Sistemi Operativi Modulo I

Primo canale (A-L) e Teledidattica

A.A. 2019/2020

Corso di Laurea in Informatica

Nozioni di Base

Igor Melatti

Sapienza Università di Roma
Dipartimento di Informatica

SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Informazioni Generali sul Corso

- Come ben sapete, per il corso in presenza ci sono 2 canali
- Chi è del primo canale fa l'esame con me, chi è del secondo canale fa l'esame con il prof. Tolomei
- Le **uniche** eccezioni ammesse sono quelle relative ai cambi di canale *ufficiali*
  - ovvero, seguendo le istruzioni di `http://www.studiareinformatica.uniroma1.it/laurea/assegnazione-canale/cambio-canale`
- La precedente regola *non* vale per gli studenti in teledidattica, i quali faranno *tutti* l'esame con me, qualsiasi sia il loro cognome

Informazioni Generali sul Corso

- Sistemi Operativi è un corso a 2 facce
  - lo stesso vale anche per Basi di Dati
- Da un punto di vista delle lezioni frontali e delle modalità d'esame, è diviso in 2 corsi indipendenti: modulo 1 e modulo 2
  - modulo 1 adesso, modulo 2 nel secondo semestre
  - 6 CFU per ogni modulo
  - anche i docenti sono diversi
    - il sottoscritto fa eccezione: vi insegnerò anche il modulo 2
- Da un punto di vista della verbalizzazione, è un esame solo
  - su Infostud, troverete solo Sistemi Operativi, senza nessun riferimento ai moduli
  - l'esame verbalizzato vale 12 CFU

Informazioni Generali sul Corso

- Per arrivare a verbalizzare, occorre superare *entrambi* i moduli
  - come detto, occorre fare un esame, con determinate regole, per superare il modulo 1
  - e un *altro* esame, con *altre* regole, per superare il modulo 2
    - di norma, anche con un altro docente; ma voi, come detto, fate eccezione
  - anche le date degli appelli saranno diverse
  - le regole d'esame per ciascun modulo potrebbero prevedere più di una singola prova per ciascun modulo
    - ad es.: scritto un giorno ed orale un altro
- Il voto finale su Infostud sarà la media aritmetica tra gli esami dei 2 moduli

Informazioni Generali sul Corso

- Un po' di conseguenze (valide per chi è in corso, ovvero attualmente all'inizio del secondo anno):
  - non potrete verbalizzare prima di giugno
  - a gennaio e febbraio, che voi superiate o no l'esame, la verbalizzazione su Infostud sarà "Rinuncia"
- Un po' di conseguenze (valide per tutti):
  - se superate lo scritto in un appello, ma ancora non avete fatto il modulo 2, la verbalizzazione sarà "Rinuncia"
  - se per un esame "normale" (non a moduli) ci sono n appelli su Infostud, per Sistemi Operativi ne vedrete $2n$
    - per ogni appello, c'è un esame per il primo modulo e uno per il secondo
    - attenzione: gli appelli del modulo 2 di gennaio/febbraio *non* sono per chi è adesso all'inizio del secondo anno
    - come distinguerli? guardando la descrizione dell'appello e, soprattutto, consultando il sito del corso (ora ci arriviamo)

Informazioni Generali sul Corso

- Validità dei voti dei singoli moduli: c'è una regola semplice
- I moduli possono essere superati in qualsiasi ordine
  - quindi, va bene anche superare prima il modulo 2 e poi il modulo 1
- Una volta superato un modulo, si ha tempo fino all'anno solare successivo per superare anche l'altro
  - ad esempio: se si supera il modulo 1 a gennaio 2020, occorre superare il modulo 2 entro settembre 2021
  - ad esempio: se si supera il modulo 2 a settembre 2020, occorre superare il modulo 1 entro settembre 2021
  - se si ha diritto all'appello straordinario, allora anche novembre 2021
  - ad esempio: se si supera il modulo 1 a settembre 2020, e il modulo 2 a gennaio 2022, occorre nuovamente superare il modulo 1 entro settembre (o novembre) 2023

Informazioni Generali sul Corso

- Da qui in poi, si tratterà solo del primo modulo, primo canale (e teledidattica)
- Docente: Igor Melatti
- Dove potete trovare materiale: `http://twiki.di.uniroma1.it/twiki/view/SO/SO1213AL/SistemiOperativi12CFUModulo1Canale120192020`
  - ci saranno anche informazioni sugli esami ed in generale sull'intero corso
  - invece, da `http://twiki.di.uniroma1.it/twiki/view/SO/SO1213AL/SistemiOperativi12CFUModulo1` si possono trovare informazioni sugli anni passati
- Ogni settimana 2 lezioni per 5 ore complessive

Regole per gli Esami

- Ci sono 5 appelli d'esame nel corso dell'anno, più due "straordinari"
  - uno a gennaio (subito dopo la fine del corso), uno a fine gennaio/inizio febbraio, due a giugno/luglio e uno a settembre 2020
  - i due appelli straordinari (verso novembre il primo e verso aprile il secondo) sono riservati a studenti fuoricorso, ripetenti, part-time e lavoratori
  - l'appello straordinario di novembre fa ancora concettualmente parte dell'A.A. 2018/2019, e sarà quindi gestito con le vecchie regole di esame

Regole per gli Esami

- Per partecipare agli appelli straordinari, occorre seguire le istruzioni pubblicate qui: `http://www.studiareinformatica.uniroma1.it/appelli-d-esame`
- Per gli appelli "normali", è necessaria e sufficiente la prenotazione su Infostud
  - le iscrizioni su Infostud si chiuderanno sempre 2 giorni prima del giorno dello scritto
  - attenzione a distinguere tra appelli per il modulo 1 e il modulo 2
  - i numeri dei verbali sono segnalati sul sito del corso

Regole per gli Esami

- Ciascun appello d'esame è composto da uno scritto e da un orale
- È possibile partecipare a qualsiasi numero di esami (scritti e/o orali) nel corso dell'anno accademico
- Per superare l'esame scritto occorre aver preso almeno 18
  - fa fede il voto dell'*ultimo* esame scritto sostenuto
  - nota bene: questo significa che non superare un esame scritto invalida eventuali esami scritti superati in precedenza
- Il voto dell'esame scritto sarà al massimo 22
  - sono possibili eccezioni a discrezione del docente
- Chiunque abbia superato lo scritto può accettare direttamente il voto dello scritto stesso, senza un esame orale
  - sono possibili eccezioni a discrezione del docente (in caso di dubbio di copiatura)

Regole per gli Esami

- Ogni studente può chiedere di alzare il voto dello scritto tramite un orale
- Chi venga bocciato all'orale dovrà nuovamente superare un esame scritto
- L'orale può essere anche sostenuto (a discrezione dello studente) in un appello diverso da quello in cui ha superato lo scritto
- Occorre sempre iscriversi su Infostud, sia per gli esami scritti che per quelli orali, con la seguente eccezione:
  - se si fa l'esame orale nello stesso appello in cui si fa lo scritto, basta iscriversi una volta sola (prima dello scritto)

Regole per gli Esami: lo Scritto

- Le domande verteranno sempre sull'intero programma del corso
- Si tratta di un compito a quiz da fare direttamente al computer, in laboratorio
- Nel caso in cui ci siano più iscritti all'esame che posti in laboratorio, l'esame si farà in più turni, comunicati sul sito del corso il giorno prima dello scritto
- Ci saranno 25 domande da fare in 30 minuti
- Per ogni domanda, ci sono 4 opzioni, delle quali una sola è vera
- Tutti gli studenti hanno lo stesso compito, ma con le domande (e le opzioni) mischiate
- È possibile consultare copie *cartacee* di libro, slide, appunti
- Niente tablet o cellulari, Internet non disponibile sul computer d'esame

Regole per gli Esami: lo Scritto

- Per ciascuno viene calcolato il punteggio come $2E - S$, con E numero di risposte esatte ed S numero di risposte sbagliate
  - quindi il punteggio va da -25 a 50
- Per assegnare un voto da insufficiente a 22 a ciascun punteggio, si valuteranno i punteggi di tutti i partecipanti all'esame, seguendo (*cum grano salis*) una distribuzione a campana di Gauss
  - conseguenza: se ci sono copiature, molti compiti avranno punteggi vicini, e quindi il voto si abbassa. Morale: non conviene copiare
  - non è necessario rispondere a tutte le domande
  - chi fa il compito migliore rispetto agli altri ha il punteggio più alto

Regole per gli Esami: l'Orale (Facoltativo)

- Per accedere all'orale è necessario aver superato uno scritto
  - anche in appelli precedenti, ma sempre dello stesso anno accademico
- Sarà necessario prenotarsi tramite un apposito form online, immediatamente dopo la fine dell'ultimo turno dello scritto
  - chi non vuole fare l'orale, e non vuole verbalizzare, non deve comunicare nulla
- È possibile prendere 30 e lode partendo da un 18 allo scritto, così come è possible venire bocciati dopo aver preso 22 allo scritto

Regole per gli Esami: l'Orale (Facoltativo)

- L'orale consisterà nello svolgimento e nella discussione di al massimo 3 esercizi sull'intero programma svolto
  - si tratta quindi di un orale con forte componente scritta
  - la parte scritta verrà svolta contemporaneamente da più studenti
    - gruppi di 20-30 studenti
    - possibili ulteriori turni: sempre comunicati sul sito dopo la fine dell'ultimo turno dello scritto
  - tempo massimo assegnato per risolvere gli esercizi: 40 minuti
  - tempo per discussione esercizi: a discrezione del docente
  - differentemente dallo scritto, niente appunti o libri
- Se si abbandona l'esame prima di discuterne lo svolgimento col docente, il voto dello scritto rimane confermato

Regole per gli Esami: l'Orale (Facoltativo)

- *Tutte* le possibili domande per l'orale sono pubblicate con all'incirca un mese di anticipo sulla sessione d'esame
  - all'indirizzo `http://151.100.17.236/~melatti/so1_domande/orali.html`
- Ci sono 3 fasce di domande: da 4, da 8 e da 12 punti
  - risolvere e discutere correttamente una domanda da x punti comporta un'aggiunta di x sul voto dello scritto
  - per esempio, risolvendo e discutendo correttamente solo la domanda da 8 punti a partire da uno scritto con 19, si ottiene 27 come voto finale (per il solo modulo 1, ovviamente)
  - sta allo studente scegliere a quante e a quali domande rispondere
  - per ogni compito, ci sarà 1 domanda per ciascuna fascia
- Le domande per l'orale potranno subire aggiunte per le sessioni estiva ed autunnale

Regole per gli Esami: Tempistica

Per ogni appello:

1. si fa lo scritto la mattina
   - eventualmente su più turni, ciascuno della durata di 45 minuti
2. circa 15 minuti dopo la fine dell'ultimo turno, i risultati vengono pubblicati sul sito del corso, insieme al form di iscrizione all'orale
   - si potrà anche chiedere la verbalizzazione col voto dello scritto, ma solo se si è già superato il modulo 2 nei giusti tempi
   - per chi ha appena fatto lo scritto, basta inviare un'email dal proprio account istituzionale; altrimenti, è richiesta la presenza
3. si fanno gli orali
   - eventualmente su più turni
   - con eventuale verbalizzazione
4. si fa la correzione (individuale) dello scritto
   - solo su esplicita richiesta; possibile anche prendere appuntamento per email

Regole per gli Esami a Distanza

- Alcuni appelli d'esame dovranno essere svolti a distanza
  - sono indicati sulla pagina twiki del corso
- Le regole sono le stesse, cambiano le modalità
- Le iscrizioni su infostud si chiuderanno almeno 3 giorni prima
- Le modalità effettive dell'esame saranno comunicate tramite email istituzionale ai soli studenti iscritti
- Gli orali potrebbero svolgersi, a discrezione del docente, in modalità semplificata
  - anziché scrivere la soluzione ai quesiti proposti e poi discuterli oralmente, si scrive e si discute direttamente con il docente
  - in tale modalità, è possibile ritirarsi (senza conseguenze sul voto dello scritto) dopo aver visto le domande

Esami a Distanza: Prerequisiti Hardware

- PC (portatile o fisso) con webcam, microfono e altoparlanti (o cuffie)
- Smartphone (o anche tablet)
- Connessione Internet stabile attiva su entrambi i dispositivi
- Tutti i dispositivi devono essere collegati all'alimentazione elettrica durante l'esame
- Un documento di riconoscimento in corso di validità

Esami a Distanza: Prerequisiti Software

- Lo smartphone deve essere configurato, per tutta la durata dell'esame, in modo che non vada in sleep
  - si può fare o con app come wakey, o configurando opportunamente le impostazioni
- Un browser sul PC; accertarsi di essere in grado di eseguire GoogleMeet a partire dal proprio account di posta istituzionale (@studenti.uniroma1.it)
- L'applicazione Zoom sul PC (nota bene: per gli scopi dell'esame, non è possibile utilizzarla da browser)
- L'applicazione Zoom sullo smartphone
- Copie *cartacee* degli appunti del corso, o libri di testo
- Un'applicazione di posta elettronica (anche su browser) configurata sull'account istituzionale, sia sul PC che sullo smartphone.

Esami a Distanza: Fallimento Prerequisiti

- Chi non soddisfa tali requisiti minimi, non può partecipare all'esame a distanza da casa
- Se però ha la possibilità di recarsi personalmente nelle strutture della Sapienza, può chiedere che gli venga assegnata una postazione dalla quale connettersi e fare l'esame
  - in tale postazione, non è richiesto l'uso dello smartphone per il controllo ambientale
- A tal proposito, è necessario fare una richiesta scritta e motivata alla segreteria didattica (segr.didattica@di.uniroma1.it) il più presto possibile

Sistemi Operativi: Esempi

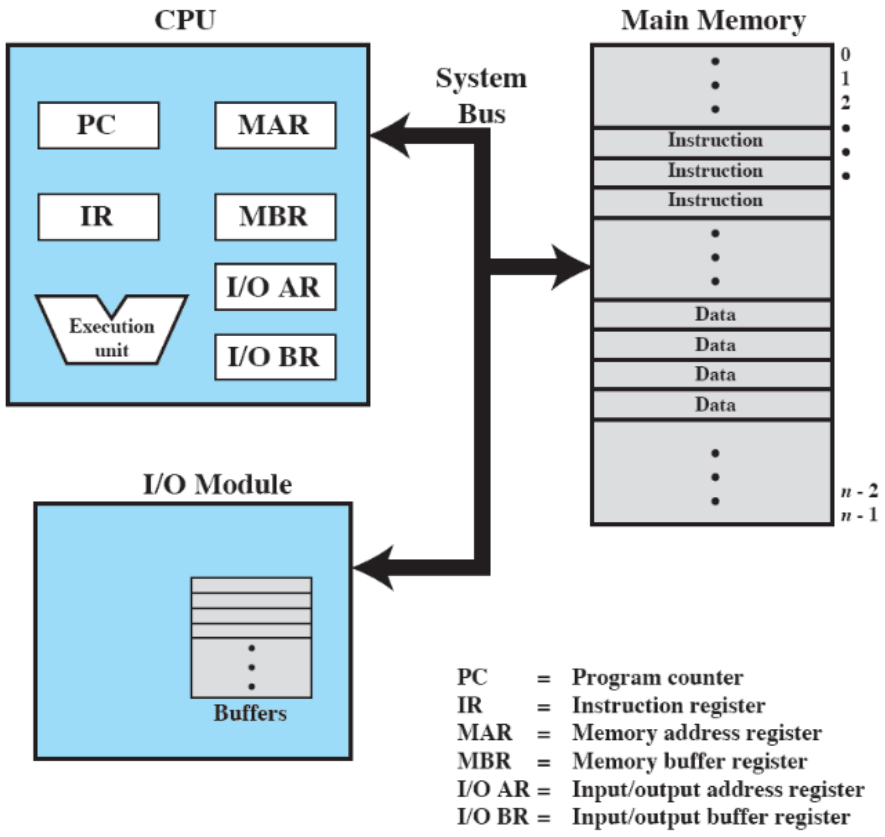
- Windows
  - ultima versione: Windows 10
- macOS
  - ultima versione: macOS Mojave
- Linux Ubuntu
  - ultima versione: Ubuntu 19.04 (Disco Dingo)
- Windows Phone, iOS, Android

Sistema Operativo

- Sfrutta le risorse hardware di un sistema computerizzato
  - uno o più processori
  - memoria primaria (RAM)
  - memoria secondaria (dischi)
  - dispositivi di input/output

- Il tutto per fornire un insieme di servizi agli utenti
  - in particolare: offre un ambiente di esecuzione "facilitato" alle applicazioni utente

Componenti di un Computer



Nozioni di Base: Parti Principali

- Processore
  - il cervello del computer: si occupa di tutte le computazioni
- Memoria Principale
  - volatile: se si spegne il computer, se ne perde il contenuto
  - talvolta chiamata memoria reale o primaria
- Moduli di input/output
  - dispositivi di memoria secondaria (dischi...), non volatile
  - dispositivi per la comunicazione (schede di rete...)
  - altri dispositivi: tastiera, monitor, stampante, mouse, ...
- "Bus" di sistema
  - mezzo per far comunicare tra loro le parti interne del computer: processori, memoria principale, e moduli di input/output

Registri del Processore

- Registri visibili dall'utente
  - usati o da chi programma in assembler o dai compilatori di linguaggi *non* interpretati
  - obbligatori per alcune istruzioni su alcuni processori
  - facoltativi per ridurre accessi alla memoria principale
  - linguaggi compilati ("vecchi"): C, C++, Fortran; linguaggi interpretati ("nuovi"): Python, Java
- Registri di controllo e di stato
  - usati dal processore per controllare l'uso del processore stesso
  - usati da funzioni privilegiate del SO per controllare l'esecuzione dei programmi
- Registri "interni"
  - usati dal processore tramite microprogrammazione
  - comunicazione con memoria ed I/O

Registri Visibili dall'Utente

- Gli unici che possono essere usati *direttamente* (con il loro nome) quando si programma in linguaggio macchina (o assembler), ad es.:
  - `mov $5, %eax` (Pentium con sintassi AT&T)
  - `li $t1, 5` (MIPS, ad es. R3000A nella PlayStation)
- Possono contenere dati o indirizzi
- Nel caso contengano indirizzi, possono essere
  - puntatori diretti
  - registri-indice: per ottenere l'indirizzo effettivo, occorre aggiungere il loro contenuto ad un indirizzo base
  - puntatori a segmento: se la memoria è divisa in segmenti, contengono l'indirizzo di inizio di un segmento
    - es.: `cs`, `ds`, `ss`, `es`, `fs`, `gs` nel Pentium
  - puntatori a stack: puntano alla cima di uno stack
    - es.: `esp` per Pentium, `$sp` per MIPS

Registri Interni

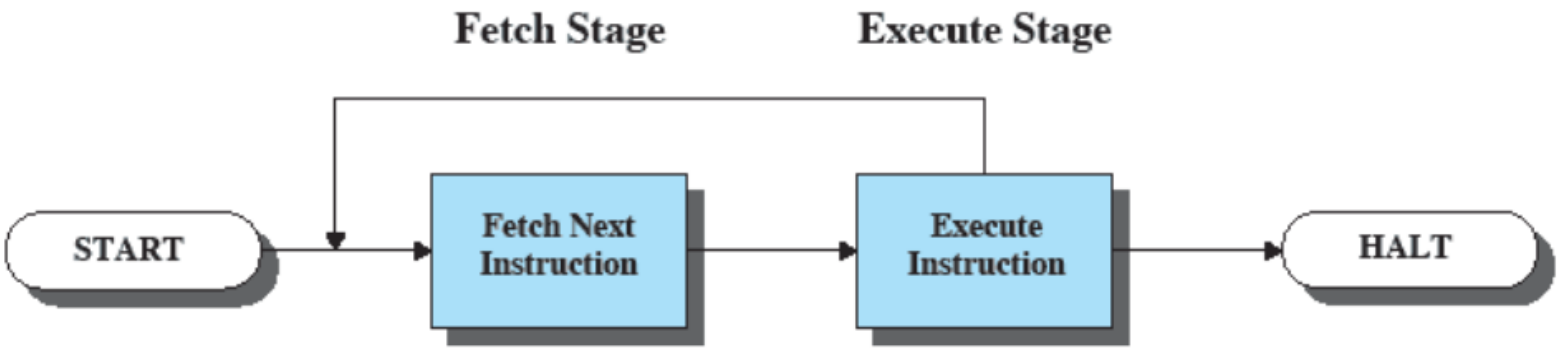
- Registro dell'indirizzo di memoria
  - Memory Address Register, o MAR
  - contiene l'indirizzo della prossima operazione di lettura/scrittura
- Registro di memoria temporanea
  - Memory Buffer Register, o MBR
  - contiene i dati da scrivere in memoria, o fornisce lo spazio dove scrivere i dati letti dalla memoria
- Registro dell'indirizzo di input/output
  - I/O address register
- Registro di memoria temporanea per l'input/output
  - I/O buffer register

Registri di Controllo e Stato

- Contatore di Programma (Program Counter, o PC)
  - contiene l'indirizzo di un'istruzione da prelevare dalla memoria
- Registro di Istruzione (Instruction Register, o IR)
  - contiene l'istruzione prelevata più di recente
- Stato di Programma (Program Status Word, o PSW)
  - contiene le informazioni di stato, ad es: interrupt disabilitati
- Codici di condizione (o flag)
  - singoli bit settati dal processore come risultato di operazioni
  - esempi: risultato positivo, negativo, zero, overflow, ...
- Vengono usualmente letti/modificati in modo *implicito* da opportune istruzioni assembler
  - esempio: una jump modifica il PC
- Nel Pentium sono considerati registri di controllo anche quelli per la gestione della memoria
  - ad esempio, i registri `cr0` ... `cr4` gestiscono le tabelle delle pagine
  - un bit di `cr0` abilita la paginazione tout-court

Esecuzione di Istruzioni

- Due passi
  - Il processore legge (preleva, fase di fetch) istruzioni dalla memoria (principale)
  - Il processore esegue ogni istruzione prelevata



Prelievo ed Esecuzione di Istruzioni

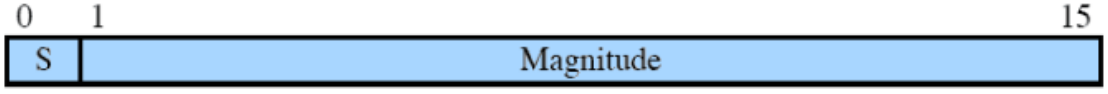
- Il processore preleva l'istruzione dalla memoria principale
- Il PC mantiene l'indirizzo della prossima istruzione da prelevare
- Il PC è incrementato dopo ogni prelievo
- Se l'istruzione contiene una jump, il PC verrà ulteriormente modificato dall'istruzione stessa

Registro dell'Istruzione

- L'istruzione prelevata viene caricata nell'IR
- Categorie di istruzioni
  - Scambio dati tra processore e memoria
  - Scambio dati tra processore e input/output
  - Manipolazione di dati
    - include operazioni aritmetiche
    - solitamente solo con registri, ma in alcuni processori anche direttamente in RAM
  - Controllo
    - modifica del PC tramite salti condizionati o non
  - Operazioni riservate
    - disabilitazione interrupt
    - disabilitazione cache

Caratteristiche di una Macchina Ipotetica

(a) Instruction format



(b) Integer format

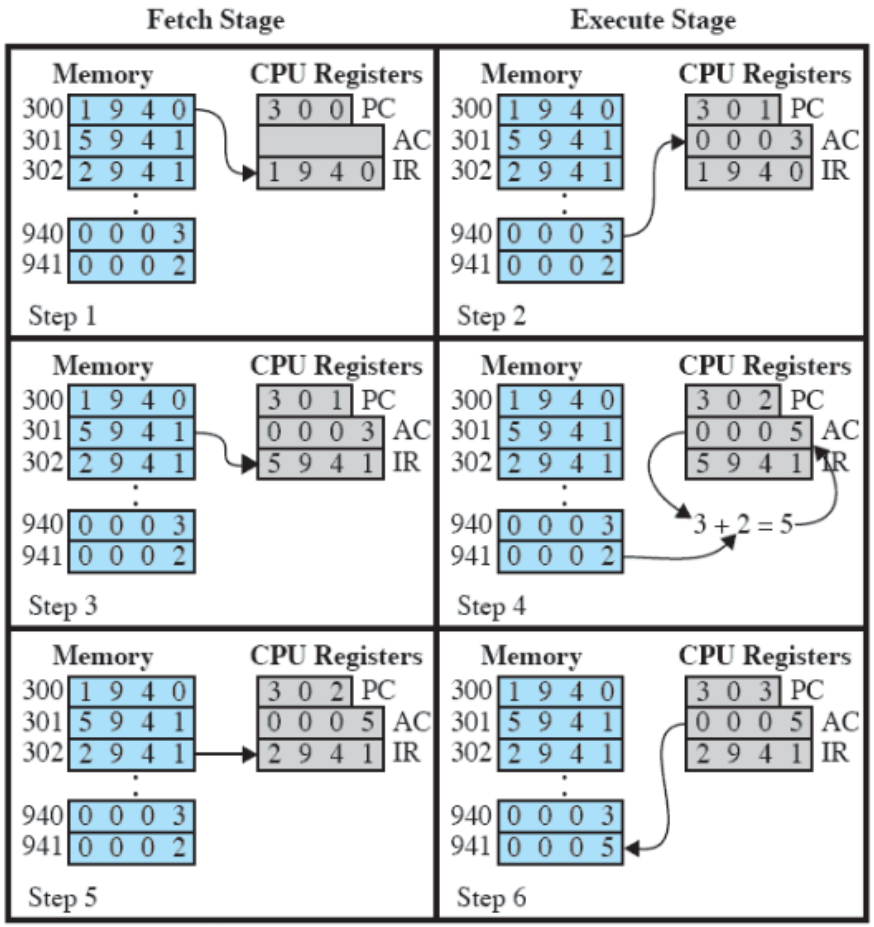
Program counter (PC) = Address of instruction
Instruction register (IR) = Instruction being executed
Accumulator (AC) = Temporary storage

(c) Internal CPU registers

0001 = Load AC from memory
0010 = Store AC to memory
0101 = Add to AC from memory

(d) Partial list of opcodes

Esempio di Esecuzione di un Programma



Interruzioni

- Interrompono la normale esecuzione sequenziale del processore
  - come conseguenza, viene eseguito del software “di sistema”, che tipicamente non è stato scritto dall’utente che sta eseguendo un certo programma
- Le cause sono molteplici, e danno luogo a diverse *classi* di interruzioni:
  - da I/O
  - da fallimento hardware
  - da programma
  - da timer

Classi di Interruzioni *Asincrone*

- Interruzioni da input/output
  - generate dal controllore di un dispositivo di input/output
  - per la maggior parte, i dispositivi di input/output sono più lenti del processore
  - quindi, il processore deve mettersi in pausa per aspettare che il dispositivo completi l'operazione corrente
  - segnalano il completamento o l'errore di un'operazione di I/O
- Interruzioni da fallimento HW
  - Improvvisa mancanza di potenza (power failure)
  - errore di parità nella memoria
- Interruzioni da comunicazione tra CPU
  - per sistemi dove ce n'è più d'una
- Interruzioni da timer
  - generate da un timer interno al processore
  - permettono al sistema operativo di eseguire alcune operazioni ad intervalli regolari
- Per processori Intel, gli *interrupt* sono solo questi

Classi di Interruzioni *Sincrone*

- Interruzioni di programma, causate principalmente da:
  - overflow
  - divisione per 0
    - per Intel, anche quando si fa $\frac{-2^{31}}{-1}$
  - debugging: single step o breakpoint
  - riferimento ad indirizzo di memoria fuori dallo spazio disponibile al programma
  - riferimento ad indirizzo di memoria momentaneamente non disponibile
    - memoria virtuale: ci ritorneremo
  - tentativo di esecuzione di un'istruzione macchina errata
    - opcode illegale, oppure operando non allineato
  - tentativo di serializzare 2 eccezioni non serializzabili (raro)
  - chiamata a *system call* (molto spesso)
- Per processori Intel, queste vengono chiamate *exception*

Interruzioni ed Istruzione di Ritorno

- Per le interruzioni asincrone, una volta che l'handler è terminato, si riprende dall'istruzione subito successiva a quella dove si è verificata l'eccezione
  - in realtà, potrebbe succedere che ci sia un *process switch*, ma ne parleremo nelle prossime lezioni
  - comunque, quando la computazione ritornerà al processo interrotto, si ricomincia dall'istruzione successiva
- con le eccezioni sincrone, non è detto
  - *faults*: errore correggibile, viene *rieseguita la stessa istruzione*
    - es.: page fault
  - *aborts*: errore non correggibile, computazione terminata
    - es.: segmentation fault
  - *traps* e *system calls*: si continua dall'istruzione successiva
    - es. per traps: debugging

Fase di Interruzione

- Ad ogni ciclo fetch-execute, viene anche controllato se c'è stata un'interruzione (o una exception)
- Se così è, il programma viene *sospeso* e viene eseguita una funzione che gestisce l'interruzione (interrupt-handler routine)

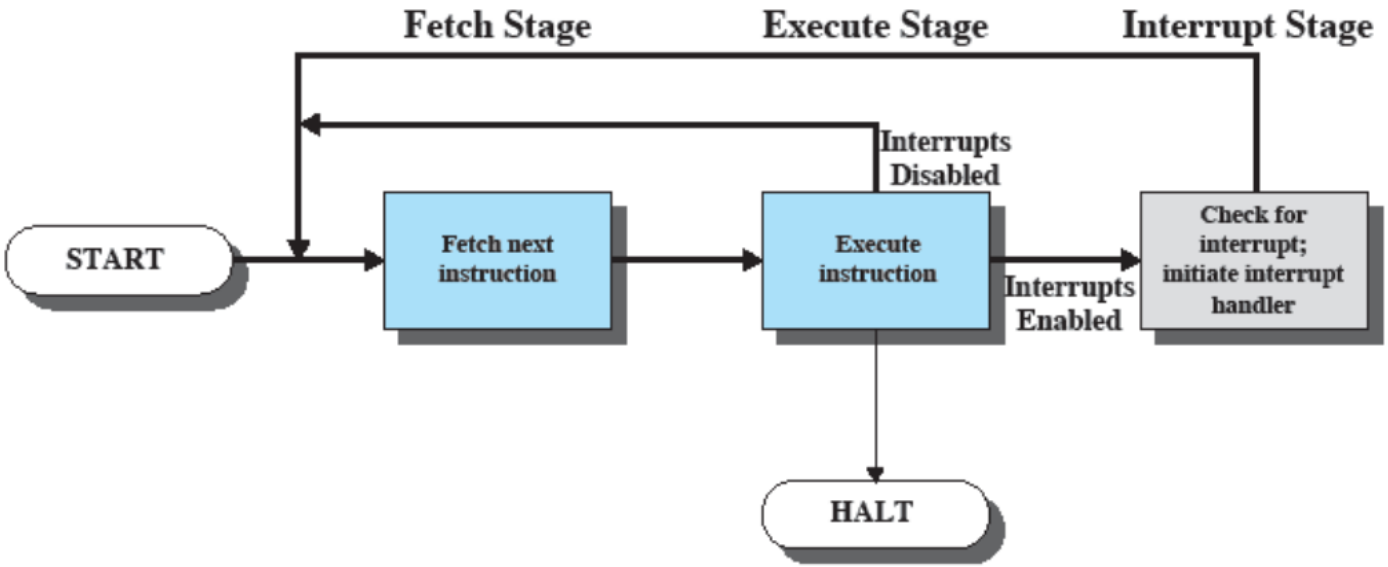
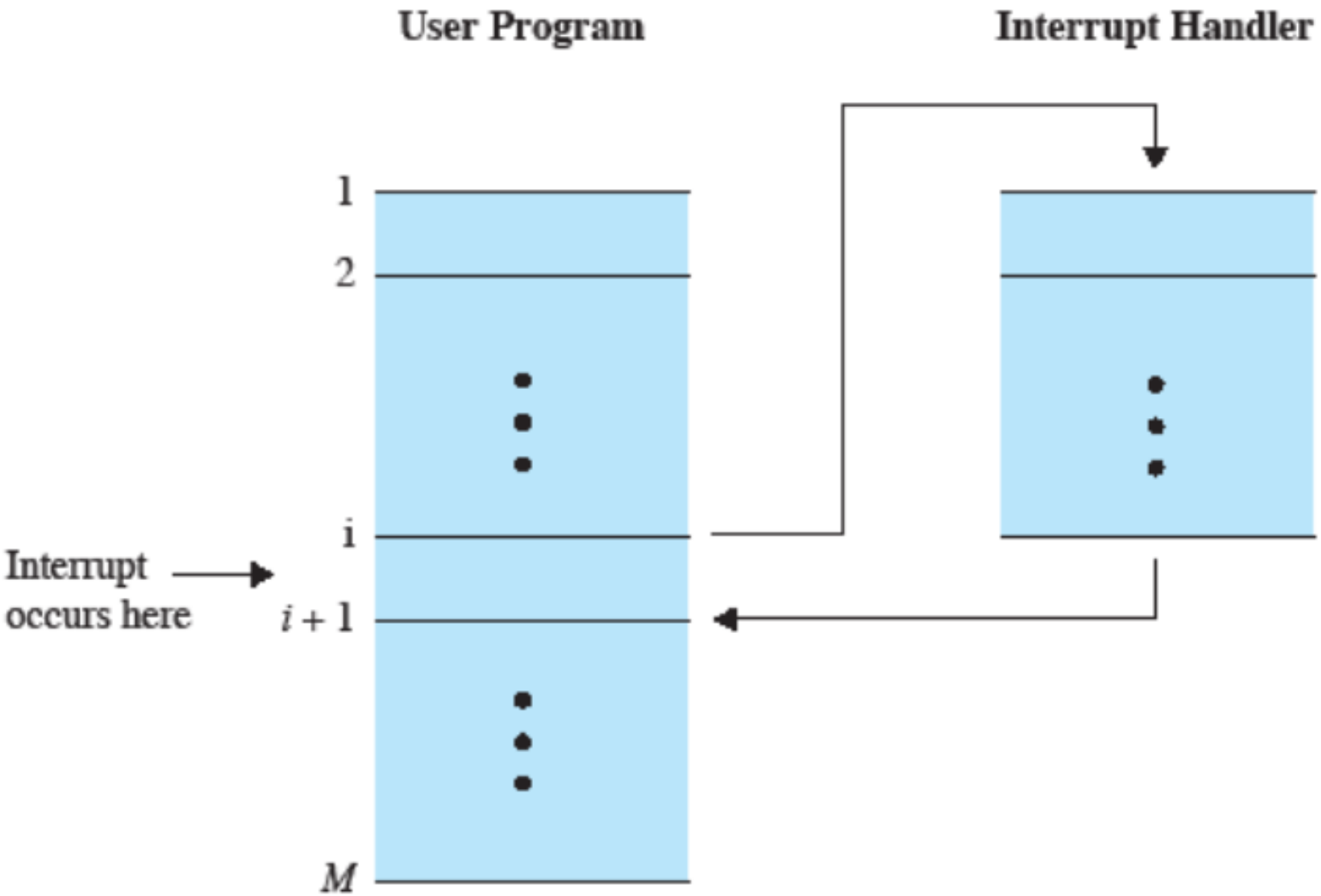


Figure 1.7 Instruction Cycle with Interrupts

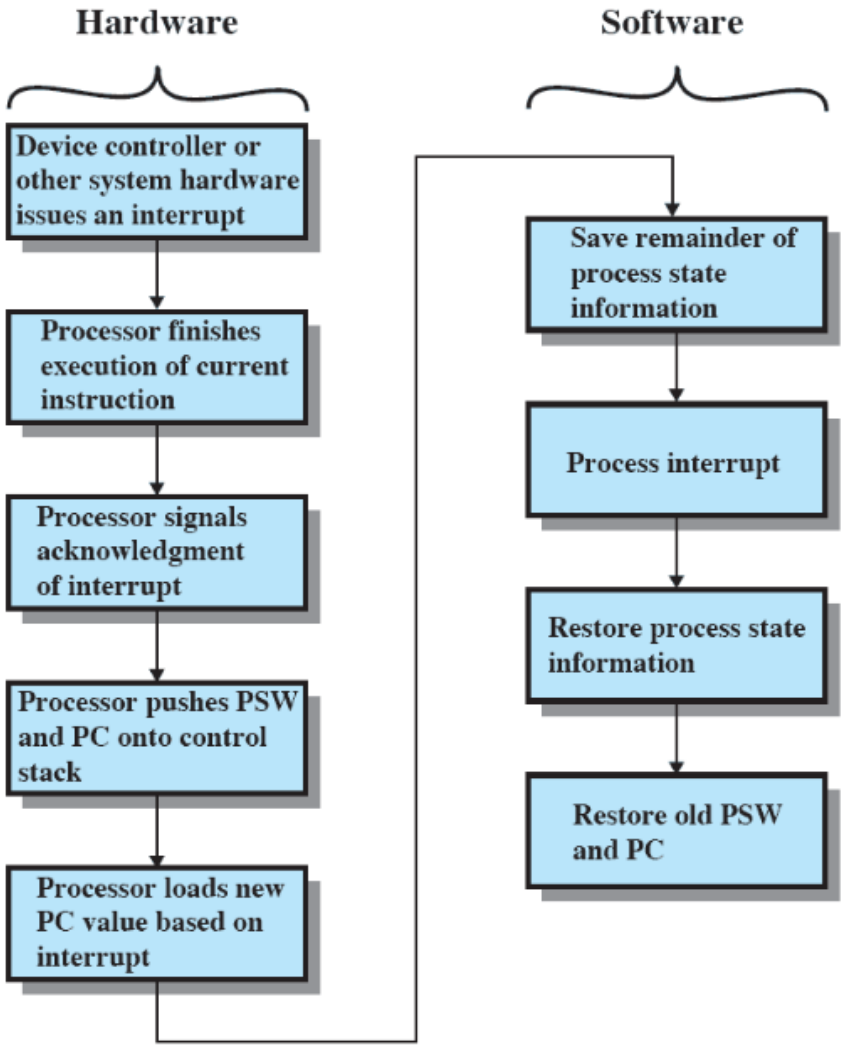
Interruzioni: Trasferimento del Controllo

- L'interrupt handler è una funzione particolare: nel programma utente non era prevista
- Sistema operativo e hardware collaborano per salvare le informazioni (almeno registro di stato e program counter) e settare il program counter
  - normalmente, questo lo fa o il programmatore (se scrive direttamente in assembler) o il compilatore: è una chiamata a funzione
  - non è stata scritta dal programmatore, ma fin qui niente di così strano (esistono le librerie...)
  - il fatto è che, nel punto in cui avviene questa "chiamata", il programma utente non prevedeva affatto di effettuare la chiamata all'interrupt handler!
  - soprattutto per le interruzioni "vere"; per le eccezioni, almeno si sa che è possibile che vengano sollevate
  - per funzioni "normali" salvare anche il registro di stato è solitamente superfluo, qui può essere importante

Interruzioni: Trasferimento del Controllo



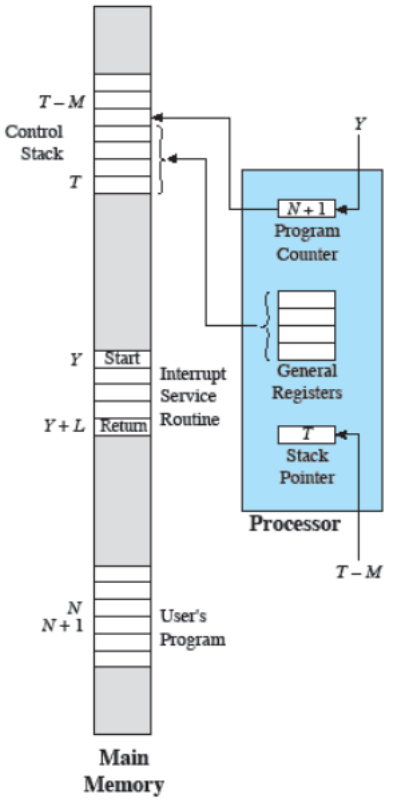
Interruzioni: Trasferimento del Controllo



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Interruzioni: Modifiche a Memoria e Registri

Il processore sta eseguendo l'istruzione all'indirizzo N quando arriva un'interruzione, da gestire con l'handler all'indirizzo Y

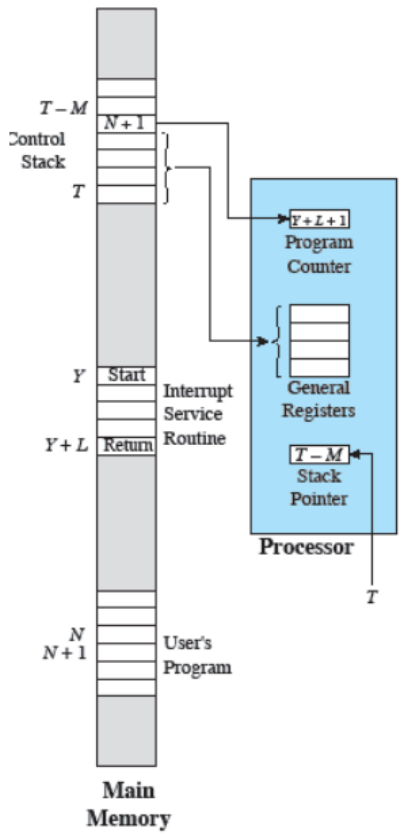


(a) Interrupt occurs after instruction at location N

SAPIENZA UNIVERSITÀ DI ROMA

Interruzioni: Modifiche a Memoria e Registri

L'handler è completato, si torna all'indirizzo $N + 1$
Se l'interruzione era una *fault* correggibile, si torna all'indirizzo N
(es.: dopo un page fault)



(b) Return from interrupt

Interruzioni Disabilitate

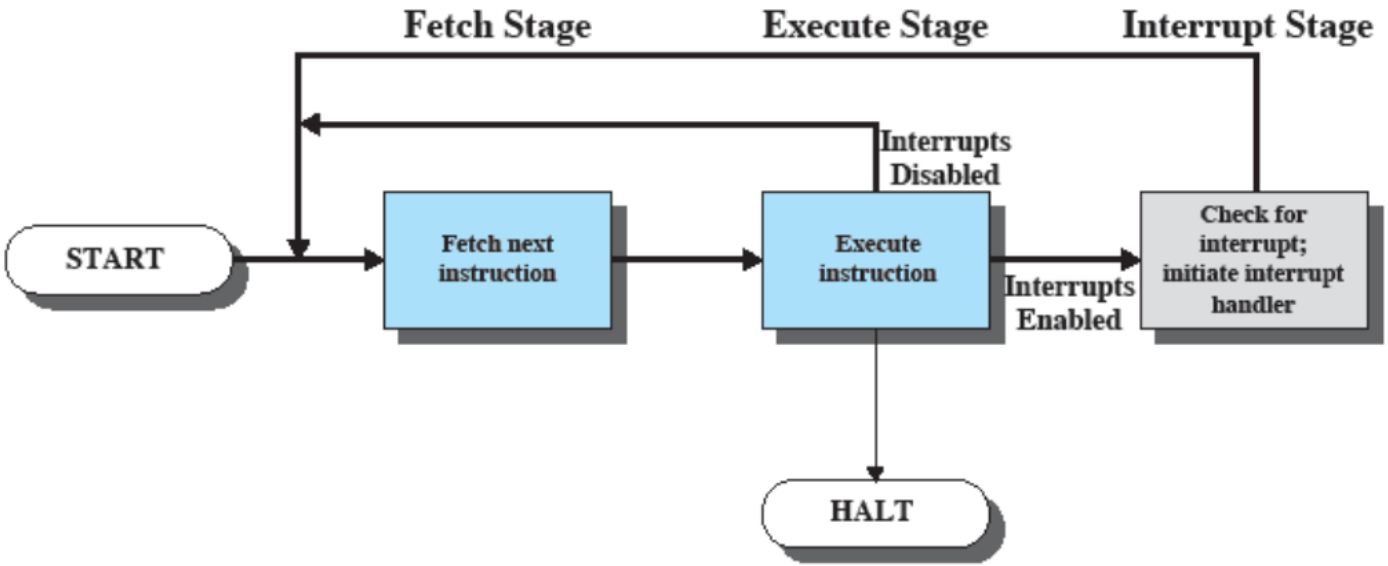
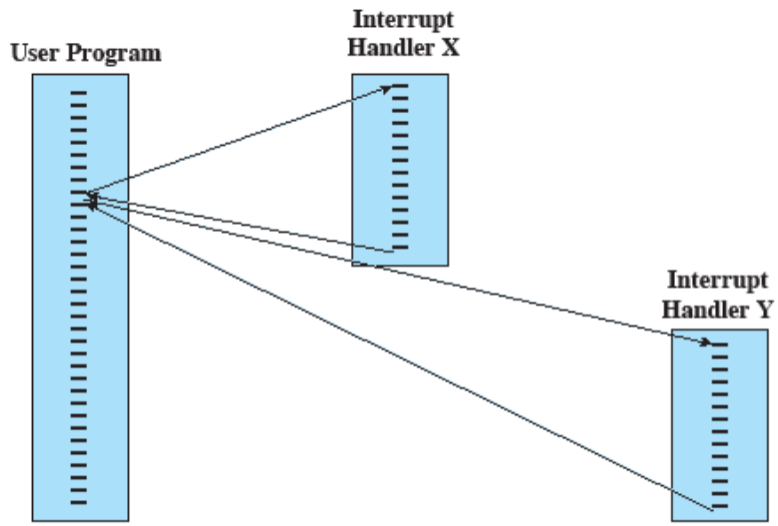
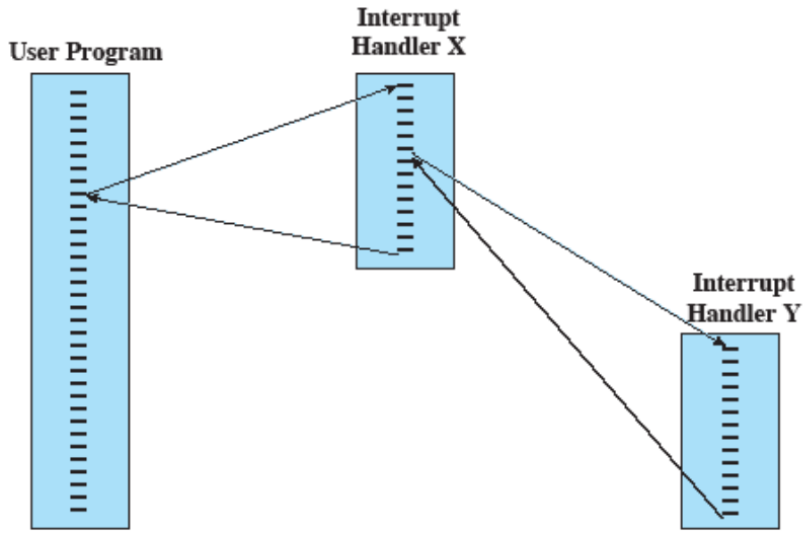


Figure 1.7 Instruction Cycle with Interrupts

Interruzioni: Sequenziali ed Annidate

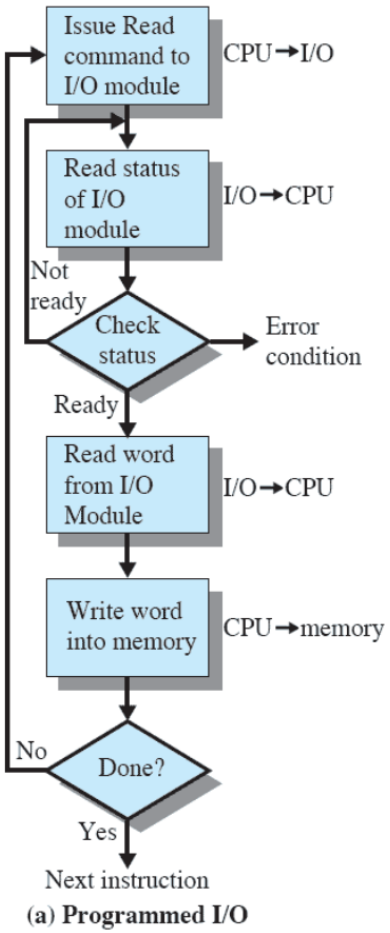


(a) Sequential interrupt processing



(b) Nested interrupt processing

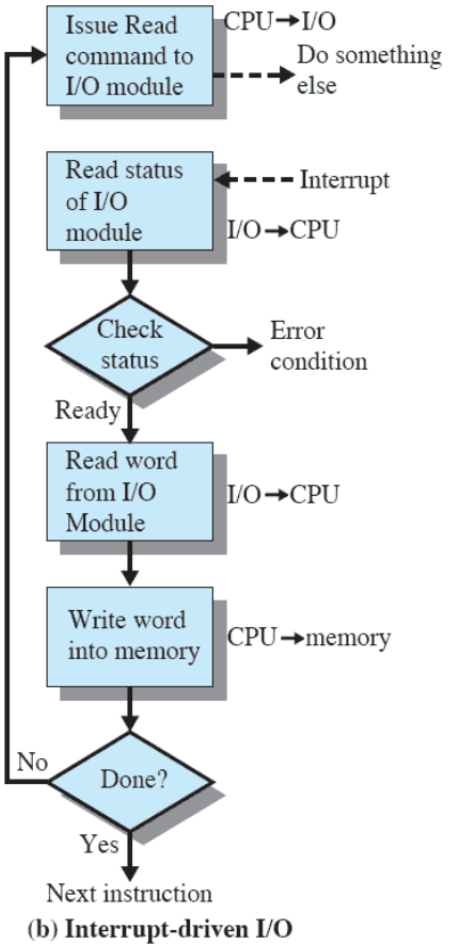
I/O Programmato



(a) Programmed I/O

- Il più vecchio modo di fare I/O
- L'azione viene effettuata dal modulo di I/O, non dal processore
- Setta i bit appropriati sul registro di stato dell'I/O
- Niente interruzioni
- Il processore controlla lo status finché l'operazione non è completa

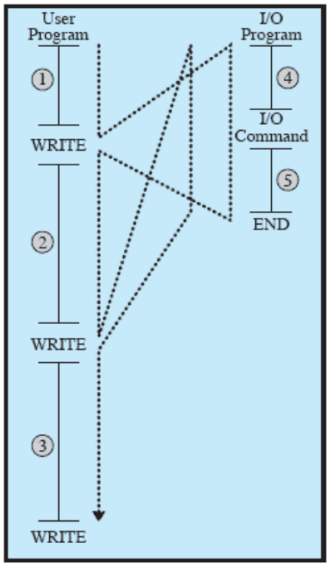
I/O da Interruzioni



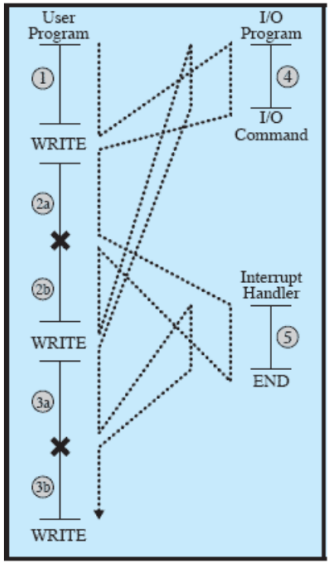
(b) **Interrupt-driven I/O**

- È un modo un po' più moderno per fare I/O
- Il processore viene interrotto quando il modulo I/O è pronto a scambiare dati
- Il processore salva il contesto del programma che stava eseguendo e comincia ad eseguire il gestore dell'interruzione
- Non c'è inutile attesa
- Tuttavia, consuma molto tempo di processore, dal momento che ogni singolo dato letto o scritto deve passare per il processore

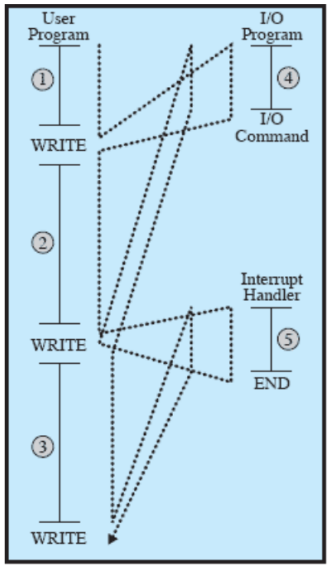
Programma: Flusso di Controllo



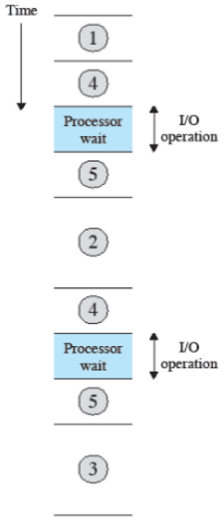
(a) No interrupts

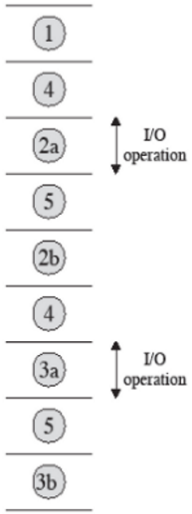


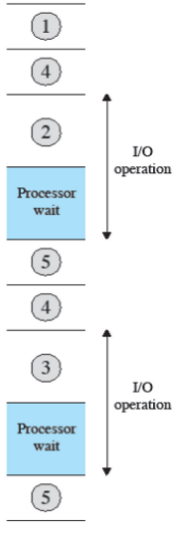
(b) Interrupts; short I/O wait



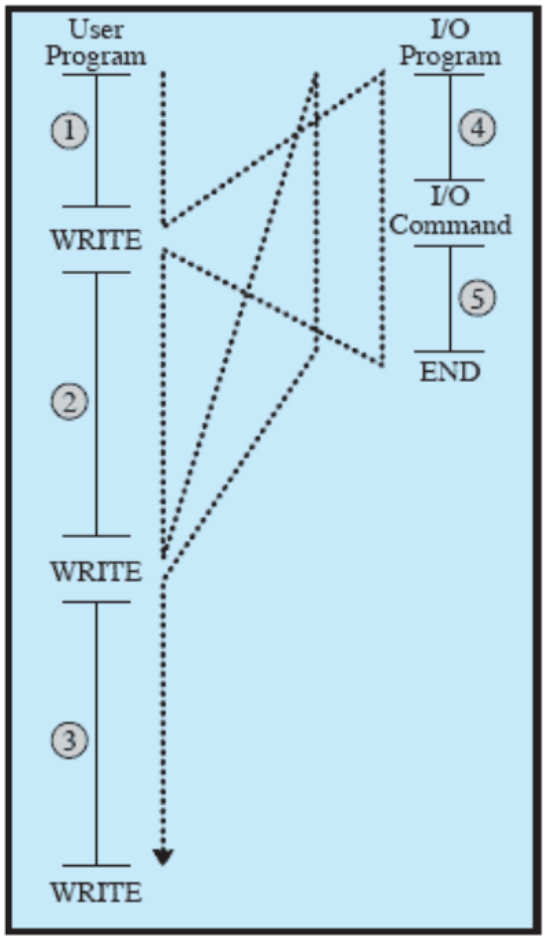
(c) Interrupts; long I/O wait



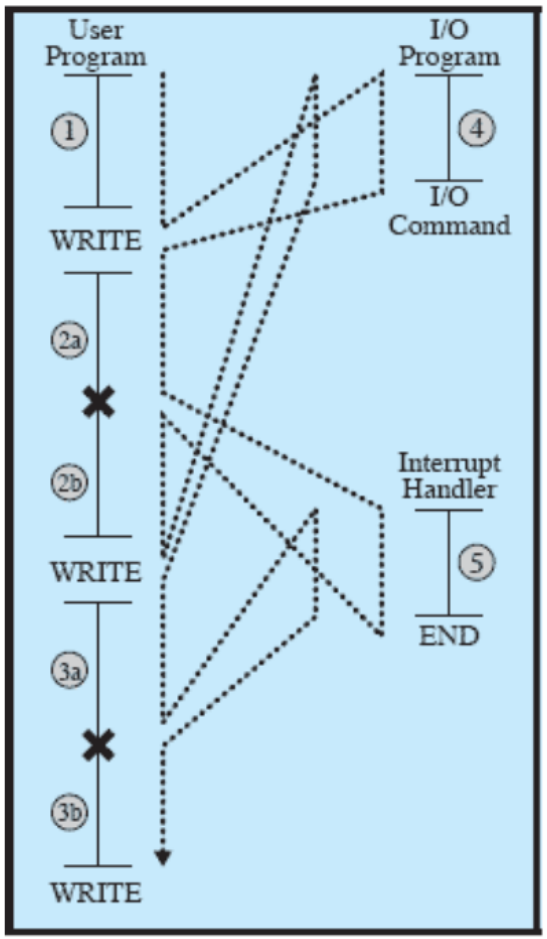




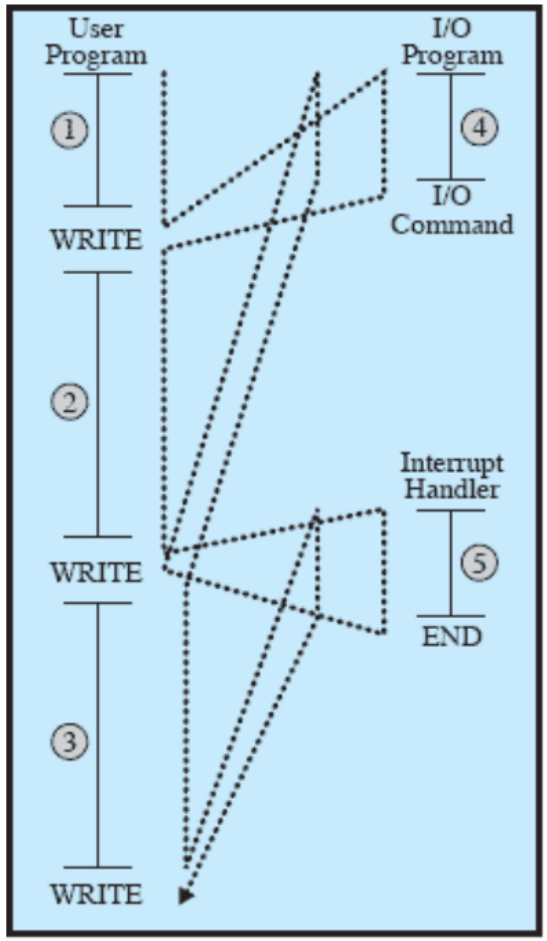
Programma: Flusso di Controllo



(a) No interrupts

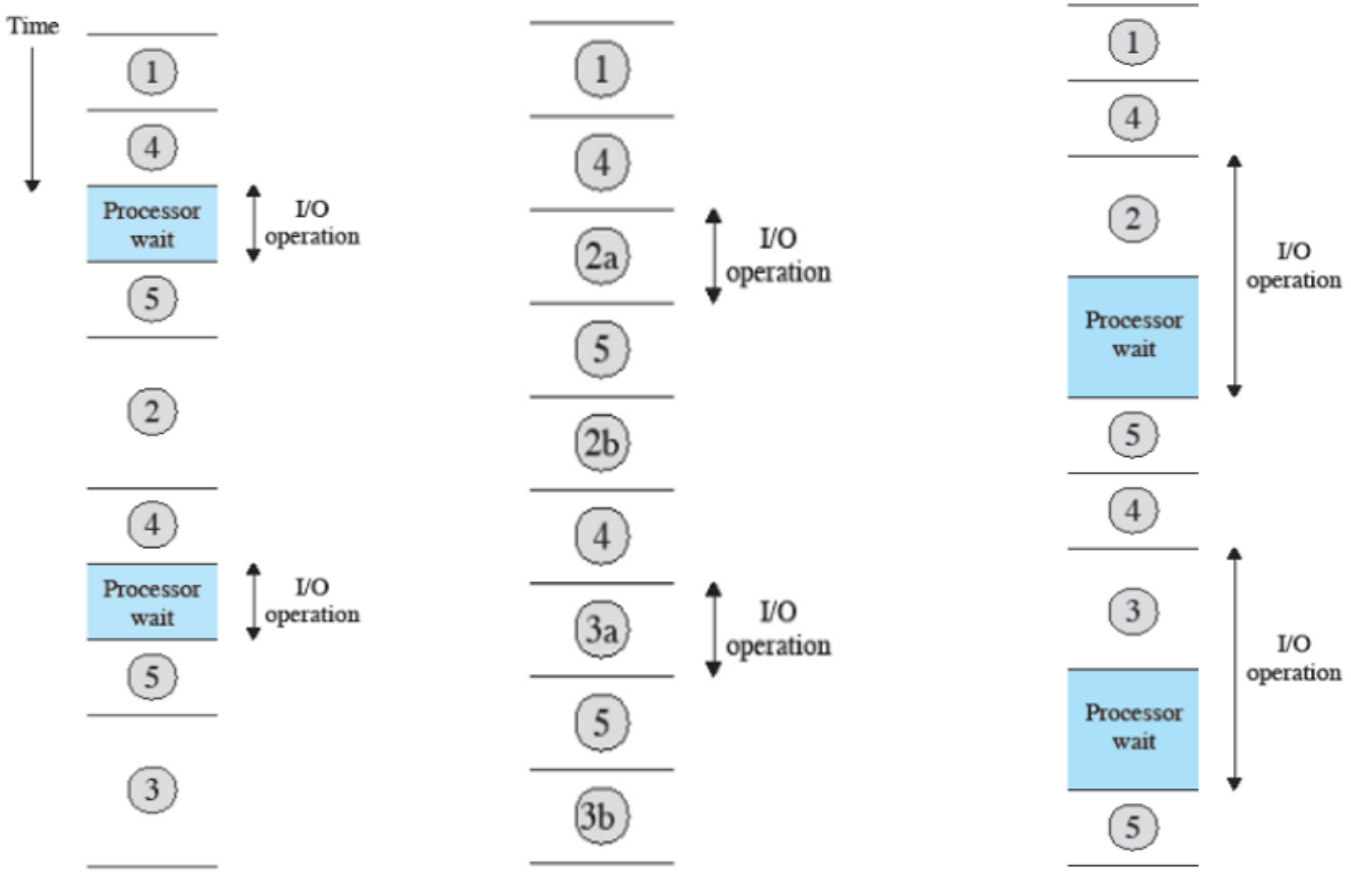


(b) Interrupts; short I/O wait

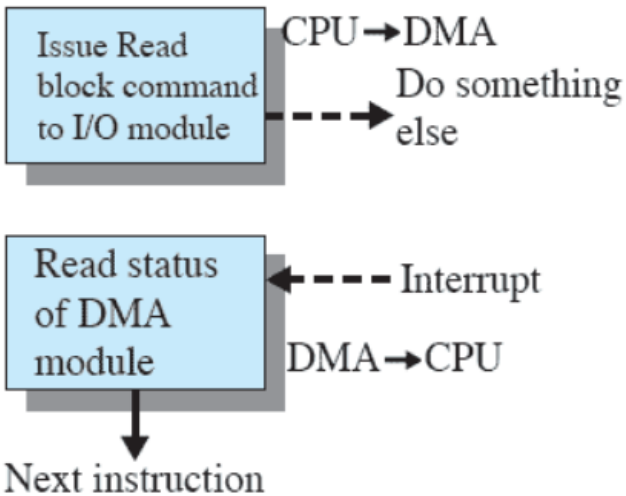


(c) Interrupts; long I/O wait

Programma: Flusso di Controllo



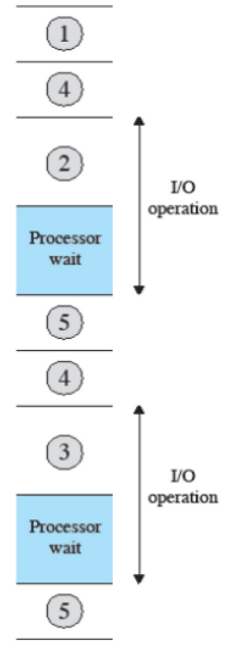
Accesso Diretto in Memoria



(c) Direct memory access

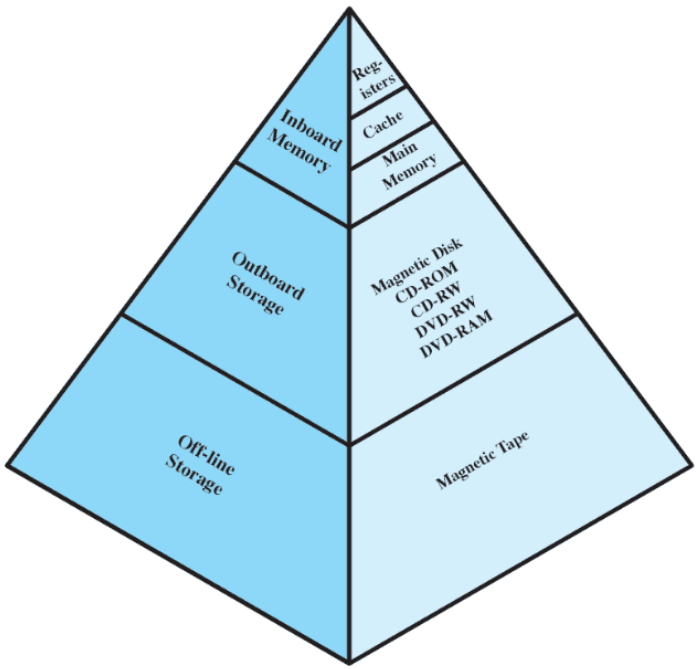
- È il metodo di I/O usato nei computer attuali
- Le istruzioni di I/O tipicamente richiedono di trasferire informazioni tra dispositivo di I/O e memoria
- Trasferisce un blocco di dati direttamente dalla/alla memoria
- Un'interruzione viene mandata quando il trasferimento è completato
- Più efficiente

Multiprogrammazione



- Un processore deve eseguire più programmi contemporaneamente
- La sequenza con cui i programmi sono eseguiti dipende dalla loro priorità e dal fatto che siano o meno in attesa di input/output
- Alla fine della gestione di un'interruzione, il controllo potrebbe non tornare al programma che era in esecuzione al momento dell'interruzione

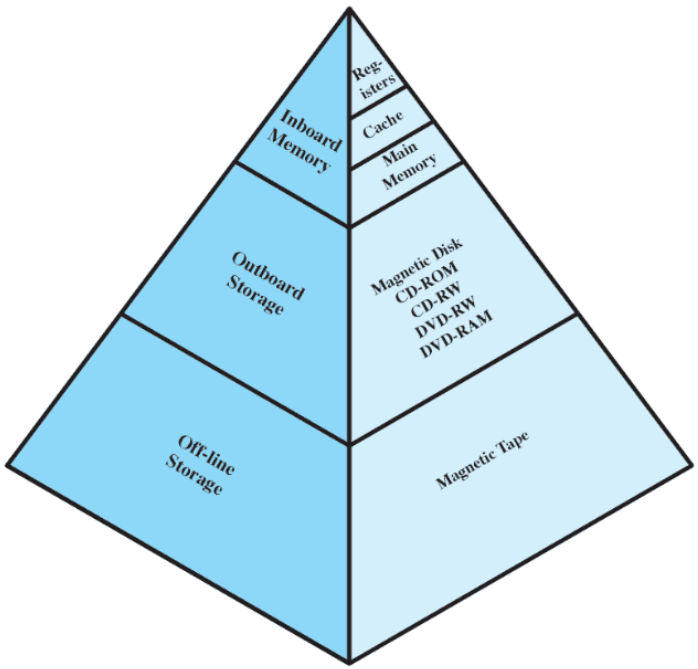
Gerarchia della Memoria



Dall'alto verso il basso

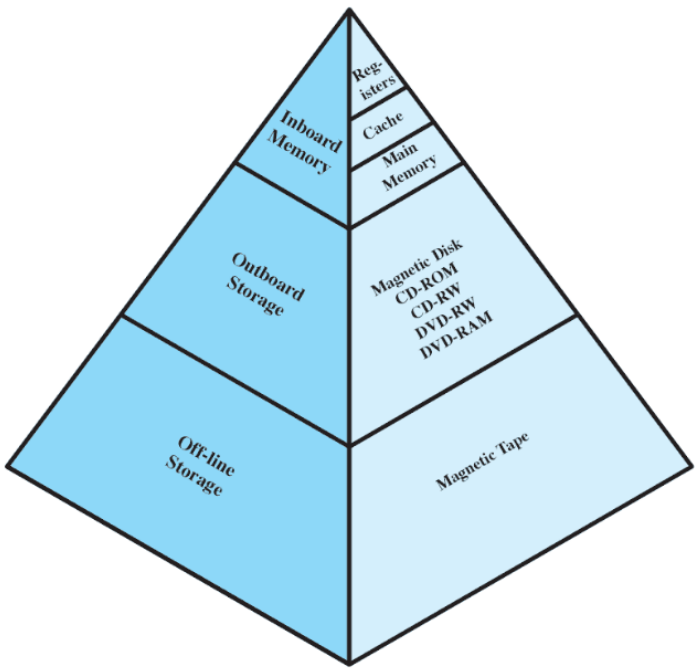
- Diminuisce la velocità di accesso
- Diminuisce il costo al bit
- Aumenta la capacità
- Diminuisce la frequenza di accesso alla memoria da parte del processore

Gerarchia della Memoria: Memoria Secondaria



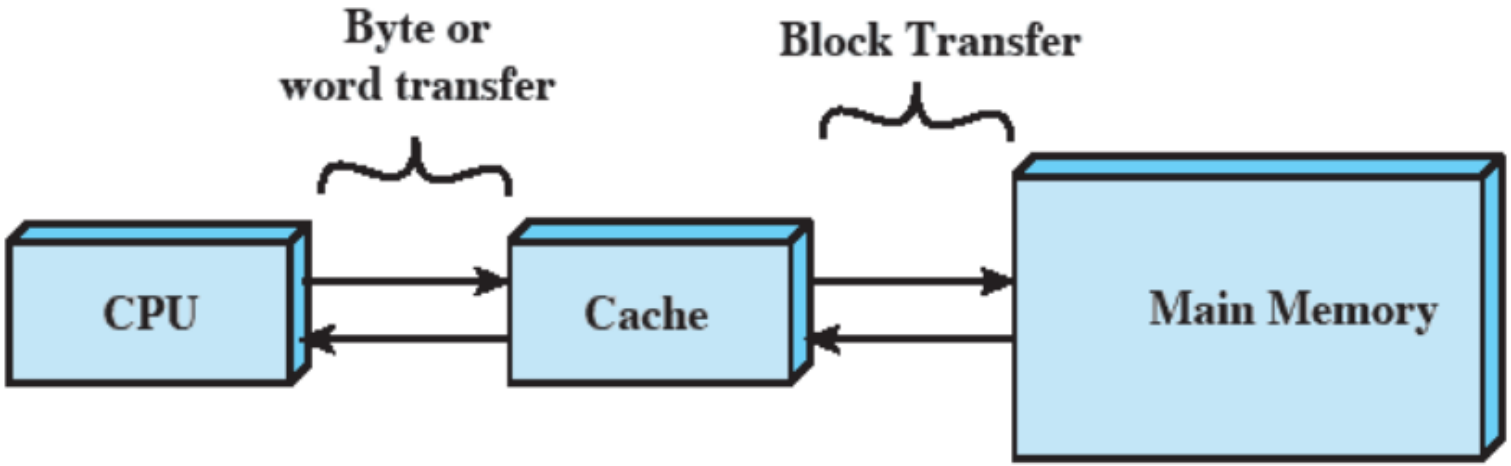
- Corrisponde all'outboard e all'offline storage
- Memoria "ausiliaria" ed "esterna"
- Non volatile: se si spegne il computer, il contenuto rimane
- Usata per memorizzare i files contenenti programmi o dati

Gerarchia della Memoria: Memoria Cache



- Anche nell'inboard memory ci sono importanti differenze di velocità
- Infatti, la velocità del processore è maggiore della velocità di accesso alla memoria principale
- Per evitare eccessivi tempi di attesa, tutti i computer hanno una memoria cache
- Memoria piccola e veloce, che sfrutta il principio di località

Cache e Memoria Principale



Cache: Nozioni di Base

- Contiene copie di porzioni della memoria principale
- Il processore prima controlla se un dato è nella cache
- Se no, il corrispondente blocco di memoria principale viene caricato nella cache
- Siccome vale la *località dei riferimenti*, è probabile che il dato appena caricato serva ancora nell'immediato futuro
  - in generale, i futuri riferimenti in memoria ricadranno probabilmente nel blocco appena caricato
- Gestione totalmente demandata all'hardware
  - il programmatore non "vede" la cache, neanche se usa l'assembler
  - quindi, non la "vede" neanche un compilatore
  - e neanche il sistema operativo, che però la "imita" spesso

Cache vs. Memoria Principale

$$\frac{2^n}{K} >> C;\ |Tag| = \log_2 \frac{2^n}{K};\ \text{tipicamente, } K = 4$$

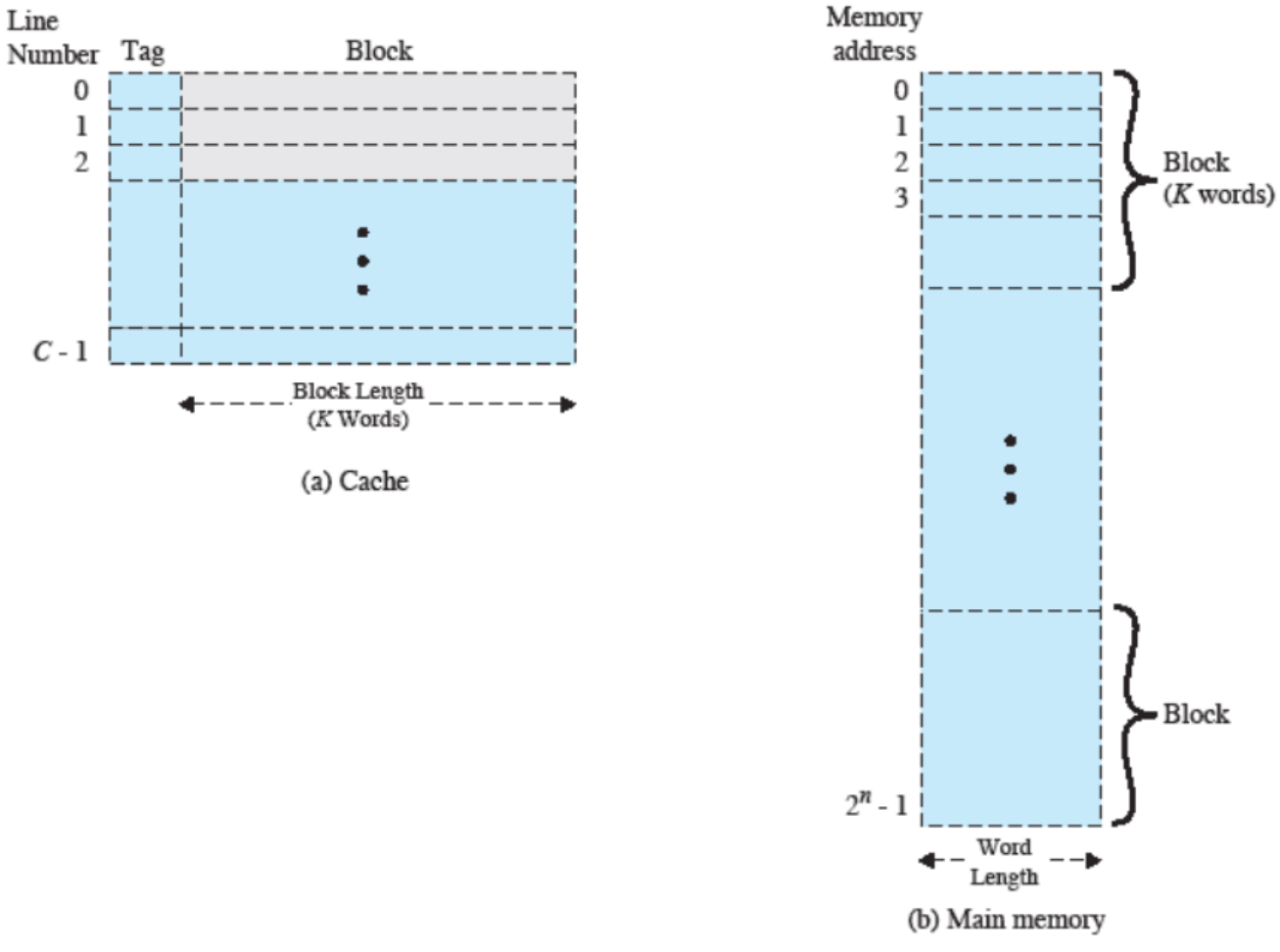
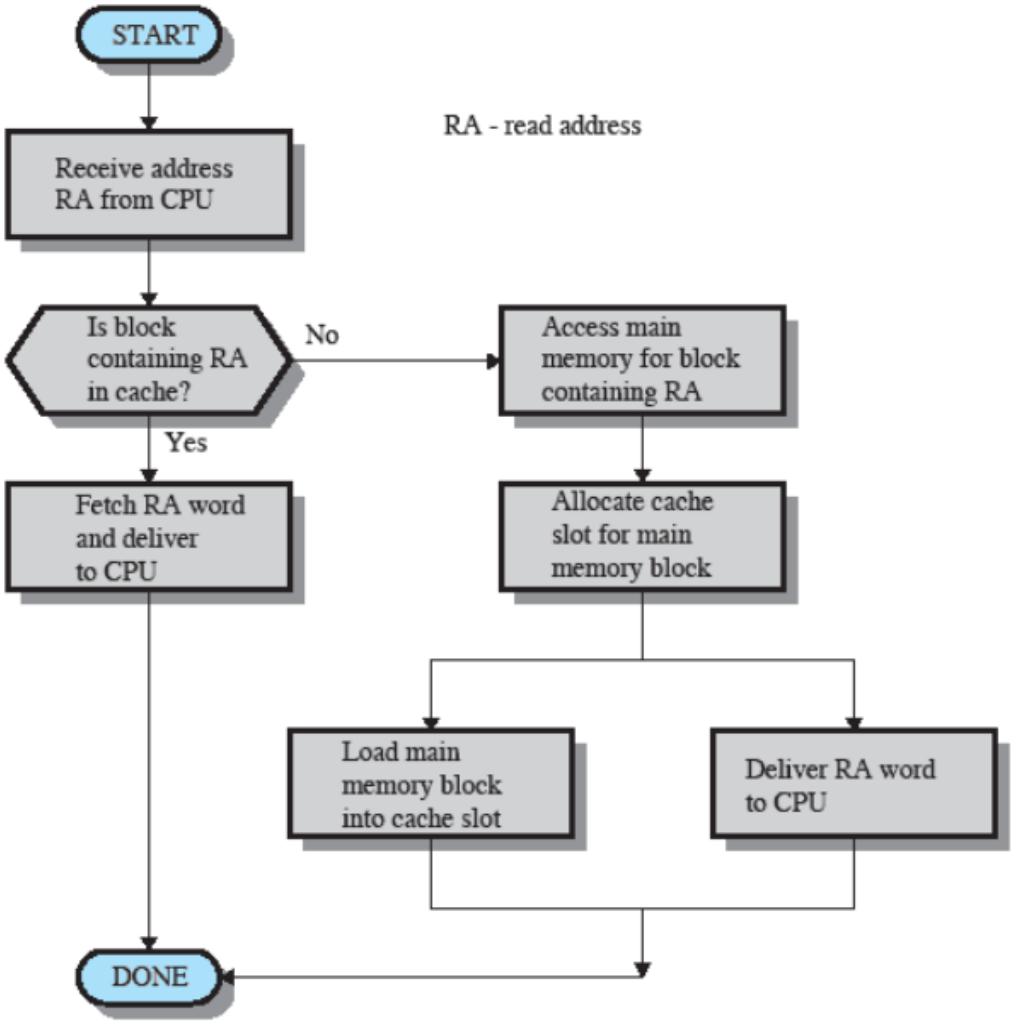


Figure 1.17 Cache/Main-Memory Structure

SAPIENZA UNIVERSITÀ DI ROMA

Lettura dalla Cache



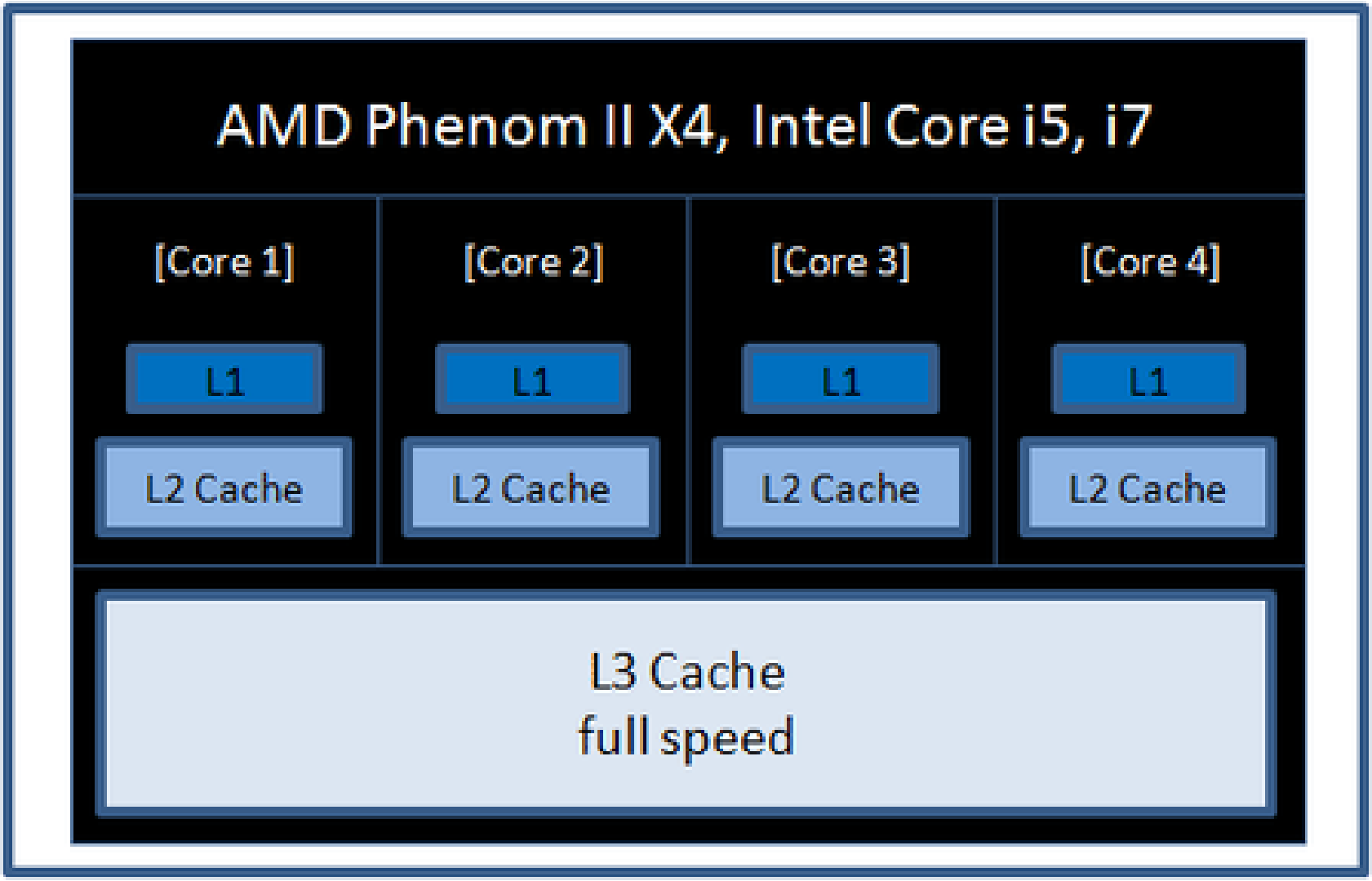
Cache: Nozioni di Base

- Capacità della cache
  - cache anche piccole hanno un grande impatto sulle performance
- Misura dei blocchi
  - i dati scambiati tra memoria e cache sono in quantità multiple di un blocco
  - incrementare la misura del blocco aumenta il numero di accessi riusciti
  - ma incrementarla troppo è controproducente: saranno di più anche i dati che vengono rimossi
  - il che abbassa la probabilità di accesso riuscito

Cache: Nozioni di Base

- Funzione di mappatura
  - determina la locazione della cache nella quale andrà messo il blocco proveniente dalla memoria
- Algoritmo di rimpiazzamento
  - sceglie il blocco da rimpiazzare
  - algoritmo Least-Recently-Used (LRU): si rimpiazza il blocco usato meno di recente
- Politica di scrittura
  - determina quando occorre scrivere in memoria
  - può accadere ogni volta che un blocco viene modificato (*write-through*)
  - può accadere quando il blocco è rimpiazzato (*write-back*)
  - occorre minimizzare le operazioni di scrittura
  - questo vuol dire che la memoria può trovarsi in uno stato "obsoleto", ovvero non in linea con il contenuto della cache

La Cache nei Pentium i7



La Cache nei Pentium i7

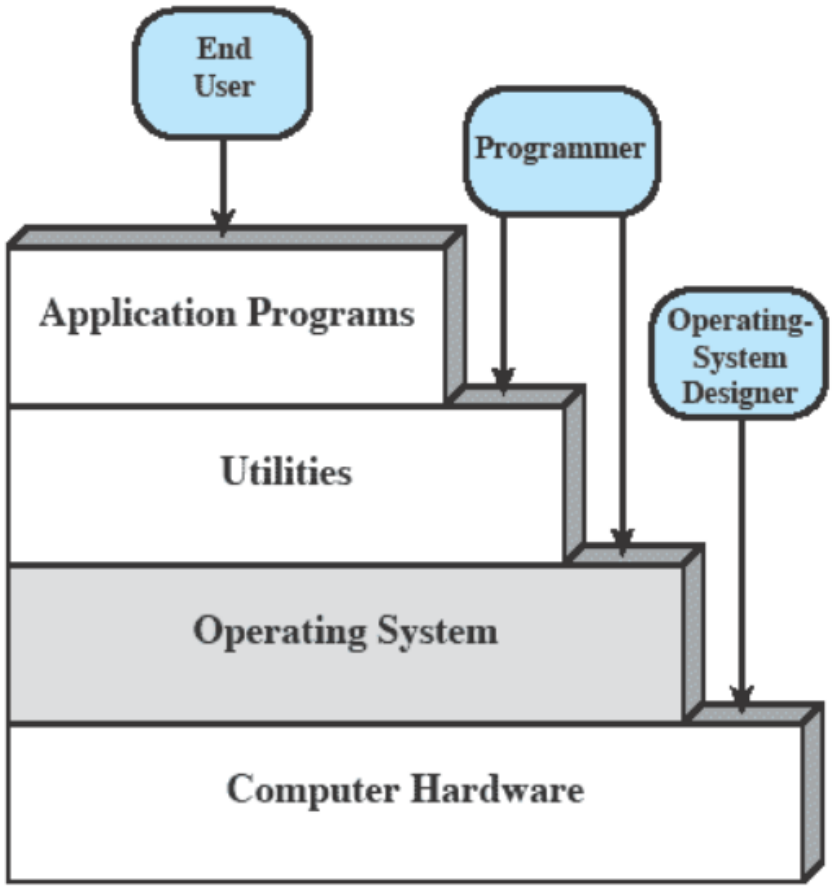
- Ogni cache line ha 64 byte, quindi $K = 8$
- Ci sono 2 cache di primo livello (L1), più altre 2 cache di secondo e terzo livello (L2 e L3)
  - le 2 di primo livello sono l'una dedicata alle istruzioni, l'altra dedicata ai dati
  - si va a cascata: dato un indirizzo RAM, prima si cerca in L1, se fallisce in L2, se fallisce in L3, e se fallisce ancora in memoria
  - ovviamente, se si trova un dato in L2 e non in L1, L1 va aggiornata
- Le dimensioni della cache crescono da 32 KB per ciascuna delle L1, a 256 KB per L2, fino a 8MB per L3
- Il sistema operativo può disabilitare il caching
  - Linux non lo fa
- Politica di scrittura: la può decidere il sistema operativo
  - Linux sceglie sempre il write-back

Sistema Operativo

- Sfrutta le risorse hardware di un sistema computerizzato
  - uno o più processori
  - memoria primaria (RAM)
  - memoria secondaria (dischi)
  - dispositivi di input/output

- Il tutto per fornire un insieme di servizi agli utenti
  - in particolare: offre un ambiente di esecuzione "facilitato" alle applicazioni utente

Strati e Utenti



Servizi Offerti da un SO

- Esecuzioni di programmi
  - app(licazioni)
  - servizi
  - anche più applicazioni e servizi contemporaneamente
- Accesso ai dispositivi di input/output
  - nel caso dei dispositivi di memoria di massa, tramite filesystem
- Accesso al sistema operativo stesso
  - shell
- Sviluppo di programmi
  - compilatori, editor e debugger
  - system calls
  - visione semplificata della memoria RAM

Servizi Offerti da un SO

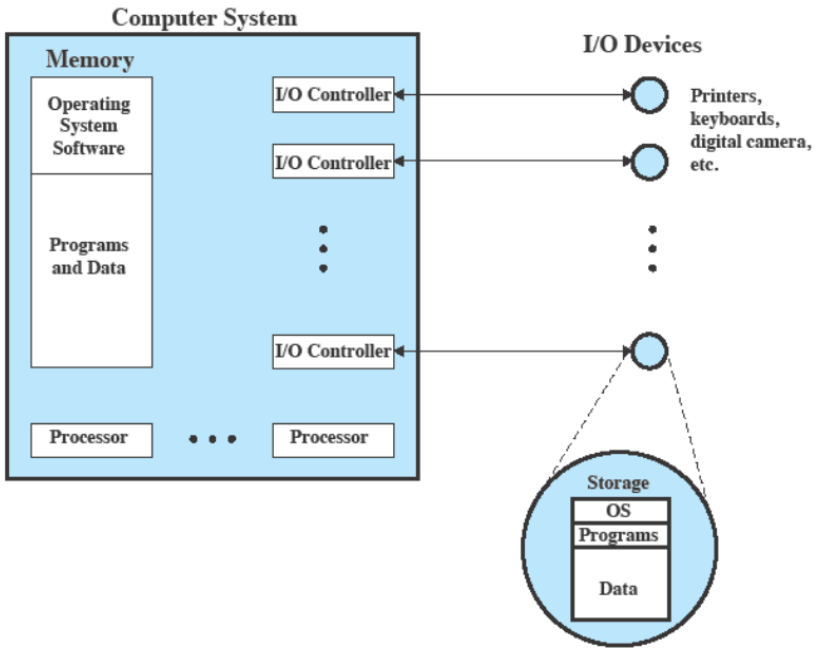
- Rilevamento di e reazione ad errori
  - errori di hardware interno ed esterno
  - errori software
  - richiesta di un applicativo non soddisfacibile
- Accounting (chi fa cosa)
  - collezione di statistiche dell'uso del sistema
  - monitoraggio delle performance
  - usato per capire cosa occorre migliorare
  - usato per far pagare in base all'uso del sistema

Sistema Operativo

- Un programma che controlla l'esecuzione dei programmi applicativi
- Un'interfaccia tra le applicazioni e l'hardware
- **Obiettivi** di un sistema operativo
  - Convenienza
  - Efficienza
  - Capacità di evolvere

Sistema Operativo

- 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)



Il Kernel

- La parte di sistema operativo che si trova sempre in memoria principale
- Contiene le funzioni più usate
- Letteralmente, sta per “nucleo”

Evoluzione dei SO

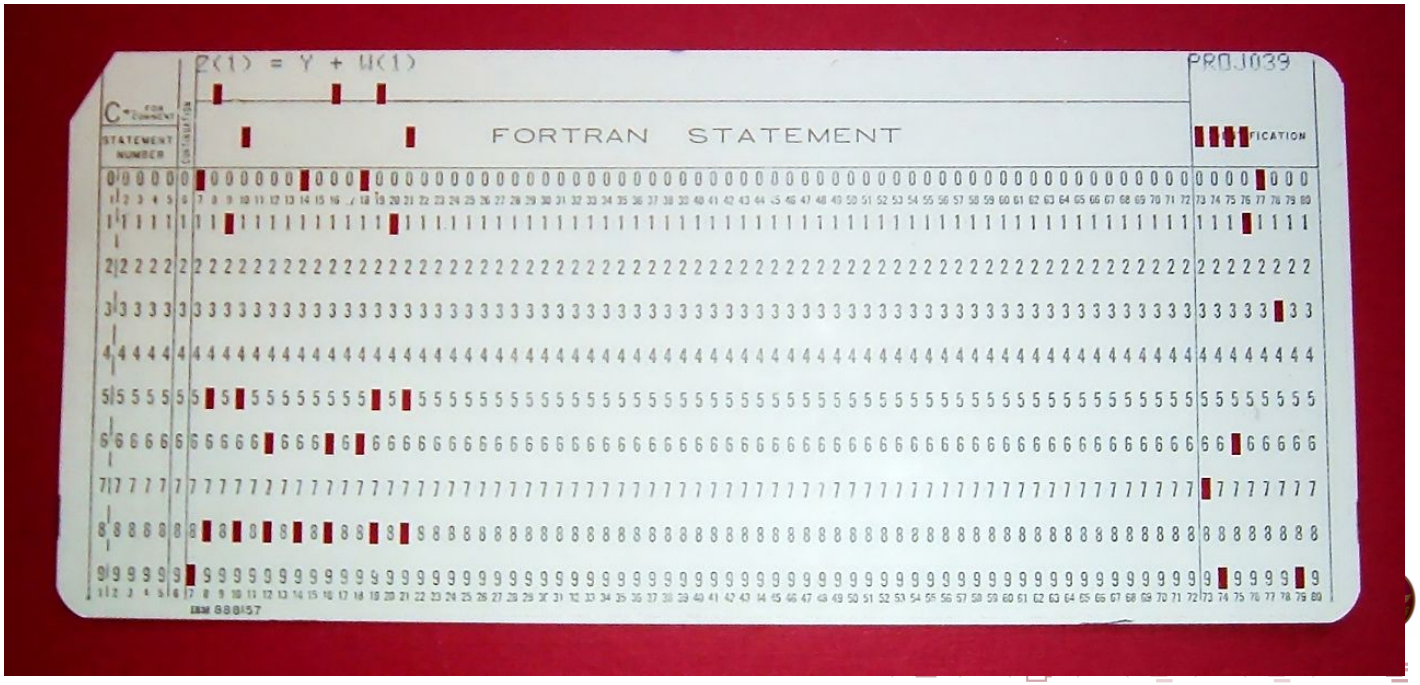
- I sistemi operativi “primitivi” (anni Quaranta) erano molto diversi da quelli attuali
- Evoluzioni dovute principalmente a:
  - in seguito ad aggiornamento dell’hardware, o a nuovi tipi di hardware
  - nuovi servizi
  - correzione di errori
- `http://www.computerhistory.org/timeline/`

Storia dei SO

- Computazione seriale (anni Quaranta)
  - nessun sistema operativo
  - per fornire comandi ad un computer, si usavano speciali "console" con spie luminose ed interruttori, e una stampante per output

Storia dei SO

- Computazione seriale (anni Quaranta)
  - nessun sistema operativo
  - per fornire comandi ad un computer, si usavano speciali "console" con spie luminose ed interruttori, e una stampante per output
    - già all'inizio l'input viene parzialmente semplificato con dispositivi per leggere schede perforate (esistenti già da 2 secoli)



Storia dei SO

- Semplice sistema non interattivo o *batch* (anni Cinquanta/Sessanta)
  - 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
  - dà istruzioni al monitor
  - che compilatore usare
  - che dati di input usare

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

Protezione della Memoria

- I programmi utente vengono eseguiti in modalità utente
  - alcune istruzioni non possono essere eseguite

- Il monitor viene eseguito in modalità sistema
  - o modalità kernel
  - le istruzioni privilegiate possono essere eseguite
  - le aree protette della memoria possono essere accedute

Sistemi Batch: Sottoutilizzazione

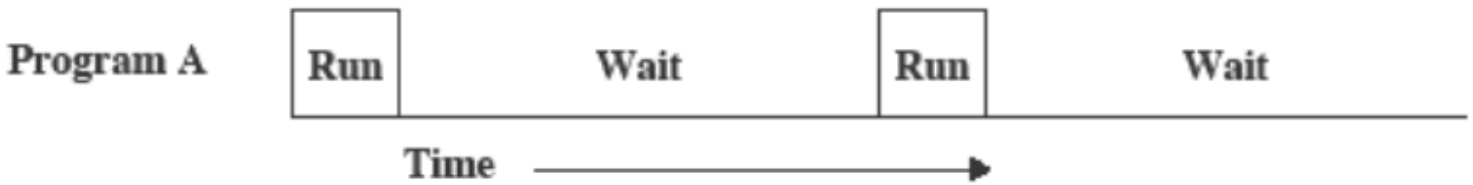
Il 96% del tempo è sprecato ad aspettare i dispositivi di I/O

Read one record from file	15 μs
Execute 100 instructions	1 μs
Write one record to file	15 μs
TOTAL	31 μs

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

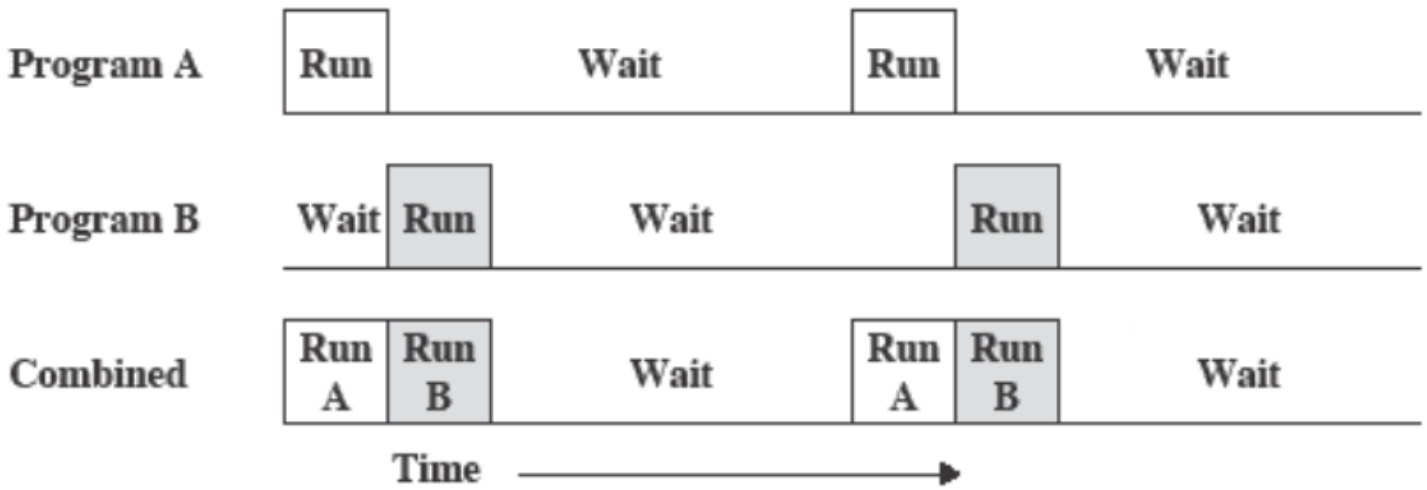
Programmazione Singola

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

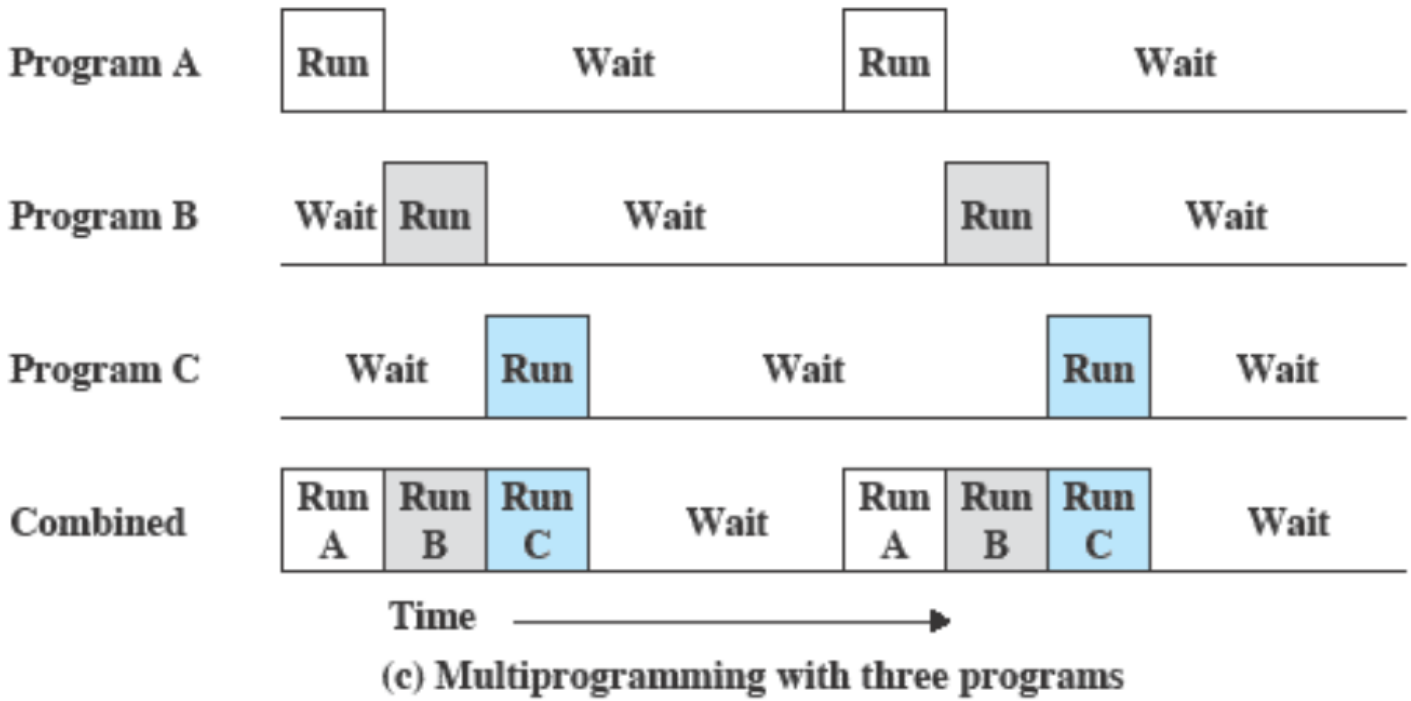


Multiprogrammazione

Se un job deve aspettare che si completi dell'I/O, allora il processore può passare ad un altro job



Multiprogrammazione

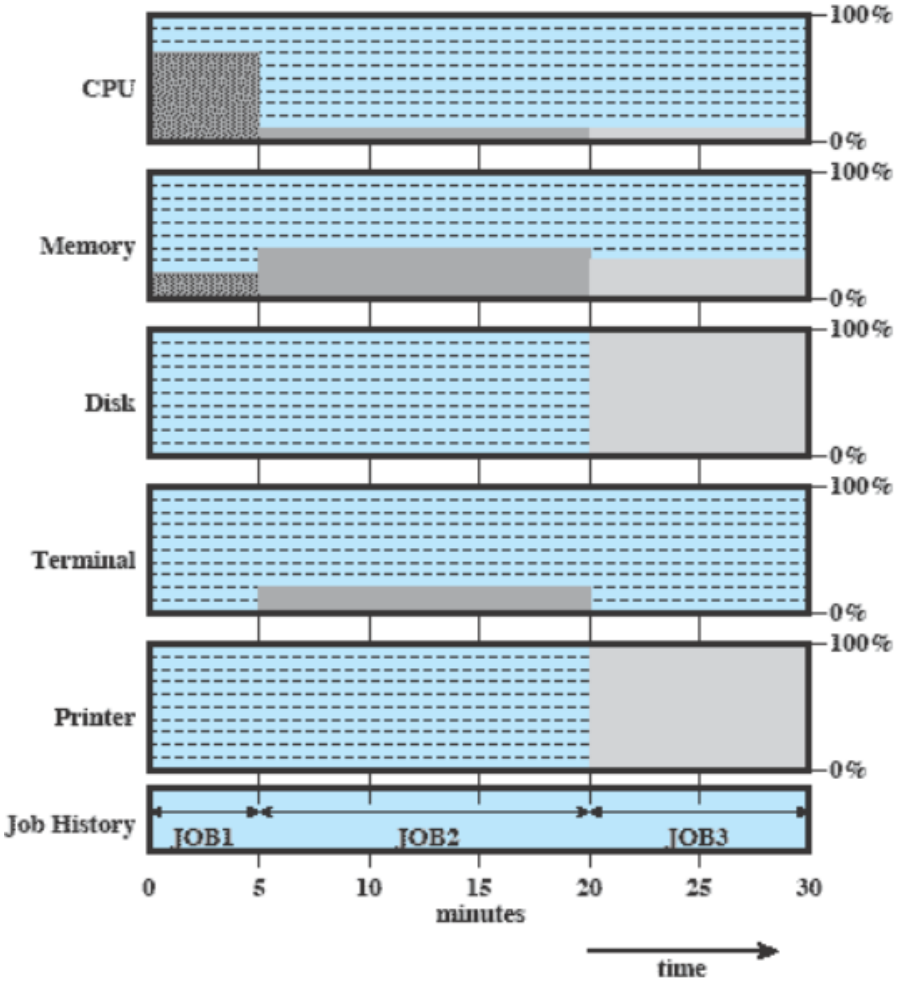


(c) Multiprogramming with three programs

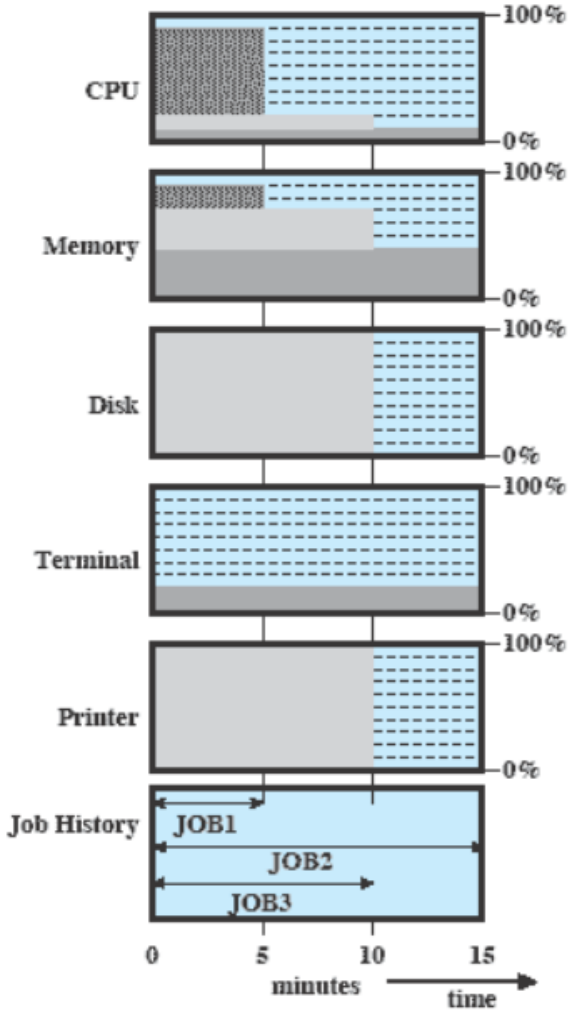
Esempio

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

Istogrammi di Utilizzo



(a) Uniprogramming



(b) Multiprogramming

Uso del Processore

- Prime 4 righe: media tra le percentuali del uniprogramming e del multiprogramming
  - c'è un errore, il valore per la CPU uniprogramming è 26.7% (media tra 60%, 10%, 10%)
- 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

Sistemi Time Sharing

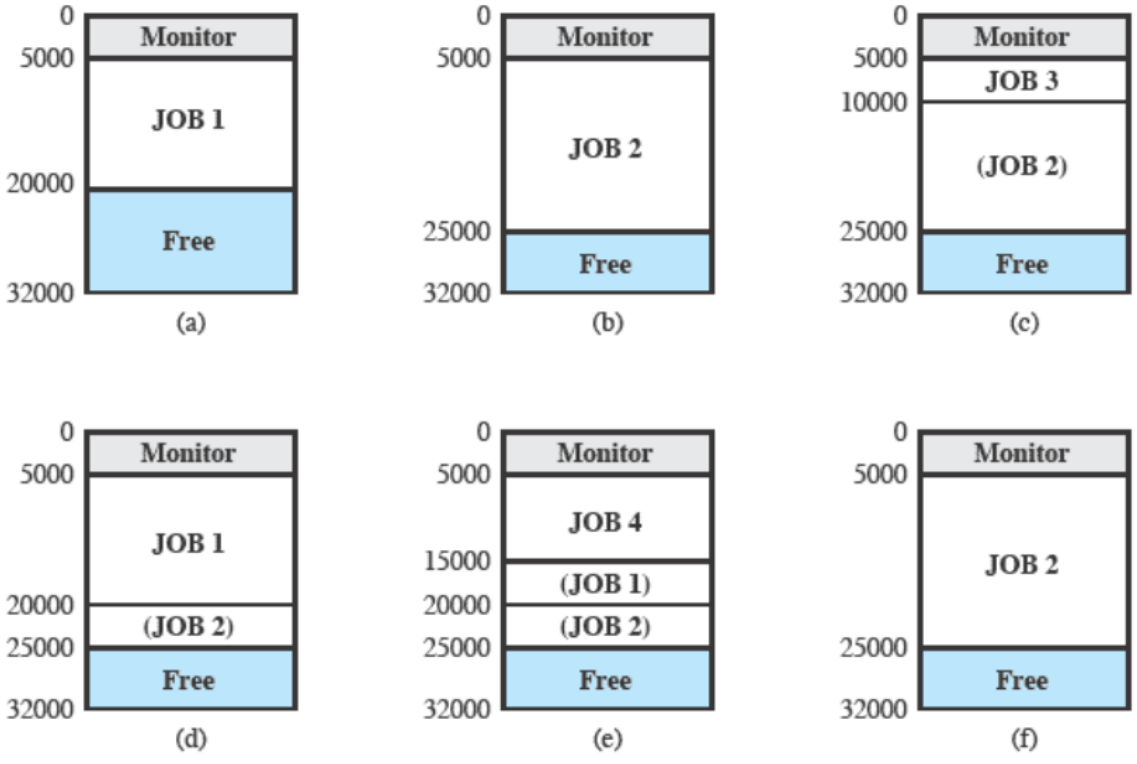
- Letteralmente, sistemi a condivisione di tempo (dagli anni Settanta)
- Uso della multiprogrammazione per gestire contemporaneamente più jobs *interattivi*
- Il tempo del processore è condiviso tra più utenti
- Più utenti contemporaneamente accedono al sistema tramite terminali

Batch vs. Time Sharing

	Batch	**Time Sharing**
Scopo principale	Massimizzare l'uso del processore	Minimizzare il tempo di risposta
Provenienza delle direttive al SO	Comandi del job control language, sottomessi con il job stesso	Comandi dati da terminale

CTSS: Compatible Time-Sharing System

Sistema operativo anni '60 che supportava il time sharing



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Storia dei SO

- Computazione seriale (anni Quaranta)
- Semplice sistema non interattivo o *batch* (anni Cinquanta/Sessanta)
  - multiprogrammazione
- Time-Sharing: sistemi a condivisione di tempo (dagli anni Settanta)
  - qui invece i job sono tipicamente interattivi

Storia dei SO: Risultati più Importanti

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

Dal Job al Processo

- Il *processo* riunisce in un unico concetto il job non-interattivo e quello interattivo
- Incorpora anche un altro tipo di job che cominciò a manifestarsi dagli anni Settanta: quello transazionale real-time
  - ad es.: prenotazione biglietti aerei
- Un'unità di attività caratterizzata da:
  - un singolo flusso (thread) di esecuzione
  - uno stato corrente
  - un insieme di risorse di sistema ad esso associate

Multiprogrammazione dei Processi: Difficoltà

- Errori di sincronizzazione
  - gli interrupt si perdono o vengono ricevuti 2 volte
- Violazione della mutua esclusione
  - se 2 processi vogliono accedere alla stessa risorsa, ci possono essere problemi
- 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

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
- Metodi attuali: paginazione + memoria virtuale

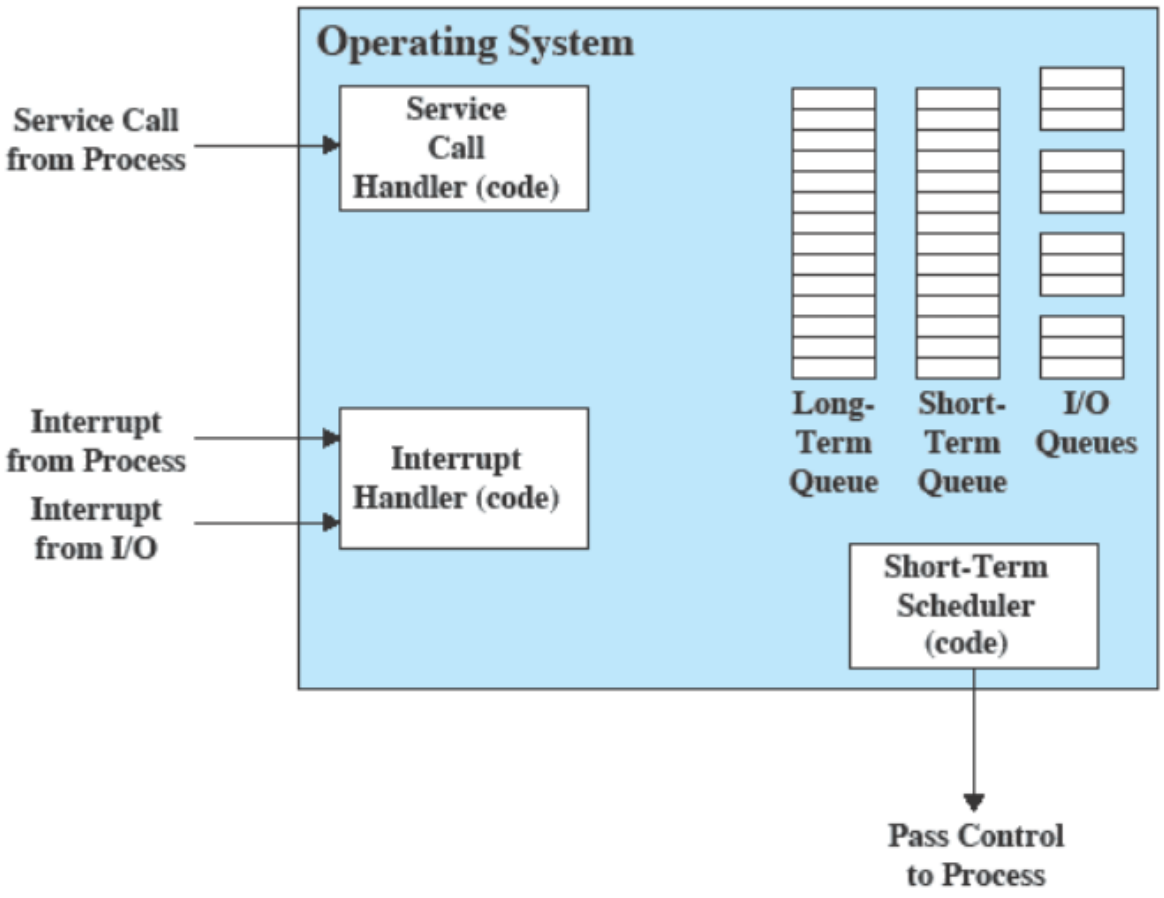
Protezione dell'Informazione e Sicurezza

- Disponibilità (availability)
  - il dover proteggere il sistema contro l'interruzione di servizio (DoS attacks)
- 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
  - il dover verificare l'identità degli utenti, o la validità di messaggi e dati

Pianificazione e Gestione delle Risorse

- Equità (fairness)
  - dare accesso alle risorse in modo egualitario ed equo
- Velocità di risposta differenziata
  - a seconda del tipo di processo
- Efficienza
  - massimizzare l'uso delle risorse per unità di tempo (throughput), minimizzare il tempo di risposta, e servire il maggior numero di utenti possibile

Elementi Principali di un SO



Struttura del Sistema Operativo

- Il sistema viene visto come una serie di livelli
- Ogni livello effettua un sottoinsieme delle funzioni del sistema
- Ogni livello si basa sul livello immediatamente più in basso, che effettua alcune operazioni di livello più basso
- Decomposizione del problema in vari sottoproblemi più semplici

Livelli

- Livello 1
  - circuiti elettrici
  - gli oggetti sono registri, celle di memoria, porte logiche
  - le operazioni sono, ad esempio, resettare un registro o leggere una locazione di memoria
- Livello 2
  - insieme delle istruzioni macchina
  - operazioni come add, subtract, load, and store
- Livello 3
  - aggiunge il concetto di procedura (o subroutine), con operazioni di chiamata e ritorno
- Livello 4
  - interruzioni

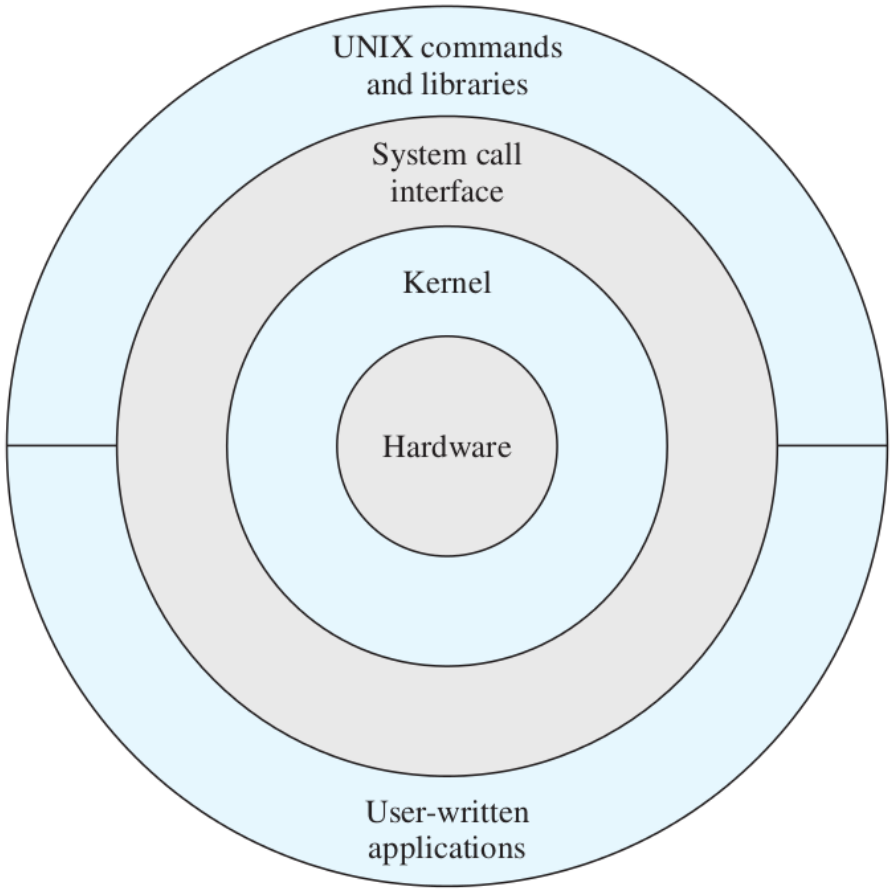
Livelli: Multiprogrammazione

- Livello 5
  - processo come programma in esecuzione
  - sospensione e ripresa dell'esecuzione di un processo
- Livello 6
  - dispositivi di memorizzazione secondaria
  - trasferimento di blocchi di dati
- Livello 7
  - crea uno spazio logico degli indirizzi per i processi
  - organizza lo spazio degli indirizzi virtuali in blocchi

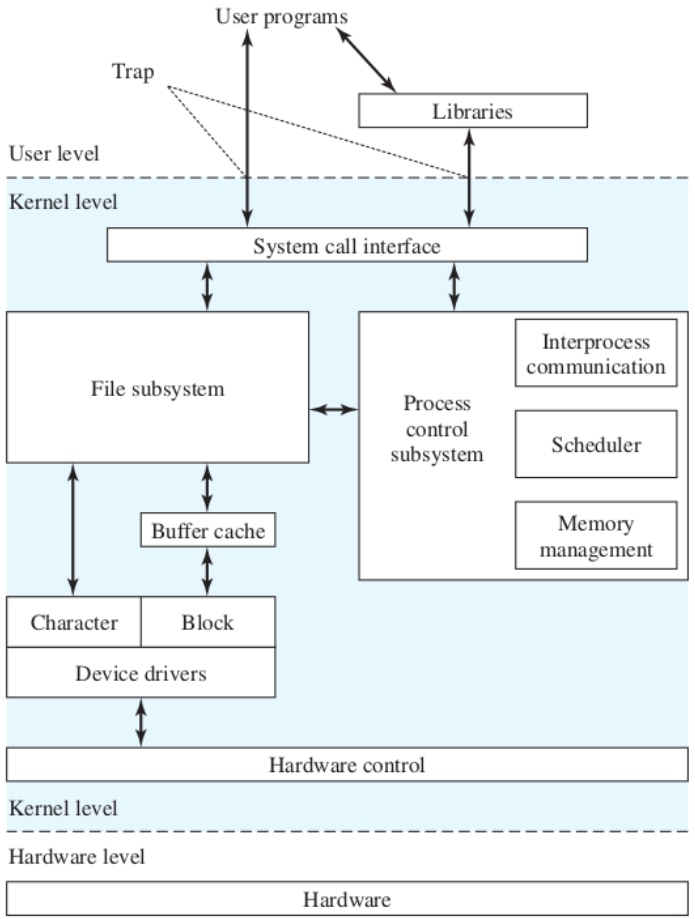
Livelli: Dispositivi Esterni

- Livello 8
  - comunicazioni tra processi
- Livello 9
  - salvataggio di 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

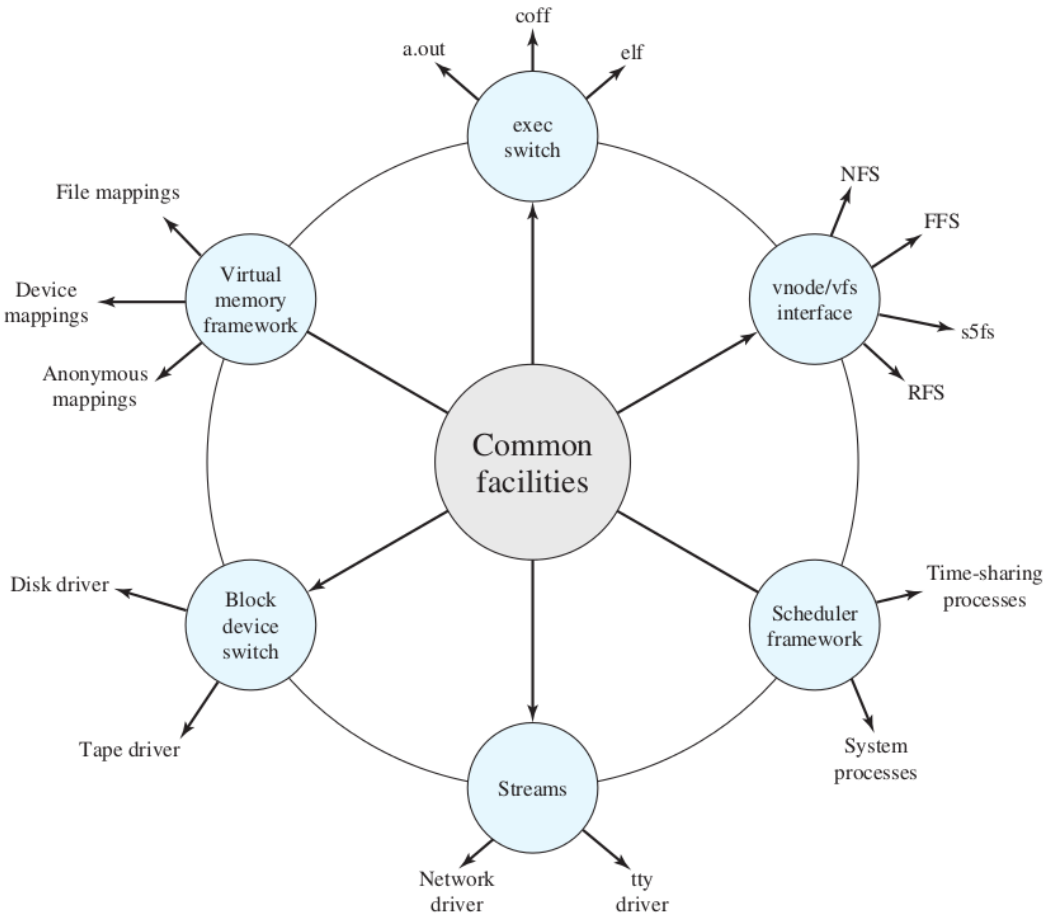
Architettura di UNIX



Kernel Tradizionale di UNIX



Kernel Moderno di UNIX



Kernel Moderno di Linux

- Compromesso tra kernel "monolitico" e "microkernel"
  - monolitico: kernel tutto in memoria dal boot allo spegnimento
  - microkernel: solo una minima parte del kernel in memoria, il resto caricato quando serve
    - sempre in memoria: scheduler, sincronizzazione
    - solo a richiesta: gestore memoria, filesystem, driver
  - monolitico più efficiente come velocità, ma ovviamente occupa più memoria e rende difficile la modularità
- Quasi tutti i sistemi operativi moderni sono a kernel monolitico
  - eccezione notabile: Mac OS X
- Linux è principalmente monolitico, ma ha i *moduli*
  - alcune parti particolari possono essere aggiunte e tolte a richiesta dall'immagine in memoria del kernel
  - essenzialmente, i diversi file system, i driver per determinati dispositivi di I/O, l'implementazione delle funzionalità di rete

In questo corso...

1. Gestione dei processi
2. Scheduling dei processi
3. Gestione della memoria principale
4. Gestione della concorrenza tra processi
5. Gestione del deadlock
6. Gestione dell'input/output
7. Gestione dei file system
8. Nozioni basilari di sicurezza