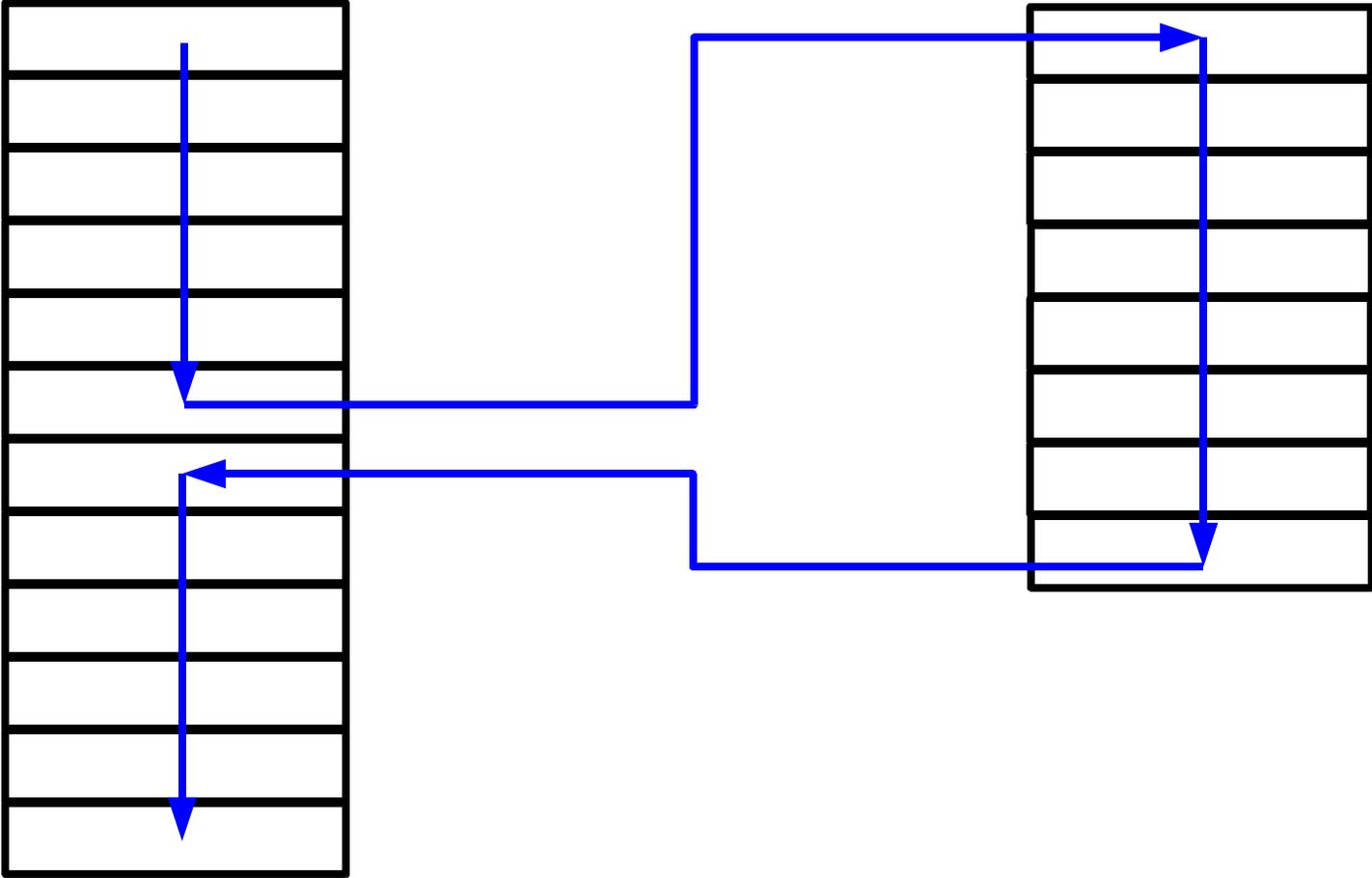
Processo utente

Interrupt
Handler

Interrupt

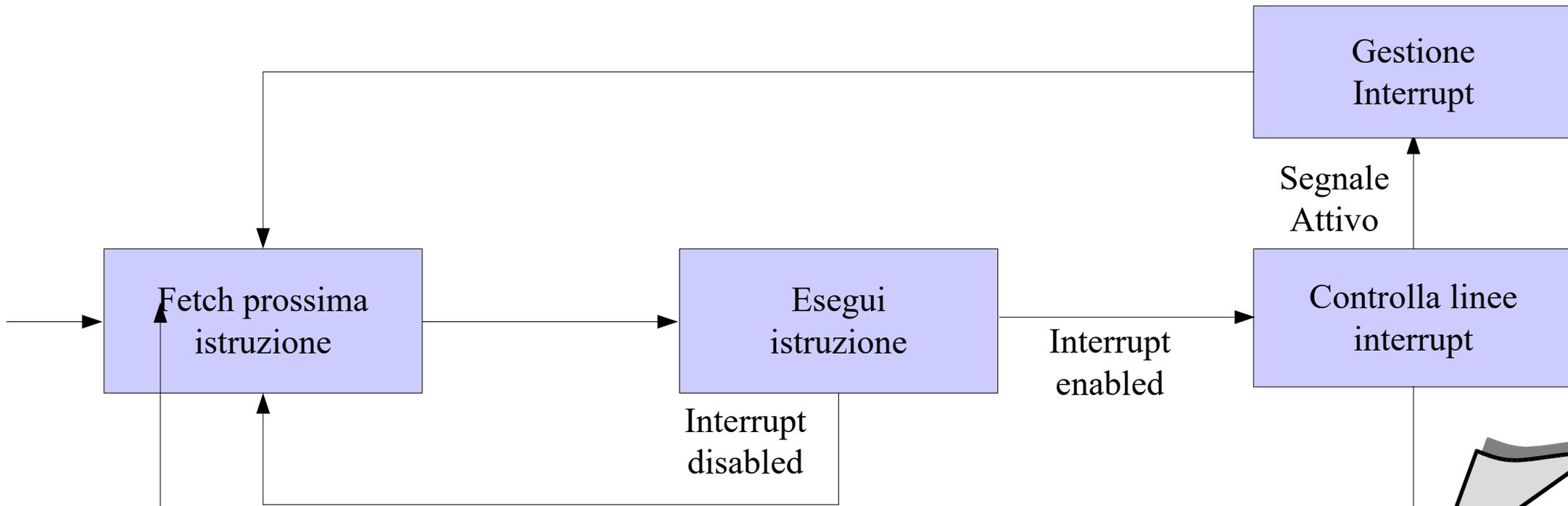


i
i+1



Gestione Interrupt - Dettagli

- 1. Un segnale di interrupt request viene spedito alla CPU**
- 2. La CPU finisce l'esecuzione dell'istruzione corrente**
- 3. La CPU verifica la presenza di un segnale di interrupt, e in caso affermativo spedisce un segnale di conferma al device che ha generato l'interrupt**



4. Preparazione al trasferimento di controllo dal programma all'interrupt handler

- ♦ metodo 1: salvataggio dei registri "critici"
 - ♦ informazione minima richiesta: PC + registro di stato
- ♦ metodo 2: scambio di stato
 - ♦ fotografia dello stato del processore

5. Selezione dell'interrupt handler appropriato

- ♦ a seconda dell'architettura, vi può essere un singolo interrupt handler, uno per ogni tipo di interrupt o uno per dispositivo
- ♦ la selezione avviene tramite l'*interrupt vector*

6. Caricamento del PC con l'indirizzo iniziale dell'interrupt handler assegnato

Gestione Interrupt - Dettagli



- ♦ **Nota:**

- ♦ tutte le operazioni compiute fino a qui sono operazioni hardware
- ♦ la modifica del PC corrisponde ad un salto al codice dell'interrupt handler
- ♦ a questo punto:
 - ♦ il ciclo fetch-execute viene ripreso
 - ♦ il controllo è passato in mano all'interrupt handler

7. Salvataggio dello stato del processore

- salvataggio delle informazioni critiche non salvate automaticamente dai meccanismi hardware di gestione interrupt

8. Gestione dell'interrupt

- lettura delle informazioni di controllo proveniente dal dispositivo
- eventualmente, spedizione di ulteriori informazioni al dispositivo stesso

9. Ripristino dello stato del processore

- l'operazione inversa della numero 7

10. Ritorno del controllo al processo in esecuzione (o ad un altro processo, se necessario)

Sistemi operativi "Interrupt Driven"



- ♦ **I S.O. moderni sono detti "Interrupt Driven"**
 - ♦ gran parte del nucleo di un S.O. viene eseguito come interrupt handler
 - ♦ sono gli interrupt (o i trap) che guidano l'avvicendamento dei processi

Interrupt Multipli



- ♦ **La discussione precedente prevedeva la presenza di un singolo interrupt**
- ♦ **Esiste la possibilità che avvengano interrupt multipli**
 - ♦ ad esempio, originati da dispositivi diversi
 - ♦ un interrupt può avvenire durante la gestione di un interrupt precedente
- ♦ **Due approcci possibili:**
 - ♦ disabilitazione degli interrupt
 - ♦ interrupt annidati

Interrupt Multipli - Disabilitazione Interrupt

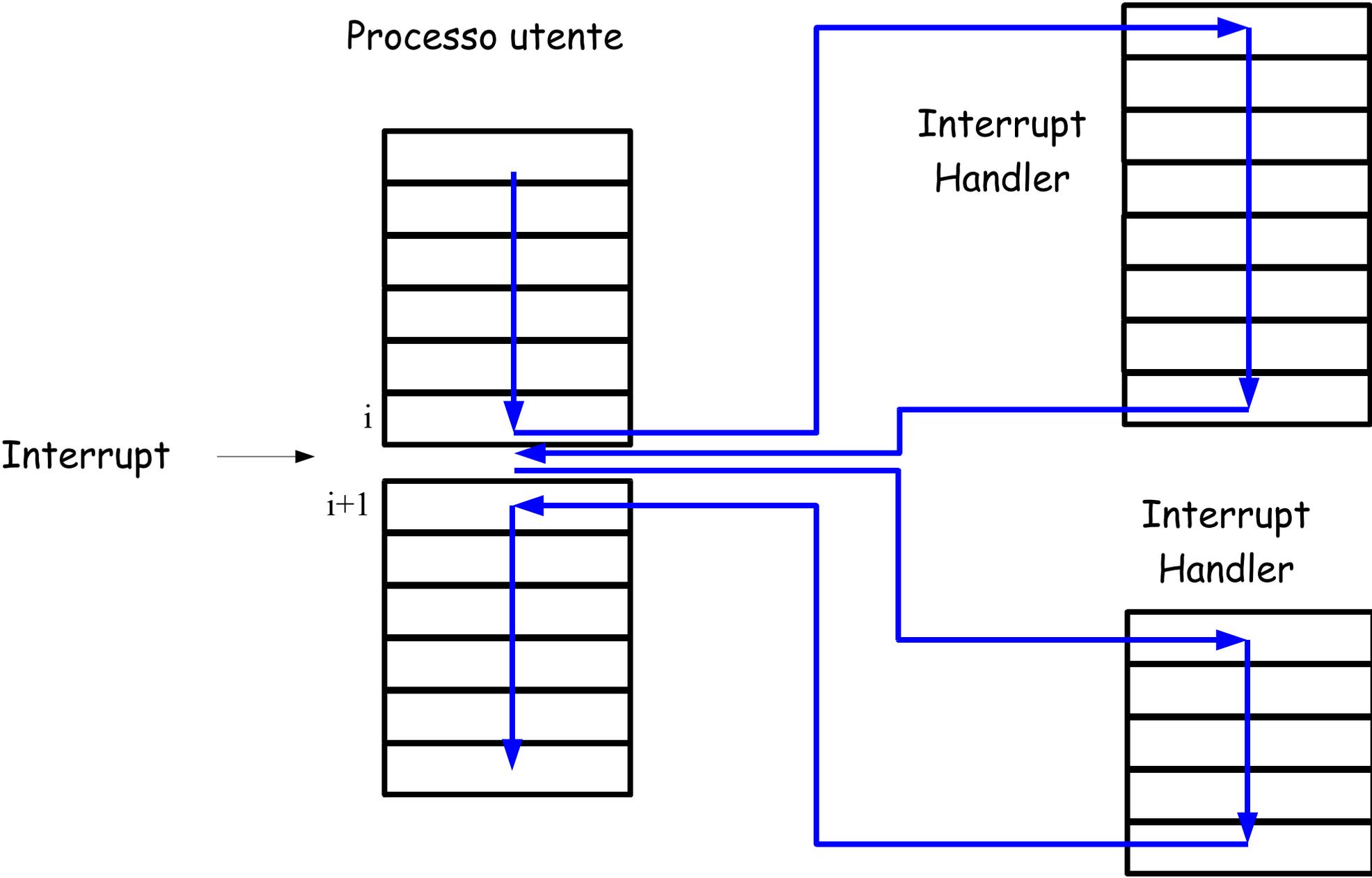
- ◆ **Disabilitazione degli interrupt**

- ◆ durante l'esecuzione di un interrupt handler
 - ◆ ulteriori segnali di interrupt vengono ignorati
 - ◆ i segnali corrispondenti restano pendenti
- ◆ gli interrupt vengono riabilitati prima di riattivare il processo interrotto
- ◆ il processore verifica quindi se vi sono ulteriori interrupt, e in caso attiva l'interrupt handler corrispondente

- ◆ **Vantaggi e svantaggi**

- ◆ approccio semplice; interrupt gestiti in modo sequenziale
- ◆ non tiene conto di gestioni "time-critical"

Interrupt Multipli - Disabilitazione Interrupt



Interrupt Multipli - Interrupt Annidati



- ◆ **Interrupt annidati**

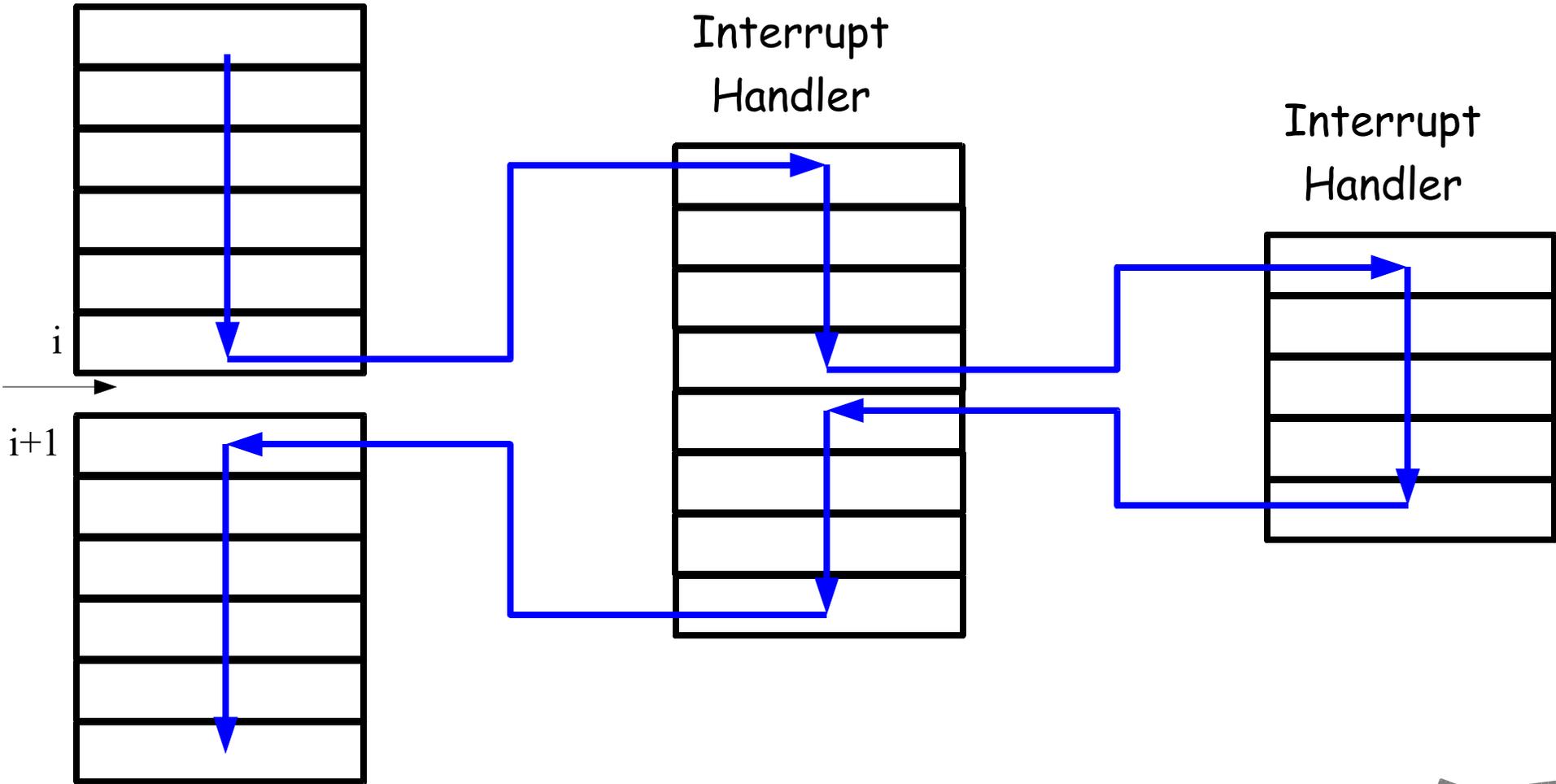
- ◆ è possibile definire priorità diverse per gli interrupt
- ◆ un interrupt di priorità inferiore può essere interrotto da un interrupt di priorità superiore
- ◆ è necessario prevedere un meccanismo di salvataggio e ripristino dell'esecuzione adeguato

- ◆ **Vantaggi e svantaggi**

- ◆ dispositivi veloci possono essere serviti prima (es. schede di rete)
- ◆ approccio più complesso

Interrupt Multipli - Interrupt Annidati

Processo utente



Comunicazione fra processore e dispositivi di I/O

- ◆ **Comunicazione tra processore e dispositivi di I/O**
 - ◆ il controllore governa il dialogo con il dispositivo fisico
 - ◆ il controllo della politica di accesso al dispositivo è a carico del dispositivo stesso
- ◆ **Esempio**
 - ◆ il controller di un disco accetta una richiesta per volta
 - ◆ l'accodamento delle richieste in attesa è a carico del S.O.
- ◆ **Tre modalità possibili:**
 - ◆ *Programmed I/O*
 - ◆ *Interrupt-Driven I/O*
 - ◆ *Direct Memory Access (DMA)*

Programmed I/O (obsoleto)

- ◆ **Operazione di input**

- ◆ la CPU carica (tramite il bus) i parametri della richiesta di input in appositi registri del controller (registri comando)
- ◆ il dispositivo
 - ◆ esegue la richiesta
 - ◆ il risultato dell'operazione viene memorizzato in un apposito buffer locale sul controller
 - ◆ il completamento dell'operazione viene segnalato attraverso appositi registri di status
- ◆ *il S.O. attende (**busy waiting**) che il comando sia completato verificando periodicamente il contenuto del registro di stato*
- ◆ *infine, la CPU copia i dati dal buffer locale del controller alla memoria*

Interrupt-Driven I/O

◆ **Operazione di input**

- ◆ la CPU carica (tramite il bus) i parametri della richiesta di input in appositi registri del controller (registri comando)
- ◆ *il S.O. sospende l'esecuzione del processo che ha eseguito l'operazione di input ed esegue un altro processo*
- ◆ il dispositivo
 - ◆ esegue la richiesta
 - ◆ il risultato dell'operazione viene memorizzato in un apposito buffer locale sul controller
 - ◆ il completamento dell'operazione viene segnalato attraverso interrupt
- ◆ *al ricevimento dell'interrupt, la CPU copia i dati dal buffer locale del controller alla memoria*

- ◆ **Nel caso di operazioni di output**

- ◆ il procedimento è simile:
 - ◆ i dati vengono copiati dalla memoria ai buffer locali
 - ◆ questa operazione viene eseguita prima di caricare i parametri della richiesta nei registri di comando dei dispositivi

- ◆ **Svantaggi degli approcci precedenti**

- ◆ il processore spreca parte del suo tempo nella gestione del trasferimento dei dati
- ◆ la velocità di trasferimento è limitata dalla velocità con cui il processore riesce a gestire il servizio

Direct Memory Access (DMA)



- ♦ **Il S.O.**

- ♦ *attiva l'operazione di I/O specificando l'indirizzo in memoria di destinazione (Input) o di provenienza (Output) dei dati*
- ♦ *l'interrupt specifica solamente la conclusione dell'operazione di I/O*

- ♦ **Vantaggi e svantaggi**

- ♦ c'è contesa nell'accesso al bus
- ♦ device driver più semplici
- ♦ efficace perché la CPU non accede al bus ad ogni ciclo di clock

Memoria



- ◆ **Memoria centrale (RAM)**

- ◆ assieme ai registri, l'unico spazio di memorizzazione che può essere acceduto *direttamente* dal processore
- ◆ accesso tramite istruzioni LOAD/STORE
- ◆ Volatile
- ◆ Accesso “random” → DIRETTO
 - ◆ Il tempo di accesso ai dati NON dipende dalla loro posizione sul supporto

- ◆ **Memoria ROM**

- ◆ Come la RAM, ma non volatile

Memory Mapped I/O



- ◆ **Un dispositivo è completamente indirizzabile tramite bus**
 - ◆ i registri di dispositivo vengono mappati su un insieme di indirizzi di memoria
 - ◆ una scrittura su questi indirizzi causa il trasferimento di dati verso il dispositivo
- ◆ **Esempio:**
 - ◆ video grafico nei PC
- ◆ **Vantaggi e svantaggi**
 - ◆ gestione molto semplice e lineare
 - ◆ necessita di tecniche di *polling*

Dischi



- ♦ **Caratteristiche**

- ♦ dispositivi che consentono la memorizzazione non volatile dei dati
- ♦ accesso (pseudo)diretto (quasi-random, non sequenziale)
- ♦ per individuare un dato sul disco (dal punto di vista fisico) occorre indirizzarlo in termini di cilindro, testina, settore

Dischi



- ◆ **Operazioni gestite dal controller**

- ◆ READ (head, sector)
- ◆ WRITE(head, sector)
- ◆ SEEK(cylinder)

- ◆ **L'operazione di seek**

- ◆ corrisponde allo spostamento fisico del pettine di testine da un cilindro ad un altro ed è normalmente la più costosa

- ◆ **Le operazioni di read e write**

- ◆ prevedono l'attesa che il disco ruoti fino a quando il settore richiesto raggiunge la testina

Nastri



- ♦ **Caratteristiche**

- ♦ dispositivi per la memorizzazione non volatile dei dati
- ♦ accesso sequenziale (non diretto)
- ♦ un nastro può contenere più file separati da gap, ma la ricerca del file viene sempre effettuata con scansione sequenziale

Gerarchia di memoria



- ◆ **Trade-off (compromessi)**

- ◆ Quantità
- ◆ Velocità
- ◆ Costo
- ◆ volatilità

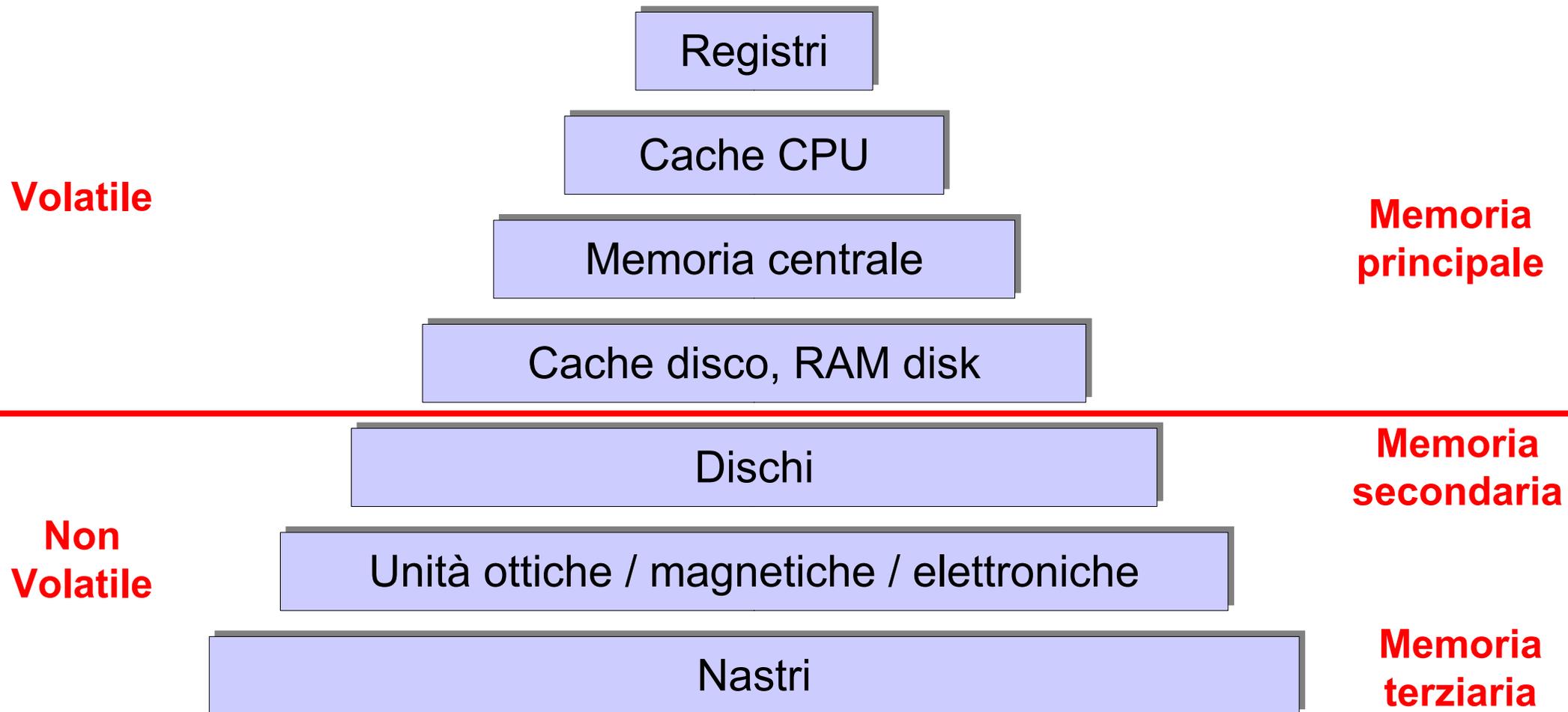
- ◆ **Limitazioni**

- ◆ tempo di accesso più veloce, costo maggiore
- ◆ Volatilità → tempo di accesso più veloce
- ◆ maggiore capacità, costo minore (per bit)
- ◆ maggiore capacità, tempo di accesso maggiore

- ◆ **Soluzione:**

- ◆ utilizzare una gerarchia di memoria

Gerarchia di memoria



- ◆ **Un meccanismo di caching**

- ◆ consiste nel memorizzare *parzialmente* i dati di una memoria in una seconda più costosa ma più efficiente
- ◆ se il numero di occorrenze in cui il dato viene trovato nella cache è statisticamente rilevante rispetto al numero totale degli accessi, e se la cache è qualche ordine di grandezza più veloce della memoria di cui è cache, si ottiene un notevole aumento di prestazioni, anche a fronte di un overhead per la gestione dei “passaggi”

- ◆ **E' un concetto che si applica a diversi livelli:**

- ◆ cache della memoria principale (DRAM) tramite memoria bipolare
- ◆ cache di disco in memoria
- ◆ cache di file system remoti tramite file system locali

Cache



- ♦ **Meccanismi di caching**

- ♦ hardware

- ♦ ad es. cache CPU; *politiche non modificabili dal S.O.*

- ♦ software

- ♦ ad es. cache disco; *politiche sotto controllo del S.O.*

- ♦ **Problemi da considerare nel S.O.**

- ♦ algoritmo di replacement

- ♦ la cache ha dimensione limitata; bisogna scegliere un algoritmo che garantisca il maggior numero di accessi in cache

- ♦ coerenza

- ♦ gli stessi dati possono apparire a diversi livelli della struttura di memoria

- ♦ **I sistemi multiprogrammati e multiutente richiedono la presenza di *meccanismi di protezione***
 - ♦ bisogna evitare che processi concorrenti generino interferenze non previste...

ma soprattutto:
 - ♦ *bisogna evitare che processi utente interferiscano con il sistema operativo*
- ♦ **Riflessione**
 - ♦ i meccanismi di protezione possono essere realizzati totalmente in software, ma anche ricorrendo a meccanismi hardware dedicati

Protezione HW: Modo utente / Modo kernel



- ♦ **Modalità kernel / supervisore / privilegiata:**
 - ♦ i processi in questa modalità hanno accesso a tutte le istruzioni, incluse quelle *privilegiate*, che permettono di gestire totalmente il sistema
- ♦ **Modalità utente**
 - ♦ i processi in modalità utente non hanno accesso alle istruzioni privilegiate
- ♦ **"Mode bit" nello status register per distinguere fra modalità utente e modalità supervisore**
- ♦ **Esempio:**
 - ♦ l'istruzione per disabilitare gli interrupt è privilegiata

Protezione HW: Modo utente / Modo kernel

♦ Come funziona

- ♦ alla partenza, il processore è in modalità kernel
- ♦ viene caricato il sistema operativo (*bootstrap*) e si inizia ad eseguirlo
- ♦ quando passa il controllo ad un processo utente, il S.O. cambia il valore del mode bit e il processore passa in modalità utente
- ♦ tutte le volte che avviene un interrupt, l'hardware passa da modalità utente a modalità kernel

Protezione HW: Protezione I/O



- ♦ **Le istruzioni di I/O devono essere considerate privilegiate**
 - ♦ il S.O. dovrà fornire agli utenti primitive e servizi per accedere all'I/O
 - ♦ tutte le richieste di I/O passano attraverso codice del S.O. e possono essere controllate preventivamente
- ♦ **Esempio:**
 - ♦ accesso al dispositivo di memoria secondaria che ospita un file system
 - ♦ vogliamo evitare che un qualunque processo possa accedere al dispositivo modificando (o corrompendo) il file system stesso

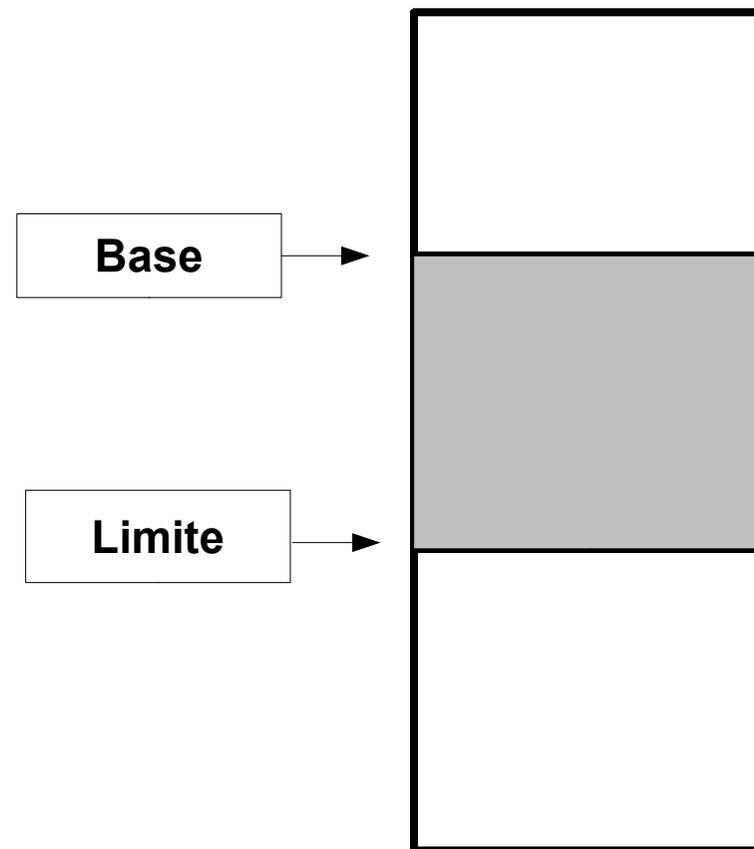
Protezione HW: Protezione Memoria

- ♦ **La protezione non è completa se non proteggiamo anche la memoria**
- ♦ **Altrimenti, i processi utente potrebbero:**
 - ♦ modificare il codice o i dati di altri processi utenti
 - ♦ modificare il codice o i dati del sistema operativo
 - ♦ modificare l'interrupt vector, inserendo i propri gestori degli interrupt
- ♦ **La protezione avviene tramite la Memory Management Unit (MMU)**

Protezione HW: MMU

- ◆ **Registro base + registro limite**

- ◆ ogni indirizzo generato dal processore viene confrontato con due registri, detti base e limite. Se non incluso in questo range, l'indirizzo non è valido e genera un'eccezione



- ◆ **Traduzione indirizzi logici in indirizzi fisici**

- ◆ ogni indirizzo generato dal processore corrisponde ad un indirizzo logico
- ◆ l'indirizzo logico viene trasformato in un indirizzo fisico a tempo di esecuzione dal meccanismo di MMU
- ◆ un indirizzo viene protetto se non può mai essere generato dal meccanismo di traduzione

Protezione Hardware



- ◆ **Riflessione**

- ◆ i meccanismi visti proteggono
 - ◆ il sistema operativo dai programmi utenti
 - ◆ i programmi utenti dagli altri programmi utenti
- ◆ c'è chi vuole fare di più...
 - ◆ protezione del sistema da qualunque tentativo di manomissione (compreso il proprietario del sistema...)

- ◆ **Digital Right Management**

- ◆ un'iniziativa Microsoft, Intel et al. con lo scopo di creare un "trusted environment", in cui non sia possibile eseguire nessun programma non autorizzato

Protezione HW - System call

- ◆ **Problema**

- ◆ poiché le istruzioni di I/O sono privilegiate, possono essere eseguite unicamente dal S.O.
- ◆ com'è possibile per i processi utenti eseguire operazioni di I/O?

- ◆ **Soluzione**

- ◆ i processi utenti devono fare richieste esplicite di I/O al S.O.
- ◆ meccanismo delle *system call*, ovvero trap generate da istruzioni specifiche

Protezione HW - System call

Codice utente

```
li $a0, 10  
li $v0, 1  
syscall
```

```
... altro  
codice...
```

Interrupt handler

```
...salvataggio registri ...  
...gestione interrupt...  
...operazioni di I/O...  
...ripristino registri...  
rfe/eret  
// return from exception
```

Interrupt vector

0	
1	0x00FF0000
2	
3	

4. Struttura dei sistemi operativi (panoramica)

Architettura dei sistemi operativi



- ♦ **Cos'è l'architettura di un sistema operativo?**
 - ♦ descrive quali sono le varie componenti del S.O. e come queste sono collegate fra loro
 - ♦ i vari sistemi operativi sono molto diversi l'uno dall'altro nella loro architettura
 - ♦ la progettazione dell'architettura è un problema fondamentale
- ♦ **L'architettura di un S.O. da diversi punti di vista:**
 - ♦ *servizi forniti* (visione utente)
 - ♦ *interfaccia di sistema* (visione programmatore)
 - ♦ *componenti del sistema* (visione progettista S.O.)

Componenti di un sistema operativo



- ◆ **Gestione dei processi**
- ◆ **Gestione della memoria principale**
- ◆ **Gestione della memoria secondaria**
- ◆ **Gestione file system**
- ◆ **Gestione dei dispositivi di I/O**
- ◆ **Protezione**
- ◆ **Networking**
- ◆ **Interprete dei comandi**

Gestione dei processi



- ♦ **Un processo è un programma in esecuzione**
 - ♦ Un processo utilizza le risorse fornite dal computer per assolvere i propri compiti
- ♦ **Il sistema operativo è responsabile delle seguenti attività riguardanti la gestione dei processi:**
 - ♦ creazione e terminazione dei processi
 - ♦ sospensione e riattivazione dei processi
 - ♦ gestione dei deadlock
 - ♦ comunicazione tra processi
 - ♦ sincronizzazione tra processi

Gestione della memoria principale



- ♦ **La memoria principale**

- ♦ è un "array" di byte indirizzabili singolarmente.
- ♦ è un deposito di dati facilmente accessibile e condiviso tra la CPU ed i dispositivi di I/O

- ♦ **Il sistema operativo è responsabile delle seguenti attività riguardanti la gestione della memoria principale:**

- ♦ tenere traccia di quali parti della memoria sono usate e da chi
- ♦ decidere quali processi caricare quando diventa disponibile spazio in memoria
- ♦ allocare e deallocare lo spazio di memoria quando necessario

Gestione della memoria secondaria



- ♦ **Memoria secondaria:**
 - ♦ Poiché la memoria principale è volatile e troppo piccola per contenere tutti i dati e tutti i programmi in modo permanente, un computer è dotato di *memoria secondaria*
 - ♦ In generale, la memoria secondaria è data da hard disk, dischi ottici, nastri, etc.
- ♦ **Il sistema operativo è responsabile delle seguenti attività riguardanti la gestione della memoria secondaria:**
 - ♦ Allocazione dello spazio inutilizzato
 - ♦ Gestione dello spazio di memorizzazione
 - ♦ Ordinamento efficiente delle richieste (disk scheduling)

Gestione del file system



- ♦ **Un file è l'astrazione informatica di un archivio di dati**
 - ♦ Il concetto di file è indipendente dal media sul quale viene memorizzato (che ha caratteristiche proprie e propria organizzazione fisica)
- ♦ **Un file system è la rappresentazione fisica e logica di un insieme di file**
- ♦ **Il sistema operativo è responsabile delle seguenti attività riguardanti la gestione del file system**
 - ♦ Creazione e cancellazione di file
 - ♦ Creazione e cancellazione di directory
 - ♦ Manipolazione di file e directory
 - ♦ Codifica del file system sulla memoria secondaria

- ♦ **La gestione dell'I/O richiede:**
 - ♦ Un interfaccia comune per la gestione dei device driver
 - ♦ Un insieme di driver per dispositivi hardware specifici
 - ♦ Un sistema di gestione di buffer per il caching delle informazioni

Protezione



- ♦ **Il termine protezione si riferisce al meccanismo per controllare gli accessi di programmi, processi o utenti alle risorse del sistema e degli utenti**
- ♦ **Il meccanismo di protezione software deve:**
 - ♦ Distinguere tra uso autorizzato o non autorizzato
 - ♦ Specificare i controlli che devono essere imposti
 - ♦ Fornire un meccanismo di attuazione della protezione

Networking



- ◆ **Consente**

- ◆ di far comunicare due o più elaboratori
- ◆ di condividere risorse

- ◆ **Quali servizi**

- ◆ protocolli di comunicazione a basso livello
 - ◆ TCP/IP
 - ◆ UDP
- ◆ servizi di comunicazione ad alto livello
 - ◆ file system distribuiti (NFS, SMB)
 - ◆ print spooler

Interprete dei comandi

- ♦ **Interfaccia utente - S.O.**
 - ♦ attivare un programma, terminare un programma, etc.
 - ♦ interagire con le componenti del sistema operativo (file system)
- ♦ **Può essere:**
 - ♦ grafica (a finestre, icone, etc.)
 - ♦ testuale (linea di comando)
- ♦ **Differenze**
 - ♦ cambia il "linguaggio" utilizzato, ma il concetto è lo stesso
 - ♦ vi sono però differenze di espressività
- ♦ **N.B.**
 - ♦ L'interprete dei comandi usa i servizi dei gestori di processi, I/O, memoria principale e secondaria...

System Call



- ♦ **Interfaccia programmatore - S.O.**
 - ♦ Ogni volta che un processo ha bisogno di un servizio del S.O. richiama una system call
 - ♦ sono in genere disponibili come istruzioni a livello assembler
 - ♦ esistono librerie che permettono di invocare le system call da diversi linguaggi (ad es. librerie C)
 - ♦ vengono normalmente realizzate tramite interrupt software

System Call

◆ Gestione dei file

- ◆ **`fd = open(file, how, ...)`**
Aprire un file in lettura o scrittura
- ◆ **`s = close(fd)`**
Chiudere un file
- ◆ **`n = read(fd, buffer, nbytes)`**
Leggere nbytes byte dal file e li copia in buffer
- ◆ **`n = write(fd, buffer, nbytes)`**
Scrivere nbytes byte sul file presi dal buffer
- ◆ **`position = lseek(fd, offset, whence);`**
Posizionare la “testina” di lettura del file
- ◆ **`s=stat(name, &buf)`**
Ottenere informazioni di stato sul buffer

System Call



- ◆ **Esempio**

- ◆ Un programma che legge dieci byte a partire dal 50-esimo byte di un file nella directory corrente

```
int main(void)
{
    int fd;
    char buffer[10];
    int read;
    fd = open("test.txt", "r");
    lseek(fd, 50, SEEK_SET);
    if (read(fd, buffer, 10) != 10)
        printf("Non ho letto 10 byte\n");
}
```

System Call

- ◆ **Gestione del file system e delle directory**

- ◆ **`s = mkdir(name, mode)`**

Crea una nuova directory

- ◆ **`s = rmdir(name)`**

Cancella una directory

- ◆ **`s = link(name1, name2)`**

Crea un nuovo link ad un file esistente

- ◆ **`s = unlink(name)`**

Cancella un file

- ◆ **`s = mount(special, name, flag)`**

Monta una partizione nel file system

- ◆ **`s = umount(special)`**

Smonta una partizione

System Call



- ♦ **Varie**
 - ♦ **`s = chdir(dirname)`**
Cambia la directory corrente
 - ♦ **`s = chmod(name, mode)`**
Cambi i bit di protezione di un file
 - ♦ **`s = kill(pid, signal)`**
Spedisce un segnale ad un processo
 - ♦ **`seconds = time(&seconds)`**
Restituisce il tempo di sistema

System call

- Le system call sono specifiche dei vari sistemi operativi

UNIX

fork

waitpid

execve

exit

open

close

read

write

lseek

stat

WIN32

CreateProcess

WaitForSingleObject

-

ExitProcess

CreateFile

CloseHandle

ReadFile

WriteFile

SetFilePointer

GetFileAttributesEx

UNIX

mkdir

rmdir

link

unlink

mount

umount

chdir

chmod

kill

time

WIN32

CreateDirectory

RemoveDirectory

-

DeleteFile

-

-

SetCurrentDirectory

-

-

GetLocalTime

Programmi di sistema



- ♦ **Manipolazione file**
 - ♦ creazione, cancellazione, copia, rinomina, stampa, dump
- ♦ **Informazione di stato del sistema**
 - ♦ data, ora, quantità di memoria disponibile, numero di utenti
- ♦ **Modifica file**
 - ♦ editor (file testo e binari)
- ♦ **Supporto per linguaggi di programmazione**
 - ♦ compilatori, interpreti, assembleri
- ♦ **Esecuzione di programmi**
 - ♦ caricatori, debugger
- ♦ **Comunicazione**
 - ♦ strumenti per operare con elaboratori remoti, scambiare dati