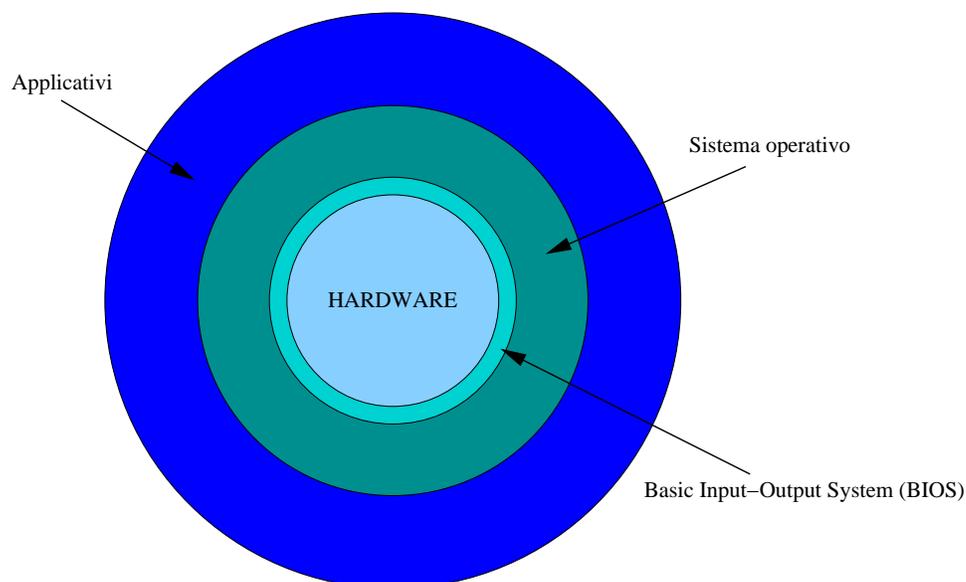


Sistema operativo (SO)

- E' un' *infrastruttura software* che si pone come *interfaccia* tra l'infrastruttura hardware e l'utente (o il software applicativo: editor di testi, browser web, etc.).
- Consente di utilizzare le risorse del sistema informatico senza preoccuparsi delle loro caratteristiche fisiche (e.g. tipo di processore, dimensione del bus dati, tipo di schermo)
- Consente l'utilizzo concorrente del sistema da parte di più programmi ed eventualmente utenti (sistemi multiutente) rendendo trasparente la gestione della concorrenza nell'utilizzo delle risorse.
- Virtualizza le caratteristiche dell'hardware, offrendo una visione del sistema come *macchina astratta* (o *virtuale*).
- Esiste una grande quantità di sistemi operativi diversi: UNIX, Ubuntu GNU/Linux, Mac OS X, Windows Vista

Sistema operativo



Basic Input-Output System (BIOS)

Caricamento del sistema operativo

- Il sistema operativo è quell'insieme di programmi che permette il normale funzionamento di un calcolatore.
- Il sistema operativo risiede su memoria di massa (tipicamente un hard-disk), e deve essere caricato in memoria centrale per poter essere utilizzato
- All'atto dell'accensione del calcolatore, è necessario un qualche modo per avviare il caricamento in memoria centrale del sistema operativo
- Tale operazione viene eseguita dal BIOS

Basic Input-Output System (BIOS)

Cos'è

- Il BIOS è un piccolo programma che si occupa di inizializzare il calcolatore all'accensione:
 1. esegue dei test diagnostici per verificare l'hardware presente e il suo corretto funzionamento (interrompendosi con messaggi di errore se necessario)
 2. inizializza l'hardware e gestisce i dettagli di basso livello del suo utilizzo (interfacciandolo con il sistema operativo)
 3. localizza il sistema operativo (andando a cercare in una zona predefinita dell'hard disk) e lo carica in memoria
 4. cede il controllo della macchina al SO stesso
- Il BIOS è scritto su una memoria EEPROM o flash, ossia una memoria di sola lettura ma riprogrammabile, contenuta nella scheda madre

Funzioni del sistema operativo

Esecuzione applicazioni

- Abbiamo detto che qualunque programma per essere eseguito dalla CPU deve stare in memoria centrale
- Quando viene richiesta l'esecuzione di un programma (ad esempio aprendo un editor di testi tipo openoffice), il SO si occupa di caricare tale programma in memoria centrale, ed avviarne l'esecuzione
- Un programma caricato in memoria centrale diventa un *processo*
- La CPU quindi esegue le istruzioni di processi, che sono programmi caricati in memoria

Funzioni del sistema operativo

Accesso dispositivi di I/O

- L'interazione tra il calcolatore e l'utente avviene tramite dei dispositivi di input-output detti *periferiche* (tastiera, schermo, stampante, etc)
- I dettagli del funzionamento di tali periferiche dipendono dalle loro caratteristiche specifiche (e.g. tensione della tastiera, segnale da associare alla pressione di un tasto, etc)
- Il SO si occupa di mascherare tali dettagli di basso livello, e fornire le funzionalità delle periferiche tramite istruzioni astratte (lettura/scrittura)
- Questo semplifica notevolmente l'interazione dell'utente, ma anche dei programmi applicativi, con tali periferiche

Funzioni del sistema operativo

Archiviazione dati e programmi

- Dati e programmi vengono archiviati in memorie di massa, quali l'hard disk, che a differenza della memoria centrale non sono volatili
- Tale informazione viene tipicamente organizzata logicamente per poterla reperire in maniera efficiente, suddividendola in una struttura gerarchica di cartelle (*directory*) e *files*
- Il SO si occupa di gestire tale struttura tramite il *file system*, e di rendere trasparenti i dettagli della lettura e scrittura dell'informazione dai supporti hardware

Funzioni del sistema operativo

Controllo di accesso

- Nei sistemi condivisi da più utenti, è necessario fornire dei meccanismi di protezione che impediscano ad un utente di modificare dati e programmi di un altro utente
- Tali meccanismi vengono implementati dal sistema operativo mediante un sistema di *permessi* che stabilisce cosa un certo utente può e non può fare
- Tipicamente tali permessi servono anche ad evitare che l'utente inavvertitamente (o maliziosamente) modifichi o danneggi elementi del sistema operativo, file di configurazione, etc, modificando o compromettendo il funzionamento della macchina.
- Tali meccanismi sono sempre più necessari in un contesto in cui i computer sono connessi alla rete Internet e quindi facilmente raggiungibili

Funzioni del sistema operativo

Gestione malfunzionamenti

- I malfunzionamenti sono parte inevitabile del funzionamento di un calcolatore, dovuti a guasti hardware (e.g. cali di tensione), situazioni di eccezione (e.g. fine carta nella stampante), o operazioni scorrette compiute da un'applicazione (scrivere in una parte di memoria riservata al SO)
- Il SO si occupa di rilevare tali problemi, risolvendoli in maniera trasparente ove possibile (e.g. re-inviando un segnale, terminando un processo che ha fatto un'operazione scorretta) o segnalando il problema (e.g. manca carta nella stampante)
- Il SO evita così che tali malfunzionamenti possano compromettere il funzionamento complessivo del sistema

Modello stratificato

- un sistema operativo è tipicamente organizzato in modo stratificato (a buccia di cipolla)
- lo strato più esterno fa riferimento alle funzionalità messe a disposizione dagli strati più interni
- il *kernel* (o nucleo) è lo strato più interno e fa riferimento diretto al BIOS
- l'approccio modulare allo sviluppo dei sistemi operativi tende a ridurre le funzionalità del kernel al minimo indispensabile ed integrare le funzionalità ulteriori tramite *moduli* (e.g. per la gestione delle periferiche).

Componenti del sistema operativo

gestione dei processi gestisce i programmi in esecuzione (*processi*) pianificando il loro utilizzo della CPU

gestione della memoria controlla l'allocazione della memoria ai diversi programmi in esecuzione, garantendo a ciascuno l'accesso ad un'area riservata

gestione delle periferiche garantisce l'accesso ai dispositivi di I/O mascherandone i dettagli fisici (tramite i *drivers*) e risolvendo gli eventuali conflitti per richieste concorrenti

gestione dei file (*file system*) gestisce archiviazione e recupero dei dati nelle memorie di massa

interprete di comandi si interfaccia direttamente agli utenti permettendo di accedere alle funzionalità del sistema (e.g. *shell* UNIX o interfacce utente grafiche)

Processi e programmi

- un processo (*task*) è un programma in esecuzione sul calcolatore
- un programma è un oggetto statico (una sequenza di istruzioni)
- un processo è dinamico nel senso che è dotato di uno *stato* interno che cambia nel tempo
- Lo stato di un processo è formato dai valori dei dati contenuti in memoria e nei registri della CPU (in particolare il program counter che contiene l'indirizzo della prossima istruzione da eseguire)
- Lo stesso programma può essere associato a più processi distinti (detti *figli*, e.g. più finestre di un browser web)

Elaborazione parallela

- L'architettura di Von Neumann si basa sul principio di esecuzione sequenziale di operazioni.
- Per molti problemi reali è facile trovare situazioni in cui certi passi possano essere eseguiti in parallelo
- Si parla di elaborazione parallela a livello di:
 - dati** nel caso in cui si debba svolgere la stessa operazione indipendentemente su un insieme di dati (e.g. l'aggiornamento dei pixel in un'immagine)
 - istruzioni** per istruzioni indipendenti da svolgere su dati distinti
 - processi** per processi diversi che potrebbero essere in esecuzione allo stesso momento (e.g. usare un programma multimediale per ascoltare musica mentre si utilizza un programma di videoscrittura)

Parallelismo e Multitasking

- Il parallelismo relativamente a dati e istruzioni è possibile solo utilizzando architetture di elaborazione parallela, basate su:
 - La disponibilità di più unità di elaborazione
 - La presenza di *pipeline* che funzionano come catene di montaggio per istruzioni (non realizzano parallelismo sui dati)
- Il parallelismo a livello di processo può essere gestito direttamente dal sistema operativo (*multitasking*)

Multitasking

- I tempi di esecuzione di tipi diversi di istruzioni sono molto diversi.
- Le istruzioni aritmetico logiche sono ordini di grandezza più veloci delle istruzioni di I/O.
- Le istruzioni di I/O hanno tempi spesso non prevedibili a priori (e.g. la pressione di un tasto da parte dell'utente)
- La maggior parte dei programmi interattivi sono del tipo *I/O bound*, ossia impiegano la maggior parte del loro tempo in operazioni di I/O, intervallate da brevi periodi di elaborazione.
- Sarebbe assolutamente inefficiente che nel momento in cui il processo attualmente in esecuzione dovesse fare un'operazione di I/O, la CPU aspettasse la fine di tale operazione rimanendo inoperosa.

Multitasking

- In un calcolatore sono attivi (ossia caricati in memoria centrale) più processi contemporaneamente
- In ogni istante un solo processo si trova realmente in esecuzione (la CPU può eseguire una sola istruzione alla volta)
- Gli altri processi si possono trovare in uno dei due stati:
 - pronto** in grado di essere eseguito non appena la CPU diviene disponibile (una certa politica decide quale dei processi pronti mandare in esecuzione)
 - in attesa** non in grado di essere eseguito poiché in attesa del verificarsi di un evento esterno (e.g. la pressione di un tasto della tastiera) per passare allo stato di pronto

Interruzioni

- Se un processo A in esecuzione ha bisogno di accedere ad una periferica (e.g. al disco fisso) passa del tempo prima che la periferica sia effettivamente in grado di comunicare i dati
- In questo caso il processo genera un *interrupt interno* ed il controllo passa al kernel, che mette A nello stato di attesa
- Il kernel manda in esecuzione un altro processo B tra quelli che si trovano nello stato pronto.
- Quando la periferica è pronta, viene generato un *interrupt esterno* (hardware) avvisando il SO che il processo A può essere risvegliato

Interruzioni interne

- L'interruzione interna avviene per mezzo di una particolare chiamata al sistema operativo da parte del processo (*supervisor call*)
- In assenza di tale meccanismo la CPU dovrebbe rimanere in un ciclo "idle" attendendo la risposta della periferica, sprecando tempo.
- E' importante che il SO salvi il contesto del processo in esecuzione (contenuto dei registri) prima di sospenderlo, altrimenti non sarebbe possibile riportarlo correttamente in esecuzione
- Il contesto viene salvato in un'area speciale di memoria (descrittore del processo)

Interruzioni interne

- Dopo il salvataggio del contesto il SO sceglie uno dei processi pronti e lo manda in esecuzione, caricando il suo contesto nei registri della CPU
- In particolare, viene caricato il valore del Program Counter che permette di far ripartire l'esecuzione del processo dall'istruzione successiva all'ultima precedentemente eseguita
- L'attività di sospendere un processo, salvarne il contesto, scegliere un altro processo ed attivarlo si chiama *context-switching*
- Il componente del kernel che si incarica di queste operazioni si chiama *scheduler*

Interruzioni esterne

- Quando la periferica termina la sua operazione essa genera un interrupt esterno che si verifica in modo asincrono rispetto all'esecuzione delle istruzioni nella CPU
- Al verificarsi di questo evento il processo in esecuzione deve essere sospeso (salvandone il contesto) per gestire l'interrupt
- All'interrupt è associato un numero intero N che lo identifica e che può essere letto dalla CPU sul bus
- All'arrivo del segnale di interrupt la CPU modifica il program counter con un valore calcolato sulla base di N , corrispondente all'indirizzo in memoria di una porzione speciale di codice detta *routine di servizio dell'interrupt*

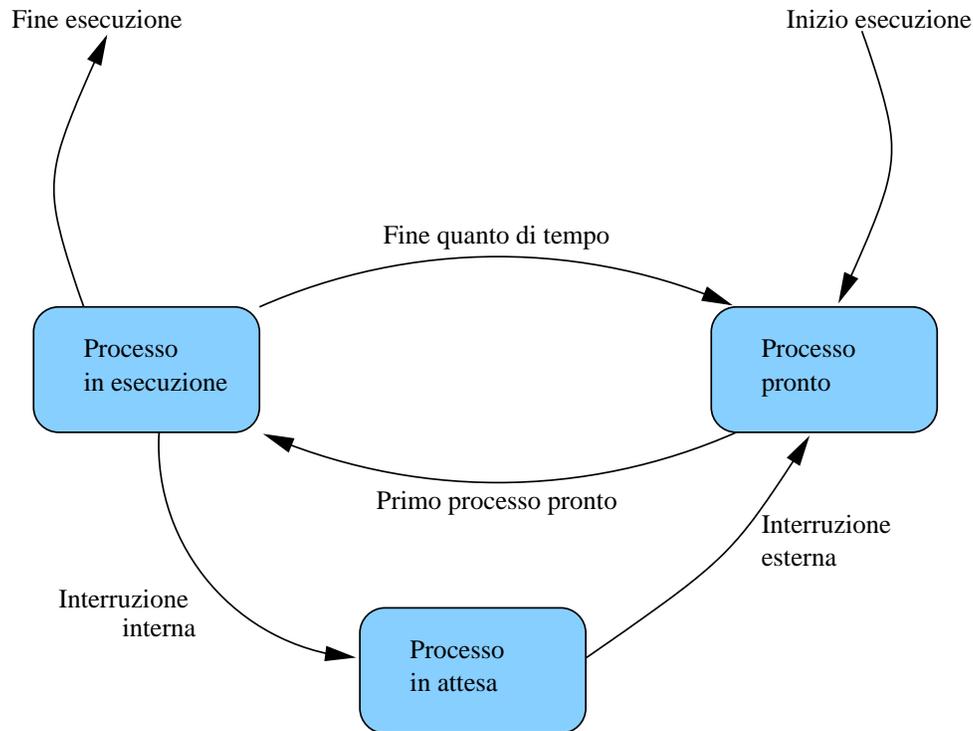
Interruzioni esterne

- La routine di servizio dell'interrupt provvede a raccogliere i dati forniti dalla periferica oppure a continuare l'invio di altri dati alla periferica
- Terminata la routine di servizio, il processo che aveva generato la richiesta di I/O viene spostato dallo stato di attesa allo stato di pronto (se la routine non implica una operazione di I/O)
- Il controllo torna al kernel che decide quale processo far tornare in esecuzione

Scheduling

- Un processo può essere sospeso anche perché è scaduto un certo intervallo di tempo ad esso assegnato
- In questo modo si garantisce che tutti i processi in memoria possano usare la CPU in maniera paritaria, evitando monopolizzazioni da parte di singoli processi
- Il processo in esecuzione viene sospeso e messo nello stato di pronto ed un altro processo viene messo in stato di esecuzione
- La scelta su quale processo eseguire tra quelli pronti viene effettuata dallo scheduler
- Tipicamente si usa una coda con priorità (certi processi possono avere priorità maggiore di altri)
- UNIX, ad esempio, assegna maggiore priorità ai processi interattivi

Grafo delle transizioni



Politica di gestione

Round Robin

- Il kernel ha una coda dei processi pronti ed assegna a ciascuno un quanto di tempo T
- La coda viene gestita in modo *FIFO* (*First In First Out*)
- Il primo processo in coda viene messo nello stato di esecuzione per un tempo T e poi interrotto
- Il quanto di tempo T deve essere ampio rispetto al tempo di context-switching
- Nella coda entrano anche i processi che dallo stato di attesa vanno in stato di pronto per effetto di un'interruzione esterna
- A seconda dei sistemi è possibile assegnare una priorità ai processi (e.g. con il comando `nice` in ambiente UNIX)

Gestione della memoria centrale

- Il sistema di gestione della memoria deve essere in grado permettere ad un numero elevato di processi di risiedere in memoria:
 - evitando conflitti tra i processi (e.g. evitando che un processo scriva dei dati nell'area di memoria contenente i dati di un altro processo)
 - ovviando alle limitazioni imposte dalla dimensione della memoria centrale

Foreground e Background

- Relativamente all'interazione con l'utente, un processo può essere in due modalità:
 - in foreground** quando il processo è abilitato all'interazione con l'utente attraverso i dispositivi di I/O quali video e tastiera
 - in background** quando, pur essendo attivo, il processo non è in grado almeno temporaneamente di interagire direttamente con l'utente

Foreground e Background

- La maggior parte dei processi generati dai programmi interattivi è fatta per lavorare in foreground (e.g. la finestra di un programma di videoscrittura)
- Un utente è in genere in grado di interagire con un solo processo alla volta, per cui gli altri processi si troveranno tipicamente in modalità background.
- Nei sistemi con interfaccia utente grafica, si associa in genere ad ogni processo una finestra sullo schermo, ed una sola finestra è attiva (in foreground) in un certo istante, mentre è possibile attivare un'altra finestra (disattivando automaticamente quella precedentemente attiva) tramite il mouse o con una combinazione di tasti.

Demoni e agenti

- Molti dei processi relativi alle funzioni interne del sistema operativo vengono:
 - attivati automaticamente dopo l'accensione ed inizializzazione del calcolatore
 - eseguiti in background
- Alcuni di essi, chiamati *demoni* sotto UNIX o *agenti* in altri sistemi, rimangono in attesa che uno specifico evento li mandi in esecuzione,
- Esempi di demoni sono lo spooler di stampa, che gestisce la coda dei processi di stampa, ed i processi che distribuiscono la posta elettronica agli utenti del sistema.

Multiutenza

- I SO più evoluti (UNIX, NT) consentono la gestione di più utenti, permettendo accesso simultaneo al sistema e garantendo la protezione dei dati
- Utenti diversi possono avere permessi diversi (ad esempio il permesso di eseguire comandi speciali)
- Esiste sempre un utente privilegiato che corrisponde all'amministratore del sistema (root sotto UNIX, administrator sotto NT).
- Il kernel mantiene informazioni sull'utente che ha lanciato un processo o che accede ad una risorsa del sistema.

Gestione delle periferiche

- Il SO fornisce le funzionalità che consentono di effettuare operazioni di lettura e scrittura con le periferiche mediante comandi indipendenti dalla struttura hardware delle periferiche.
- Tali comandi *ad alto livello* utilizzano meccanismi di gestione di basso livello quali:
 - controller** dispositivi hardware che effettuano a livello fisico le operazioni di trasferimento dati con le periferiche
 - driver** programmi software per la gestione delle periferiche. Sono parte del sistema operativo anche se spesso realizzati dai produttori delle periferiche o da sviluppatori indipendenti.

Driver

- Hanno lo scopo di mascherare le caratteristiche specifiche dei controller.
- Forniscono un insieme di primitive (comandi) ad alto livello per la gestione delle operazioni di I/O utilizzabili dai programmi applicativi e dagli utenti
- Si incaricano anche di ripetere più volte un'operazione di I/O non andata a buon fine, segnalando eventualmente il tipo di malfunzionamento
- Permettono di virtualizzare la presenza di più periferiche intrinsecamente non condivisibili, tramite la tecnica dello *spooling*
- I sistemi operativi più recenti hanno funzionalità dette di *Plug&Play* che permettono di configurare automaticamente il driver corretto per la nuova periferica collegata (che deve essere concepita per farsi *riconoscere*)

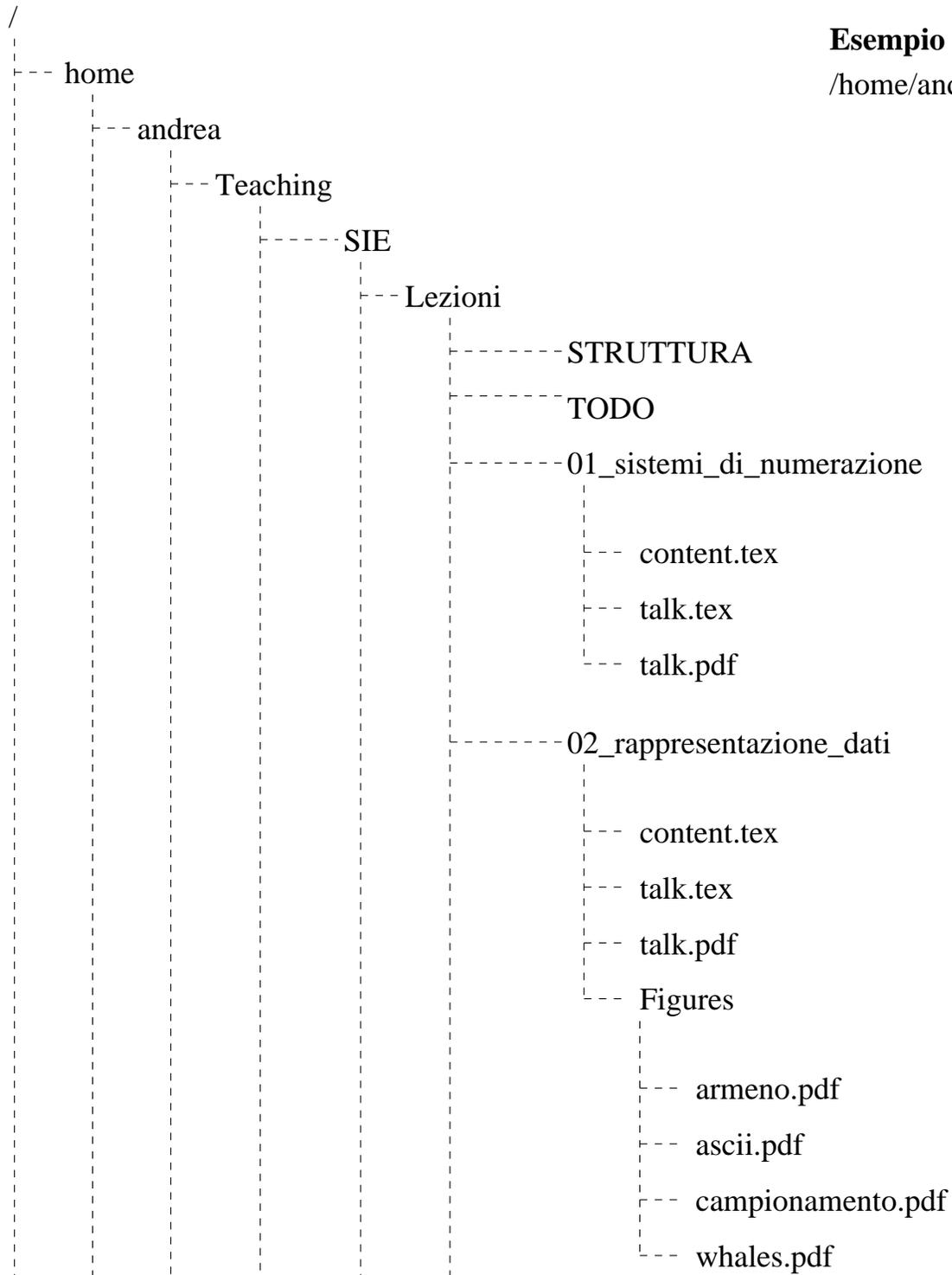
Esempio: driver di stampa

- Riceve dai processi i file da stampare
- Accoda i file in una apposita directory (coda) di spooling
- Invia uno alla volta alla stampante i file contenuti nella coda di spooling
- Permette di cancellare file non ancora stampati rimuovendoli dalla coda di spooling.

File System

- Scopi:
 - creare, leggere e scrivere files
 - collocare un file in uno spazio opportuno del disco (mascherando l'organizzazione fisica del disco in tracce e settori)
 - organizzare gerarchicamente i files
- I file sono inclusi all'interno di cartelle (directory) che generalmente sono organizzate ad albero (con radice)

Esempio di struttura ad albero (UNIX)



Esempio di pathname:

/home/andrea/Teaching/SIE/Lezi

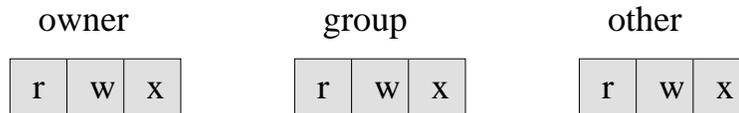
Funzioni del File System

- Creazione di un file o di una directory

- Elencazione dei files in una directory
- Cambiamento di directory corrente
- Copia di files o concatenamento
- Modifica del nome di un file
- Recupero della data di creazione, modifica, accesso
- Protezione

Protezione nel File System (UNIX)

- Si distingue tra:
 - proprietario del file
 - utente appartenente allo stesso gruppo del proprietario
 - altro utente
- Si distinguono i permessi di:
 - scrittura
 - lettura
 - esecuzione
- In totale 9 flags specificano i permessi di un file:



Esempio (UNIX)

```
[andrea@praha 08_software]$ ls -lha
total 220K
drwxr-xr-x  3 andrea ai  4.0K 2007-02-25 17:14 .
drwxr-xr-x 12 andrea ai  4.0K 2007-02-25 17:12 ..
-rw-r--r--  1 andrea ai  35K 2007-02-25 17:12 content.tex
drwxr-xr-x  2 andrea ai  4.0K 2007-02-25 17:12 Figures
-rw-r--r--  1 andrea ai 161K 2007-02-25 17:14 talk.pdf
-rw-r--r--  1 andrea ai  2.6K 2007-02-25 17:14 talk.tex
```

Significato dei permessi

Il significato dei permessi differisce se si tratta di file o di directory

file

lettura è possibile leggere il contenuto del file

scrittura è possibile modificare il contenuto del file

esecuzione è possibile eseguire il file (nel caso in cui il file contenga un programma)

directory

lettura è possibile recuperare l'elenco dei file contenuti nella directory

scrittura è possibile creare un nuovo file nella directory

esecuzione è possibile entrare nella directory o attraversarla per entrare in una sua sottodirectory

Shells

- Una *shell* è un interprete di comandi che serve da interfaccia tra l'utente ed il SO
- UNIX: `sh`, `csh`, `bash`, `tcsh`, etc.
- DOS: `command`
- Windows: "Prompt dei comandi"
- Nei sistemi privi di interfaccia utente grafica, dopo l'avvio all'utente si presenta un'interfaccia testuale a riga di comando (*Command Line Interface* o CLI) sulla quale è possibile scrivere direttamente i comandi di shell.
- Nei sistemi con interfaccia utente grafica, è sempre possibile ottenere un'interfaccia a riga di comando nella quale inserire comandi di shell (il terminale).

Esempi di comandi di shell UNIX(dos/windows)

- `ls (dir)` elenca il contenuto di una directory
- `cd (cd)` cambia la directory corrente
- `cp (copy)` copia un file in un altro
- `mv (move)` sposta un file in un altro
- `rm (del)` cancella un file
- `mkdir (md)` crea una directory
- `cat (type)` visualizza il contenuto di un file sul terminale

Dispositivi standard di I/O

- I programmi scritti per terminali a carattere (compresi i comandi per shell) usano 3 dispositivi standard di I/O:
 - stdin** (input)
 - stdout** (output)
 - stderr** (error)
- Normalmente `stdin` è collegato alla tastiera, mentre `stdout` e `stderr` sono collegati al terminale video a caratteri
- I dispositivi possono essere "rediretti" su file o in ingresso ad altri comandi tramite gli operatori di redirectione `>`, `>>`, `<`, `|`.

Esempi di redirectione

- `ls > pippo.txt` (sovrascrive `pippo.txt`)
- `ls >> pippo.txt` (appende a `pippo.txt`)
- `sort < pippo.txt` (ordina il contenuto di `pippo.txt` e manda in `stdout`)
- `ls mydir | sort` (manda in `stdout` la lista ordinata dei file contenuti in `mydir`)
- `cat file.txt | sort | uniq > file2.txt` (ordina il contenuto di `file.txt`, ne elimina le righe ripetute e scrive il risultato su `file2.txt`)

Interfaccia grafica

- I moderni SO mettono a disposizione un'interfaccia a finestre per l'interazione con l'utente (*Graphical User Interface* o GUI)
- Le interfacce grafiche si basano su uno stile di interazione detto WIMP (*Window, Icon, Menu, Pointing device*) dall'insieme degli elementi tipici di tale interazione.
- L'interfaccia definisce uno standard per i vari *widgets*, ossia elementi di controllo quali menu, bottoni, toolbars, scrollbars, finestre di dialogo, campi di testo, etc.
- Tali oggetti grafici elementari possono essere utilizzati nei programmi applicativi dotati di interfaccia grafica mediante chiamate alle API (*Application Programming Interface*)