Sistemi Operativi

Introduzione ai sistemi operativi
II semestre

Renzo Davoli
Alberto Montresor

I semestre

- **Uso del S.O. UNIX: shell - command line interface** *(prova pratica + progetto)*
- **Linguaggio C** *(prova pratica + progetto)*
- **Programmazione UNIX: l'interfaccia delle System Call** *(prova pratica)*
- **Programmazione Concorrente** *(scritto "concorrenza")*
- **Shell scripting** *(prova pratica)*
- **Python** *(prova pratica)*
- **Strumenti di sviluppo */* gestione dei progetti (make, autotools, cmake, git..)** *(progetto)*
- **Progetto uMPS3 + phase 1** *(progetto)*

Cos'è un sistema operativo?

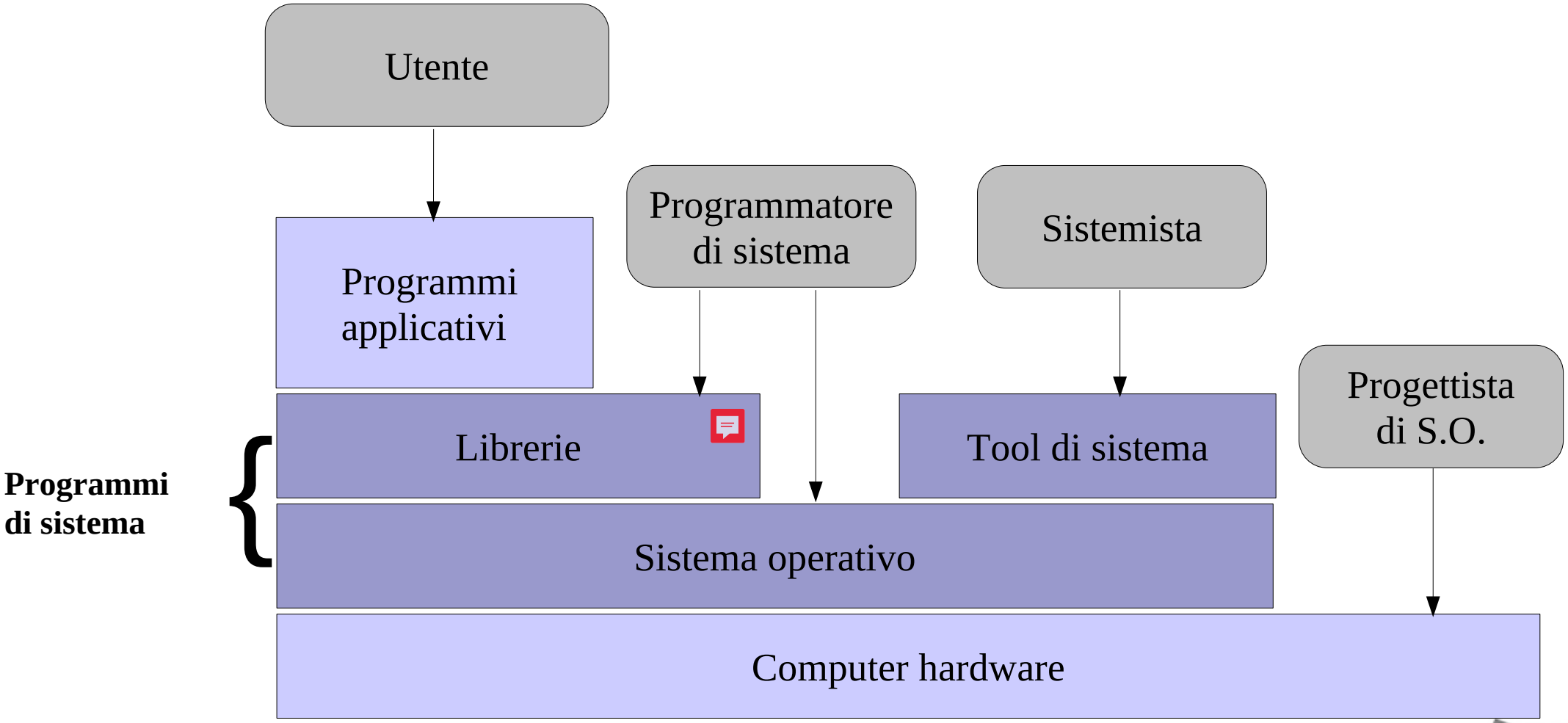
- **Definizione:**
  - Un sistema operativo è livello di astrazione:
    - realizza il concetto di processo
    - Il “linguaggio” fornito dal S.O. è definito dalle system call
    - È implementato tramite un programma che *controlla l'esecuzione di programmi applicativi* e agisce come *interfaccia tra le applicazioni e l'hardware* del calcolatore
- **Obiettivi**
  - Efficienza:
    - Un S.O. cerca di utilizzare in modo efficiente le risorse del calcolatore
  - Semplicità:
    - Un sistema operativo dovrebbe semplificare l'utilizzazione dell'hardware di un calcolatore

S.O. come gestore di risorse

- **Alcune osservazioni:**
  - Gestendo le risorse di un calcolatore, un S.O. controlla il funzionamento del calcolatore stesso...
  - ... ma questo controllo è esercitato in modo "particolare"
- **Normalmente:**
  - Il meccanismo di controllo è esterno al sistema controllato
  - Esempio: termostato e impianto di riscaldamento
- **In un elaboratore:**
  - Il S.O. è un programma, simile all'oggetto del controllo, ovvero le applicazioni controllate
  - Il S.O. deve lasciare il controllo alle applicazioni e affidarsi al processore per riottenere il controllo

S.O. come macchina estesa

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



S.O. come macchina estesa

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

S.O. come macchina estesa

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

S.O. come macchina estesa

- **Esempio senza S.O.**

```
li $t0, 0xDEFF12 # init

sw $t0, 0xB000.0040

li $t0, 0xFFDF # motor

sw $t0, 0xB000.0044

li $t0, 0xFFBB

sw $t0, 0xBOOO.0048

...
```

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

- **Esempio con S.O.**

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

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

S.O. come macchina estesa

- **Servizi estesi offerti da un S.O.**
- **(cono le classi di SysCall studiate nel I semestre):**
  - esecuzione di programmi
  - accesso semplificato/unificato ai dispositivi di I/O
  - accesso a file system
  - accesso a networking
  - accesso al sistema
  - rilevazione e risposta agli errori
  - accounting

Storia dei Sistemi Operativi

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

Storia dei Sistemi Operativi

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

Storia dei Sistemi Operativi

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

c'è prima la Generazione 0 !

Generazione 0

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

Generazione 1 (1944-1955)

- **Come venivano costruiti?**
  - macchine a valvole e tavole di commutazione

ioniche

- **Come venivano usati?**
  - solo calcoli numerici (calcolatori non elaboratori)
  - un singolo gruppo di persone progettava, costruiva, programmava e manuteneva il proprio computer
- **Come venivano programmati?**
  - in linguaggio macchina
    - programmazione su tavole di commutazione
    - non esisteva il concetto di assembler!
- **Nessun sistema operativo!**

non c'era l'assembler, si usavano i bit saldando le schede

Generazione 1 (1944-1955)

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

Generazione 1 (1944-1955)

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

Generazione 2 (1955-1965)

- **Come venivano costruiti?**
  - introduzione dei transistor
  - costruzione di macchine più affidabili ed economiche

si usano migliori conduttori. La grande scoperta è che se inseriamo un pezzo di struttura con un elemento in più e un altro pezzo con un elettrone in meno (droghiamo n e p) nel punto di giunzione avviene un effetto di diodo. Se mettiamo pnp otteniamo la stessa funzione della griglia.

- veloce commutazione;

- **Come venivano usati?**
  - le macchine iniziano ad essere utilizzate per compiti diversi
  - si crea un mercato, grazie alle ridotte dimensioni e al prezzo più abbordabile
  - avviene una separazione tra costruttori, operatori e programmatori
- **Come venivano programmati?**
  - linguaggi ad "alto livello": Assembly, Fortran
  - tramite schede perforate
- **Sistemi operativi batch**

Generazione 2 (1955-1965)

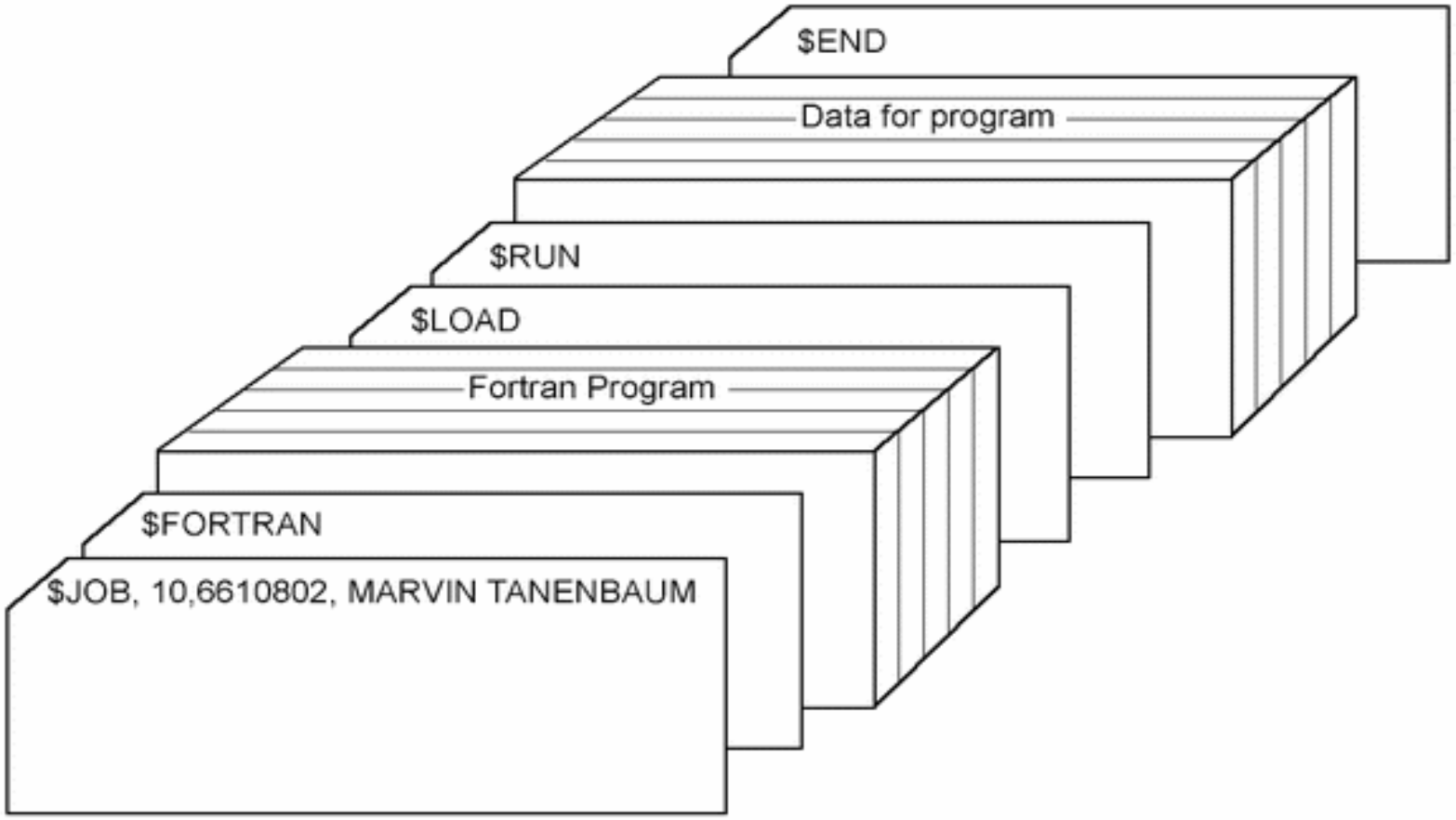
- **Definizione: job**
  - Un programma o un'insieme di programmi la cui esecuzione veniva richiesta da uno degli utilizzatori del computer
- **Ciclo di esecuzione di un job:**
  - il programmatore
    - scrive (su carta) un programma in un linguaggio ad alto livello
    - perfora una serie di schede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

Generazione 2 (1955-1965)

- **Sistema operativo**
  - *primi rudimentali esempi di sistema operativo*, detti anche monitor residenti:
    - controllo iniziale nel monitor
    - il controllo viene ceduto al job corrente
    - una volta terminato il job, il controllo ritorna al monitor
  - il monitor residente è in grado di eseguire una sequenza di job, trasferendo il controllo dall'uno all'altro
  - Esegue un solo job alla volta
- **Detti anche sistemi batch ("infornata")**

Generazione 2 (1955-1965)

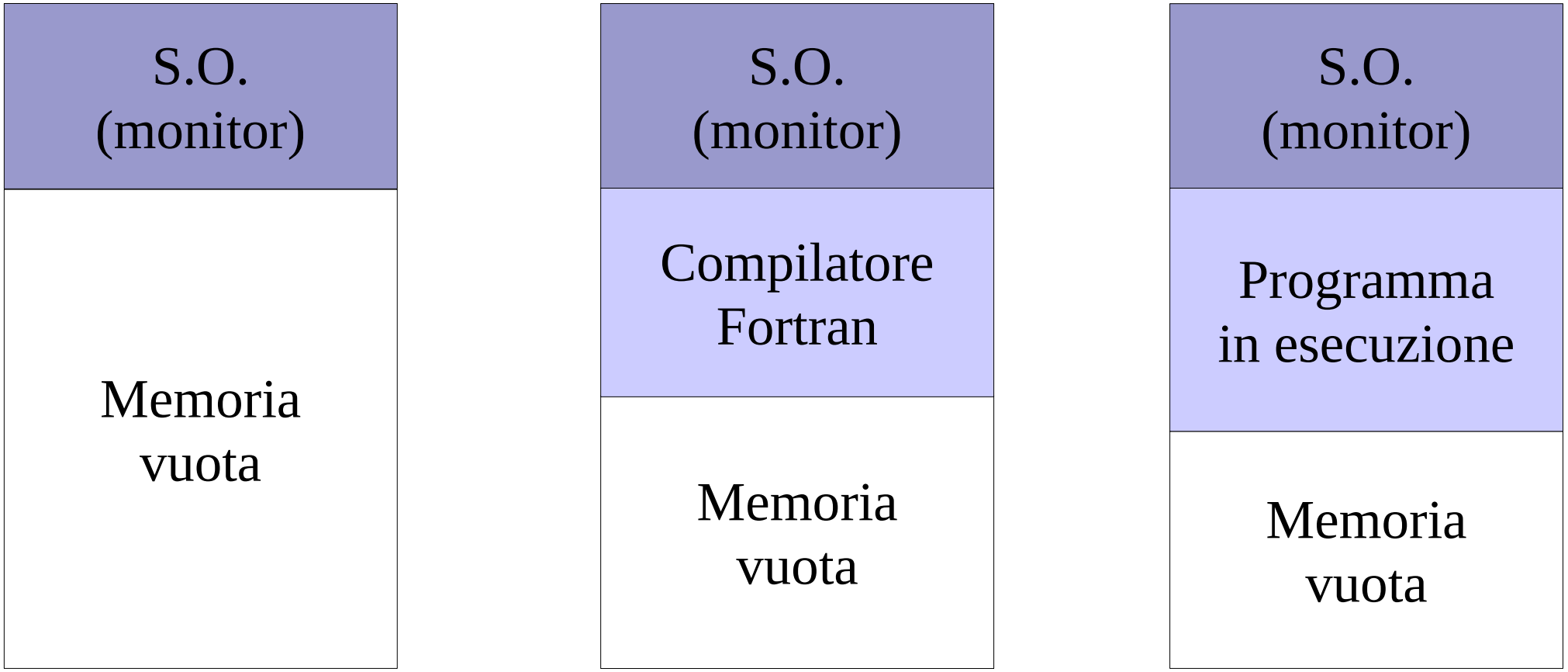
- **Job Control Language (JCL-FMS)**



(da una lezione di A.S. Tanenbaum)

Generazione 2 (1955-1965)

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



1. Stato iniziale

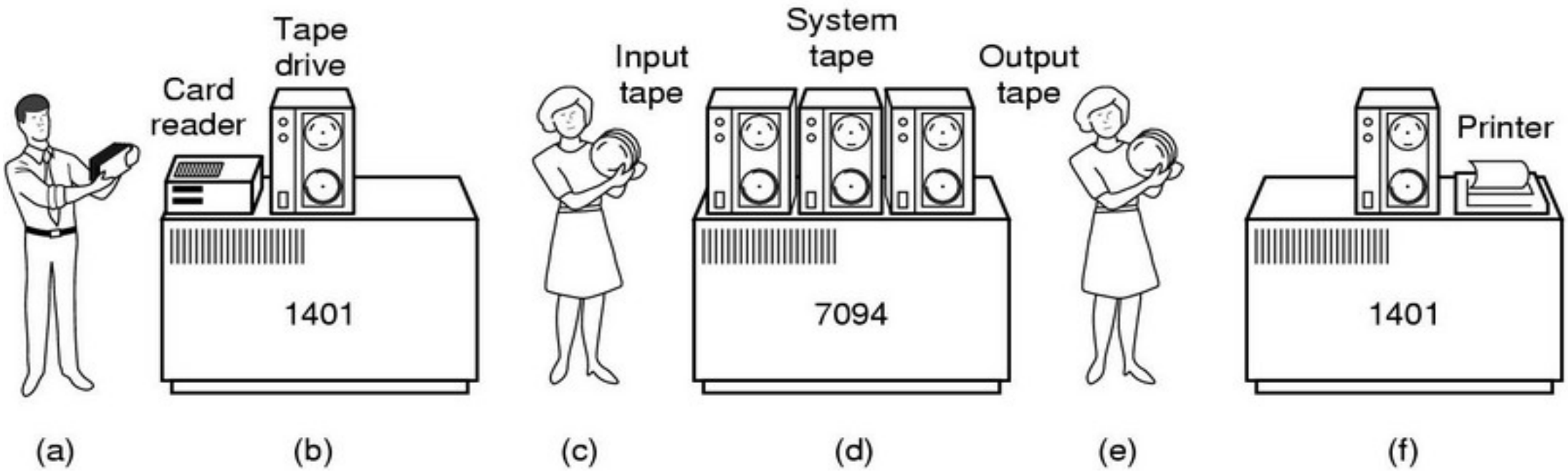
2. Dopo il caricamento del compilatore fortran

3. Dopo la compilazione

Generazione 2 (1955-1965)

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

Generazione 2 (1955-1965)



(da una lezione di A.S. Tanenbaum)

Generazione 3 (1965-1980)

- **Come venivano costruiti?**
  - circuiti integrati — con I circuiti integrati si riesce a costruire un intero circuito con tanti transistor in un unico chip secondo un certo schema.
- **Come venivano usati?**
  - man mano sparisce la figura dell'operatore come "interfaccia" degli utenti verso la macchine
  - utente == operatore
- **Come venivano programmati?**
  - linguaggi ad "alto livello": C, shell scripting
  - editor testuali, editor grafici, compilatori
  - accesso al sistema da terminali
- **Quale sistemi operativi venivano usati?**
  - non più batch ma interattivi
  - multi-programmazione
  - time sharing

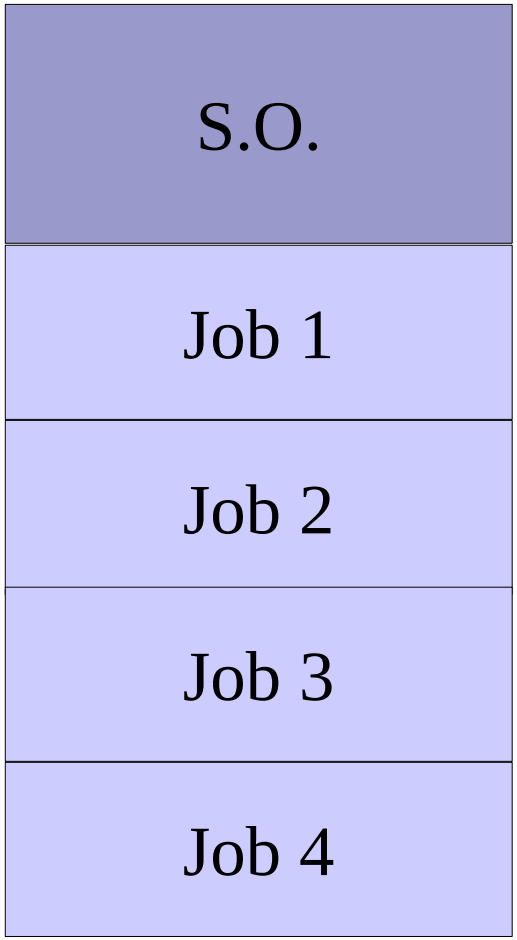
Generazione 3 - Multiprogrammazione

- **Definizione: *multiprogrammazione***
  - utilizzare il processore durante i periodi di I/O di un job per eseguire altri job
- **Vantaggi**
  - il processore non viene lasciato inattivo (*idle*) durante operazioni di I/O molto lunghe
  - la memoria viene utilizzata al meglio, caricando il maggior numero di job possibili bisogna stabilire dove allocare ogni singolo processo, serve studiare come gestire la memoria

Generazione 3 - Multiprogrammazione

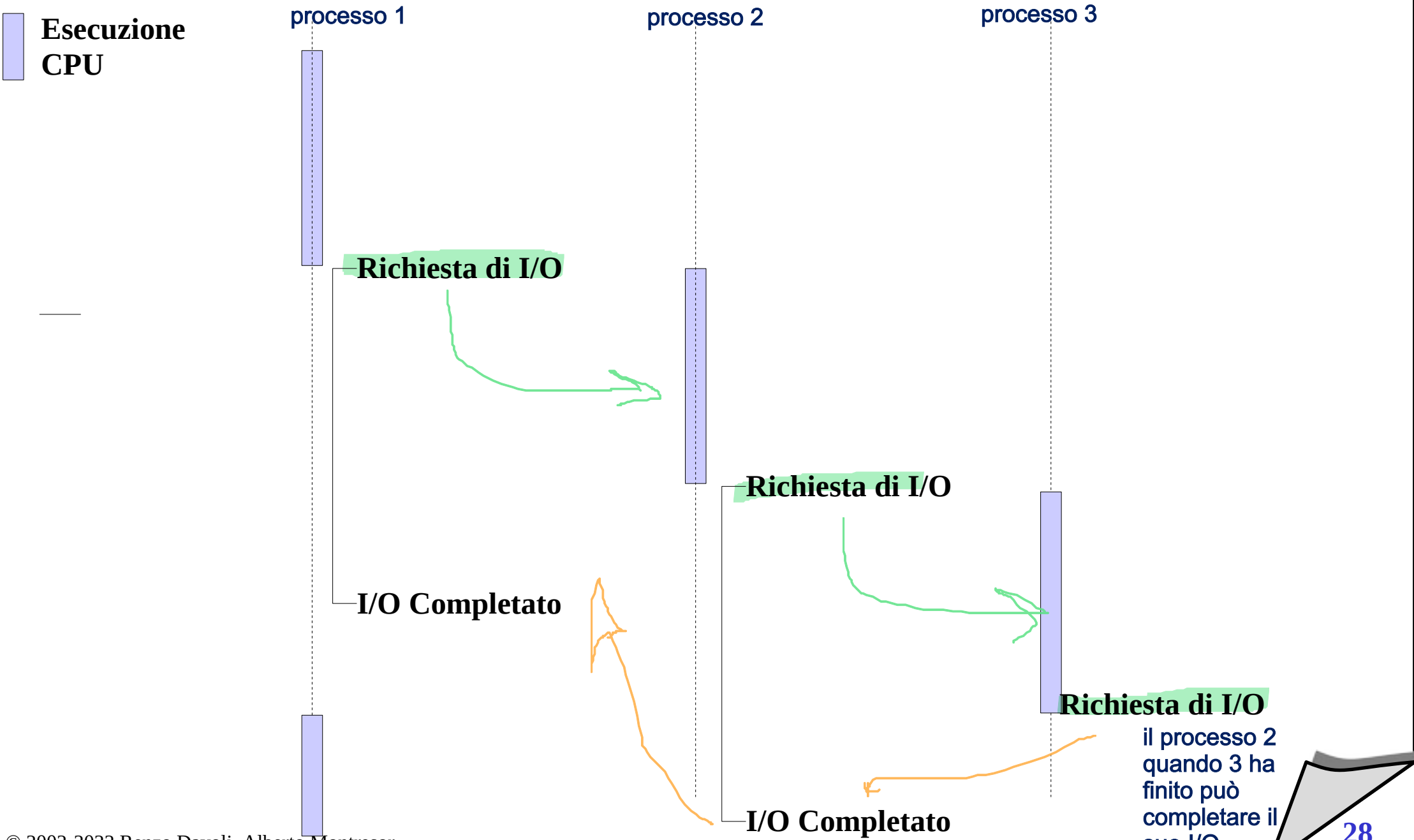
nascono gli scheduler

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



Generazione 3 - Multiprogrammazione

job != processo, è un'attività completamente contenuta in se stessa.



Generazione 3 - Multiprogrammazione

Come gestiamo la memoria?

- **S.O. multiprogrammati: quali caratteristiche?**

MULTITASKING

- routine di I/O devono essere fornite dal S.O.

se consideriamo proc. 1 della slide prima, il kernel non sarebbe informato, dunque il processo per fare I/O deve aspettare e chiamare lo scheduler per sapere chi deve "intervenire"

- gestione della memoria
  - il sistema deve allocare la memoria per i job multipli presenti contemporaneamente
- CPU scheduling
  - il sistema deve scegliere tra i diversi job pronti ad eseguire
- allocazione delle risorse di I/O
  - Il sistema operativo deve essere in grado di allocare le risorse di I/O fra diversi processi

Generazione 3 - Time-sharing

- **Definizione - Time sharing**

ogni processo fa il passaggio successivo non solo con I/O, ma anche dopo un determinato periodo di tempo.

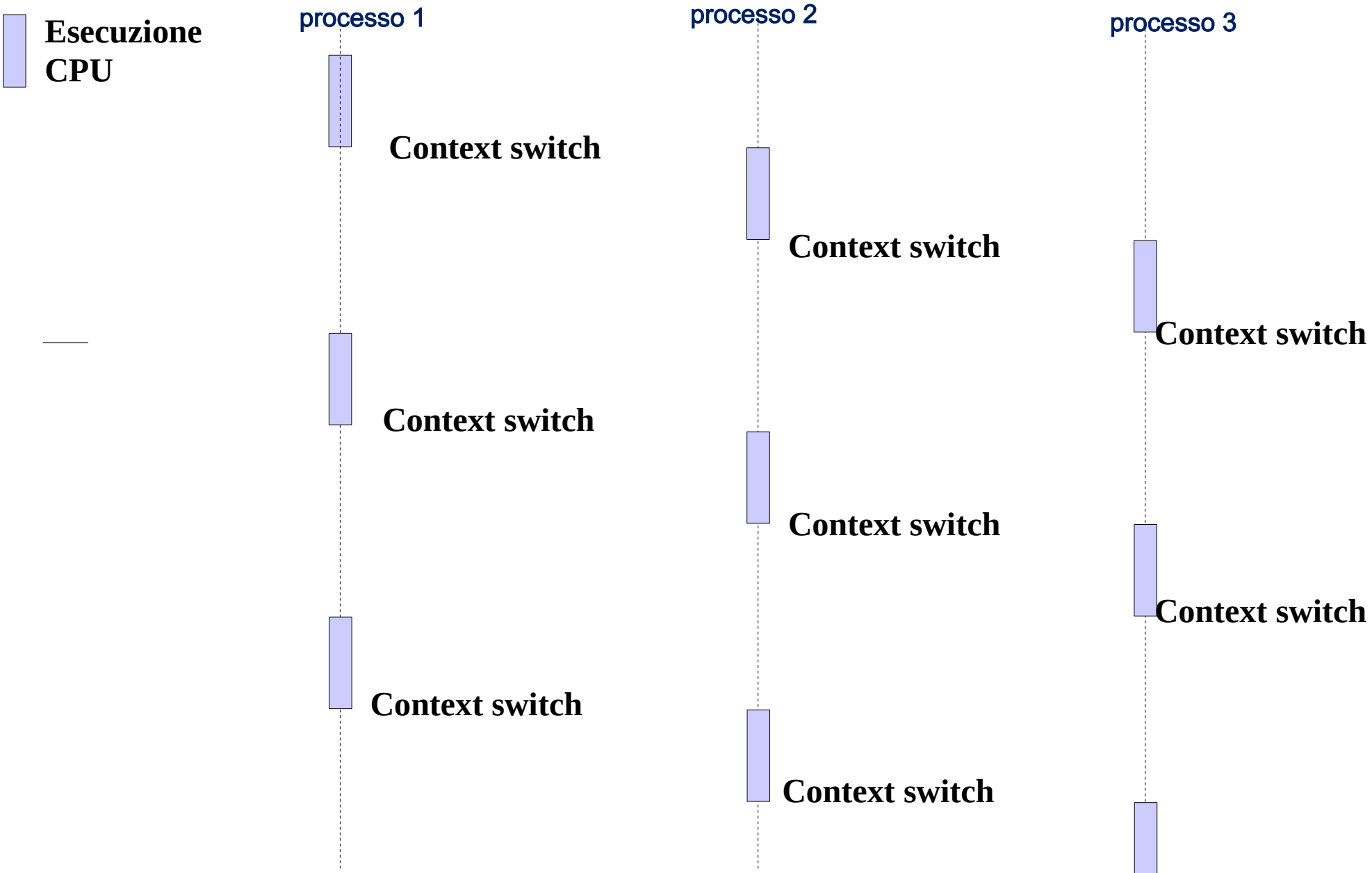
  - E' l'estensione logica della multiprogrammazione
  - L'esecuzione della CPU viene suddivisa in un certo numero di quanti temporali
  - Allo scadere di un quanto, il job corrente viene interrotto e l'esecuzione passa ad un altro job
    - anche in assenza di richieste di I/O
  - Necessità di un dispositivo hardware (interval timer)

= dispositivo I/O che non fa nulla i un tempo indefinito. dopo che è stato eseguito, manda l'interrupt

è possibile anche con la gestione degli interrupt (= mi dice solo chi ha bisogno di un controllo)

  - I passaggi (*context switch*) avvengono così frequentemente che più utenti possono interagire con i programmi in esecuzione

Generazione 3 - Time-sharing



Generazione 3 - Time-sharing

- **S.O. time-sharing: quali caratteristiche?**
  - *Gestione della memoria*
    - Il numero di programmi eseguiti dagli utenti può essere molto grande; si rende necessario la gestione della *memoria virtuale*

usiamo una memoria virtuale per le parti che non sono realmente utili

  - *CPU Scheduling*
    - Lo scheduling deve essere di tipo *preemptive* o *time-sliced*, ovvero sospendere periodicamente l'esecuzione di un programma a favore di un altro
  - *Meccanismi di protezione*
    - La presenza di più utenti rende necessari meccanismi di protezione (e.g. protezione nel file system, della memoria, etc.)

per fare in modo che il sistema sia multiutente (multiuser).
devo quindi far s1i che tutte le richieste vengano controllate dal sistema, verificando se l'utente è autorizzato

Generazione 3 - Storia

- **Compatible Time-Sharing System (CTSS) (1962)**
  - introdusse il concetto di multiprogrammazione
  - introdusse il concetto di time-sharing
  - Codice sorgente rilasciato nel settembre 2004: http://www.piercefuller.com/library/ctss.html?id=ctss

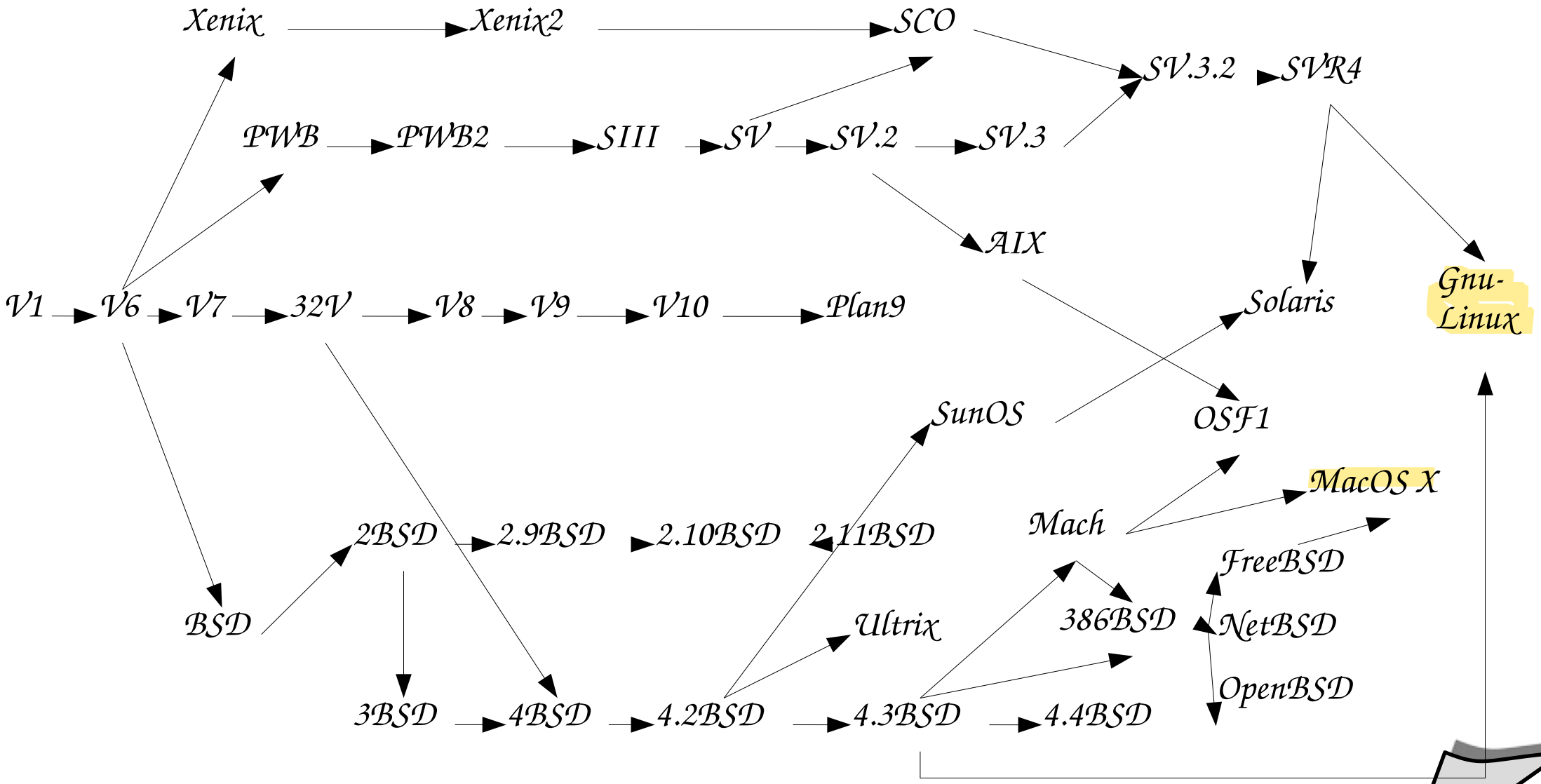
sistema operativo del 1972
-> link funzionante! 😀

- **Multics (1965)**
  - introduzione del concetto di processo
- **Unix (1970)**
  - derivato da CTSS e da Multics
  - sviluppato inizialmente ai Bell-labs su un PDP-7

Unix – Un po' di storia

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

Unix – Un po' di storia



Generazione 4 (1980-) - Personal computer

- **Ancora una frase celebre**
  - Non c'è ragione per cui qualcuno possa volere un computer a casa sua
    (Ken Olson, fondatore di Digital, 1977)
- **Punti chiave**
  - I personal computer sono dedicati a singoli utenti
  - L'obiettivo primario diventa la facilità d'uso
  - Essendo dedicati a singoli utenti, i sistemi operativi per PC sono in generale più semplici
  - Interfacce utente (ma NON fanno parte del S.O.)
  - Grave errore: sottovalutare la sicurezza

le tecniche di protezione, allora già conosciute, non vengono cmq applicate ai PC

Sistemi paralleli

- **Definizione - *Sistema parallelo***
  - un singolo elaboratore che possiede più unità di elaborazione
- **Tassonomia basata sulla struttura**
  - *SIMD - Single Instruction, Multiple Data*
    - Le CPU eseguono all'unisono lo stesso programma su dati diversi
  - *MIMD - Multiple Instruction, Multiple Data*
    - Le CPU eseguono programmi differenti su dati differenti
- **Tassonomia basata sulla dimensione**
  - A seconda del numero (e della potenza) dei processori si suddividono in
    - *sistemi a basso parallelismo*
      pochi processori in genere molto potenti
    - *sistemi massicciamente paralleli*
      gran numero di processori, che possono avere anche potenza non elevata

Sistemi paralleli

- sistemi *tightly* coupled
  - Bus / memoria condivisa
  - Pochi processori / basso livello di parallelismo. Bus: collo di bottiglia
- sistemi *loosely* coupled
  - Processori con memoria privata interconnessi da canali
  - Tanti processori / alto livello di parallelismo.
- Vantaggi dei sistemi paralleli
  - incremento delle prestazioni

Sistemi paralleli

- **Symmetric multiprocessing (SMP)**
  - Ogni processore esegue una copia identica del sistema operativo
  - Processi diversi possono essere eseguiti contemporaneamente
  - Molti sistemi operativi moderni supportano SMP
- **Asymmetric multiprocessing**
  - Ogni processore è assegnato ad un compito specifico; un processore master gestisce l'allocazione del lavoro ai processori slave
  - Più comune in sistemi estremamente grandi

Sistemi distribuiti

- **Definizione - *Sistema distribuito***
  - Sono sistemi composti da più elaboratori indipendenti (con proprie risorse e proprio sistema operativo), collegati da una rete, appaiono come se fossero un unico sistema
- **Vantaggi dei sistemi distribuiti**
  - Condivisione di risorse
  - Suddivisione di carico, incremento delle prestazioni
  - Affidabilità
  - (latenza maggiore rispetto ai sistemi paralleli)

Sistemi distribuiti

- **Sistemi operativi**
  - forniscono condivisione di file
  - forniscono la possibilità di comunicare
  - ogni computer opera indipendentemente dagli altri
- **Sistemi operativi distribuiti**
  - minore autonomia tra i computer
  - dà l'impressione che un singolo sistema operativo stia controllando tutti gli elaboratori che fanno parte del sistema distribuito

Sistemi real-time

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

Sistemi real-time

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