I Processi

Il Concetto di Processo

Il processo è un programma in esecuzione

- È l'**unità di esecuzione** all'interno del SO
- Solitamente, l'esecuzione di un processo è **sequenziale** (le istruzioni vengono eseguite in sequenza, secondo l'ordine specificato nel testo del programma)
- Un SO multiprogrammato consente l'esecuzione **concorrente** di più processi

D'ora in poi faremo implicitamente riferimento al caso di SO multiprogrammati

Il Concetto di Processo

Programma = entità passiva
Processo = entità attiva

Il processo è rappresentato da:

- **codice** (*text*) del programma eseguito
- **Dati:** variabili globali
- **Program Counter**
- Alcuni **registri** di CPU
- **Stack**: parametri, variabili locali a funzioni/procedure

Il Concetto di Processo

Processo = {PC, registri, stack, text, dati}

Inoltre, a un processo possono essere associate delle risorse del sistema operativo. Ad esempio:

- file aperti
- connessioni di rete
- altri dispositivi di I/O in uso
- ...

Stati di un processo

Un processo, durante la sua esistenza può trovarsi in vari **stati**:

- Init: stato transitorio durante il quale il processo viene caricato in memoria e il SO inizializza i dati che lo rappresentano
- Ready: il processo è pronto per acquisire la CPU
- Running: il processo sta utilizzando la CPU
- Waiting: il processo è sospeso in attesa di un evento
- Terminated: stato transitorio relativo alla fase di terminazione e deallocazione del processo dalla memoria

Stati di un processo

Transizioni di stato:

Stati di un processo

Transizioni di stato:

Stati di un Processo

In un sistema **multiprogrammato**:

- un solo processo (al massimo) si trova nello stato *running*
- più processi possono trovarsi negli stati *ready* e *waiting*

  necessità di strutture dati per mantenere in memoria le informazioni su processi in attesa
  - di acquisire la CPU (ready)
  - di eventi (waiting)

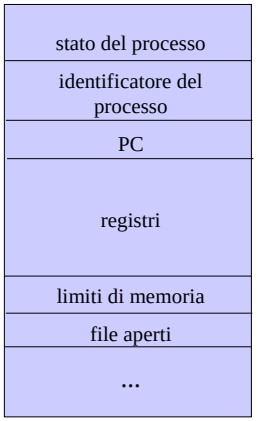
➡ **Descrittore di processo**

Rappresentazione dei Processi

Come vengono rappresentati i processi nel sistema operativo?

- Ad ogni processo viene associata una struttura dati (descrittore): **Process Control Block** (**PCB**)
- Il **PCB** contiene tutte le informazioni relative al processo:
  - Stato del Processo
  - Program Counter
  - Contenuto dei registri di CPU (SP, accumulatori, etc.)
  - Informazioni di scheduling (priorità, puntatori alle code, etc.)
  - Informazioni per gestore di memoria (registri base, limite, etc.)
  - Informazioni relative all'I/O (risorse allocate, file aperti, etc.)
  - Informazioni di accounting (tempo di CPU utilizzato, etc.)
  - ...

Process Control Block



Il sistema operativo gestisce i PCB di tutti i processi, organizzandoli in opportune strutture dati (ad es., *code* di processi)

Scheduling dei processi

È l'attività mediante la quale il sistema operativo effettua delle scelte tra i processi, riguardo a:

- caricamento in memoria centrale
- assegnazione della CPU

In generale, il sistema operativo compie **tre diverse attività di scheduling:**

- scheduling **a breve termine** (o di CPU)
- scheduling **a medio termine** (o swapping)
- scheduling **a lungo termine**

Scheduler a lungo termine

Lo scheduler a lungo termine è quella componente del SO che **seleziona i programmi** da eseguire **dalla memoria secondaria** per caricarli in memoria centrale (creando i corrispondenti processi):

- controlla il *grado di multiprogrammazione* (numero di processi contemporaneamente presenti nel sistema)
- è una componente importante dei sistemi **batch multiprogrammati**
- nei sistemi **time sharing**

  Interattività: spesso è l'utente che stabilisce direttamente il grado di multiprogrammazione => lo scheduler a lungo termine non è presente

Scheduler a medio termine (swapper)

Nei sistemi operativi con **memoria virtuale**:

- la quantità di memoria fisica può essere minore della somma delle dimensioni degli spazi logici di indirizzi allocati a ciascun processo
- Il grado di multiprogrammazione non è, in generale, vincolato dalle esigenze di spazio dei processi

Swapping: trasferimento temporaneo in memoria secondaria di processi (o di parti di processi), in modo da consentire l'esecuzione di altri processi

Scheduler a breve termine (o di CPU)

È quella parte del SO che si occupa della selezione dei processi a cui assegnare la CPU

Nei sistemi time sharing, allo scadere di ogni quanto di tempo, il SO:

- decide a quale processo assegnare la CPU (scheduling di CPU)
- effettua il **cambio di contesto** (context switch)

Cambio di Contesto

È la fase in cui l'uso della CPU viene commutato da un processo ad un altro

Quando avviene un **cambio di contesto** tra un processo P_i ad un processo P_{i+1} (ovvero P_i cede l'uso della CPU a P_{i+1}):

- **Salvataggio dello *stato* di P_i**: il SO copia PC, registri, etc. del processo ***deschedulato*** P_i nel suo PCB
- **Ripristino dello *stato* di P_{i+1}**: il SO trasferisce i dati del processo P_{i+1} dal suo PCB nei registri di CPU, che può così riprendere l'esecuzione

- Il passaggio da un processo al successivo può richiedere onerosi trasferimenti da/verso la memoria secondaria, per allocare/deallocare gli spazi di indirizzi dei processi (vedi gestione della memoria)

Scheduler a breve termine (o di CPU)

Lo scheduler a breve termine gestisce :

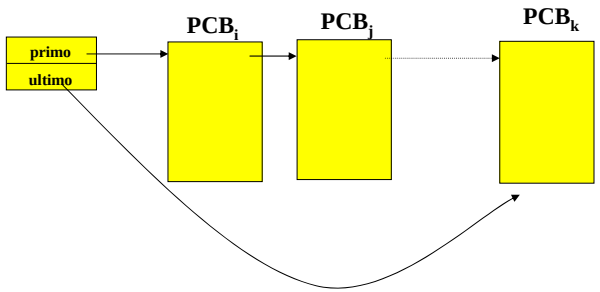
- la **coda dei processi pronti:** contiene i PCB dei processi che si trovano in stato *Ready*

Altre strutture dati necessarie:

- le **code di waiting** (una per ogni tipo di attesa: dispositivi I/O, timer, ...): ognuna di esse contiene i PCB dei processi *Waiting* in attesa di un evento del tipo associato alla coda

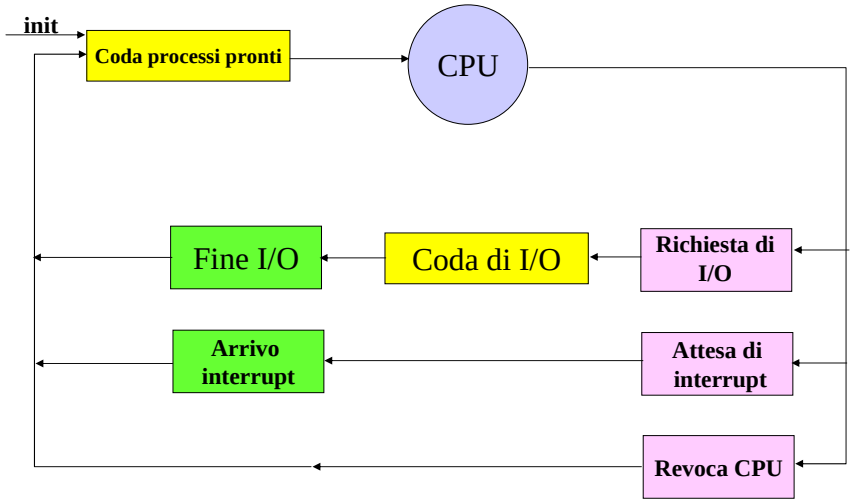
Code di Scheduling

Coda dei processi pronti (*ready queue*):



- la strategia di gestione della ***ready queue*** dipende dalle **politiche** (algoritmi) di scheduling adottate dal SO

Diagramma di accodamento



Scheduling e Cambio di Contesto

Il cambio di contesto determina un costo computazionale aggiuntivo che dipende essenzialmente da:

- **frequenza** di commutazione della CPU (1/Δt)
- dimensione del **PCB**
- costo dei trasferimenti da/verso la memoria

esistono sistemi operativi che prevedono **processi *leggeri*** (***thread***) che hanno la proprietà di condividere codice e dati con altri processi:

- ☒ dimensione del PCB ridotta
- ☒ riduzione dell'overhead

Operazioni sui Processi

Ogni SO multiprogrammato prevede dei meccanismi per la gestione dei processi

Meccanismi necessari:

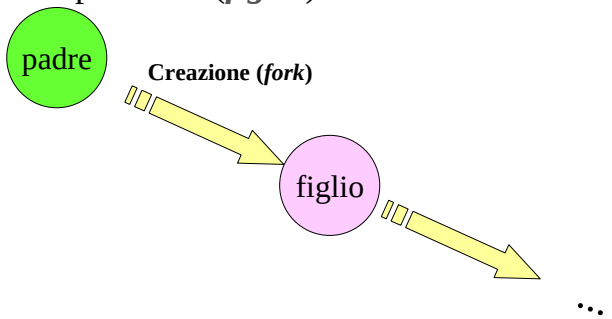
- creazione
- terminazione
- interazione tra processi

Sono operazioni privilegiate (esecuzione in modo kernel)

☒ definizione di **system call**

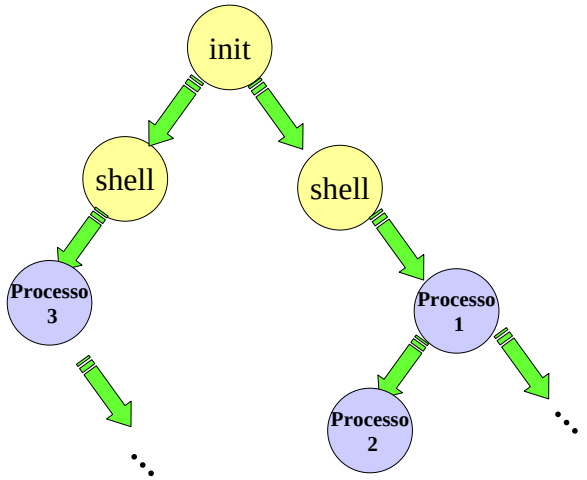
Creazione di Processi

- Un processo (*padre*)può richiedere la creazione di un nuovo processo (*figlio*)



- È possibile realizzare **gerarchie** di processi

Gerarchie di Processi (es. UNIX)



Relazione Padre-Figlio

Vari aspetti:

- **concorrenza**
  - ✓ padre e figlio procedono in parallelo (es. UNIX), oppure
  - ✓ il padre si sospende in attesa della terminazione del figlio
- **condivisione di risorse**
  - ✓ le risorse del padre (ad esempio, i file aperti) sono condivise con i figli (es. UNIX), oppure
  - ✓ il figlio utilizza risorse soltanto se esplicitamente richieste da se stesso
- **spazio degli indirizzi**
  - ✓ duplicato: lo spazio degli indirizzi del figlio è una copia di quello del padre (es. fork() in UNIX), oppure
  - ✓ differenziato: spazi degli indirizzi di padre e figlio con codice e dati diversi (es. VMS, exec() in UNIX)

Terminazione

Ogni processo:

- è **figlio** di un altro processo
- può essere a sua volta **padre** di processi

Il sistema operativo deve mantenere le informazioni relative alle relazioni di *parentela*

- ☒ nel descrittore: riferimento al padre

Se un processo termina:

- il padre può rilevare il suo stato di terminazione
- tutti i figli terminano

Processi *Pesanti*

Da quanto visto finora:

Processo = {PC, registri, text, dati, stack, ...}

In generale, quindi:

- ***processi*** diversi eseguono codici distinti
- ***processi*** diversi accedono a dati diversi

☒ i ***processi*** **non condividono memoria**

Processi con queste caratteristiche vengono anche chiamati:

PROCESSI PESANTI

❖ Il costo del cambio di contesto per processi pesanti può essere elevato (dimensione del descrittore, accessi in memoria)

Processi Leggeri (Thread)

Un thread (o processo leggero) è un'unità di esecuzione che **condivide codice e dati** con altri thread ad esso associati

Task = insieme di thread che riferiscono lo stesso codice e gli stessi dati

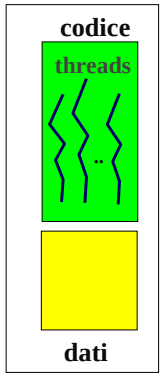
❖ **codice e dati non sono caratteristiche del singolo thread, ma del task al quale appartengono**

Quindi:

Thread = {PC, registri, stack, ...}

Task = {thread1, thread2, ..., threadN, text, dati}

Processi Leggeri (Thread)



task

➢ Il **processo pesante** equivale a un task con un solo thread

Vantaggi dei Thread

- **Condivisione di memoria**: a differenza dei processi (*pesanti*), un thread può condividere variabili con altri (appartenenti allo stesso task)
- **Minor costo di context switch**: il PCB di un thread non contiene alcuna informazione relativa a codice e dati
  - ☒ il cambio di contesto ha un costo notevolmente inferiore al caso dei processi pesanti
- **Minor protezione**: thread appartenenti allo stesso task possono modificare dati ***gestiti*** da altri thread

Realizzazione di Thread

Alcuni sistemi operativi realizzano il concetto di thread (es. NT, **Linux**, Solaris)

Realizzazione

A livello kernel (NT, OS2, Linux):

- il SO gestisce direttamente i cambi di contesto
  - tra thread dello stesso task (trasferimento di registri)
  - tra task
- il SO fornisce strumenti per la sincronizzazione nell'accesso di thread a variabili comuni

Realizzazione di Thread

Realizzazione

- **A livello utente (es. Andrew - Carnegie Mellon):**
  - il passaggio da un thread al successivo (nello stesso task) non richiede interruzioni al SO (**maggior rapidità**)
  - il SO ***vede*** **processi pesanti**: **minore efficienza**
    - Es. sospensione di un thread
    - Cambio di contesto tra thread di task diversi
- **Soluzioni Miste (es. Solaris 2):**
  - i thread possono essere realizzati a entrambi i livelli

Interazione tra processi

I processi *possono*, in generale, interagire

Classificazione

- **processi indipendenti**: due processi P1 e P2 sono indipendenti se l'esecuzione di P1 non è influenzata da P2, e viceversa
- **processi interagenti**: P1 e P2 sono interagenti se l'esecuzione di P1 è influenzata dall'esecuzione di P2, e/o viceversa

Processi interagenti

Tipi di interazione

- **Cooperazione: l'interazione consiste nello scambio di informazioni al fine di eseguire un'attività comune**
- **Competizione: i processi interagiscono per sincronizzarsi nell'accesso a risorse comuni**
- **Interferenza: interazione non desiderata e potenzialmente deleteria tra processi**

Processi interagenti

Supporto all'interazione

L'interazione può avvenire mediante

- **memoria condivisa** (modello ad *ambiente globale*): il sistema operativo consente ai processi (***thread***) di condividere variabili; l'interazione avviene tramite l'accesso dei processi interagenti a ***variabili condivise***
- **scambio di messaggi** (modello ad *ambiente locale*): i processi non condividono variabili e interagiscono mediante oppurtuni meccanismi di trasmissione/ ricezione di messaggi; il sistema operativo prevede dei meccanismi a supporto dello ***scambio di messaggi***

Processi Interagenti

Aspetti:

- concorrenza -> velocità
- suddivisione dei compiti tra processi -> modularità
- condivisione di informazioni
  - assenza di replicazione: ogni processo accede alle stesse istanze di dati
  - necessità di sincronizzare i processi nell'accesso a dati condivisi

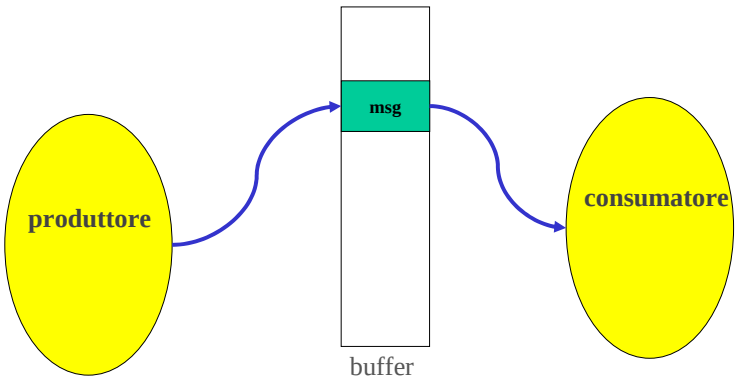
Processi Cooperanti

Esempio: produttore & consumatore

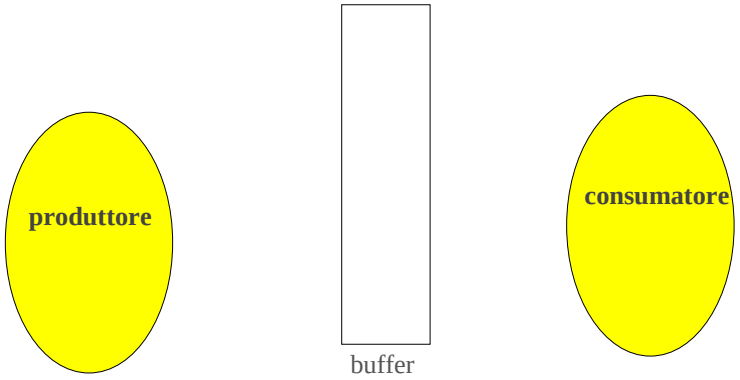
Due processi accedono ad un buffer condiviso di dimensione limitata:

- un processo svolge il ruolo di ***produttore*** di informazioni che verranno prelevate dall'altro processo (il ***consumatore***)
- il buffer rappresenta un deposito di informazioni condiviso

Produttore & Consumatore



Produttore & Consumatore



Produttore & Consumatore

Necessità di sincronizzare i processi:

- quando il **buffer è vuoto** (il consumatore non può prelevare messaggi)
- quando il **buffer è pieno** (il produttore non può depositare messaggi)

Produttore & Consumatore

```
Processo produttore:
....
shared msg Buff [DIM];
main()
{ msg M;
  do
  { produco(&M);
    inserisco(M, Buff);
  } while(!fine);
}
```

```
Processo consumatore:
....
shared msg Buff [DIM];
main()
{ msg M;
  do
  { prelievo(&M, Buff);
    consumo(M);
  } while(!fine);
}
```

Problema: cosa succede se

- **il buffer è pieno?**
- **il buffer è vuoto?**

Produttore & Consumatore

Necessità di sincronizzare i processi

Aggiungiamo due variabili logiche condivise:

- **buff_vuoto**: se uguale a true, indica che il buffer non contiene messaggi (viene settata dalla funzione di prelievo, quando l'unico messaggio presente nel buffer viene estratto)

- **buff_pieno**: se uguale a true, indica che il buffer non può accogliere nuovi messaggi, perché pieno (viene settata dalla funzione di inserimento, quando l'ultima locazione libera del buffer viene riempita)

Produttore & Consumatore

```
Processo produttore:
....
shared int buff_pieno=0;
shared int buff_vuoto=1;
shared msg Buff [DIM];
main()
{ msg M;
  do
  { produco(&M);
    while (buffer_pieno);
    inserisco(M, Buff);
   buffer_vuoto=0;
  }while(!fine);
}
```

```
Processo consumatore:
....
shared int buff_pieno=0;
shared int buff_vuoto=1;
shared msg Buff [DIM];
main()
{ msg M;
  do
  { while (buffer_vuoto);
    prelievo(M, Buff);
   buffer_pieno=0;
    consumo(&M);
  }while(!fine);
}
```