

Università di Bologna
Laurea in Ingegneria Informatica
A.A. 2015-2016

Sistemi Operativi T

Prof. Anna Ciampolini

[**http://lia.disi.unibo.it/Courses/sot**](http://lia.disi.unibo.it/Courses/sot)

Obiettivi del Corso

- Fornire i principali concetti alla base ***dei moderni sistemi operativi***
- Fornire i fondamenti e gli strumenti di base per **la programmazione concorrente**
- Illustrare le caratteristiche di alcuni ***sistemi operativi reali (UNIX, GNU/Linux e Windows XP)*** e gli strumenti a disposizione di **utenti e programmatori** per il loro utilizzo
- Sperimentare ampiamente in ***laboratorio*** i concetti e gli strumenti visti in aula

Capacità richieste in ingresso:

- conoscenza dei ***linguaggi C e Java***
- fondamenti di architettura degli elaboratori

Capacità ottenute in uscita:

- ***conoscenza dei concetti*** alla base dei sistemi operativi moderni
- conoscenza delle soluzioni realizzative adottate nei più diffusi sistemi operativi moderni
- capacità di ***sviluppare programmi di sistema*** e applicazioni principalmente in ambiente UNIX/Linux.
- capacità di sviluppo di applicazioni concorrenti in ***java***

Argomenti trattati

- ❑ Che cos'è un sistema operativo: ruolo e funzionalità
- ❑ **Organizzazione e struttura** di un sistema operativo
- ❑ **Gestione dei Processi**
- ❑ Interazione tra processi mediante **memoria condivisa** e **scambio di messaggi**
- ❑ Cenni di **sincronizzazione** dei processi
- ❑ Gestione della **memoria**
- ❑ Gestione del **file system**
- ❑ Gestione dei dispositivi di **Input/Output**
- ❑ **Protezione delle risorse**
- ❑ **Metodi e strumenti per la programmazione concorrente.**

Panoramica sul Corso

Introduzione:

- Che cos'è un sistema operativo: ruolo, funzionalità e struttura
- Evoluzione dei sistemi operativi: ***batch, multiprogrammazione, time-sharing***
- Richiami sul funzionamento di un elaboratore: ***interruzioni e loro gestione, I/O, modi di funzionamento single e dual, system call***

Panoramica sul Corso

Organizzazione di un sistema operativo:

- Funzionalità
- Classificazione in base a struttura: sistemi ***monolitici, modulari, stratificati, microkernel, macchine virtuali***
- Cenni introduttivi di organizzazione e funzionalità di alcuni sistemi operativi reali (***UNIX/Linux, Windows, ecc.***)

Panoramica sul Corso

Gestione dei Processi:

- **Concetto di processo** e sua **rappresentazione** nel sistema operativo:
 - ✓ Processi pesanti
 - ✓ Processi leggeri (thread)
- **Stati e ciclo di vita dei processi**
- **Gestione dei processi pesanti/leggeri** da parte del SO
- Operazioni sui processi
- La gestione dei **processi in UNIX/Linux**: stati, rappresentazione, gestione (scheduling), operazioni e comandi relativi ai processi
- **Java thread e memoria condivisa**

Panoramica sul Corso

Scheduling della CPU :

- Concetti generali: ***code, preemption, dispatcher***
- ***Criteri*** di scheduling
- ***Algoritmi di scheduling***: FCFS, SJF, con priorità, round-robin, con code multiple, ...
- Scheduling in s.o. reali: Unix, Linux e Windows

Panoramica sul Corso

Interazione tra processi:

- **Mediante memoria condivisa**

Cenni sul problema della ***sincronizzazione tra processi***. Il semaforo.

- **Mediante scambio di messaggi**

- ***Comunicazione*** diretta/indiretta, simmetrica/asimmetrica, buffering

- ***Interazione tra processi UNIX:***

- comunicazione mediante pipe e fifo, sincronizzazione tramite segnali

Panoramica sul Corso

Gestione della memoria:

- Spazi degli indirizzi e binding
- Allocazione della memoria
 - **Contigua**: a partizione singola e partizioni multiple; frammentazione;
 - **Non contigua**: paginazione, segmentazione
- **Memoria virtuale**
- Gestione della memoria in UNIX e GNU/Linux.

Panoramica sul Corso

Gestione dei dispositivi di I/O:

- Il sottosistema di I/O: funzioni e meccanismi.
- Driver di dispositivi.

Gestione del file system:

- File system e sua realizzazione. Metodi di accesso e di allocazione.
- Il file system di UNIX: organizzazione logica e fisica, comandi e *system call* per la gestione e l'accesso a file/direttori

Panoramica sul Corso

Protezione:

- Modelli, politiche e meccanismi di protezione.
- *Domini di protezione*
- Matrice di accesso
- Controllo degli accessi
- Sistemi basati su **capability**

Panoramica sul Corso

Programmazione concorrente:

- Algoritmi non sequenziali e programmi concorrenti
- Proprietà di programmi concorrenti
- Il deadlock
- Il problema della mutua esclusione
- Strumenti linguistici per la sincronizzazione nel modello a memoria comune: il **monitor**
- Monitor in java

Percorso didattico

- **Argomenti teorici**
- **Esemplificazioni:** sui sistemi operativi UNIX/Linux:
 - *programmazione di sistema in linguaggio C*
 - sviluppo di *file comandi in shell*
 - *applicazioni concorrenti in Java*
- **Esercitazioni:**

Attività in laboratorio

Attività in laboratorio

- Esattamente come le lezioni in aula, è **parte integrante dell'attività didattica!**
- Ogni settimana (a regime) verrà svolta in Laboratorio una esercitazione su argomenti trattati in aula.
 - ***lunedì 14-16, LAB4, cognomi [A-O]***
 - ***mercoledì 9-11, LAB2, cognomi [P-Z]***

L'attività sarà assistita da un **tutor**:

Ing. Daniela Loreti, daniela.loreti@unibo.it.

Attività in laboratorio

- **Programma:**

- **Uso e amministrazione del sistema GNU/linux**
- **Comandi shell: uso e realizzazione di file comandi (shell scripting)**
- **System Calls: realizzazione di programmi di sistema in linux:**
 - Gestione di processi
 - Sincronizzazione tra processi
 - Gestione di file e direttori
- **Programmazione concorrente:**
 - Semafori
 - Lock
 - Monitor
 - variabili condizione.

Accesso al Laboratorio

- L'attività si svolgerà in Lab4/Lab2 su sistemi Linux Ubuntu.

Esame

Una **prova “scritta”** obbligatoria (in parte teorica e in parte progettuale) :

- *13 giugno 2016 ore 14*
- *29 giugno 2016 ore 9*
- *14 luglio 2016 ore 9*

- Una **prova orale**:
 - **Facoltativa**, se il voto dello scritto è **maggior** di **22/30**
 - **Obbligatoria**, se il voto delle prova scritta dopo il superamento dello scritto è **minore o uguale a 22/30**

Materiale Didattico

- **Copia** delle diapositive mostrate a lezione
(scaricabili dalle pagine Web del corso)
- **Libro adottato:**
 - P. Ancilotti, M. Boari, A. Ciampolini, G. Lipari: ***Sistemi Operativi*** (seconda edizione), McGraw-Hill, 2008.
- **Libri consigliati:**
 - A. Silberschatz, P.B. Galvin, G. Gagne: ***Sistemi Operativi - Concetti ed Esempi*** (ottava edizione), Pearson, 2009
 - A. Tanenbaum: ***I Moderni Sistemi Operativi (terza edizione)***, Pearson, 2009
 - H.M. Deitel, P.J. Deitel, D.R. Choffnes: ***Sistemi Operativi***, Pearson, 2005
 - W. Stallings: ***Sistemi Operativi***, Jackson Libri, 2000
 - K. Havilland, B. Salama: ***Unix System Programming***, Addison Wesley, 1987

Ricevimento Studenti

- **Anna Ciampolini**

martedì ore 11:00-13:00

c/o DISI, Edificio ex-CSITE, piano 1.

E-mail: **anna.ciampolini@unibo.it**

Orario delle Lezioni

Normalmente:

- **Lun 14-16, Lab4: Esercitazione A-P (dal 7 marzo).**
 - **Mar 14 -16, aula 2.8 Lezione**
 - **Mer 9-11, Lab2: Esercitazione Q-Z (dal 7 marzo).**
 - **Ve 9-12, aula 2.8 Lezione**
- Eventuali variazioni verranno comunicate via sito Web.

Introduzione ai Sistemi Operativi

Che cos'è un Sistema Operativo (SO)?

È un **programma** (o un insieme di programmi) che agisce come **intermediario** tra l'utente e l'hardware del computer:

- ❑ fornisce una **visione astratta e semplificata** dell'HW
- ❑ **gestisce** in modo **efficace** ed **efficiente** le risorse del sistema di calcolo
- ❑ mette a disposizione un **ambiente di esecuzione e di sviluppo** per i programmi degli utenti

SO e Hardware

- ❑ Il SO interfaccia programmi applicativi o di sistema con le risorse HW:
 - **CPU**
 - **memoria** centrale (RAM)
 - **memoria** secondaria (es. Dischi)
 - **dispositivi** di I/O
 - **connessioni di rete**
 - ...
- ❑ Il SO *mappa* le risorse HW in **risorse logiche**, accessibili attraverso interfacce ben definite:
 - **processi** (CPU)
 - **file system** (dischi)
 - **memoria virtuale** (memoria), ...

Che cos'è un Sistema Operativo?



Che cos'è un Sistema Operativo?

- Un programma che **gestisce risorse** del sistema di calcolo in modo **efficace ed efficiente** e le **alloca** ai programmi/utenti
- Un programma che innalza il **livello di astrazione** con cui utilizzare le **risorse logiche** a disposizione

Aspetti importanti di un SO

- ❑ **Architettura**: come è organizzato il SO? Quali componenti? Quali relazioni tra componenti?
- ❑ **Condivisione**: quali risorse vengono condivise tra utenti e/o programmi? In che modo?
- ❑ **Efficienza**: come massimizzare l'utilizzo delle risorse disponibili?
- ❑ **Affidabilità/tolleranza ai guasti**: quale probabilità di malfunzionamenti? come reagisce il SO ad eventuali malfunzionamenti (HW/SW)?
- ❑ **Estendibilità**: è possibile aggiungere funzionalità al sistema?
- ❑ **Protezione e Sicurezza**: il SO deve impedire **interferenze** tra programmi/utenti e attacchi dalla rete. In che modo?
- ❑ **Conformità a standard**: portabilità, estendibilità, apertura

Alcuni cenni storici sull'evoluzione dei SO

Prima generazione (anni '50)

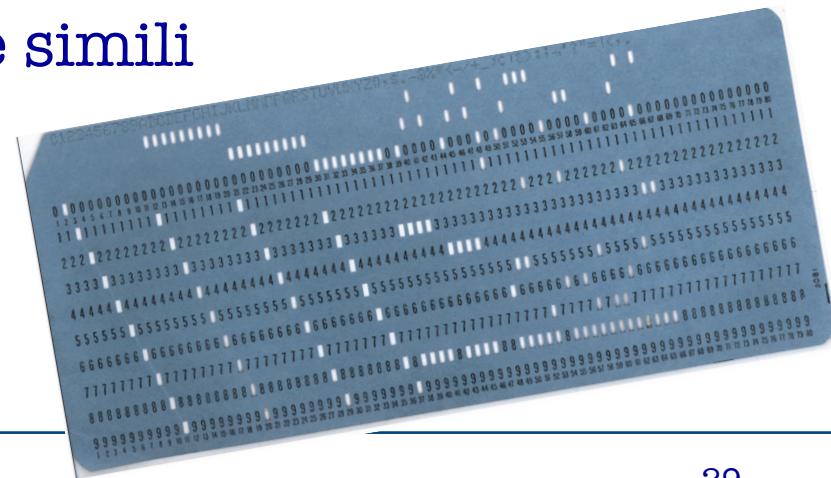
- ❑ Architettura basata su **valvole**
- ❑ **linguaggio macchina**
- ❑ controllo del sistema completamente manuale
- ❑ non è presente il sistema operativo



Seconda generazione ('55-'65):

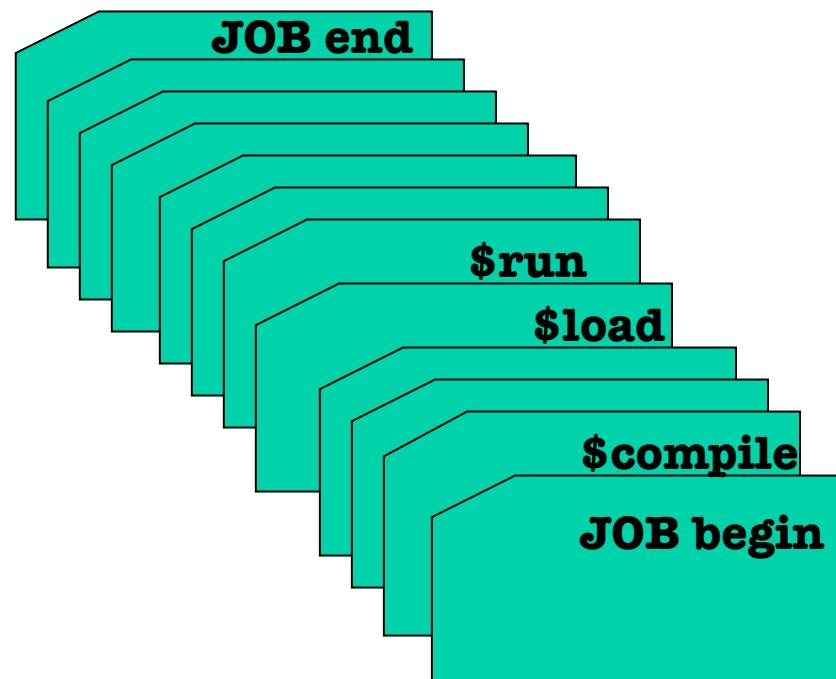
Sistemi batch semplici

- Architettura basata su **transistor**
- **linguaggio di alto livello** (*fortran*)
- input mediante schede perforate
- aggregazione di programmi in **lotti** (batch) con esigenze simili



Sistemi batch semplici

Batch: insieme di programmi (job) da eseguire in modo sequenziale

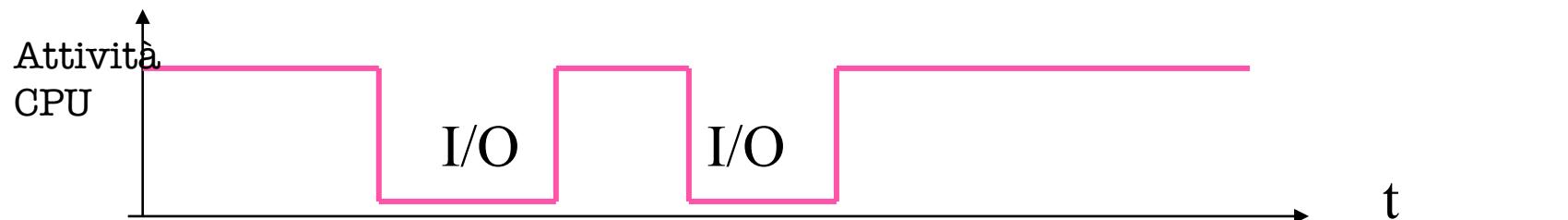


Sistemi batch semplici

Compito del SO (*monitor*):
trasferimento di controllo da un job (appena terminato) al prossimo da eseguire

Caratteristiche dei sistemi batch semplici:

- SO **residente in memoria** (monitor)
- **assenza di interazione** tra utente e job
- **scarsa efficienza**: durante l'I/O del job corrente, la CPU rimane inattiva !



Sistemi batch semplici

In memoria centrale, ad ogni istante,
è ***caricato (al più) un solo job:***



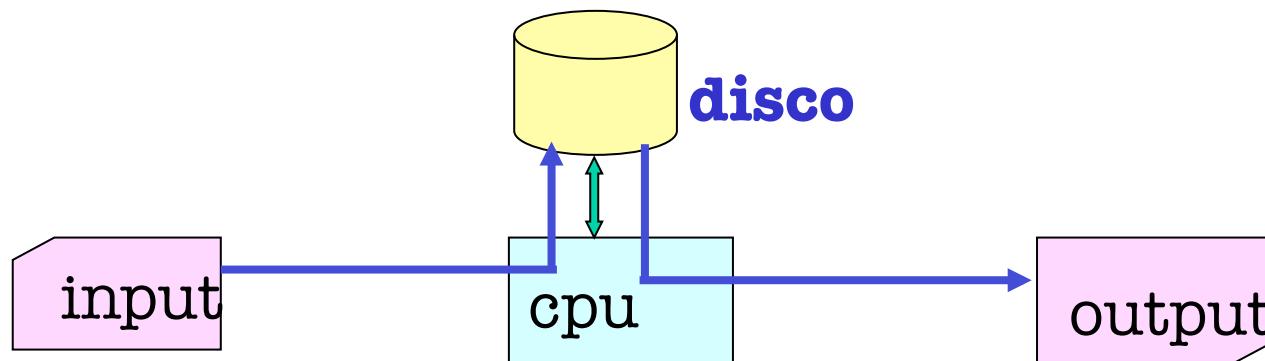
Configurazione della
memoria centrale in
sistemi batch
semplici

Sistemi batch semplici

Spooling (Simultaneous Peripheral Operation On Line):
simultanetà di I/O e attività di CPU

disco viene impiegato come **buffer** molto ampio, dove

- **memorizzare** in anticipo i programmi da eseguire
- **leggere** in anticipo i dati
- **memorizzare** temporaneamente i risultati (in attesa che il dispositivo di output sia pronto)
- caricare **codice e dati del job successivo**: -> possibilità di **sovrapporre I/O** di un job **con elaborazione** di un altro job



Sistemi batch semplici

Problemi:

- ❑ finché il job corrente non è terminato, il **successivo non può iniziare l'esecuzione**
- ❑ se un job si **sospende** in attesa di un evento, la CPU rimane **inattiva**
- ❑ **non c'è interazione** con l'utente

Sistemi batch multiprogrammati

Sistemi batch semplici: *l'attesa* di un **evento**

causa inattività della CPU. Per evitare il problema:

Multiprogrammazione

- Viene precaricato sul disco un insieme (**pool**) di job
- Il SO seleziona un sottoinsieme dei job appartenenti al pool, che vengono caricati in memoria centrale
- Tra i job in memoria, il SO ne sceglie uno (job corrente) a cui assegnare la CPU
- Se il job corrente si pone in attesa di un evento, il sistema operativo assegna CPU a un altro job

Sistemi batch multiprogrammati

SO è in grado di ***portare avanti*** l'esecuzione di più job ***contemporaneamente***.

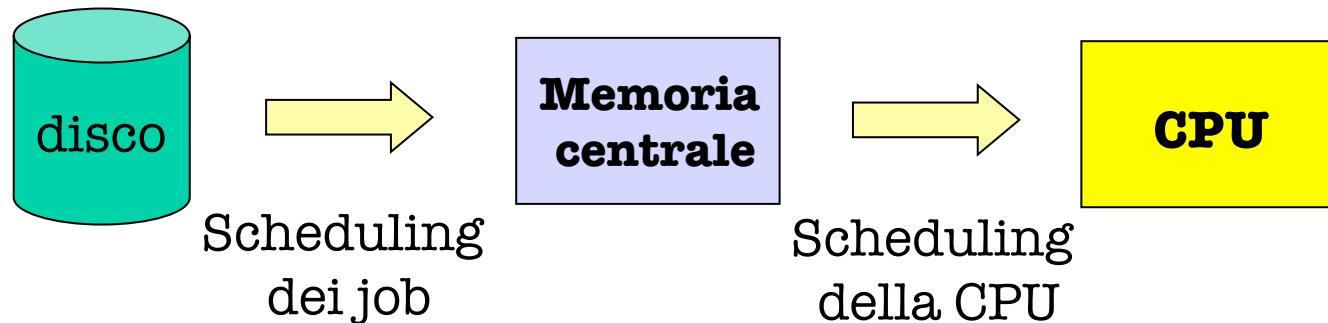


- Ad ogni istante:
 - **un solo job** utilizza la CPU
 - **più job**, appartenenti al pool selezionato e caricati in memoria centrale, attendono di acquisire la CPU
- Quando il job che sta utilizzando la CPU si ***sospende in attesa di un evento***:
 - SO ***decide*** a quale job assegnare la CPU (***scheduling***) ed effettua lo scambio (***context switch***)

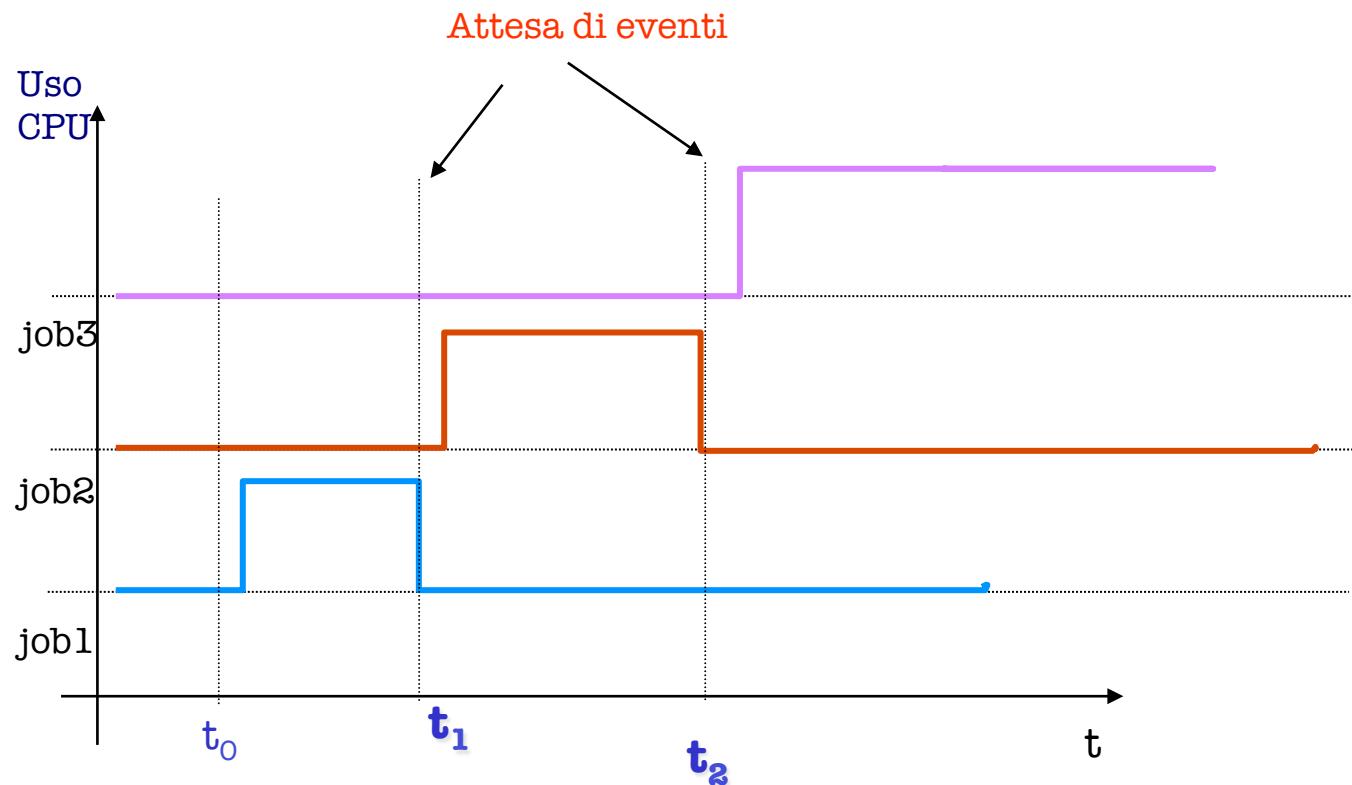
Sistemi batch multiprogrammati: scheduling

SO effettua delle scelte tra tutti i job:

- quali job caricare in memoria centrale:
scheduling dei job (*long-term scheduling*)
- a quale job assegnare la CPU: **scheduling della CPU** o (*short-term scheduling*)

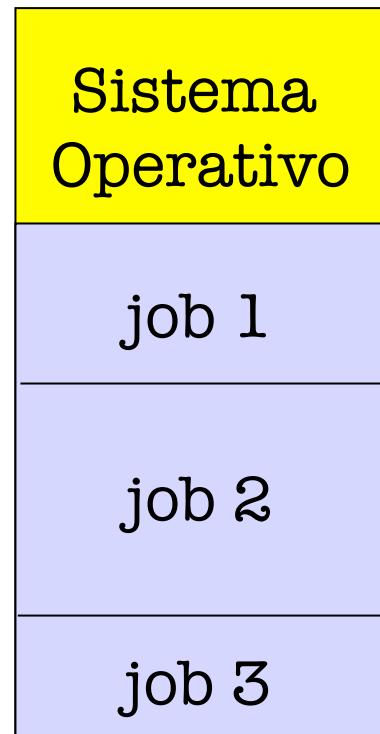


Sistemi batch multiprogrammati



Sistemi batch multiprogrammati

In memoria centrale, ad ogni istante, possono essere caricati più job:



Configurazione della **memoria centrale** in sistemi batch multiprogrammati

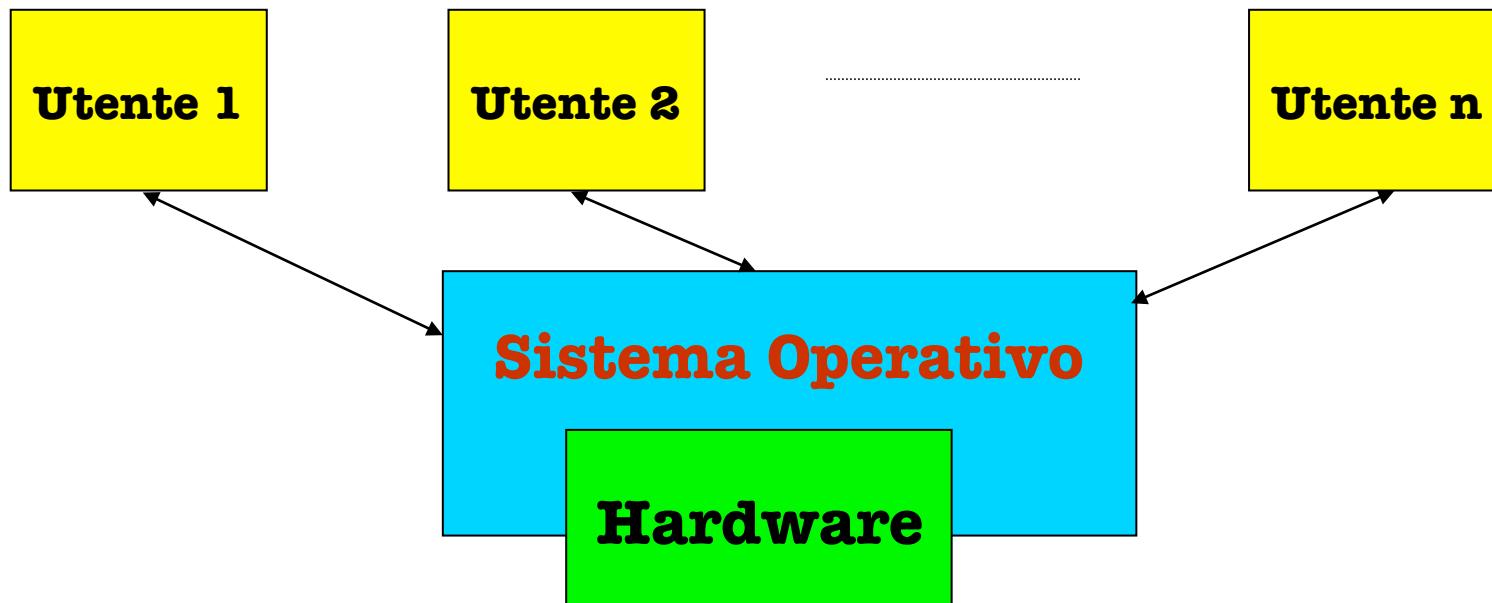
Necessità di protezione

Sistemi time-sharing

(Multics, 1965)

Nascono dalla necessità di:

- **interattività** con l'utente
- **multi-utenza**: più utenti interagiscono contemporaneamente con SO



Sistemi time-sharing

Multiutenza: il sistema presenta ad ogni utente una ***macchina virtuale completamente dedicata*** in termini di:

- utilizzo della CPU
- utilizzo di altre risorse, ad es. file system

Interattività: per garantire un'accettabile velocità di “reazione” alle richieste dei singoli utenti, SO ***interrompe l'esecuzione*** di ogni job dopo un intervallo di tempo prefissato (***quanto di tempo***, o ***time slice***), assegnando la CPU a un altro job

Sistemi time-sharing

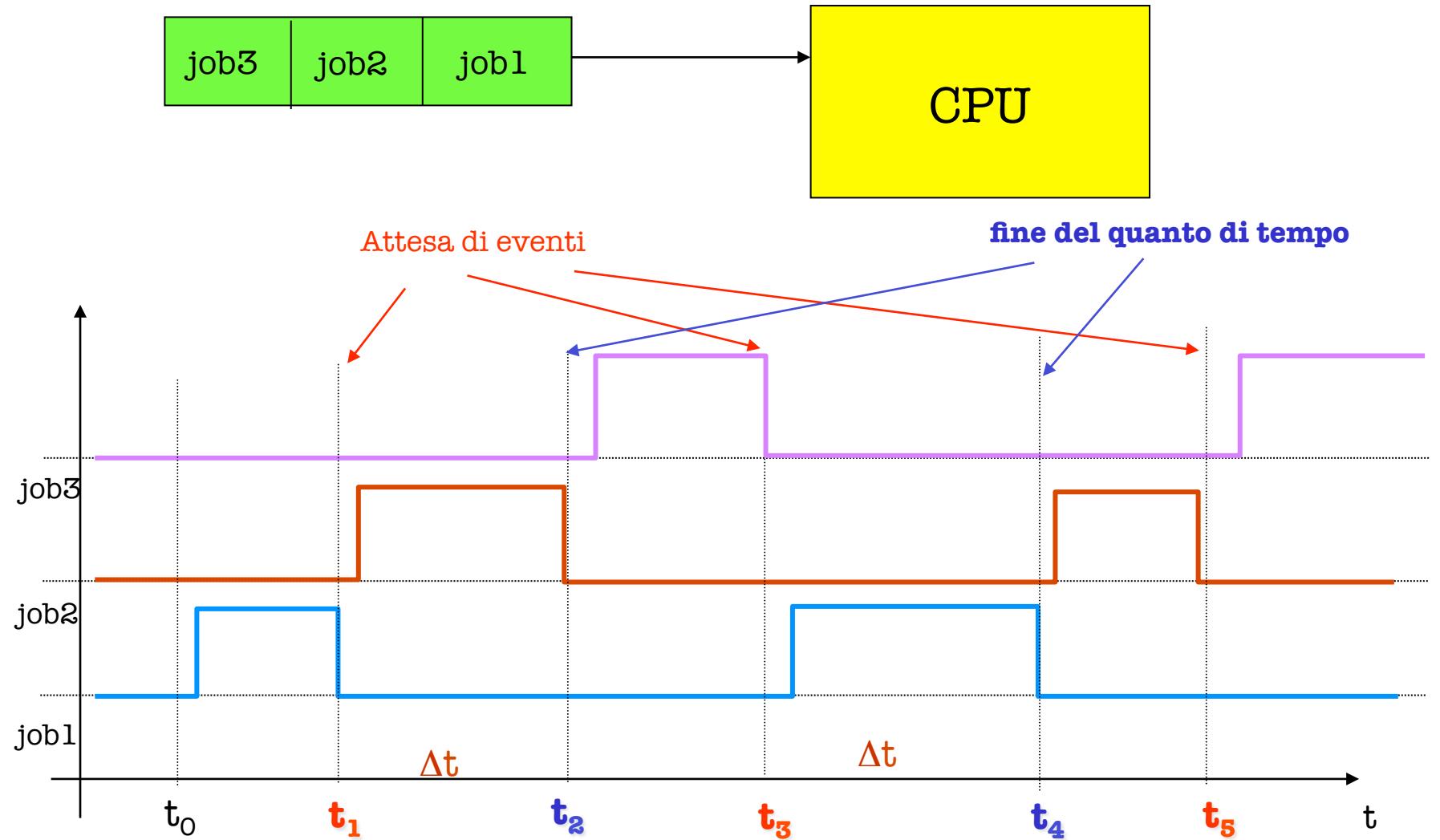
Sono sistemi in cui:

- attività della ***CPU è dedicata a job diversi*** che si alternano ***ciclicamente*** nell'uso della risorsa
- frequenza di commutazione della CPU è tale da fornire l'illusione ai vari utenti di una macchina completamente dedicata (***macchina virtuale***)

Cambio di contesto (context switch):

operazione di trasferimento del controllo da un job al successivo -> costo aggiuntivo (overhead)

Sistemi time-sharing



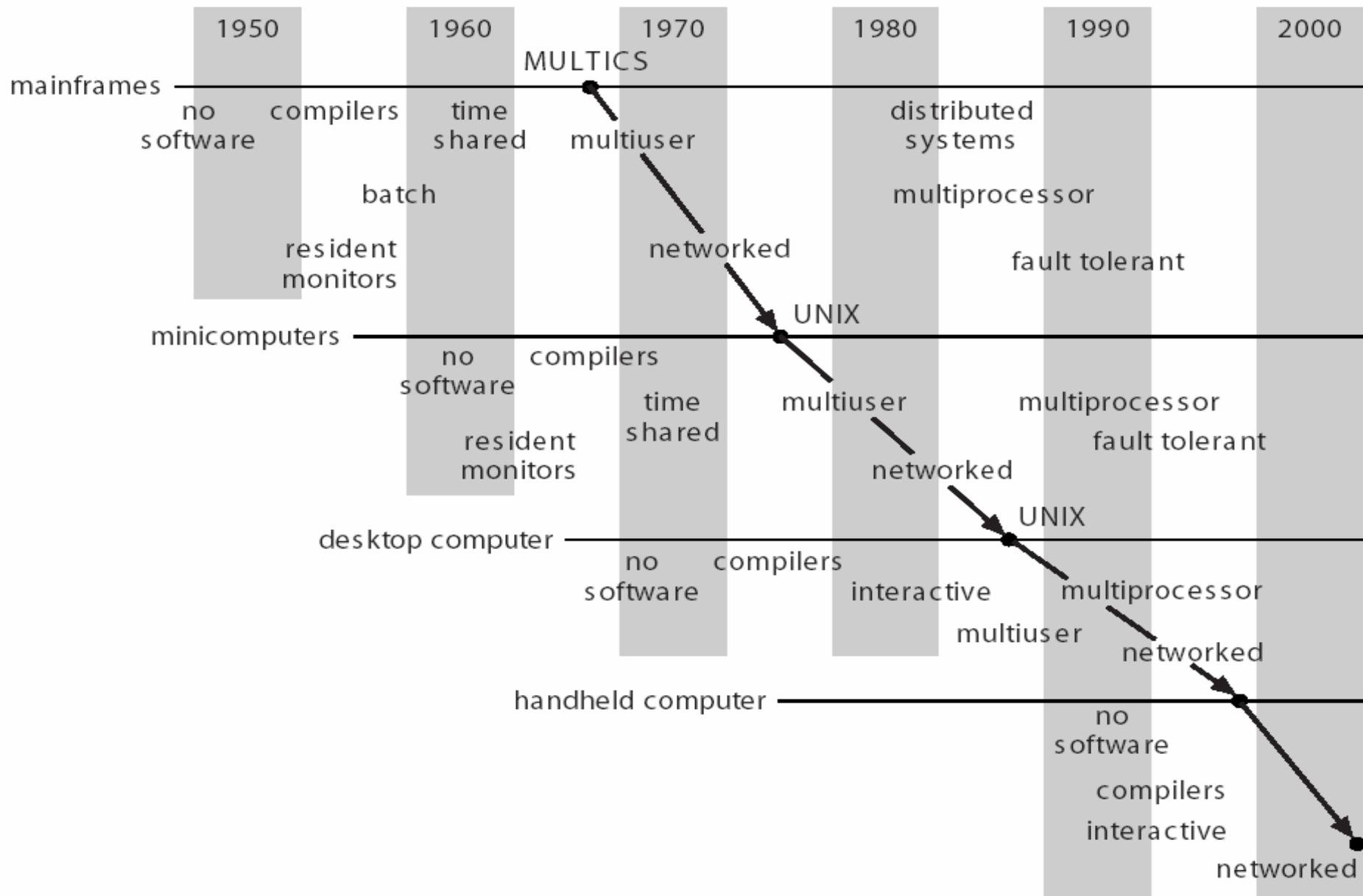
Time-sharing: requisiti

- **Gestione/protezione** della memoria:
 - trasferimenti memoria-disco
 - **separazione degli spazi** assegnati ai diversi job
 - molteplicità job + limitatezza della memoria
- memoria virtuale**
- **Scheduling** CPU
- **Sincronizzazione/comunicazione** tra job:
 - interazione
 - prevenzione/trattamento di blocchi critici (**deadlock**)
- **Interattività:** **accesso on-line** al **file system** per permettere agli utenti di accedere semplicemente a codice e dati

Esempi di SO

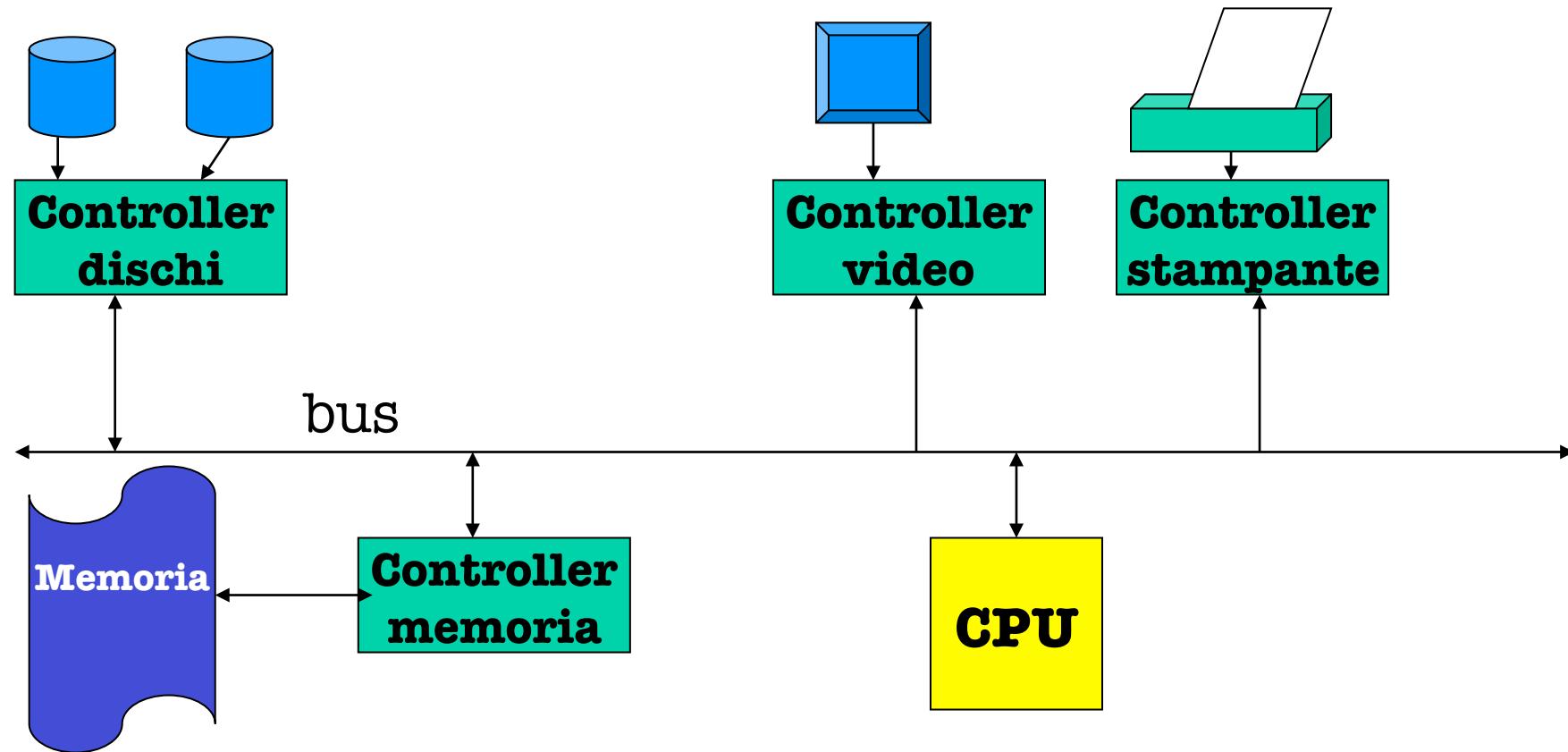
- ❑ **MSDOS**: monoprogrammato, monoutente
- ❑ **Windows 95/98, molti SO attuali per dispositivi portabili (Symbian, PalmOS, Android, etc.)**: multiprogrammato (time sharing), monoutente
- ❑ **Windows NT/2000/XP**: multiprogrammato, “multiutente”
- ❑ **UNIX/Linux**: multiprogrammato, multiutente
- ❑ **MacOSX**: multiprogrammato, multiutente

Evoluzione dei concetti nei SO



Alcuni richiami al funzionamento hardware di un sistema di elaborazione

Architettura di un sistema di elaborazione



Controller: interfaccia HW delle periferiche
verso il bus di sistema

Hardware di un sistema di elaborazione

Funzionamento a interruzioni:

- le varie *componenti* (HW e SW) del sistema interagiscono con SO mediante **interruzioni asincrone (interrupt)**
- ogni interruzione è causata da un **evento**, ad es.:
 - **richiesta di servizi al SO**
 - **completamento di I/O**
 - **accesso non consentito alla memoria**
- ad ogni interruzione è associata una **routine di servizio (handler)** per la **gestione dell'evento**

Interruzioni hardware e software

- **Interruzioni hardware:**

dispositivi inviano segnali a CPU per notificare particolari eventi al SO (es. completamento di un'operazione)



- **Interruzioni software:**
programmi in esecuzione

possono generare interruzioni SW

- quando tentano l'esecuzione di **operazioni non lecite** (ad es. divisione per 0): **trap**
- quando richiedono l'esecuzione di servizi al SO - **system call**

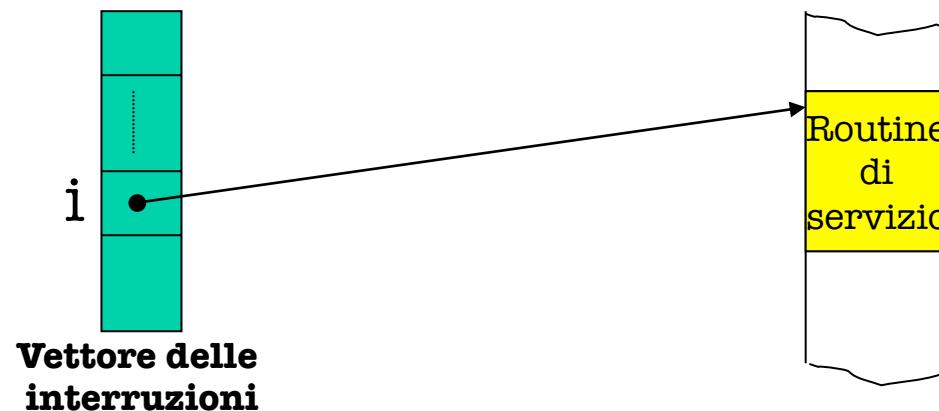


Gestione delle interruzioni

Alla ricezione di un' **interruzione**, il SO :

- 1] interrompe la sua esecuzione => **salvataggio dello stato** in memoria
- 2] attiva la **routine di servizio all'interruzione** (handler)
- 3] **ripristina lo stato** salvato

Per individuare la routine di servizio, si può utilizzare un **vettore delle interruzioni**



Input/Output

Come avviene l'I/O in un sistema di elaborazione?

Controller: interfaccia HW delle periferiche verso il bus di sistema;
ogni controller è dotato di:

- **un *registro dati*** (ove **memorizzare temporaneamente** le informazioni da **leggere** o **scrivere**)
- alcuni ***registri speciali***, ove **memorizzare le specifiche delle operazioni** di I/O da eseguire (reg. **controllo**) e l'esito delle operazioni eseguite (reg. **stato**).

Input/Output

Quando un job richiede un'operazione di I/O (ad esempio, **lettura da un dispositivo**):

- ❑ CPU **scrive nei registri speciali** del dispositivo coinvolto le **specifiche dell'operazione** da eseguire
- ❑ controller esamina i registri e provvede a **trasferire i dati richiesti dal dispositivo al registro dati**
- ❑ invio di **interrupt alla CPU** (completamento del trasferimento)
- ❑ CPU esegue l'operazione di I/O tramite la routine di servizio (**trasferimento dal registro dati del controller alla memoria centrale**)
- ❑ **driver di dispositivo:** componente del SO che interagisce direttamente con il dispositivo:
 - copia nei registri del controller le informazioni relative all'operazione da effettuare
 - è l'unica componente del s.o. device-dependent (la sua struttura è strettamente dipendente dal particolare dispositivo controllato)

Protezione HW delle risorse

- Nei sistemi che prevedono multiprogrammazione e multiutenza sono necessari alcuni **meccanismi HW** (e non solo...) **per esercitare protezione**
- Le risorse allocate a programmi/utenti devono essere protette nei confronti di **accessi illeciti di altri programmi/utenti**:
 - dispositivi di I/O
 - memoria
 - CPU

Ad esempio: accesso a **locazioni esterne allo spazio di indirizzamento del programma**

Protezione della memoria

In un sistema **multiprogrammato o time sharing**, ogni *job* ha un suo spazio di indirizzi:

- è necessario ***impedire al programma in esecuzione di accedere ad aree di memoria esterne al proprio spazio*** (ad esempio del SO oppure di altri *job*)



Se fosse consentito: un programma potrebbe modificare codice e dati di altri programmi o, ancor peggio, del SO

Protezione

Per garantire protezione, molte architetture di CPU prevedono un ***duplice modo di funzionamento (dual mode)***:

- ***user*** mode
- ***kernel*** mode (***supervisor, monitor*** mode)

Realizzazione: l'architettura hardware della

CPU prevede almeno un ***bit di modo***

- ***kernel: 0***
- ***user: 1***

Dual mode

Istruzioni privilegiate: sono quelle più *pericolose* e possono essere eseguite soltanto se il sistema si trova in **kernel mode:**

- accesso a dispositivi di I/O (dischi, schede di rete, ...)
- gestione della memoria (accesso a strutture dati di sistema per controllo e accesso alla memoria, ...)
- disabilitazione interruzioni
- istruzione di **shutdown** (arresto del sistema)
- ...

Dual Mode

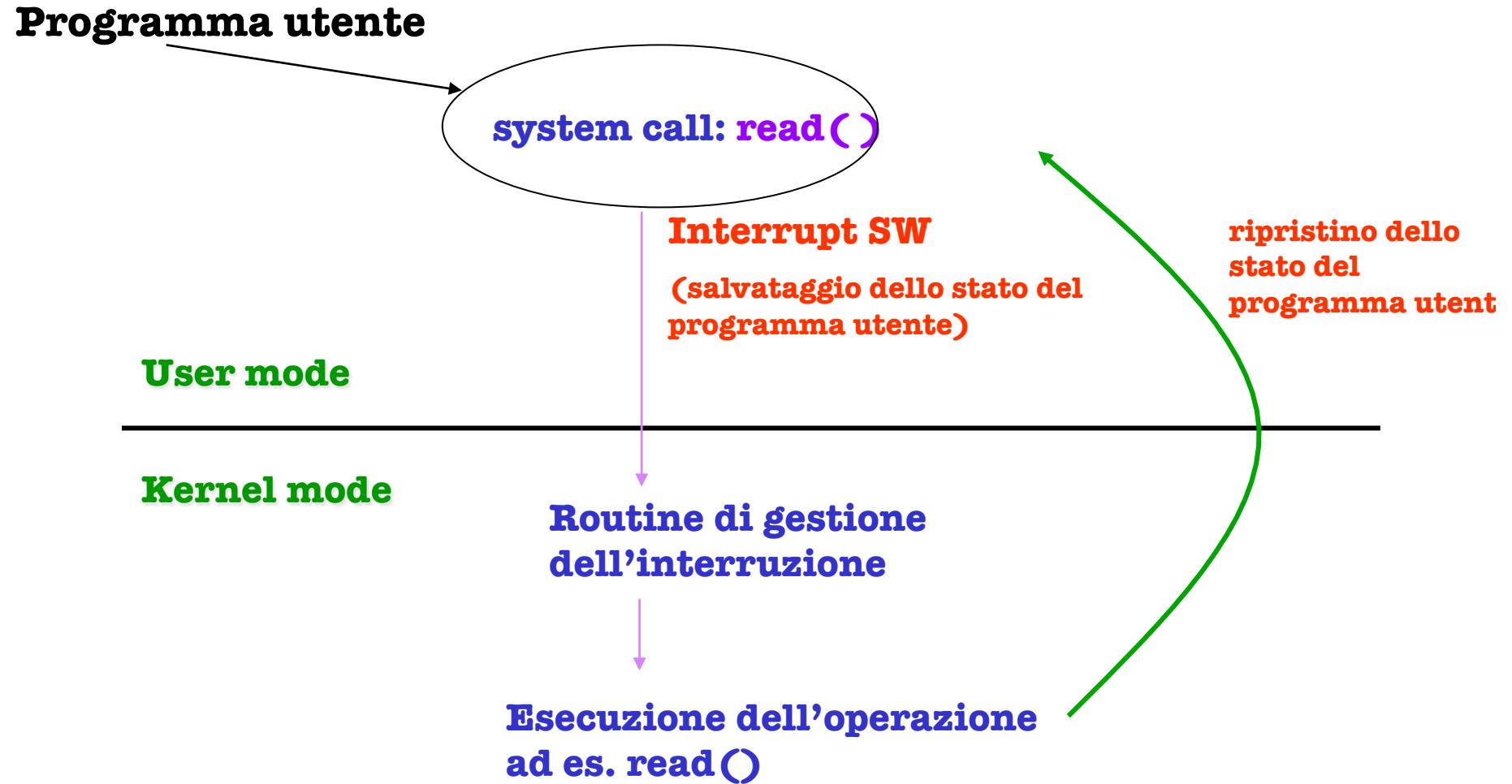
- SO esegue in modo **kernel**
- Ogni programma utente esegue in **user mode**:
 - quando un **programma utente tenta l'esecuzione di una istruzione privilegiata**, l'hardware lo impedisce (può essere generato un **trap**)
 - se necessita di **operazioni privilegiate**: chiamata a **system call**

System call

Per ottenere l'esecuzione di **istruzioni privilegiate**, un programma di utente deve chiamare una system call:

1. invio di **un'interruzione software** al SO
2. **salvataggio dello stato** (PC, registri, bit di modo, ...) del programma chiamante e trasferimento del controllo al SO
3. SO esegue in **modo kernel** l'operazione richiesta
4. al termine dell'operazione, il controllo ritorna al programma chiamante (**ritorno al modo user**)

System call



Protezione

ES: Architettura Intel IA32.

- I 2 bit meno significativi del registro **CS** rappresentano il livello (ring) di privilegio corrente (Current Privilege Level):

Ring 0 dotato dei maggiori privilegi e quindi destinato al kernel del sistema operativo -> modo kernel

...

Ring 3, quello dotato dei minori privilegi e quindi destinato alle applicazioni utente -> modo user

I sistemi operativi Windows e Linux usano solo il ring 0 (kernel mode) e il ring 3 (user mode).

Introduzione all'Organizzazione dei Sistemi Operativi

Struttura dei SO

Quali sono le **componenti** di un SO?

- gestione dei **processi**
- gestione della **memoria centrale**
- gestione di **memoria secondaria** e **file system**
- gestione dell'**I/O**
- **protezione e sicurezza**
- interfaccia utente/programmatore

Quali sono le **relazioni mutue** tra le componenti?

Processi

Processo = programma in esecuzione

- il **programma** è **un'entità passiva** (un insieme di byte contenente le istruzioni che dovranno essere eseguite)
- **il processo è un'entità attiva:**
 - è **l'unità di lavoro/esecuzione** all'interno del sistema. **Ogni attività all'interno del SO è rappresentata da un processo**
 - è **l'istanza di un programma in esecuzione**

**Processo = programma +
contesto di esecuzione (PC, registri, ...)**

Gestione dei processi

In un sistema multiprogrammato: più processi possono essere ***simultaneamente presenti*** nel sistema

Compito cruciale del SO

- ***creazione/terminazione*** dei processi
- ***sospensione/ripristino*** dei processi
- ***sincronizzazione/comunicazione*** dei processi
- ***gestione del blocco critico (deadlock)*** di processi

Gestione della memoria centrale

HW di sistema di elaborazione è equipaggiato con **un unico spazio di memoria** accessibile direttamente da CPU e dispositivi

Compito cruciale di SO

- **separare gli spazi di indirizzi** associati ai processi
- **allocare/deallocare memoria** ai processi
- **memoria virtuale** - gestire **spazi logici di indirizzi** di dimensioni complessivamente **superiori allo spazio fisico**
- realizzare i collegamenti (**binding**) tra **memoria logica e memoria fisica**

Gestione dei dispositivi di I/O

Gestione dell'I/O rappresenta una parte importante di SO:

- **interfaccia** tra programmi e dispositivi
- per ogni dispositivo: **device driver**
 - **routine per l'interazione con un particolare dispositivo**
 - contiene **conoscenza specifica** sul dispositivo (ad es., routine di gestione delle interruzioni)

Gestione della memoria secondaria

Tra tutti i dispositivi, la **memoria secondaria** riveste un ruolo particolarmente importante:

- **allocazione/deallocazione** di spazio
- gestione dello **spazio libero**
- **scheduling** delle operazioni sul disco

Di solito:

- la **gestione dei file** usa i meccanismi di gestione della memoria secondaria
- la **gestione della memoria secondaria** è indipendente dalla gestione dei file

Gestione del file system

Ogni sistema di elaborazione dispone di uno o più dispositivi per la memorizzazione persistente delle informazioni (**memoria secondaria**)

Compito di SO

fornire una **visione logica uniforme della memoria secondaria** (indipendente dal tipo e dal numero dei dispositivi):

- realizzare il **concetto astratto di file**, come unità di memorizzazione logica
- fornire una struttura astratta per **l'organizzazione** dei file (**direttorio**)

Gestione del file system

Inoltre, SO si deve occupare di:

- ❑ creazione/cancellazione di file e direttori
- ❑ manipolazione di file/direttori
- ❑ associazione tra file e dispositivi di memorizzazione secondaria

Spesso file, direttori e dispositivi di I/O vengono **presentati** a utenti/programmi ***in modo uniforme***

Protezione e sicurezza

In un sistema multiprogrammato, più entità (processi o utenti) possono utilizzare le risorse del sistema contemporaneamente: ***necessità di protezione***

Protezione: controllo dell'accesso alle risorse del sistema da parte di processi (e utenti) mediante

- ***autorizzazioni***
- ***modalità di accesso***

Risorse da proteggere:

- memoria
- processi
- file
- dispositivi

Protezione e sicurezza

Sicurezza:

se il sistema appartiene a una rete, la ***sicurezza misura l'affidabilità del sistema nei confronti di accessi (attacchi) dal mondo esterno***

Interfaccia utente

SO presenta un'interfaccia che consente l'interazione con l'utente

- ❑ **interprete comandi** (*shell*): l'interazione avviene mediante una linea di comando
- ❑ **interfaccia grafica** (graphical user interface, *GUI*): l'interazione avviene mediante **interazione** mouse-elementi grafici su desktop; di solito è organizzata a finestre

Interfaccia programmatore

L'interfaccia del SO verso i processi è rappresentato dalle **system call**:

- mediante la system call il **processo richiede al SO** l'esecuzione di un servizio
- la system call esegue **istruzioni privilegiate**: passaggio da modo **user** a modo **kernel**

Classi di system call:

- gestione dei processi
- gestione di file e di dispositivi (spesso trattati in modo omogeneo)
- gestione informazioni di sistema
- comunicazione/sincronizzazione tra processi

Programma di sistema = programma che chiama system call

Struttura e organizzazione di SO

Sistema operativo = insieme di componenti

- gestione dei processi**
- gestione della memoria centrale**
- gestione dei file**
- gestione dell'I/O**
- gestione della memoria secondaria**
- protezione e sicurezza**
- interfaccia utente/programmatore**

Le componenti non sono indipendenti tra loro, ma interagiscono

Struttura del Sistema Operativo

Come sono organizzate le varie componenti all'interno del sistema operativo?

Varie soluzioni:

- **struttura *monolitica***
- **struttura *modulare***
- ***Microkernel***
- ***Macchine virtuali***

Struttura Monolitica

Il sistema operativo è costituito da un unico modulo contenente un **insieme di procedure**, che realizzano le varie componenti:

- ▶ l'interazione tra le diverse componenti avviene mediante il meccanismo di **chiamata a procedura**.

Esempi: *MS-DOS, UNIX, GNU/Linux*

Sistemi Operativi Monolitici

Principale Vantaggio: basso costo di interazione tra le componenti.

Svantaggio: Il SO è un sistema complesso e presenta gli stessi requisiti delle applicazioni ***in-the-large***:

- estendibilità
- manutenibilità
- riutilizzo
- portabilità
- affidabilità
- ...

Soluzione: organizzazione ***modulare***

Struttura modulare

Le varie componenti del SO vengono organizzate in moduli caratterizzati da interfacce ben definite.

Sistemi Stratificati (a *livelli*)

(THE, Dijkstra 1968)

il sistema operativo è costituito da livelli sovrapposti, ognuno dei quali realizza un insieme di funzionalità:

- **ogni livello realizza un'insieme di funzionalità che vengono offerte al livello superiore mediante un'interfaccia**
- **ogni livello utilizza le funzionalità offerte dal livello sottostante, per realizzare altre funzionalità**

Struttura a livelli

Ad esempio: **THE (5 livelli)**

livello 5: programmi di utente

livello 4: buffering dei dispositivi di I/O

livello 3: driver della console

livello 2: gestione della memoria

livello 1: scheduling CPU

livello 0: hardware

Struttura Stratificata

Vantaggi:

- **Astrazione:** ogni livello è un **oggetto astratto**, che fornisce ai livelli superiori una visione astratta del sistema (**Macchina Virtuale**), limitata alle astrazioni presentate nell'interfaccia.
- **Modularità:** le relazioni tra i livelli sono chiaramente esplicitate dalle interfacce -> possibilità di sviluppo, verifica, modifica in modo indipendente dagli altri livelli.

Struttura Stratificata

Svantaggi:

- ❑ **Organizzazione gerarchica** tra le componenti: non sempre è possibile -> difficoltà di realizzazione.
- ❑ **Scarsa efficienza:** costo di attraversamento dei livelli

Soluzione: limitare il numero dei livelli.

Nucleo del Sistema Operativo (kernel)

“È la parte del sistema operativo che esegue in modo kernel”

- È la parte più *interna* del sistema operativo, che si interfaccia direttamente con l'hardware della macchina.
- Le funzioni realizzate all'interno del nucleo variano a seconda del Sistema Operativo.

Nucleo del Sistema Operativo (*kernel*)

- Tipicamente, tra le funzioni del nucleo ci sono:
 - Creazione/terminazione dei processi
 - **scheduling** della Cpu
 - gestire il **cambio** di contesti
 - Sincronizzazione/comunicazione tra processi
 - Gestione della memoria
 - Gestione dell' I/O
 - Gestione delle **interruzioni**
 - implementazione **system call**.

Sistemi Operativi a Microkernell

- La struttura del nucleo è ridotta a poche funzionalità di base.
- il resto del SO è rappresentato da processi di utente

Caratteristiche:

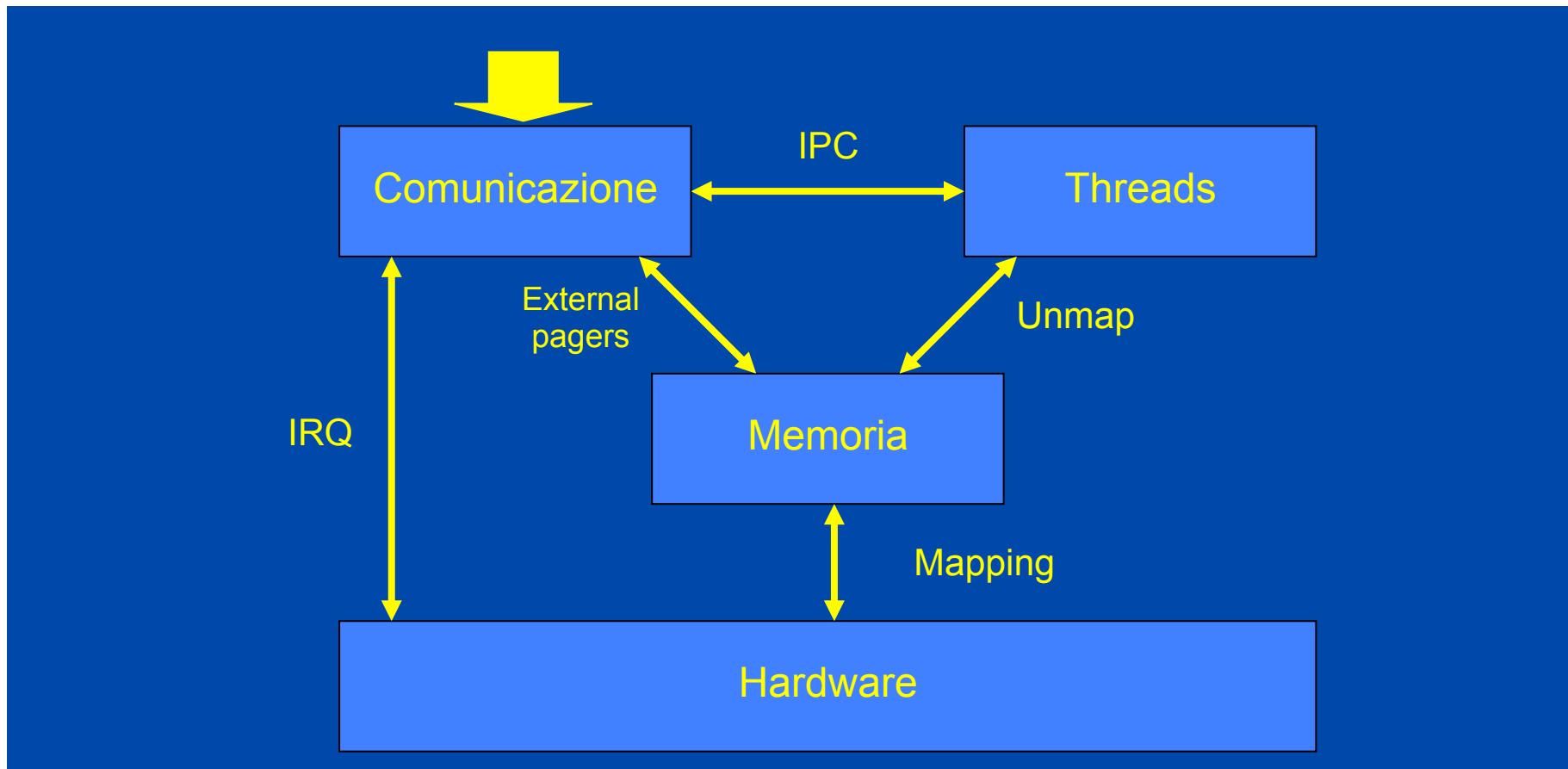
- affidabilità (separazione tra componenti)
- possibilità di estensioni e personalizzazioni
- scarsa efficienza (molte chiamate a system call)

ESEMPI: Minix, L4, Mach, Hurd, BeOS/Haiku

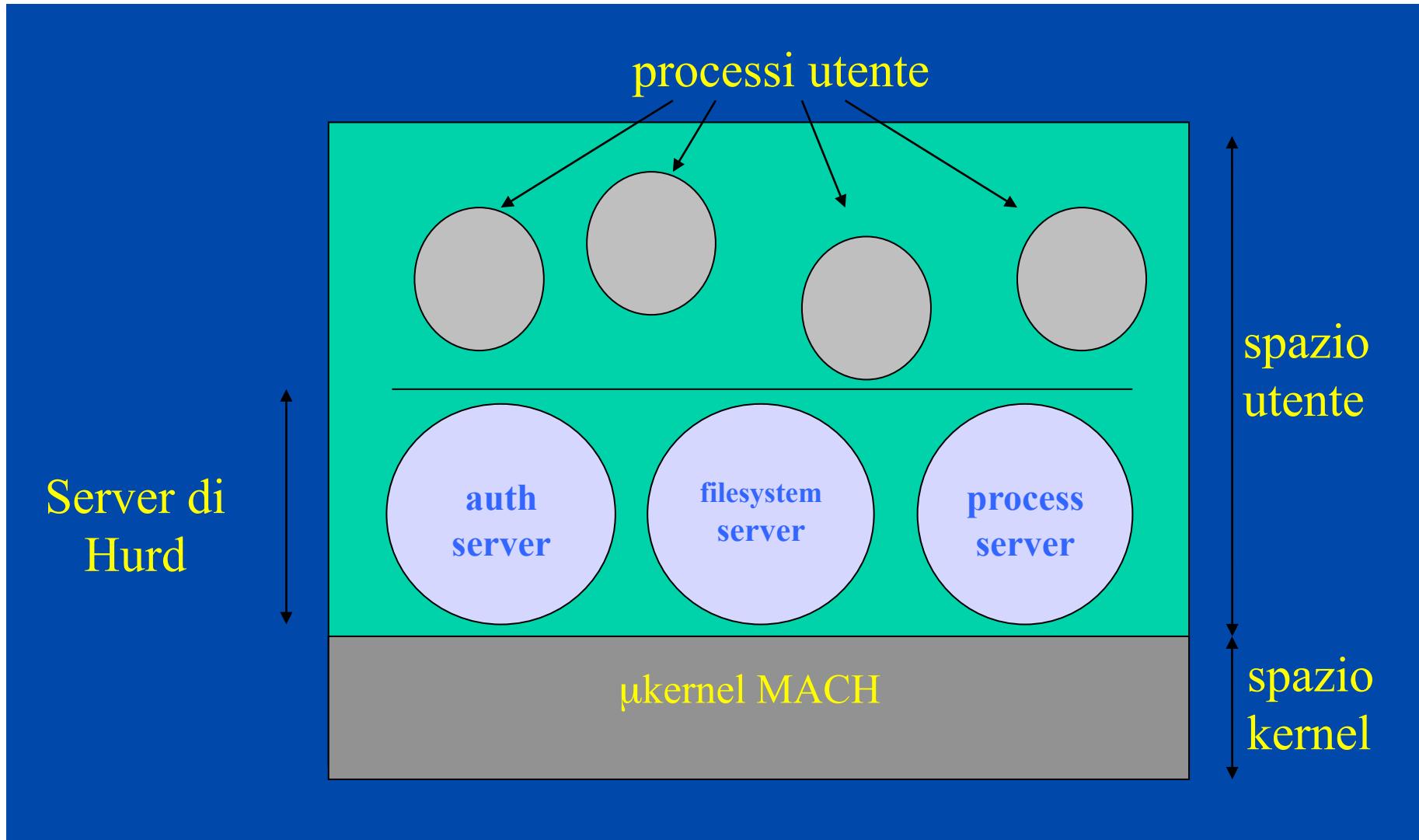
L4 μ kernel

<http://os.inf.tu-dresden.de>

- gestione dei thread
- allocazione della memoria (pager esterni)
- Inter Process Communication



GNU/Hurd



Kernel Ibridi

- microkernel che integrano a livello kernel funzionalità non essenziali.

Esempi:

- Microsoft Windows.
- XNU, il kernel di Mac OS X (inclusione di codice BSD in un kernel basato su Mach).

XNU (Darwin) - “X is Not Unix”

Mach:

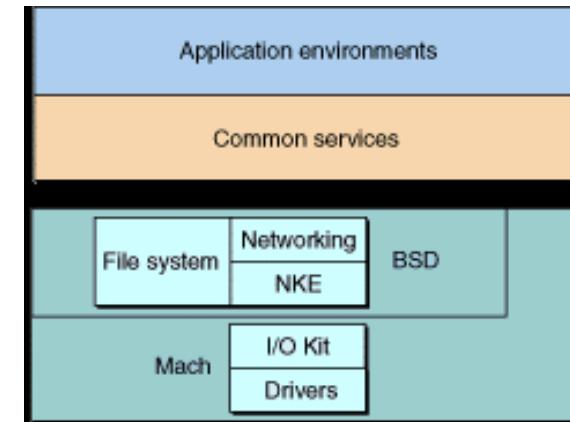
kernel threads

Processes

pre-emptive multitasking

message-passing

Memory management



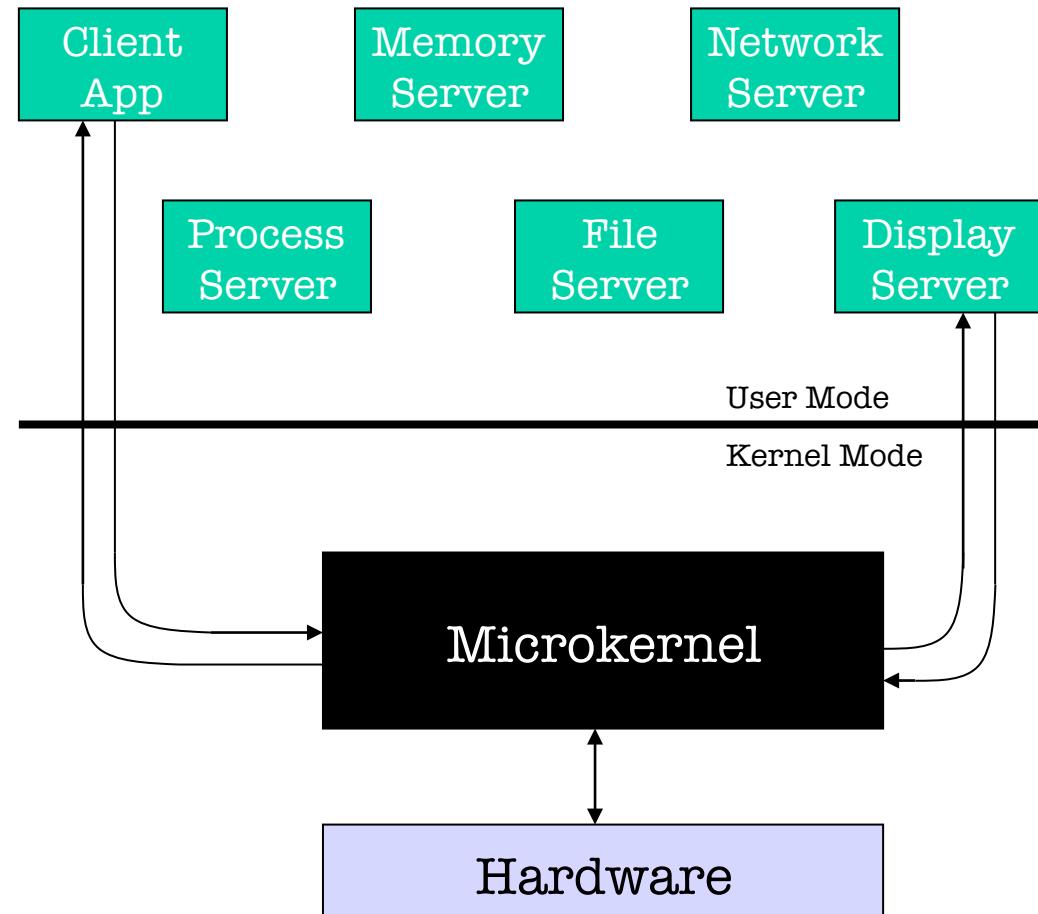
BSD: basic security policies,
protezione, network stack, file
system, Posix API

MSWinXP

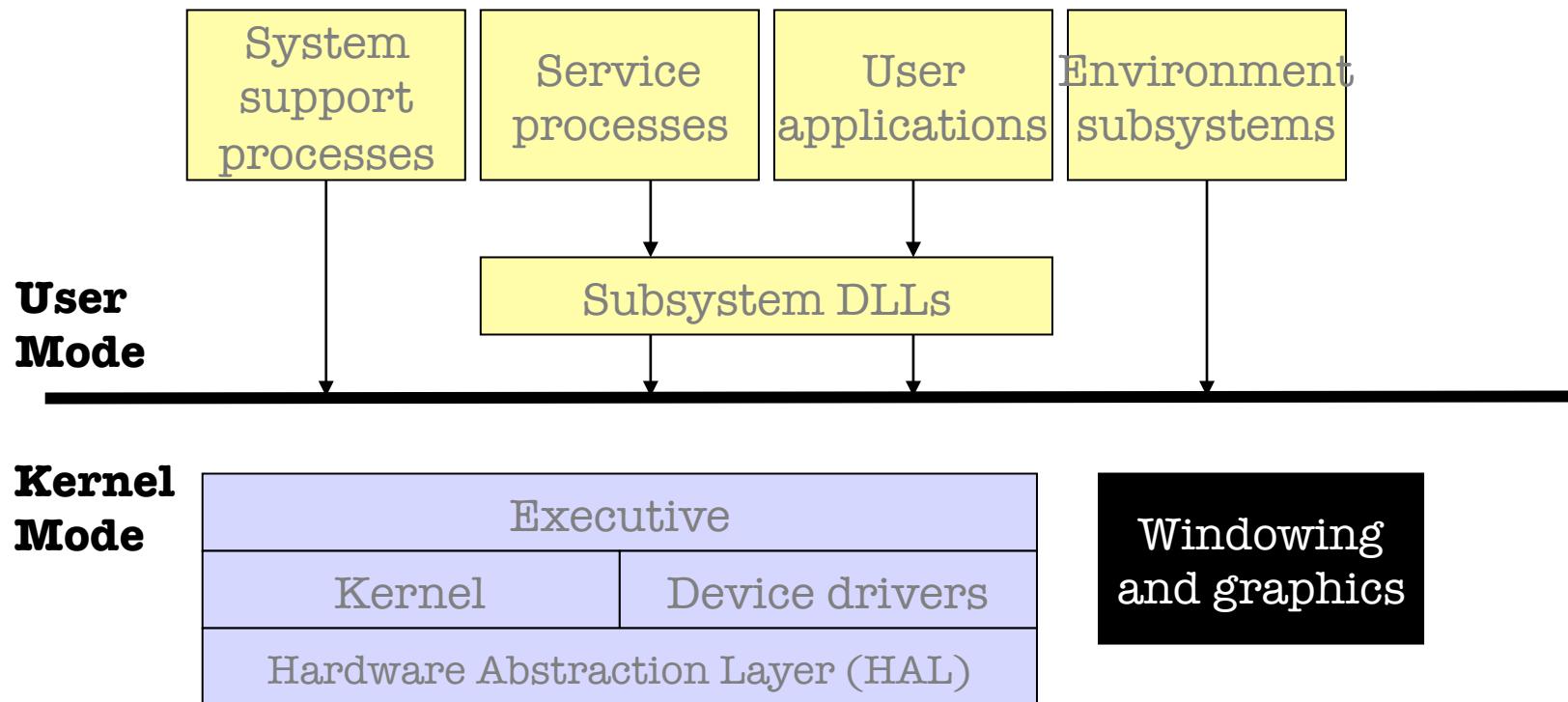
Kernel implementa:

- Scheduler
- Gestore della memoria
- Interprocess communication (IPC)

Server in user-mode



Architettura di WinXP: vista semplificata

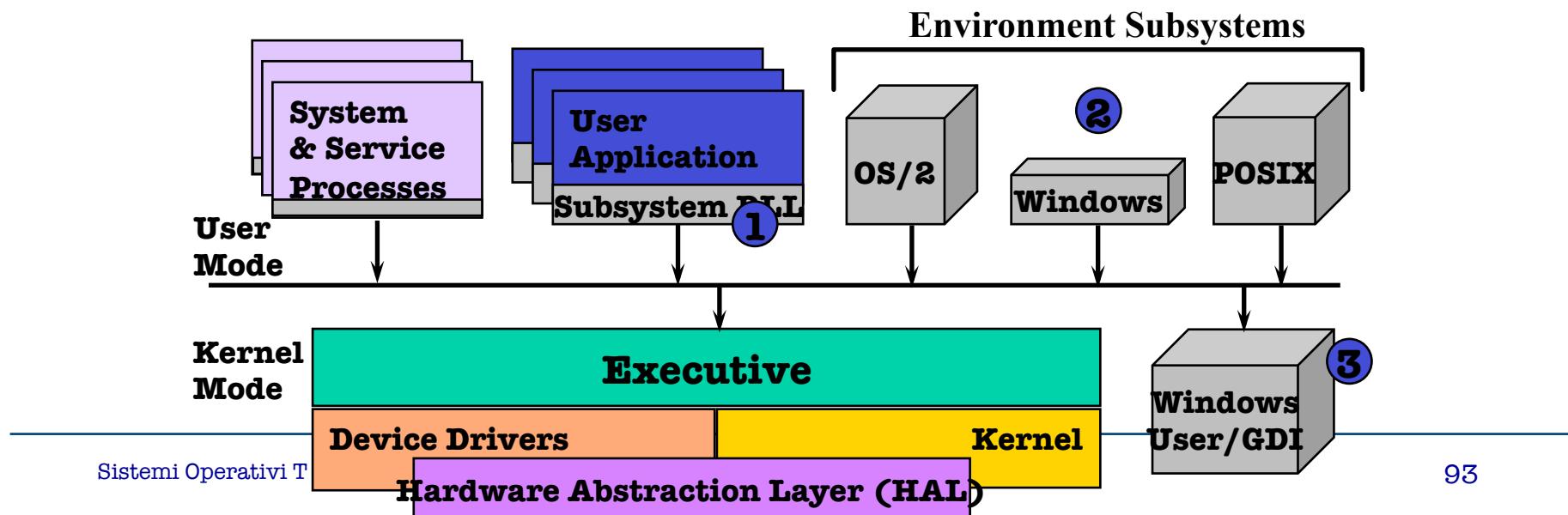


Cenni di architettura WinXP

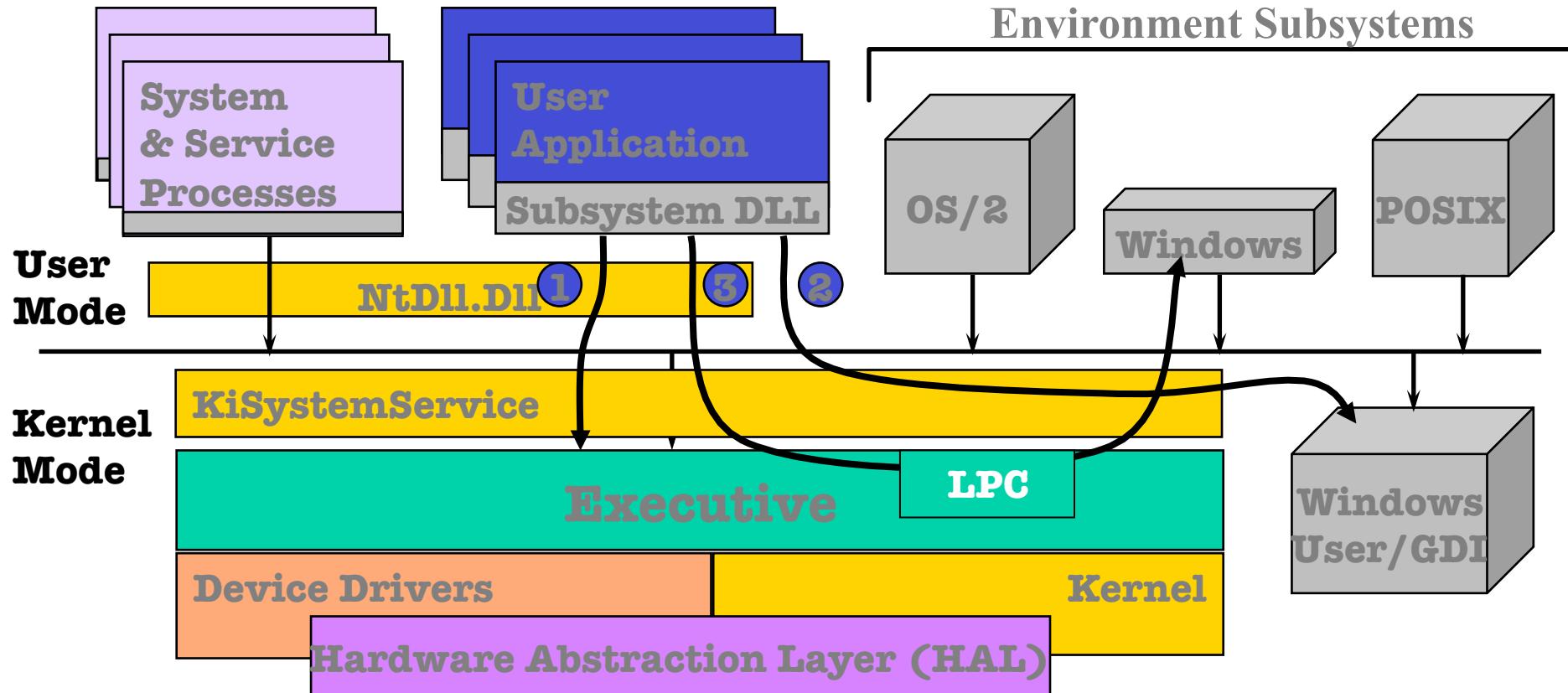
- Progettato per avere **più “personalità”**
 - Applicazioni utente non chiamano servizi di sistema direttam.
- **DLL di sottosistema** per tradurre una funzione nella corrispondente chiamata di sistema interna
- Processi di **Sottosistema (Environment Subsystem)**
 - Espongono una serie di funzionalità sottostanti alle applic.
 - Possono fare cose diverse nei diversi sottosistemi (e.g., POSIX fork)
- Originariamente tre sottosistemi: Windows, POSIX e OS/2
 - Windows 2000 include solo sottosistemi Windows e POSIX
 - Windows XP/Vista include solo il sottosistema Windows
 - “Services for Unix” offrono un sottosistema POSIX
 - Inclusi in Windows Server 2003 R2

Componenti di sottosistema

- ① DLL per le API
 - per Windows: Kernel32.DLL, Gdi32.DLL, User32.DLL, etc.
- ② Processi di sottosistema
 - per Windows: CSRSS.EXE (Client Server Runtime SubSystem)
- ③ Solo per Windows: kernel-mode GDI code
 - Win32K.SYS - (il codice era originariamente parte di CSRSS)



Comunicazione applicazioni con SO



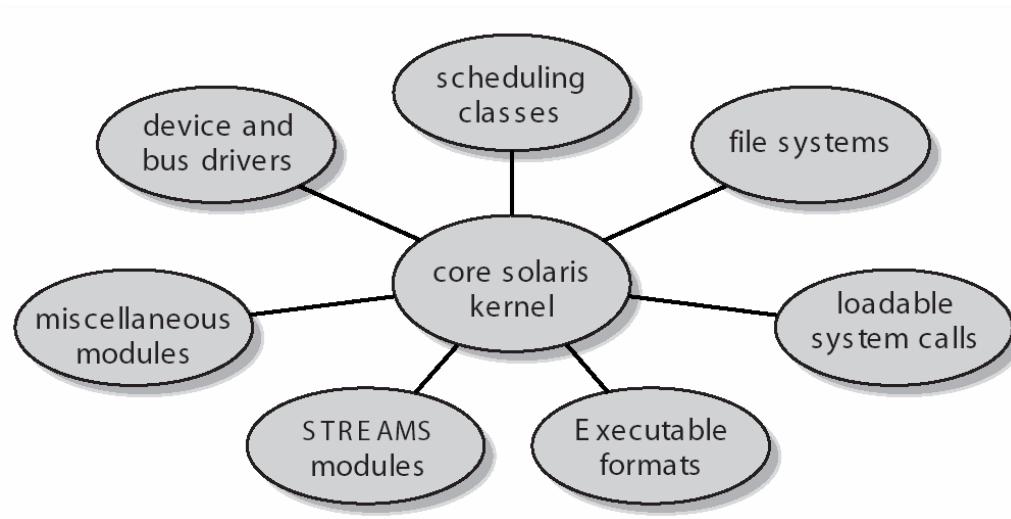
- ① La maggior parte delle Windows Kernel API
- ② La maggior parte delle Windows User e GDI API
- ③ Alcune Windows API

Modularità

Molti moderni SO implementano il ***kernel in maniera modulare***

- ogni modulo core è ***separato***
- ogni modulo interagisce con gli altri tramite ***interfacce note***
- ogni modulo può essere ***caricato nel kernel quando e ove necessario***
- possono usare tecniche object-oriented

Strutturazione simile ai livelli, ma con ***maggior flessibilità***

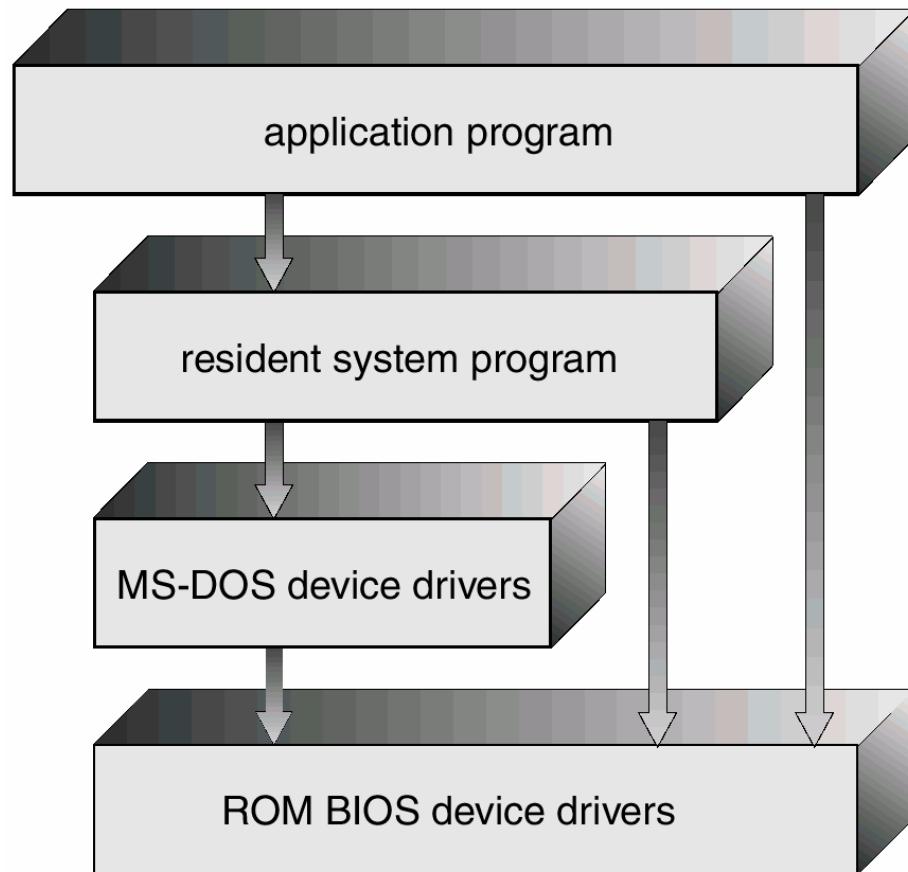


Esempio di SO Solaris
di SUN

Una piccola panoramica: organizzazione di MS-DOS

MS-DOS – progettato per avere ***minimo footprint***

- ***non diviso in moduli***
- sebbene abbia una qualche struttura, ***interfacce e livelli di funzionalità non sono ben separati***

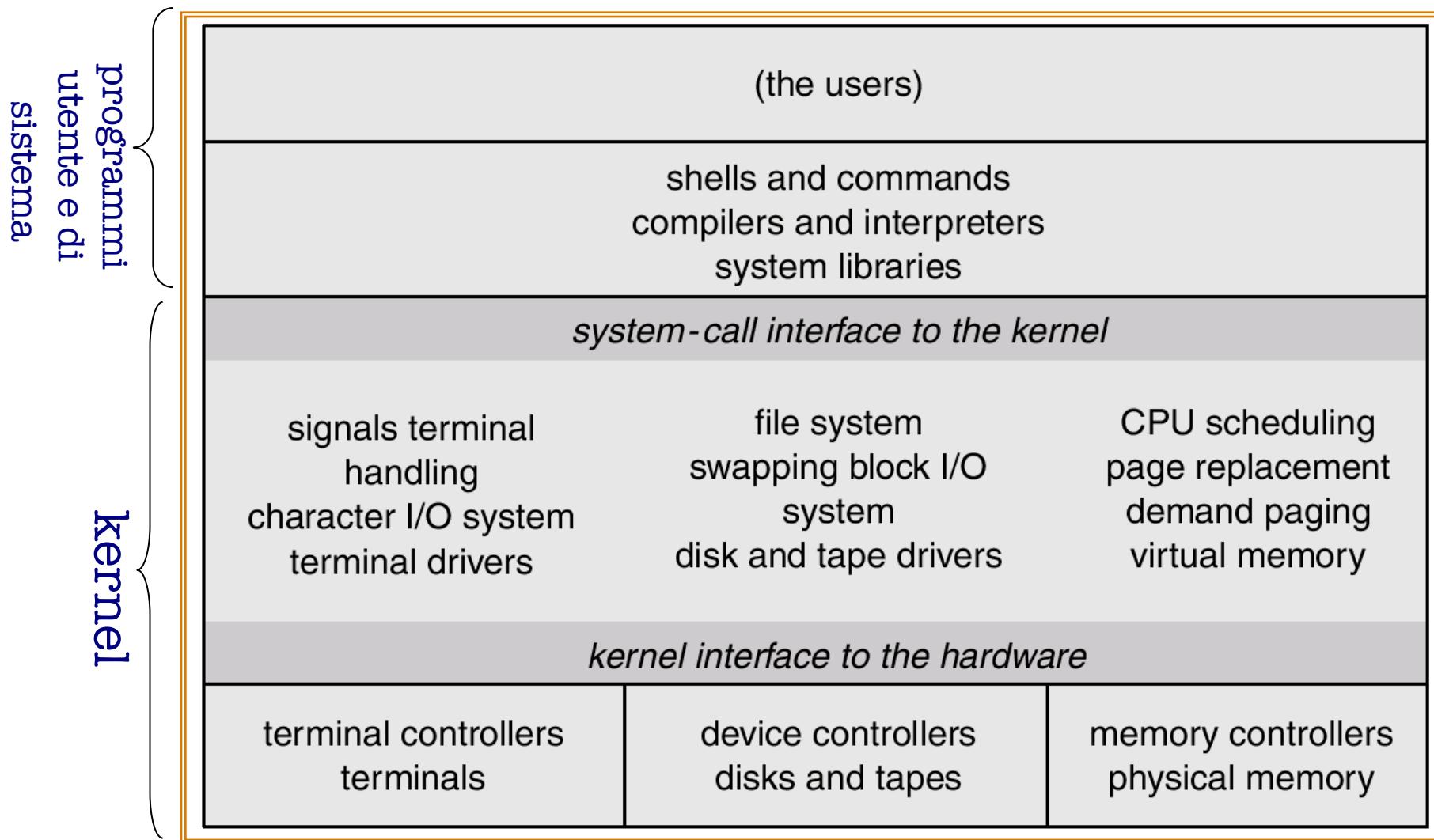


Una piccola panoramica: organizzazione di UNIX

UNIX – dati i limiti delle risorse hw dell'epoca (anni '70), originariamente UNIX sceglie di avere una **strutturazione limitata**. Consiste di due parti separabili:

- **programmi di sistema**
- **kernel**
 - costituito da tutto ciò che è sotto l' interfaccia delle system-call interface e sopra hw fisico
 - fornisce funzionalità di file system, CPU scheduling, gestione memoria, ...; **molte funzionalità tutte allo stesso livello**

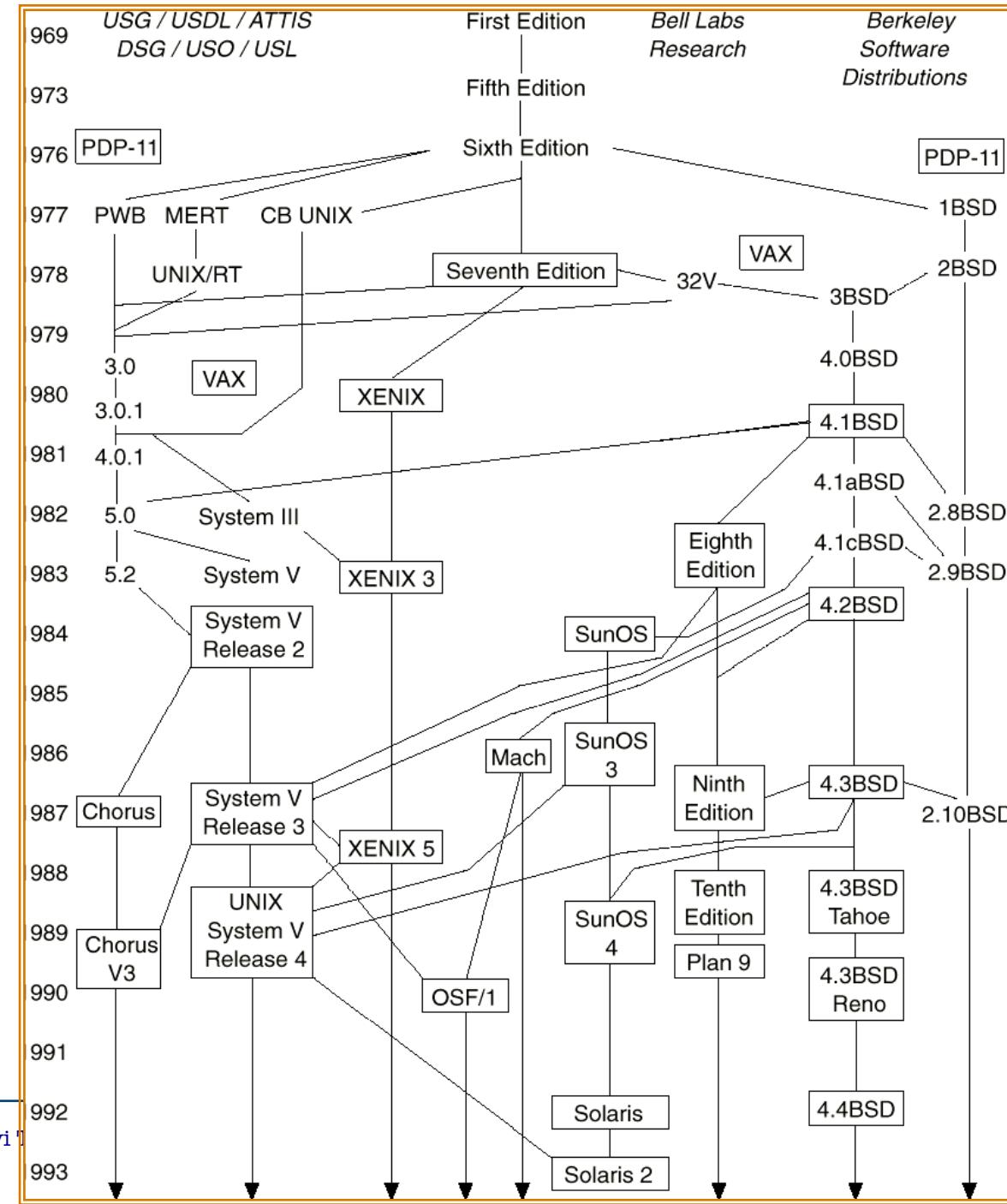
Organizzazione di UNIX



UNIX: qualche cenno storico

- Thompson e Ritchie, Bell Laboratories (1969). Raccolti diversi spunti dalle caratteristiche di altri SO contemporanei, specie **MULTICS**
- Terza versione del sistema **scritta in C, specificamente sviluppato** ai Bell Labs per supportare e implementare UNIX
- Gruppo di sviluppo UNIX più influente (escludendo Bell Labs e AT&T) - University of California at Berkeley (**Berkeley Software Distributions**):
 - **4.0 BSD UNIX** fu il risultato di finanziamento DARPA per lo sviluppo di una **versione standard** di UNIX
 - **4.3 BSD UNIX**, sviluppato per VAX, influenzò molti dei SO successivi
- Numerosi progetti di **standardizzazione** per giungere a interfaccia di programmazione uniforme

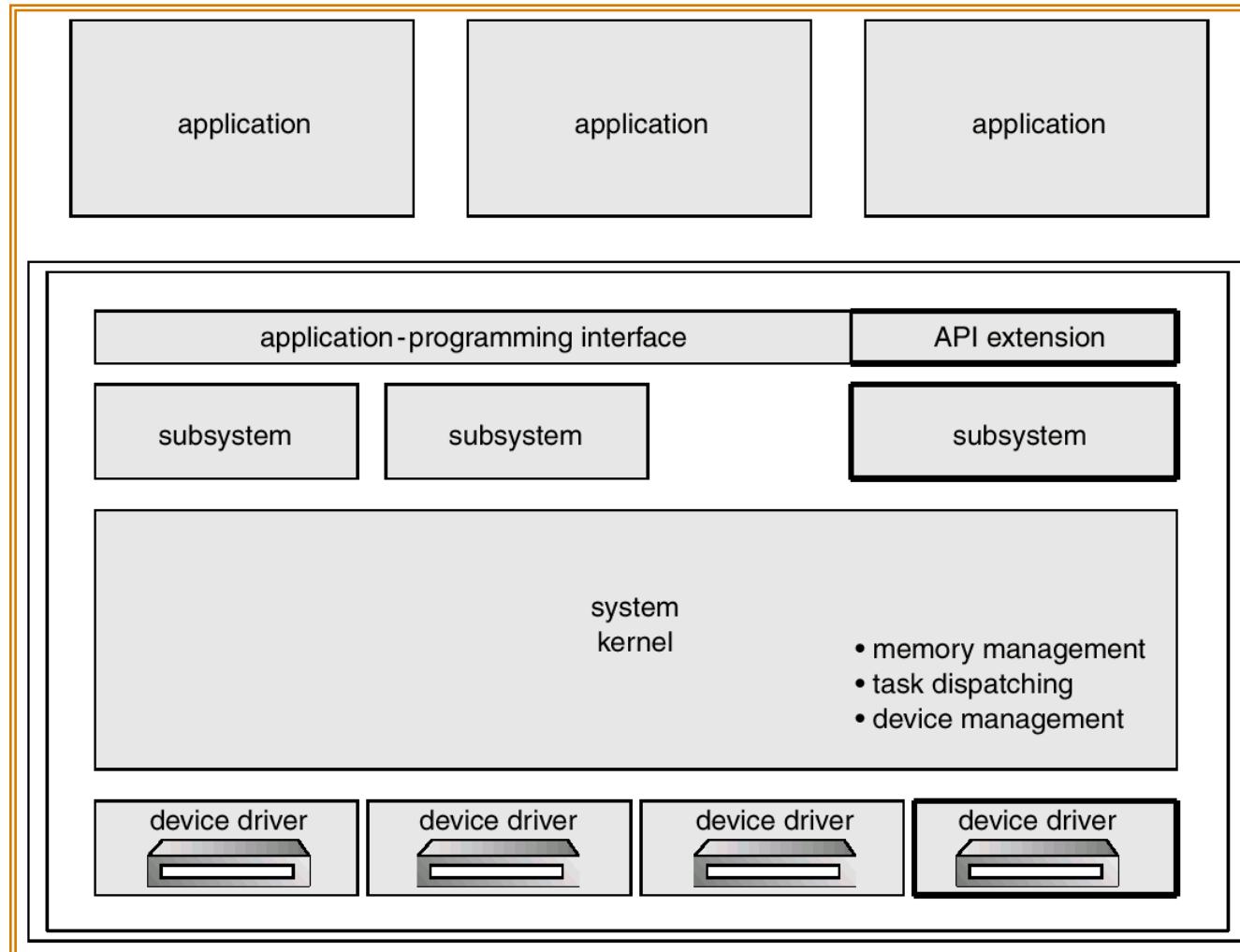




UNIX: principi di progettazione e vantaggi

- Progetto ***snello, pulito e modulare***
 - Scritto in ***linguaggio di alto livello*** (linguaggio C)
 - Disponibilità codice sorgente
 - ***Potenti primitive di SO*** su una piattaforma a ***basso prezzo***
- Progettato per essere ***time-sharing***
 - ***User interface semplice (shell)***, anche sostituibile
 - File system con ***direttori organizzati ad albero***
 - ***Concetto unificante di file***, come ***sequenza non strutturata*** di byte
 - Supporto semplice a ***processi multipli e concorrenza***
 - Supporto ampio allo ***sviluppo di programmi*** applicativi e/o di ***sistema***

Una piccola panoramica: organizzazione di OS/2



Buona
strutturazione
***a livelli e
modulare***

Macchine virtuali

Macchine virtuali (*VMWare, VirtualBox, xen, Java, .NET*) sono la logica evoluzione dell' approccio a livelli. Virtualizzano **sia hardware che kernel del SO**

- **Su una stessa macchina fisica** creano l' illusione di **elaboratori multipli**, ciascuno in esecuzione sul suo **processore privato** e con la propria **memoria virtuale privata**, messa a disposizione **dal proprio kernel SO, che può essere diverso per processi diversi**

Virtualizzazione

Dato un sistema caratterizzato da un insieme di risorse (hardware e software), **virtualizzare il sistema** significa presentare all'utilizzatore una visione delle risorse del sistema diversa da quella reale.

Ciò si ottiene introducendo **un livello di indirezione** tra la vista **logica** e quella **fisica** delle risorse.



Obiettivo: disaccoppiare il comportamento delle risorse hardware e software di un sistema di elaborazione, così come viste dall'utilizzatore, dalla loro realizzazione fisica.

Esempi di virtualizzazione

Astrazione: in generale un oggetto astratto (risorsa virtuale) è la rappresentazione semplificata di un oggetto (risorsa fisica):

- esibendo le proprietà significative per l'utilizzatore
- nascondendo i dettagli realizzativi non necessari.

Es: tipi di dato vs. rappresentazione binaria nella cella di memoria

Il **disaccoppiamento** è realizzato dalle operazioni (interfaccia) con le quali è possibile utilizzare l'oggetto.

Linguaggi di Programmazione. La capacità di portare lo stesso programma (scritto in un linguaggio di alto livello) su architetture diverse è possibile grazie alla definizione di una macchina virtuale in grado di interpretare ed eseguire ogni istruzione del linguaggio, indipendentemente dall'architettura del sistema (S.O. e HW):

- Interpreti (esempio Java Virtual Machine)
- Compilatori

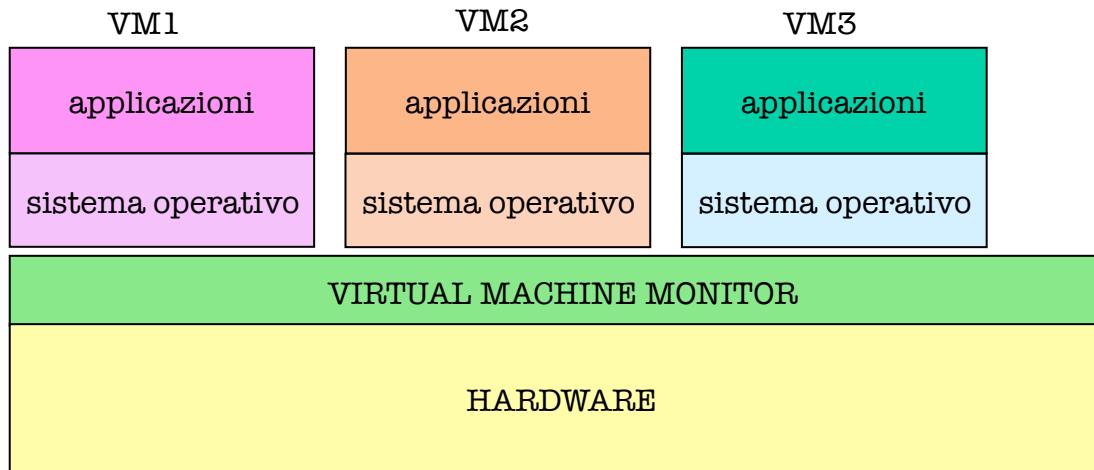
Virtualizzazione a livello di processo. I sistemi multiprogrammati permettono la contemporanea esecuzione di più processi, ognuno dei quali dispone di una macchina virtuale (CPU, memoria, dispositivi) dedicata. La virtualizzazione è realizzata dal **kernel** del sistema operativo.

Sistemi Operativi per la Virtualizzazione

- La macchina fisica viene trasformata in N interfacce (**macchine virtuali**), ognuna delle quali e` una replica della macchina fisica:
 - dotata di tutte le istruzioni del processore (sia privilegiate che non privilegiate)
 - dotata delle risorse del sistema (memoria, dispositivi di I/O).
- ➔ Su ogni macchina virtuale è possibile installare ed eseguire un “sistema operativo” (eventualmente diverso da macchina a macchina): **Virtual Machine Monitor**

Virtualizzazione di Sistema. Una singola piattaforma hardware viene condivisa da più sistemi operativi, ognuno dei quali è installato su una diversa macchina virtuale.

Il disaccoppiamento è realizzato da un componente chiamato Virtual Machine Monitor (VMM, o hypervisor) il cui compito è consentire la condivisione da parte di più macchine virtuali di una singola piattaforma hardware. Ogni macchina virtuale è costituita oltre che dall'applicazione che in essa viene eseguita, anche dal sistema operativo utilizzato.



Il VMM è il mediatore unico nelle interazioni tra le macchine virtuali e l'hardware sottostante, che garantisce:

- **isolamento** tra le VM
- **stabilità** del sistema

VMM di sistema vs. VMM ospitati

VMM di Sistema.

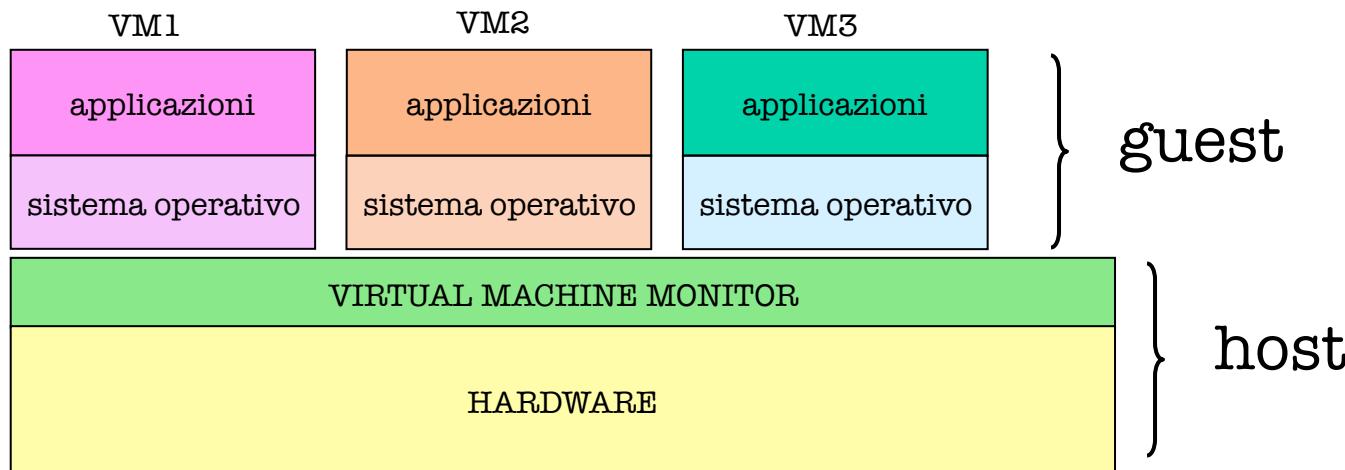
le funzionalità di virtualizzazione vengono integrate in un sistema operativo leggero, costituendo un unico sistema **posto direttamente sopra l'hardware dell'elaboratore**.

- E' necessario corredare il VMM di tutti i driver necessari per pilotare le periferiche.

Esempi di VMM di sistema: Vmware, xen, Kvm

Host: piattaforma di base sulla quale si realizzano macchine virtuali. Comprende la macchina fisica, l'eventuale sistema operativo ed il VMM.

Guest: la macchina virtuale. Comprende applicazioni e sistema operativo



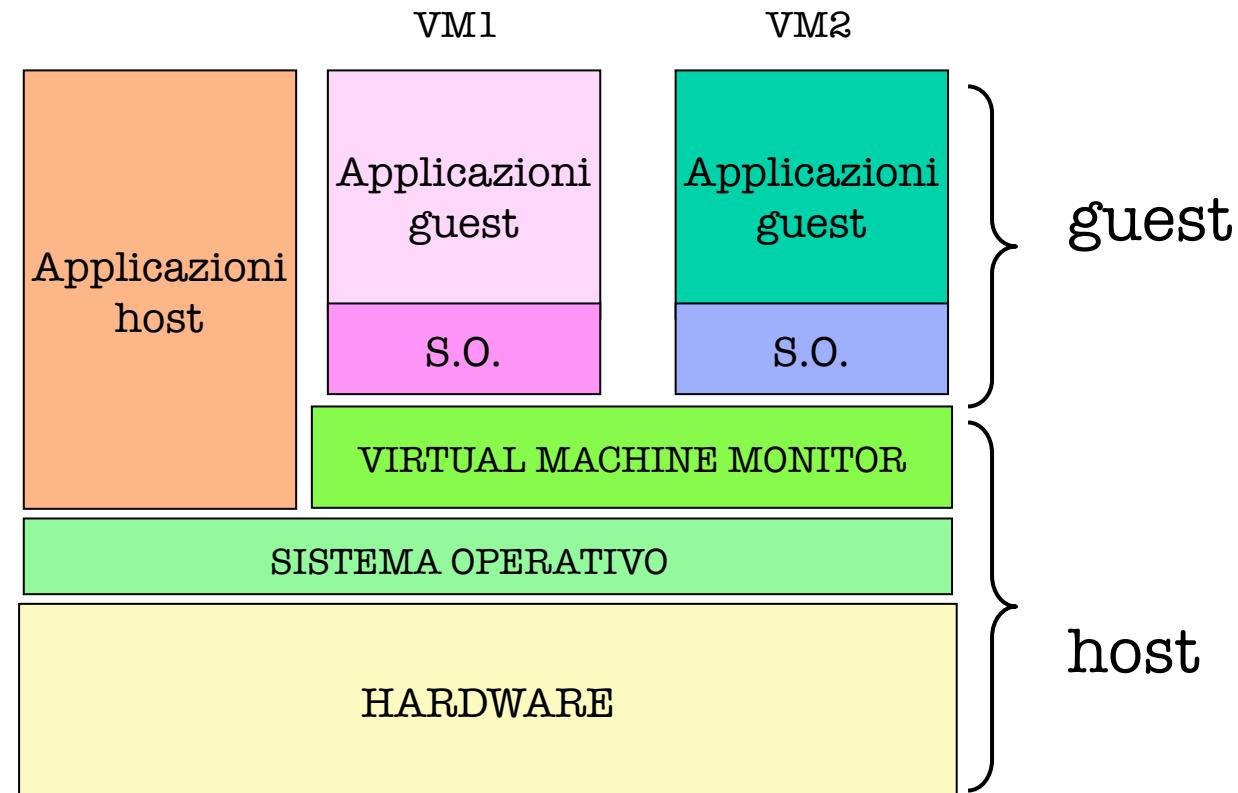
VMM di Sistema

VMM ospitato

il VMM viene installato come **un'applicazione** sopra un sistema operativo esistente, che opera nello **spazio utente** e accede l'hardware tramite le **system call** del S.O. su cui viene installato.

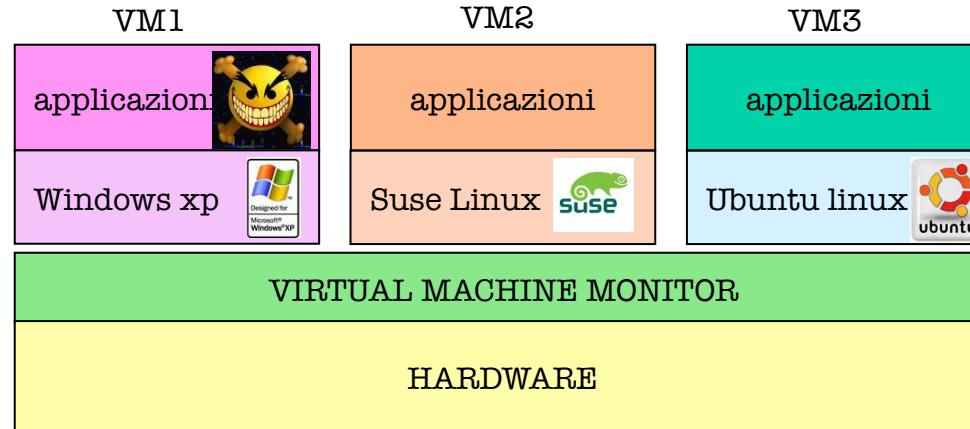
- Più semplice l'installazione (come un'applicazione).
- Può fare riferimento al S.O. sottostante per la gestione delle periferiche e può utilizzare altri servizi del S.O.(es. scheduling, gestione delle risorse.).
- Peggiora la performance.

Prodotti: User Mode Linux, VMware Server/Player, Microsoft Virtual Server , Parallels, VirtualBox.



VMM ospitato

Vantaggi della virtualizzazione



- **Uso di piu` S.O. sulla stessa macchina fisica:** più ambienti di esecuzione (eterogenei) per lo stesso utente:
 - Legacy systems
 - Possibilità di esecuzione di applicazioni concepite per un particolare s.o.
- **Isolamento degli ambienti di esecuzione:** ogni macchina virtuale definisce un ambiente di esecuzione separato (*sandbox*) da quelli delle altre:
 - possibilità di effettuare testing di applicazioni preservando l'integrità degli altri ambienti e del VMM.
 - Sicurezza: eventuali attacchi da parte di malware o spyware sono confinati alla singola macchina virtuale

Vantaggi della virtualizzazione

- **Consolidamento HW:** possibilita` di concentrare piu` macchine (ad es. server) su un'unica architettura HW per un utilizzo efficiente dell'hardware (es. *server farm*):
 - *Abbattimento costi hw*
 - *Abbattimento costi amministrazione*
- **Gestione facilitata delle macchine:** e` possibile effettuare in modo semplice:
 - la creazione di macchine virtuali (virtual appliances)
 - l'amministrazione di macchine virtuali (reboot, ricompilazione kernel, etc.)
 - migrazione *a caldo* di macchine virtuali tra macchine fisiche:
 - possibilita` di manutenzione hw senza interrompere i servizi forniti dalle macchine virtuali
 - disaster recovery
 - workload balancing: alcuni prodotti prevedono anche meccanismi di migrazione automatica per far fronte in modo “autonomico” a situazioni di sbilanciamento

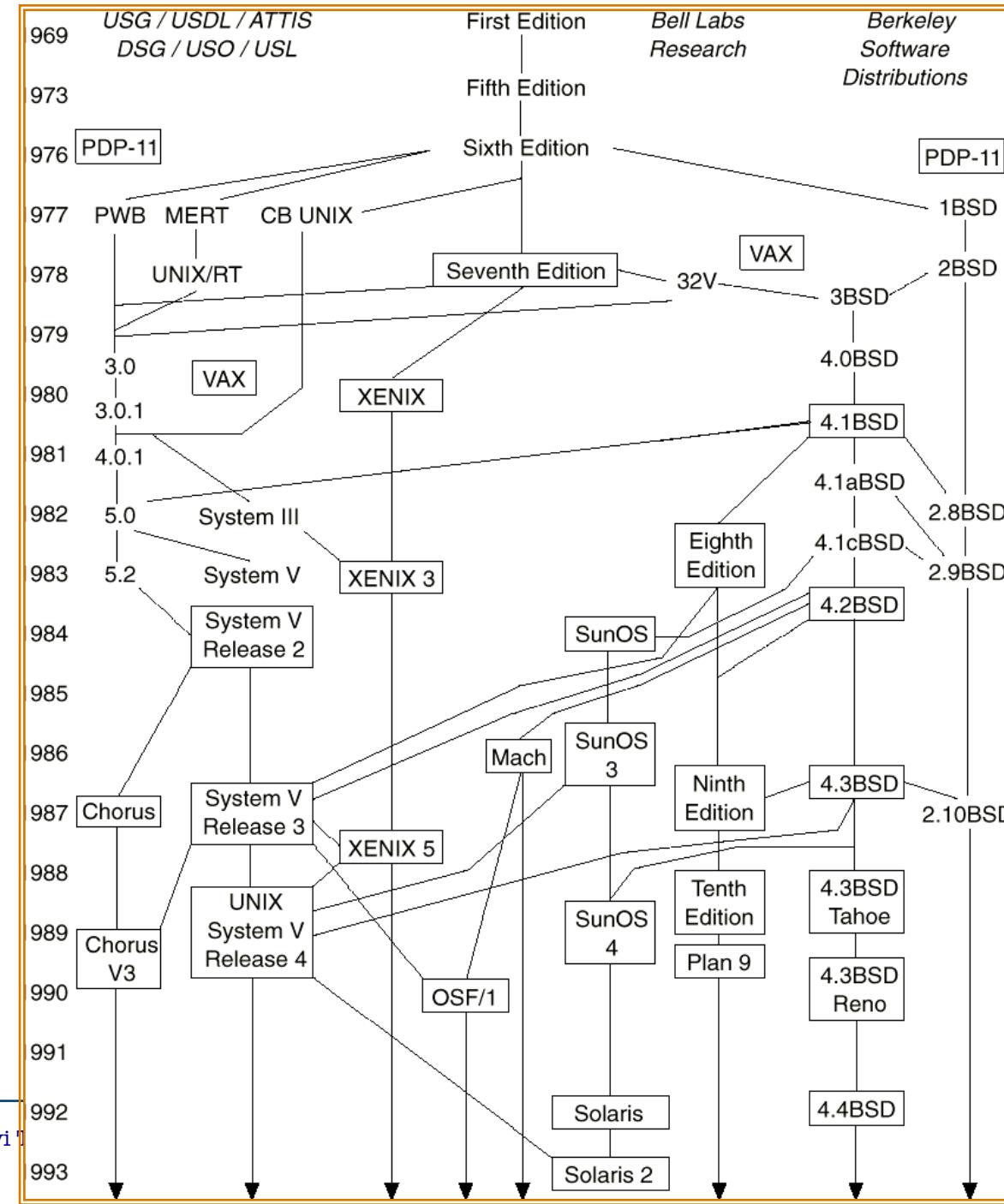
Unix & Linux

Storia di Unix

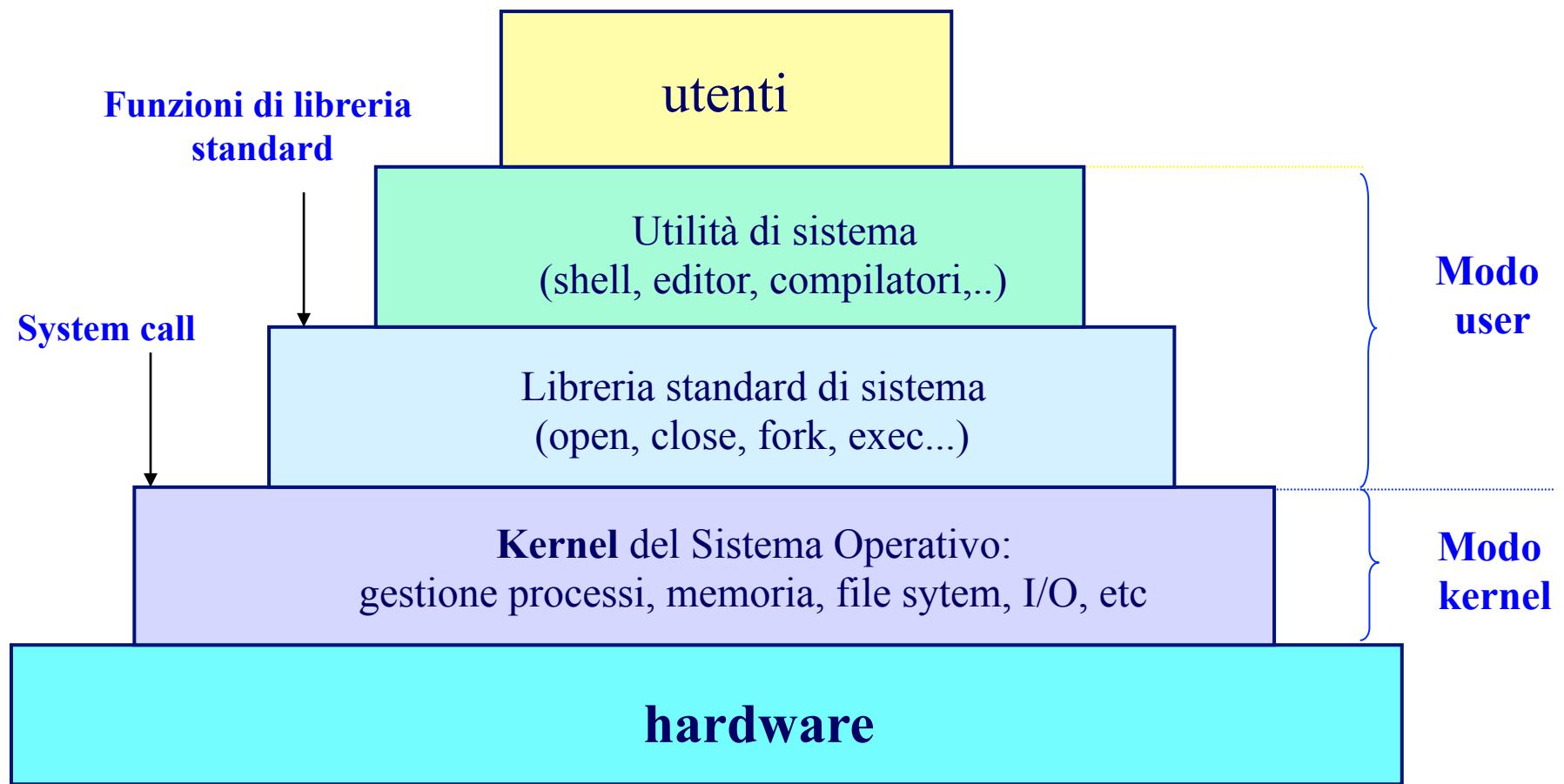
- **1969**: AT&T, sviluppo di un ambiente di calcolo multiprogrammato e portabile per macchine di medie dimensioni.
- **1970**: prima versione di UNIX (multiprogrammata e monoutente) interamente sviluppata nel linguaggio assembler del calcolatore PDP-7.
- **Anni 1970**: nuove versioni, arricchite con altre caratteristiche e funzionalità. Introduzione del supporto alla multiutenza.

Unix e il linguaggio C

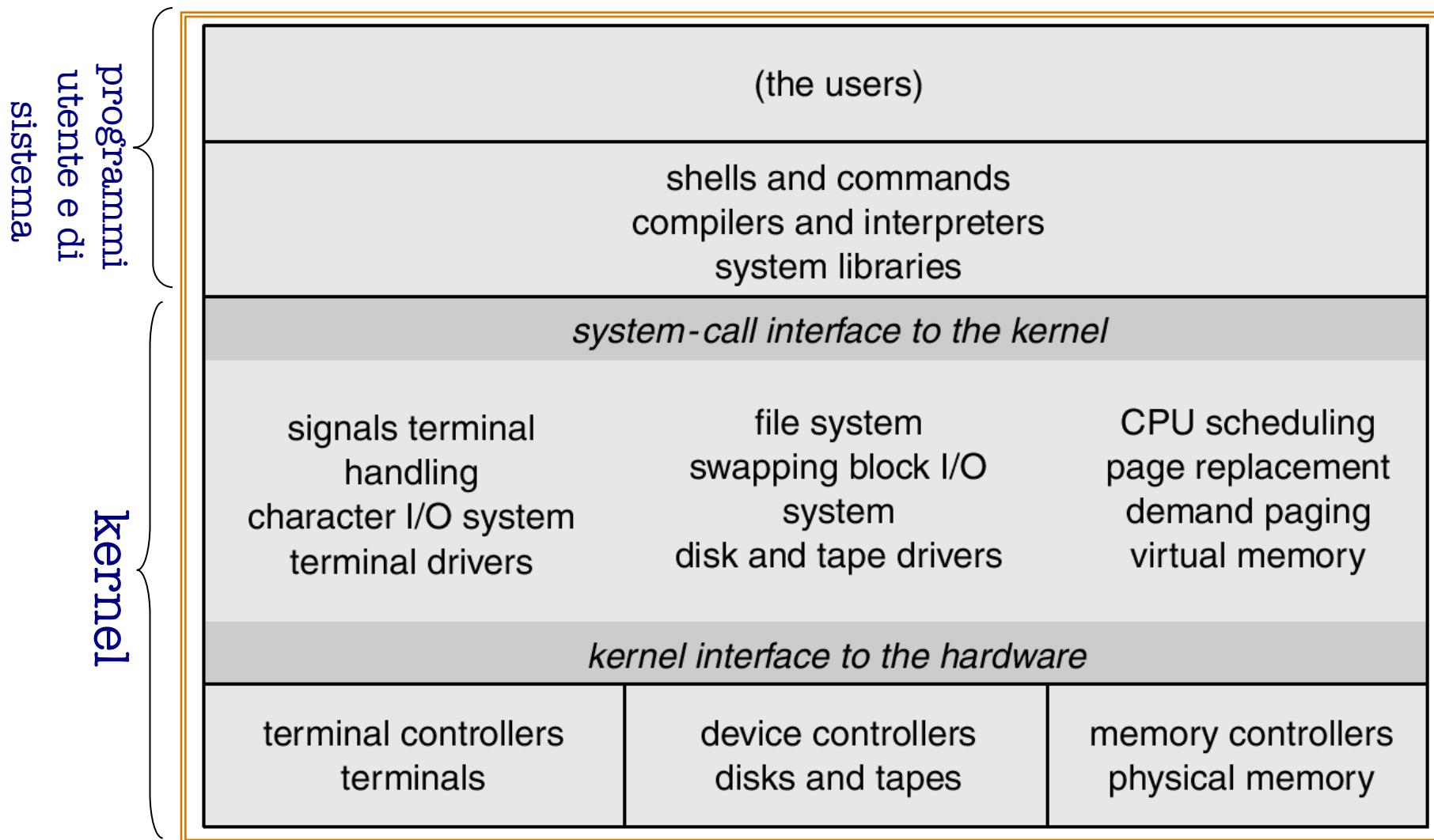
- **1973:** Unix viene realizzato nel linguaggio di programmazione C:
 - Elevata portabilità
 - Leggibilità
 - Diffusione presso la comunità scientifica e accademica.
- **Anni 80:** la grande popolarità di Unix ha determinato il proliferare di versioni diverse. Due famiglie:
 - Unix System V (AT&T Laboratories)
 - Unix Berkeley Software Distributions, o BSD (University of California at Berkeley)



Organizzazione di Unix



Organizzazione di UNIX



Caratteristiche di Unix

- ❑ multi-utente
- ❑ time sharing
- ❑ kernel monolitico
- ❑ Ambiente di sviluppo per programmi in linguaggio C
- ❑ Programmazione mediante linguaggi comandi
- ❑ portabilità

POSIX

- **1988:** POSIX (*Portable Operating Systems Interface*) è lo standard definito dall'IEEE. Definisce le caratteristiche relative alle modalità di utilizzo del sistema operativo.
- **1990:** POSIX viene anche riconosciuto dall' International Standards Organization (ISO).
- **Anni 90:** Negli anni seguenti, le versioni successive di Unix SystemV e BSD (versione 4.3), si uniformano a POSIX.

Introduzione a GNU/Linux

- GNU project:
 - **1984**: Richard Stallman avvia un progetto di sviluppo di un sistema operativo **libero compatibile con Unix**:
"GNU is Not Unix"
 - Furono sviluppate velocemente molte utilita` di sistema:
 - editor Emacs,
 - Compilatori: gcc,
 - shell: bash,
 - ...
 - lo sviluppo del kernel (Hurd), invece, subì molte vicissitudini e vide la luce molto piu` tardi (1996)

GNU/Linux

- **1991**: Linus Torvalds realizza un kernel libero Unix-compatibile (Minix) per l'architettura intel x86 e pubblica su web i sorgenti
- In breve tempo, grazie a una comunità di *hacker* in rapidissima espansione, Linux acquista le caratteristiche di un prodotto affidabile e in continuo miglioramento.
- **1994**: Linux viene integrato nel progetto GNU come kernel del sistema operativo: nasce il sistema operativo GNU/Linux

GNU/Linux

Caratteristiche:

- ❑ Open Source / Free software
- ❑ multi-utente, multiprogrammato e multithreaded
- ❑ Kernel monolitico con possibilita` di caricamento dinamico di moduli
- ❑ estendibilita`
- ❑ affidabilita`: testing in tempi brevissimi da parte di migliaia di utenti/sviluppatori
- ❑ portabilita`