

# Sistemi Operativi

AAF - Secondo anno - 3CFU

A.A. 2024/2025

Corso di Laurea in Matematica

## Introduzione al Sistema Operativo

Annalisa Massini

Dipartimento di Informatica  
Sapienza Università di Roma

# Informazioni Generali sul Corso

- **Orario**

- mercoledì 9:00-12:00

- **Testi di riferimento**

- W. Stallings, *Operating Systems, Internals and Design Principles*, disponibile la settima edizione al link:  
[https://dinus.ac.id/repository/docs/ajar/Operating\\_System.pdf](https://dinus.ac.id/repository/docs/ajar/Operating_System.pdf)
- F. C. A. Johnson, *Pro Bash Programming (Scripting the GNU/Linux Shell)*, Apress
- slide e dispense che verranno messe a disposizione sulla pagina del corso: <https://twiki.di.uniroma1.it/twiki/view/SOM/WebHome>

- **Modalità esame** - scritto e prova di laboratorio





# Sistema Operativo

- Un sistema operativo è un programma (più precisamente una collezione di programmi) che:
  - consente di eseguire le operazioni fondamentali della macchina
  - inizializza il sistema e assicura il corretto funzionamento della macchina
  - permette di eseguire qualsiasi altro programma o pacchetto software

# Sistema Operativo

Il sistema operativo:

- sfrutta le risorse hardware di un sistema computerizzato
  - uno o più processori
  - memoria primaria (RAM)
  - memoria secondaria (dischi)
  - dispositivi di input/output
- e fornisce un insieme di servizi agli utenti
  - in particolare, offre un ambiente di esecuzione **facilitato** per le applicazioni utente

# Sistemi Operativi: Esempi

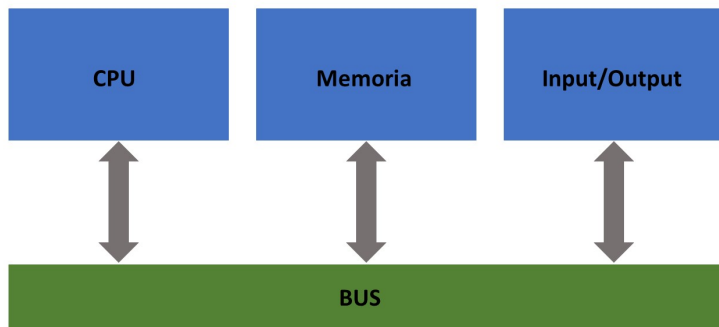
- Windows
  - Windows 10
- macOS
  - macOS Mojave
- Linux Ubuntu
  - Ubuntu 20.04 LTS (nome in codice Focal Fossa)
- Windows Phone, iOS, Android



# Definizione di elaboratore

- Un elaboratore è un sistema complesso che contiene milioni di componenti elettronici di base
- Le funzioni base di un elaboratore sono:
  - Elaborazione di dati (o informazioni) - **Data processing**
    - le informazioni possono avere una grande varietà di formati
  - Memorizzazione di dati (o informazioni) - **Data storage**
    - in particolare occorre memorizzare almeno le informazioni che vengono elaborate in un dato momento
  - Spostamento di dati (o informazioni) - **Data movement**
    - informazioni (dati) devono poter essere trasferite sia all'interno dell'elaboratore che verso il mondo esterno
  - Attività di controllo - **Control**
    - per supervisionare (**controllare**) l'esecuzione delle tre funzioni precedenti

# Architettura di Von Neumann



## Sistemi operativi

# Funzioni e obiettivi

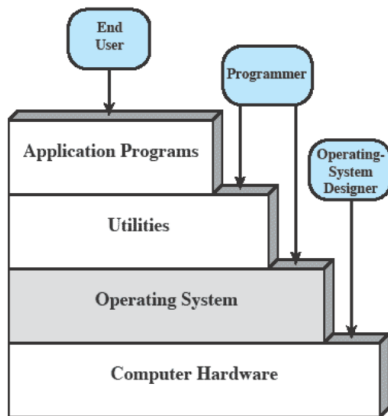
# Sistema Operativo

- **Obiettivi** di un sistema operativo
  - **Convenienza** - rende il computer più facile da usare
  - **Efficienza** - permette di usare le risorse del computer in modo più efficiente
  - **Capacità di evolvere** - deve essere progettato in modo da
    - gestire aggiornamenti hardware o nuovo hardware
    - introdurre nuove funzioni e offrire nuovi servizi
    - permettere di correggere (inevitabili) errori individuati nel corso del tempo

# Sistema Operativo

- Il SO rappresenta un'**interfaccia tra utente e computer**
  - Hw e sw forniscono applicazioni all'utente e possono essere visualizzati secondo uno schema con diversi i livelli
  - L'utente (utilizzatore di applicazioni) non è interessato ai dettagli hw della macchina
  - L'utente vede il sistema come fornitore di un insieme di applicazioni, dove per applicazione intendiamo un programma sviluppato in un qualche linguaggio di programmazione

# Strati e Utenti



- Il SO maschera i dettagli hw al programmatore e fornisce un'interfaccia che facilita l'uso del sistema

# Servizi Offerti da un SO

- Sviluppo di programmi
  - compilatori, editor e debugger
  - system calls
  - visione semplificata della memoria RAM
  - alcuni servizi non fanno parte del *core* del SO, ma sono forniti con il SO
- Esecuzioni di programmi
  - app(licazioni)
  - servizi
  - anche più applicazioni e servizi contemporaneamente
  - il SO gestisce la temporizzazione delle varie operazioni

# Servizi Offerti da un SO

- Accesso ai dispositivi di input/output
  - il SO nasconde al programmatore i dettagli dei singoli dispositivi di I/O
  - nel caso dei dispositivi di memoria di massa, tramite filesystem
- Accesso controllato ai file
  - il SO gestisce i diversi formati dei file
  - in caso di utenti multipli, il SO fornisce un meccanismo di protezione per l'accesso ai file
- Accesso al sistema
  - il SO controlla l'accesso a tutto il sistema e alle singole risorse
  - il SO fornisce protezione delle risorse e dei dati e la risoluzione dei conflitti

# Servizi Offerti da un SO

- Rilevamento e risposta agli errori
  - errori di hardware interno ed esterno
  - errori software
  - richiesta di un applicativo non soddisfacibile
  - il SO sceglie la soluzione più appropriata (terminare programma, ripetere operazione, segnalare il tipo di errore)
- Accounting (chi fa cosa)
  - collezione di statistiche dell'uso del sistema
  - monitoraggio delle performance
  - usato per capire cosa occorre migliorare
  - usato per far pagare in base all'uso del sistema

# Sistema Operativo

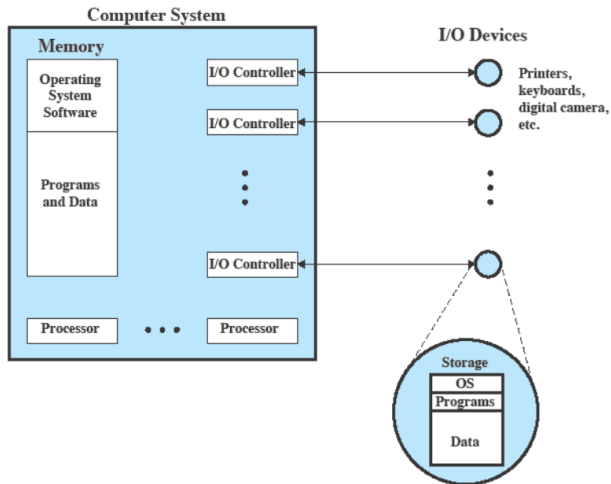
- Quindi un sistema operativo:
  - è un **programma** (o meglio un insieme di programmi) che controlla l'esecuzione dei programmi applicativi
  - fornisce un'**interfaccia** tra le applicazioni e l'hardware
  - fornisce un'**interfaccia** tra utente e computer
    - l'utente finale non vuole (e non deve) preoccuparsi dei dettagli hardware e vede il computer come un insieme di applicazioni

# Sistema Operativo

- Un computer è un **insieme di risorse** per elaborazione, memorizzazione e trasferimento di informazioni
- Il SO è **responsabile della gestione delle risorse**
  - funziona allo stesso modo del software normale: è un programma in esecuzione
    - tuttavia, lo fa con privilegi più alti
  - concede il controllo del processore ad altri programmi
    - e controlla l'accesso alle altre risorse (RAM, I/O)

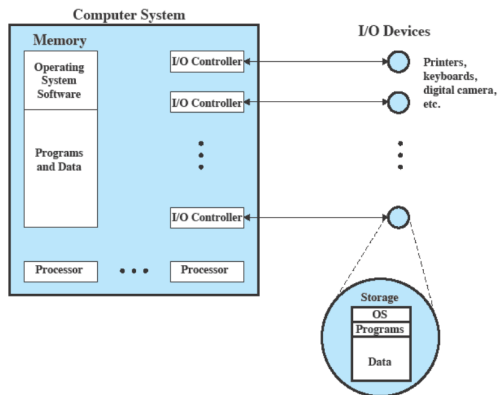
# Sistema Operativo

- SO come **responsabile della gestione delle risorse**



# Il Kernel

- Il **Kernel** o **nucleo** è:
  - la parte di sistema operativo che si trova sempre in memoria principale
  - contiene le funzioni più usate





# Storia dei SO

- I **primi** sistemi operativi () erano molto diversi da quelli attuali
- La loro evoluzione è dovuta principalmente a:
  - aggiornamento dell'hardware o nuovo tipo hardware
  - nuovi servizi
  - correzione di errori
- <http://www.computerhistory.org/timeline/>





# Storia dei SO - anni Cinquanta/Sessanta

- **Anni Cinquanta/Sessanta** - Semplice sistema non interattivo o **batch OS**
  - **monitor**: programma esterno di monitoraggio
  - software per controllare sequenze di eventi
  - possibilità di raggruppare lavori (**jobs**) da eseguire insieme
  - il programma, una volta concluso, ritorna il controllo al programma esterno di monitoraggio
- Linguaggio di controllo dei job - **JCL**
  - per dare istruzioni al monitor
  - per specificare che compilatore usare
  - per specificare quali dati di input usare

# Anni Cinquanta/Sessanta - Monitor e Caratteristiche Hardware

- Protezione della memoria
  - non permette che la zona di memoria contenente il monitor venga modificata
- Timer
  - impedisce che un job monopolizzi l'intero sistema
- Istruzioni privilegiate
  - alcune istruzioni macchina possono essere eseguite solo dal monitor
- Interruzioni
  - i primi modelli di computer non le avevano

## Anni Cinquanta/Sessanta - Modi operativi

Il meccanismo di protezione della memoria e le operazioni privilegiate portano al concetto di **modo operativo**

- I programmi utente vengono eseguiti in **modalità utente**
  - alcune istruzioni non possono essere eseguite
- Il monitor viene eseguito in **modalità sistema**
  - detta anche modalità **kernel**
  - le istruzioni privilegiate possono essere eseguite
  - le aree protette della memoria possono essere accedute

# Anni Cinquanta/Sessanta - Sistemi Batch: Sottoutilizzazione

**Problema dei sistemi batch:** il 96% del tempo è impiegato ad aspettare i dispositivi di I/O, cioè è **sprecato**

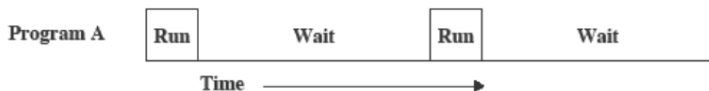
Read one record from file	15 $\mu$ s
Execute 100 instructions	1 $\mu$ s
Write one record to file	<u>15 <math>\mu</math>s</u>
TOTAL	31 $\mu$ s

$$\text{Percent CPU Utilization} = \frac{1}{31} = 0.032 = 3.2\%$$

# Anni Cinquanta/Sessanta - Programmazione Singola

Nei sistemi a **programmazione singola**

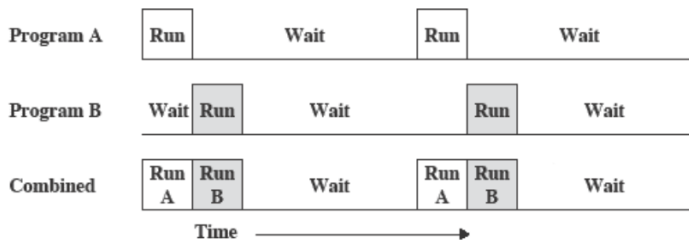
- il processore deve aspettare che le istruzioni di I/O siano completate prima di procedere



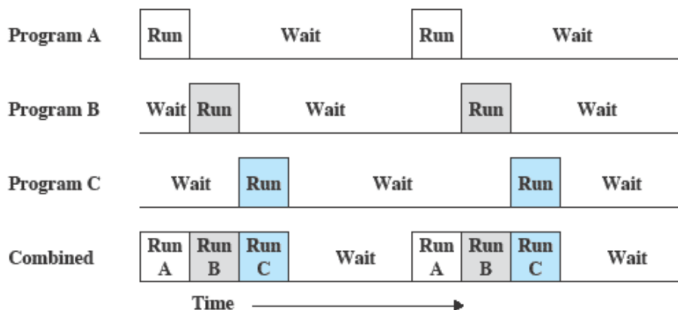
## Anni Cinquanta/Sessanta - Multiprogrammazione

Con l'approccio **multiprogrammazione** o **multitasking**

- se un job deve aspettare che si completi un'operazione di I/O, il processore può passare ad un altro job
- il processore gestisce più job batch allo stesso tempo



## Anni Cinquanta/Sessanta - Multiprogrammazione



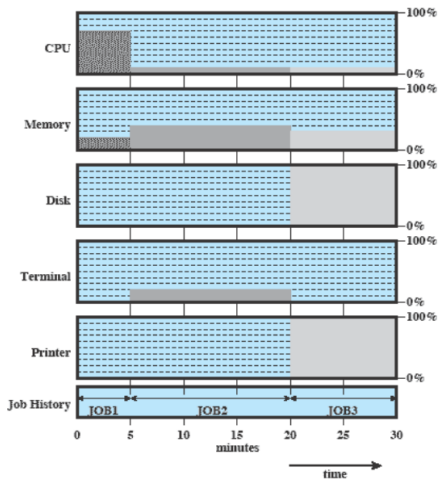
(c) Multiprogramming with three programs

## Anni Cinquanta/Sessanta - Esempio

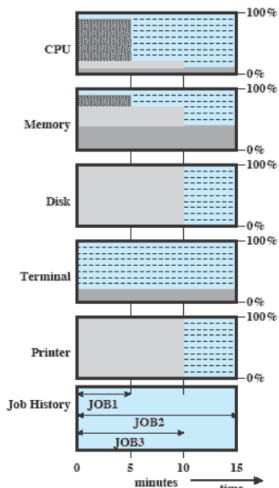
- Consideriamo un computer con: 250 Mbyte di memoria disponibile, disco, terminale, stampante
- Consideriamo tre programmi con le caratteristiche in tabella, che in ambiente batch vengono eseguiti in sequenza

	<b>JOB1</b>	<b>JOB2</b>	<b>JOB3</b>
<b>Type of job</b>	Heavy compute	Heavy I/O	Heavy I/O
<b>Duration</b>	5 min	15 min	10 min
<b>Memory required</b>	50 M	100 M	75 M
<b>Need disk?</b>	No	No	Yes
<b>Need terminal?</b>	No	Yes	No
<b>Need printer?</b>	No	No	Yes

# Anni Cinquanta/Sessanta - Istogrammi di Utilizzo



(a) Uniprogramming



(b) Multiprogramming

# Anni Cinquanta/Sessanta - Uso del Processore

- Prime 4 righe: dagli istogrammi la media per uniprogramming e per multiprogramming
- Elapsed time: tempo per vedere completati tutti e 3 i job
- Throughput:  $\frac{\text{numero job completati}}{\text{ore}}$
- Mean response time: media dei tempi di completamento (nel caso di uniprogramming: 5, 20, 30  $\rightarrow$  18.3)

	Uniprogramming	Multiprogramming
Processor use	20%	40%
Memory use	33%	67%
Disk use	33%	67%
Printer use	33%	67%
Elapsed time	30 min	15 min
Throughput	6 jobs/hr	12 jobs/hr
Mean response time	18 min	10 min

# Anni Settanta - Sistemi Time-Sharing

- **Anni Settanta** - Sistemi Time-Sharing (letteralmente, sistemi a condivisione di tempo)
- Più utenti contemporaneamente accedono al sistema tramite terminali
- Il tempo del processore è condiviso tra più utenti
- Con la multiprogrammazione si possono gestire contemporaneamente più jobs **interattivi**

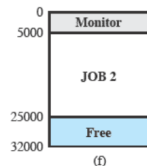
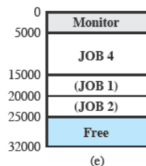
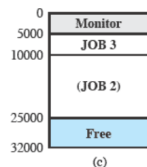
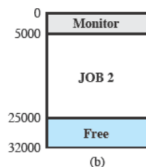
# Anni Settanta - CTSS: Compatible Time-Sharing System

**Compatible Time-Sharing System - CTSS** è uno dei primi SO che supporta il time-sharing (sviluppato fine anni '60)

- Un clock di sistema genera un interrupt ogni 0,2 s circa
- Ad ogni *clock interrupt* il SO assegna il processore ad un altro utente
- Il monitor occupa 5000 locazioni, mentre nelle rimanenti 27000 viene caricato il programma dell'utente a cui viene assegnato il processore
- Quando si cambia utente si salva su disco il programma sospeso e si trasferisce da disco quello nuovo

# Anni Settanta - CTSS: Compatible Time-Sharing System

Esempio con 4 job interattivi: Job1 15k, Job2 20k, Job3 5k, Job4 10k





## Sistemi operativi

**Principali risultati raggiunti  
nel corso del tempo**

# Risultati e innovazioni più importanti

- Processi
- Gestione della memoria
- Sicurezza e protezione delle informazioni (privacy)
- Gestione dello scheduling e delle risorse
- Strutturazione del sistema

# I processi

- Il concetto centrale in un sistema operativo è il concetto di **processo**
- Sono state date molte definizioni di processo:
  - un programma in esecuzione
  - un'istanza di un programma che gira su un computer
  - l'entità assegnata a ed eseguita da un processore
  - un'unità di attività caratterizzata da un singolo thread sequenziale di esecuzione, lo stato corrente e un insieme di risorse associato.

# I processi

- Allo sviluppo del concetto di processo hanno contribuito i problemi di sincronizzazione generati principalmente da:
  - multiprogrammazione
  - condivisione di tempo - time sharing
  - transazioni real-time

## Multiprogrammazione

- Introdotta per mantenere processore e dispositivi di I/O (inclusa la memoria esterna) contemporaneamente occupati per massimizzare l'efficienza
- Il processore cambia programma in esecuzione seguendo i segnali di completamento di operazioni I/O

# I processi

## Time sharing

- L'obiettivo è supportare simultaneamente più utenti e rispondere tempestivamente al singolo utente
- Realizzabile grazie al **lento** tempo di reazione dell'utente

## Sistema transazionale

- Utenti che immettono richieste o eseguono aggiornamenti in un database
- Esempio: sistema di prenotazione aerei

# I processi

- La gestione della multiprogrammazione e dell'interazione multiutente è stata spesso soggetta ad errori di programmazione a causa del numero di jobs in esecuzione e a soluzioni *ad hoc*
- Le quattro principali cause di errore sono:
  - **Errori di sincronizzazione**
  - **Violazione della mutua esclusione**
    - Problemi nell'accesso alla stessa risorsa da parte di più processi
  - **Programmi con esecuzione non deterministica**
    - un processo accede ad una porzione di memoria modificata da un altro processo
  - **Deadlock (stallo)**
    - un processo A attende un processo B che attende A

# I processi

- Il concetto di **processo** ha fornito un metodo sistematico per monitorare e controllare i vari programmi in esecuzione nel processore
- Possiamo pensare al processo come **composto da**:
  - un programma eseguibile
  - i dati di cui il programma ha bisogno (di input, di output e temporanei)
  - il contesto di esecuzione del programma
  - più tutte le informazioni di cui il sistema operativo ha bisogno per gestire il processo (tabella dei processi)



# Risultati e innovazioni più importanti

- Processi
- **Gestione della memoria**
- Sicurezza e protezione delle informazioni (privacy)
- Gestione dello scheduling e delle risorse
- Strutturazione del sistema

# Gestione della Memoria

Uno dei compiti fondamentali del SO è la **gestione della memoria**

- Gli utenti necessitano di usare i dati in modo flessibile
- Per garantire una gestione efficiente e ordinata dei dati, possiamo individuare le cinque principali responsabilità del sistema operativo nella gestione della memoria:
  - Isolamento dei processi
  - Protezione e controllo degli accessi
  - Gestione (compresa allocazione/deallocazione) automatica
  - Supporto per la programmazione modulare (stack)
  - Memorizzazione a lungo termine

# Gestione della Memoria

- Metodi attuali: **Paginazione** + **Memoria virtuale**
- Nella memoria secondaria (o a lungo termine), l'informazione è memorizzata in oggetti chiamati *files*
- La **paginazione della memoria** permette ai programmi di essere contenuti in un certo numero di blocchi di dimensione fissa, detti pagine
- La memoria virtuale è un meccanismo usato per dare al programmatore la sensazione che a memoria principale sia molto più grande sfruttando la memoria secondaria

# Risultati e innovazioni più importanti

- Processi
- Gestione della memoria
- **Sicurezza e protezione delle informazioni (privacy)**
- Gestione dello scheduling e delle risorse
- Strutturazione del sistema

# Sicurezza e Protezione delle informazioni

- Sistemi time-sharing e uso di connessione in rete hanno generato **problemi di protezione dell'informazione**
- Svitati tipi di attacco
- Hardware e SO supportano meccanismi di protezione e sicurezza
- Le azioni dei SO possono essere raggruppate in 4 categorie:
  - **Disponibilità** (availability)
    - proteggere il sistema contro interruzioni di servizio
  - **Confidenzialità**
    - garanzia che gli utenti non leggano informazioni per le quali non hanno l'autorizzazione
  - **Integrità dei dati**
    - protezione dei dati da modifiche non autorizzate
  - **Autenticità**
    - verifica identità degli utenti e la validità di messaggi/dati

# Risultati e innovazioni più importanti

- Processi
- Gestione della memoria
- Sicurezza e protezione delle informazioni (privacy)
- **Gestione dello scheduling e delle risorse**
- Strutturazione del sistema



# Risultati e innovazioni più importanti

- Processi
- Gestione della memoria
- Sicurezza e protezione delle informazioni (privacy)
- Gestione dello scheduling e delle risorse
- **Strutturazione del sistema**



# Livelli

- Livello 1
  - circuiti elettrici e componenti elementari (registri, celle di memoria, porte logiche, ecc.)
- Livello 2
  - insieme delle istruzioni macchina (ad esempio: load, store, add, subtract, ecc.)
- Livello 3
  - procedura o subroutine con operazioni di chiamata e ritorno
- Livello 4
  - interruzioni (si interrompe un programma per eseguirne un altro e si riprende da dove si era interrotto)

# Livelli

- Livello 5
  - processo come programma in esecuzione, inclusa la sospensione e la ripresa dell'esecuzione di un processo
- Livello 6
  - dispositivi di memorizzazione secondaria
  - trasferimento di blocchi di dati
- Livello 7
  - creazione di uno spazio logico degli indirizzi per i processi
  - organizzazione dello spazio degli indirizzi virtuali in blocchi
- Livello 8
  - comunicazioni tra processi

# Livelli: Dispositivi Esterni

- Livello 9
  - salvataggio a lungo termine di file con nome
- Livello 10
  - accesso a dispositivi esterni usando interfacce standardizzate
- Livello 11
  - associazione tra identificatori interni ed esterni
- Livello 12
  - supporto di alto livello per i processi
- Livello 13
  - interfaccia utente

# I moderni Sistemi Operativi

- Progettazione di:
  - nuovi sistemi operativi
  - nuove versioni di SO esistenti
- I moderni sistemi operativi sanno gestire:
  - **nuovo hardware**: multiprocessori, reti ad alta velocità, varietà dei dispositivi di memoria, ecc.
  - **nuove applicazioni**: multimedia, accesso ad internet, ecc.
  - **nuovi attacchi alla sicurezza**: virus, tecniche di hacking, ecc.