# Sistemi Operativi

Laurea in Ingegneria Informatica
Università Roma Tre
Docente: Romolo Marotta

# Processi e Threads

# Cos’è un processo?

- Un programma in esecuzione?
- Un’istanza di programma in esecuzione
- 1 programma => 0..N processi
- 1 processo => 1 programma

# Elementi caratterizzanti di un processo

- Un processo è associato a:
  - Un programma
  - I dati su cui opera
  - Almeno uno stack
  - Dati di contesto (contenuti nei registri di processore)
  - Le risorse hardware di cui ha richiesto l'accesso
  - Un identificativo
  - Statistiche
  - Uno stato (e.g., running)

Process Control Block (PCB)

Immagine di processo

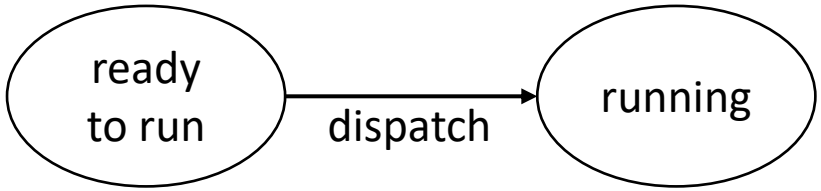
# Modello di esecuzione di un processo

- Un modello è **un'astrazione** di un generico sistema il cui scopo è comprenderne il comportamento del sistema modellato
  - Tralasciare i dettagli non rilevanti per gli obiettivi del modello
- Dato un modello è possibile:
  - Tradurlo in codice
  - Utilizzarlo per prendere decisioni
- Il sistema operativo utilizza un modello di esecuzione per caratterizzare il comportamento di un processo
  - Una macchina a stati
    - Nodi
    - transizioni

# Modello di esecuzione di un processo

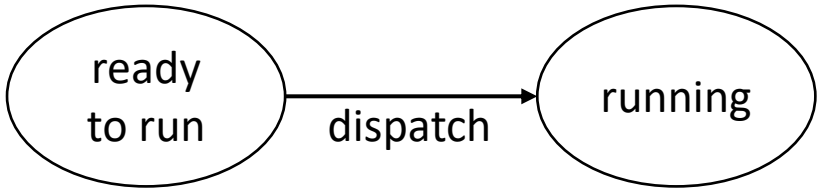
- Esempio di stati in un sistema con uniprogrammazione

| **Proc.** | Run Pro A | I/O | Run Pro A | I/O | Run Pro B | I/O | Run Pro B | I/O | Run Pro C | I/O |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|



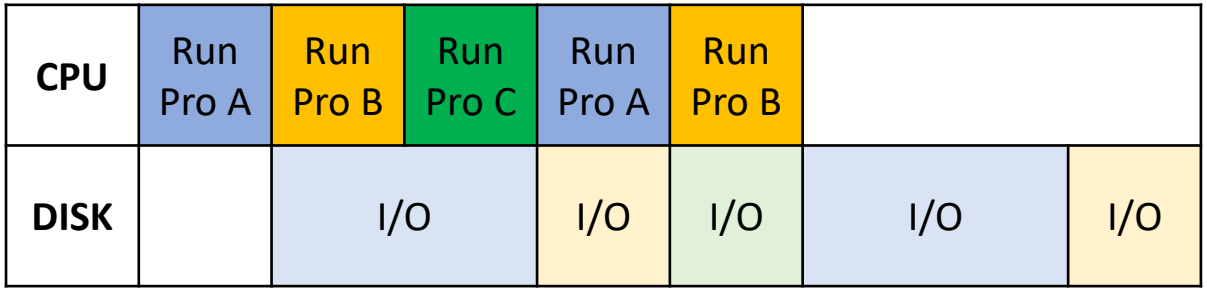
# Modello di esecuzione di un processo

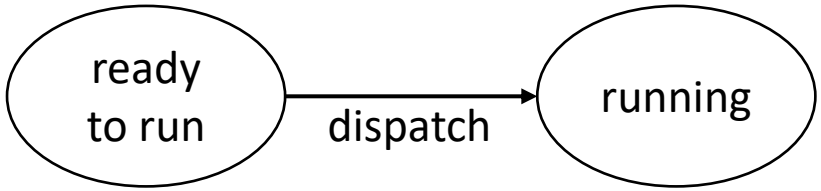
- Esempio di stati in un sistema con multiprogrammazione

# Modello di esecuzione di un processo

- Esempio di stati in un sistema con multiprogrammazione

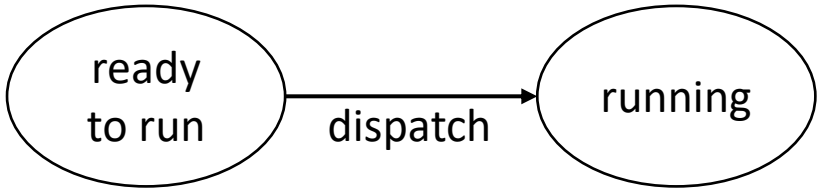


# Modello di esecuzione di un processo

- Esempio di stati in un sistema con multiprogrammazione ➡ Time-out

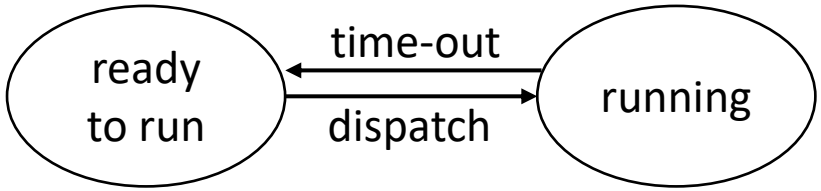
| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **CPU** | Run Pro A | Run Pro B | Run Pro C | Run Pro A | Run Pro B | | |
| **DISK** | | I/O | | I/O | I/O | I/O | I/O |



# Modello di esecuzione di un processo

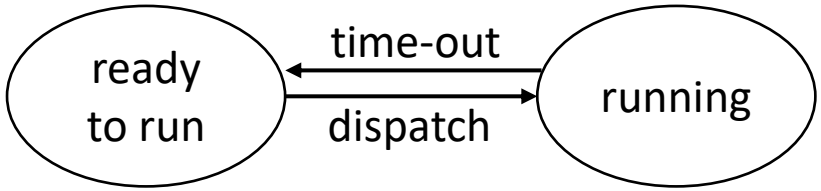
- Esempio di stati in un sistema con multiprogrammazione ➡ Time-out

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **CPU** | Run Pro A | Run Pro B | Run Pro C | Run Pro A | Run Pro B | | |
| **DISK** | | I/O | | I/O | I/O | I/O | I/O |

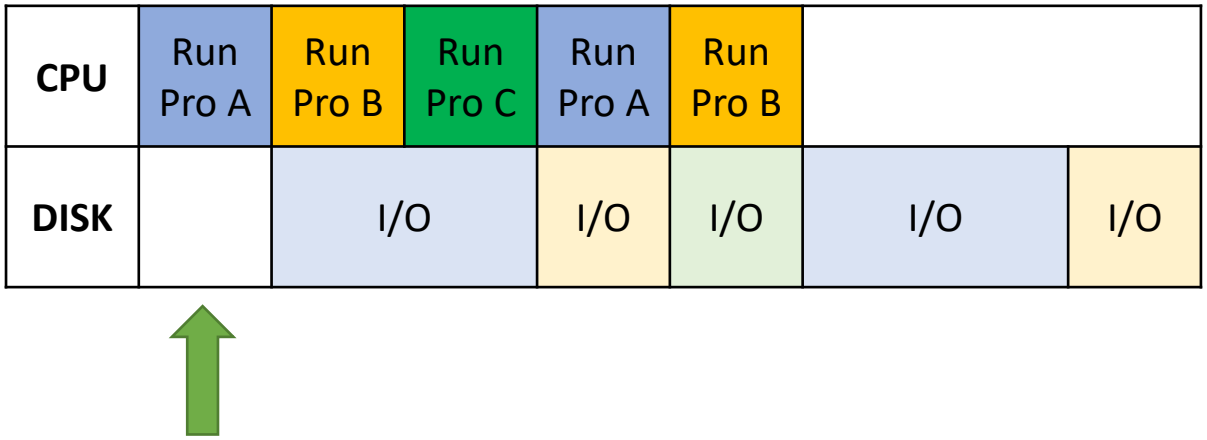


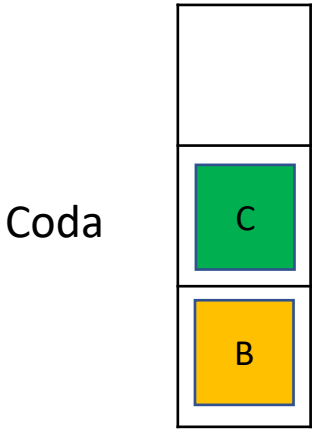
# Modello di esecuzione di un processo

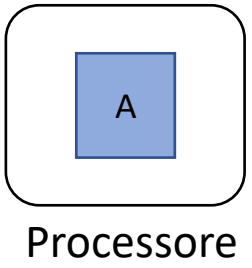
| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **CPU** | Run Pro A | Run Pro B | Run Pro C | Run Pro A | Run Pro B | | |
| **DISK** | | I/O | | I/O | I/O | I/O | I/O |

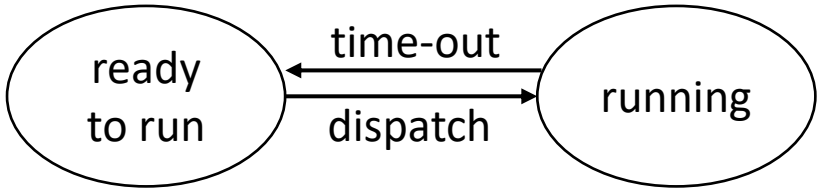


# Modello di esecuzione di un processo

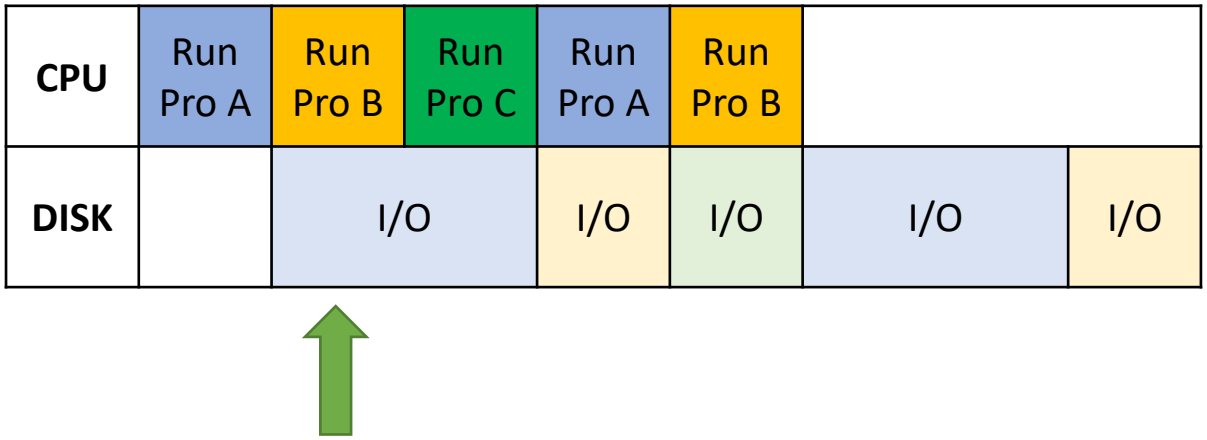


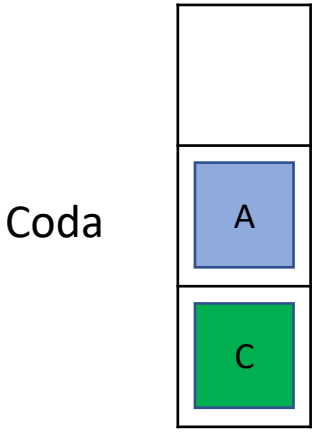



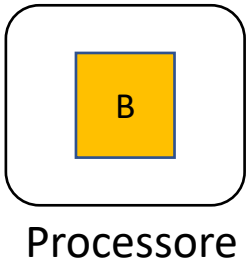



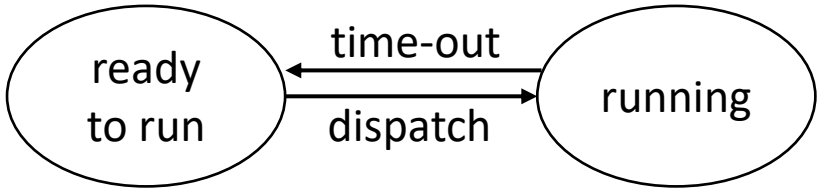



# Modello di esecuzione di un processo

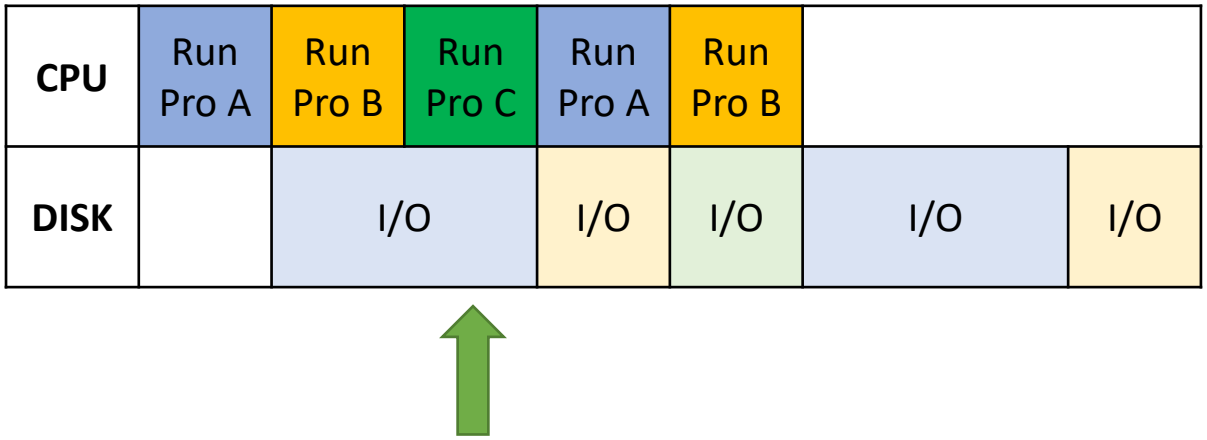


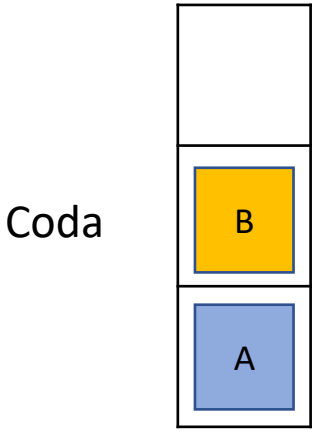



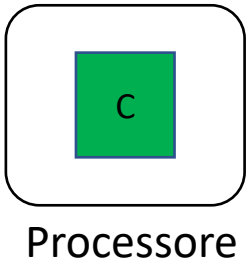



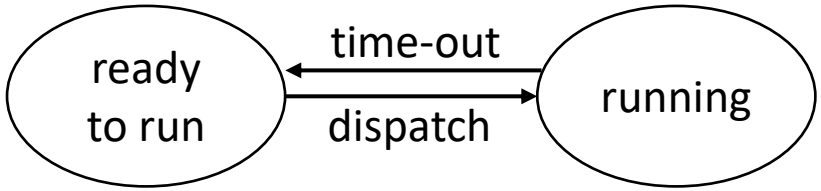



# Modello di esecuzione di un processo

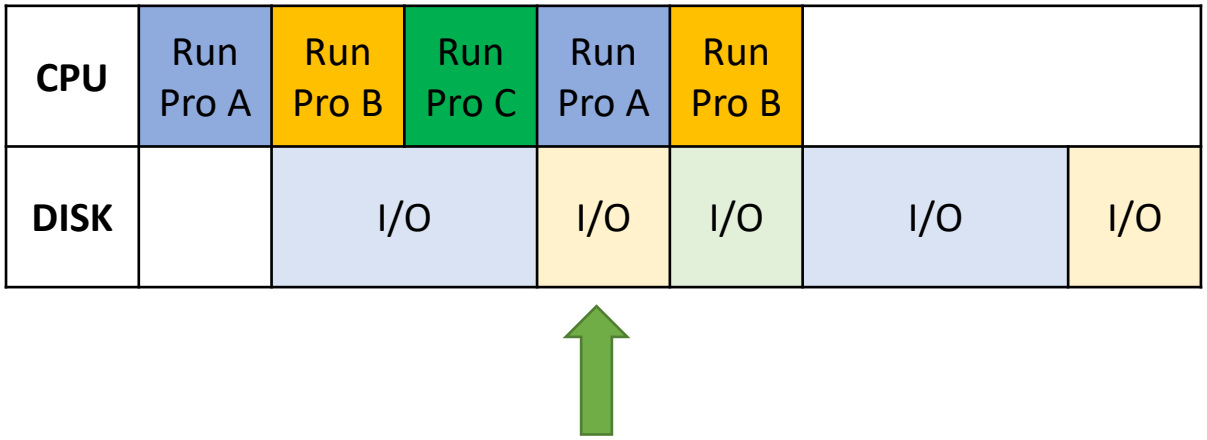


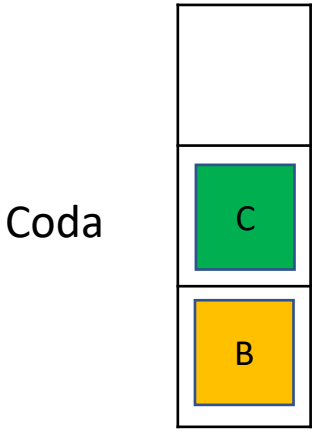



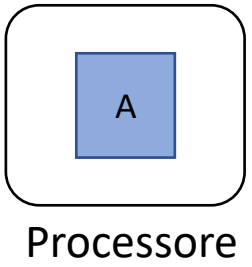



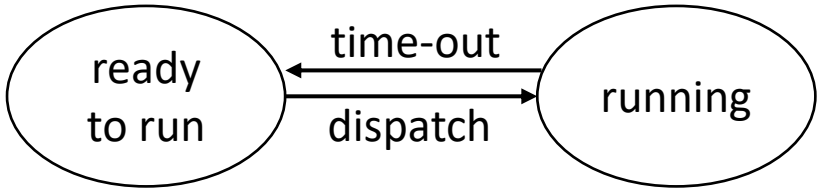



# Modello di esecuzione di un processo

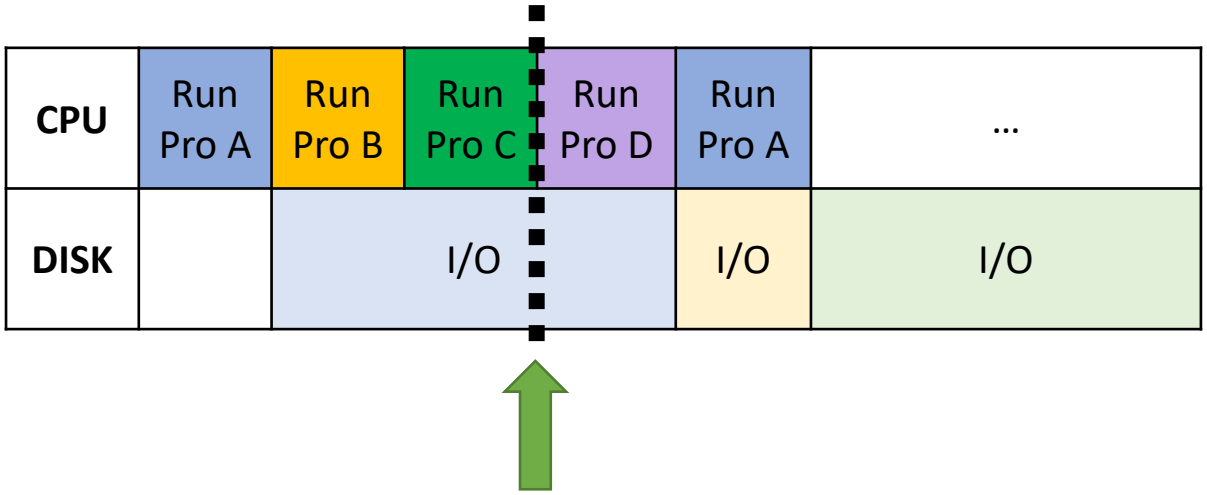


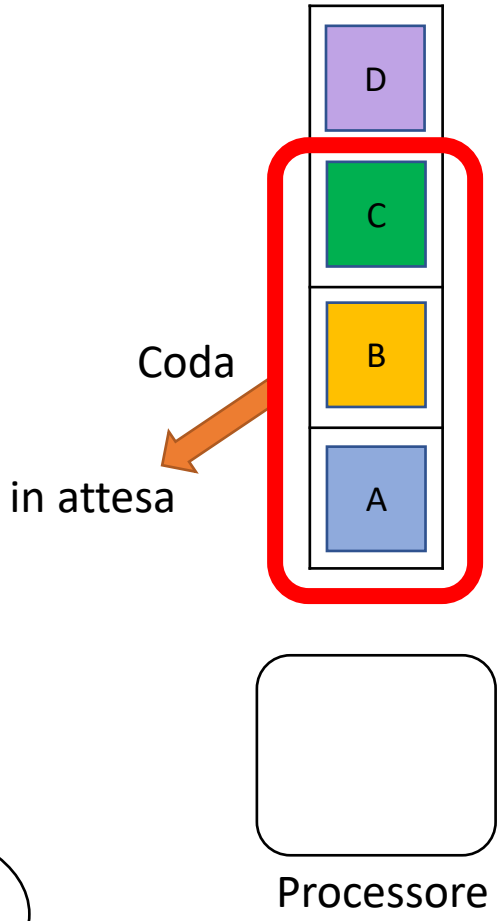



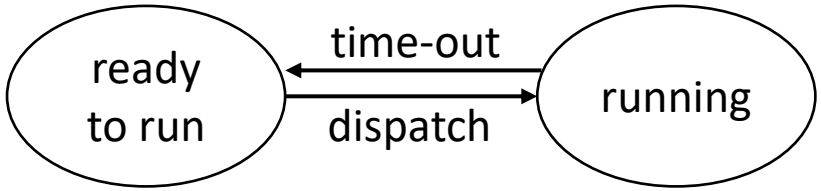



# Modello di esecuzione di un processo

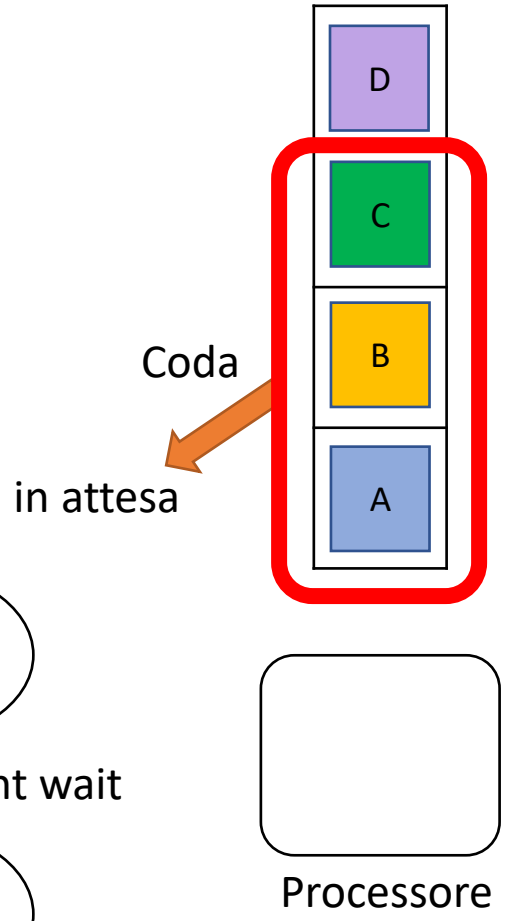


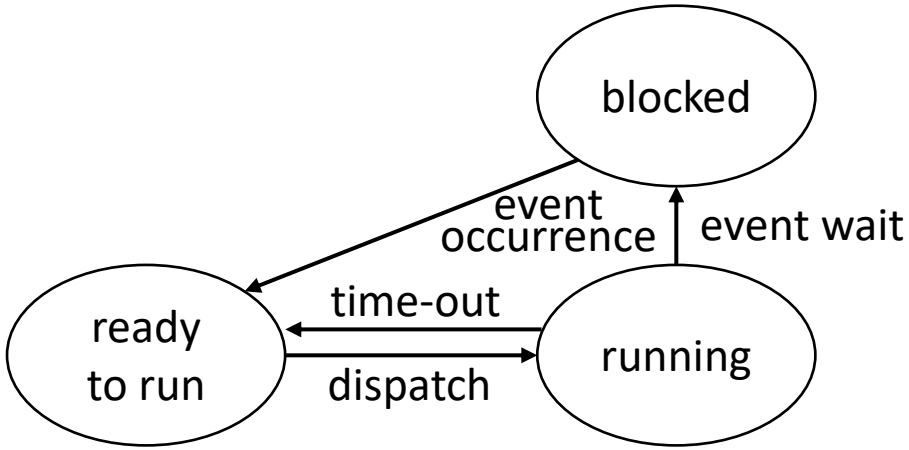



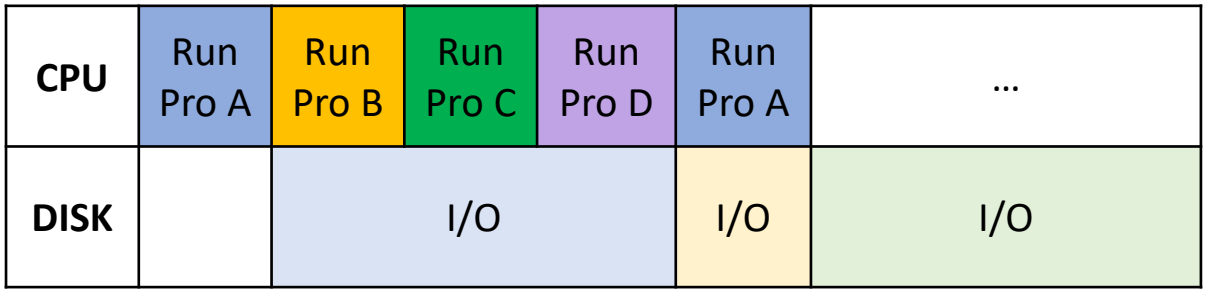
# Modello di esecuzione di un processo

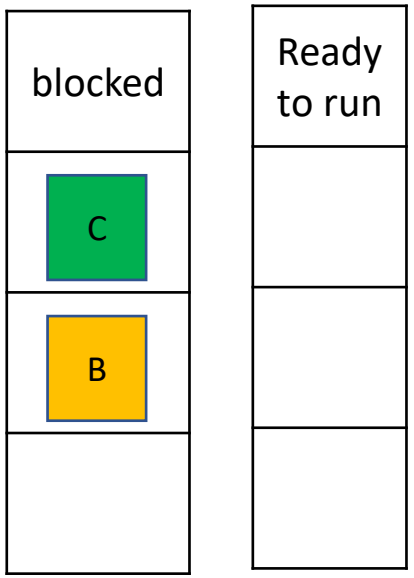
| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **CPU** | Run Pro A | Run Pro B | Run Pro C | Run Pro D | Run Pro A | … |
| **DISK** | | I/O | | | I/O | I/O |

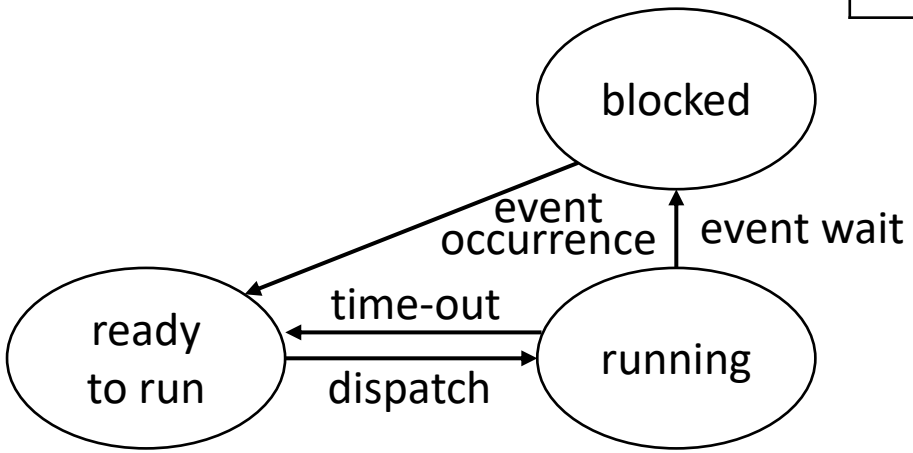


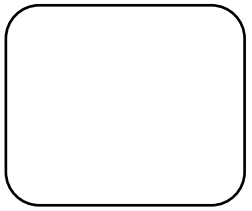



# Modello di esecuzione di un processo

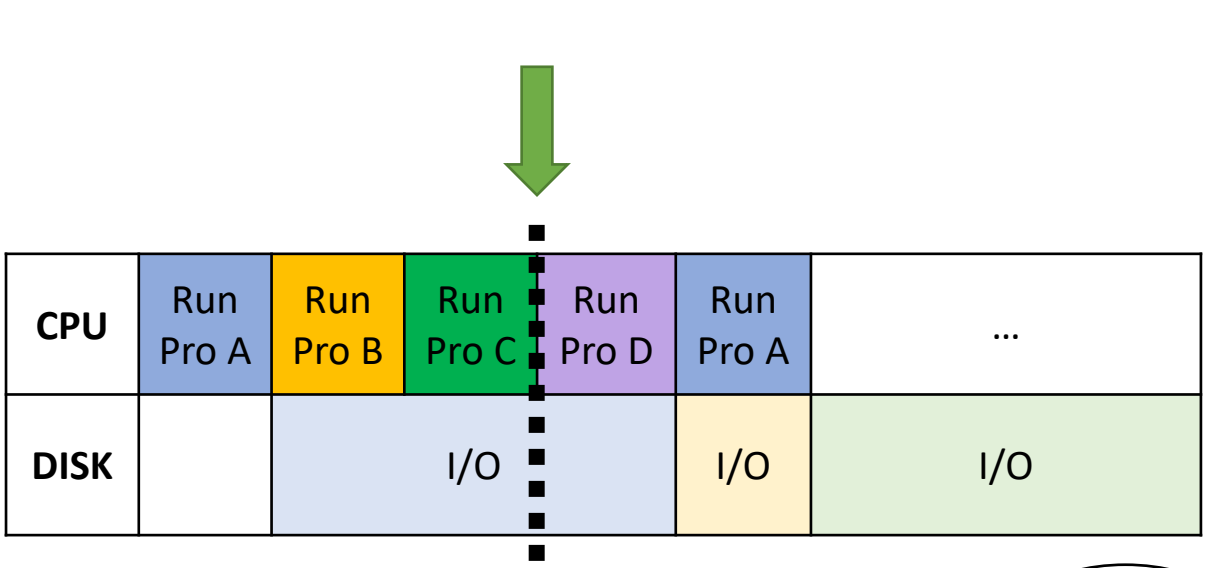


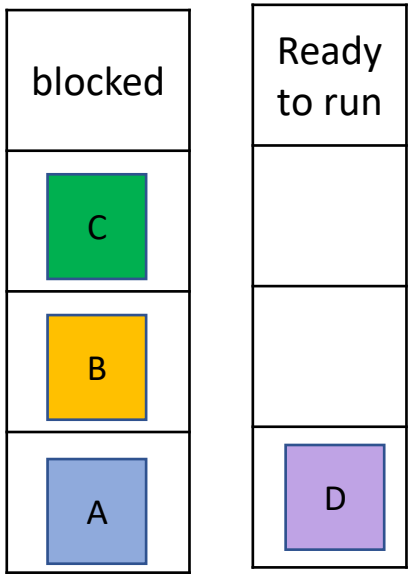



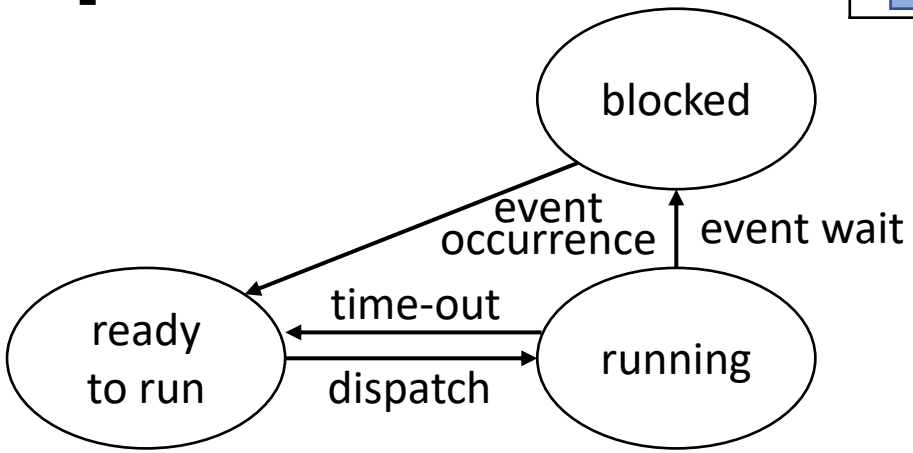



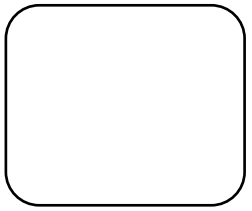


Processore

# Modello di esecuzione di un processo

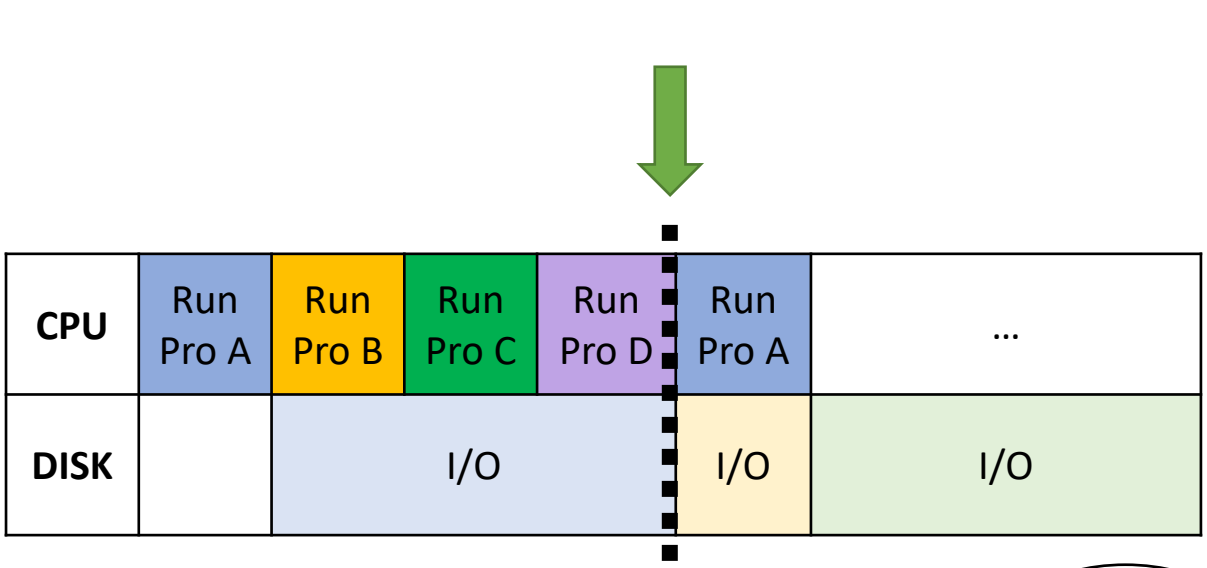


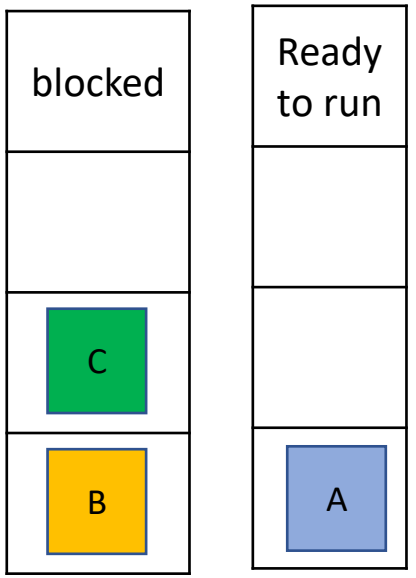



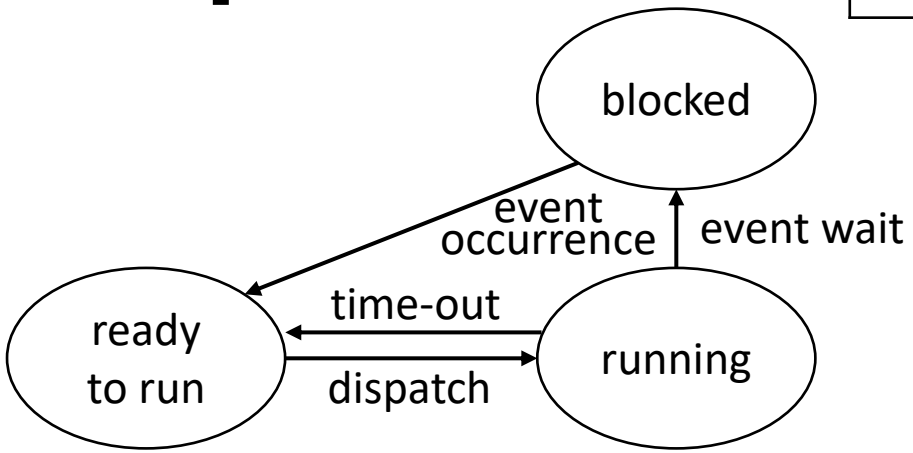



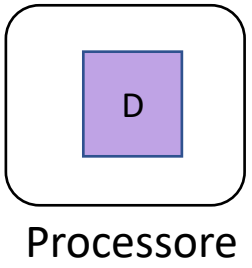


Processore

# Modello di esecuzione di un processo

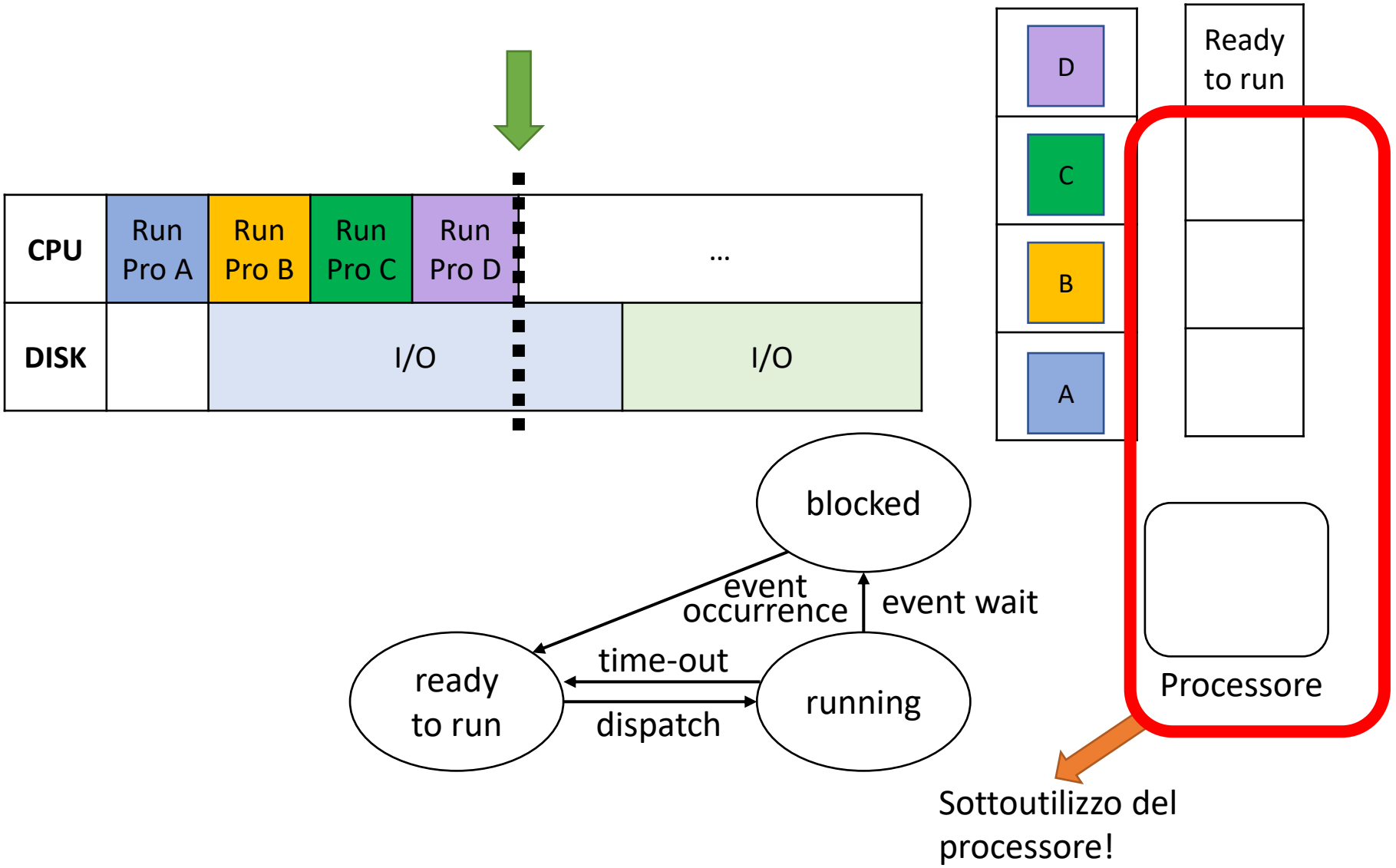


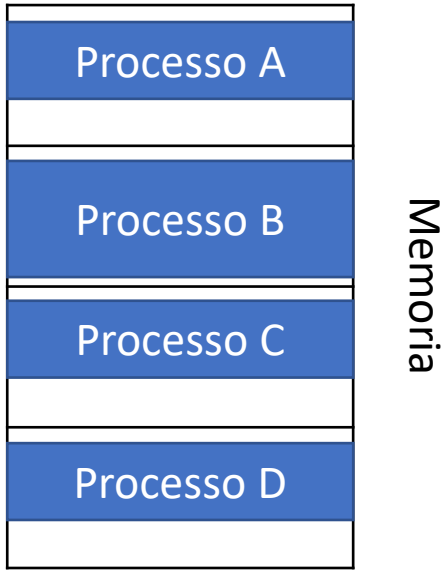



# Modello di esecuzione di un processo



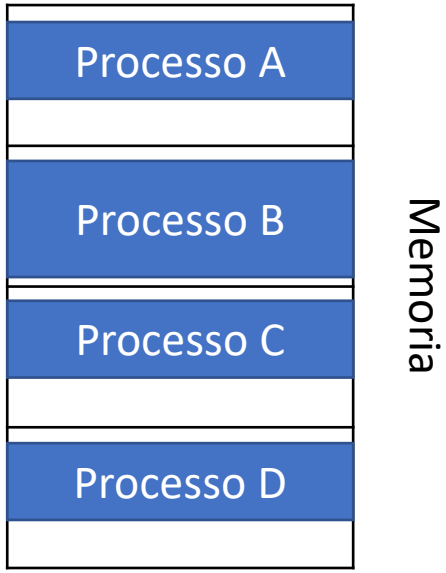
# Osservazione

- Il processore è molto più veloce di dispositivi di I/O
- La multiprogrammazione aiuta ad evitare il sottoutilizzo del processore
- **È necessario avere il maggior numero possibile di processi ready-to-run**
- Qual è il livello massimo di multiprogrammazione raggiungibile?
  - Il numero di processi che la capacità di memoria riesce contenere



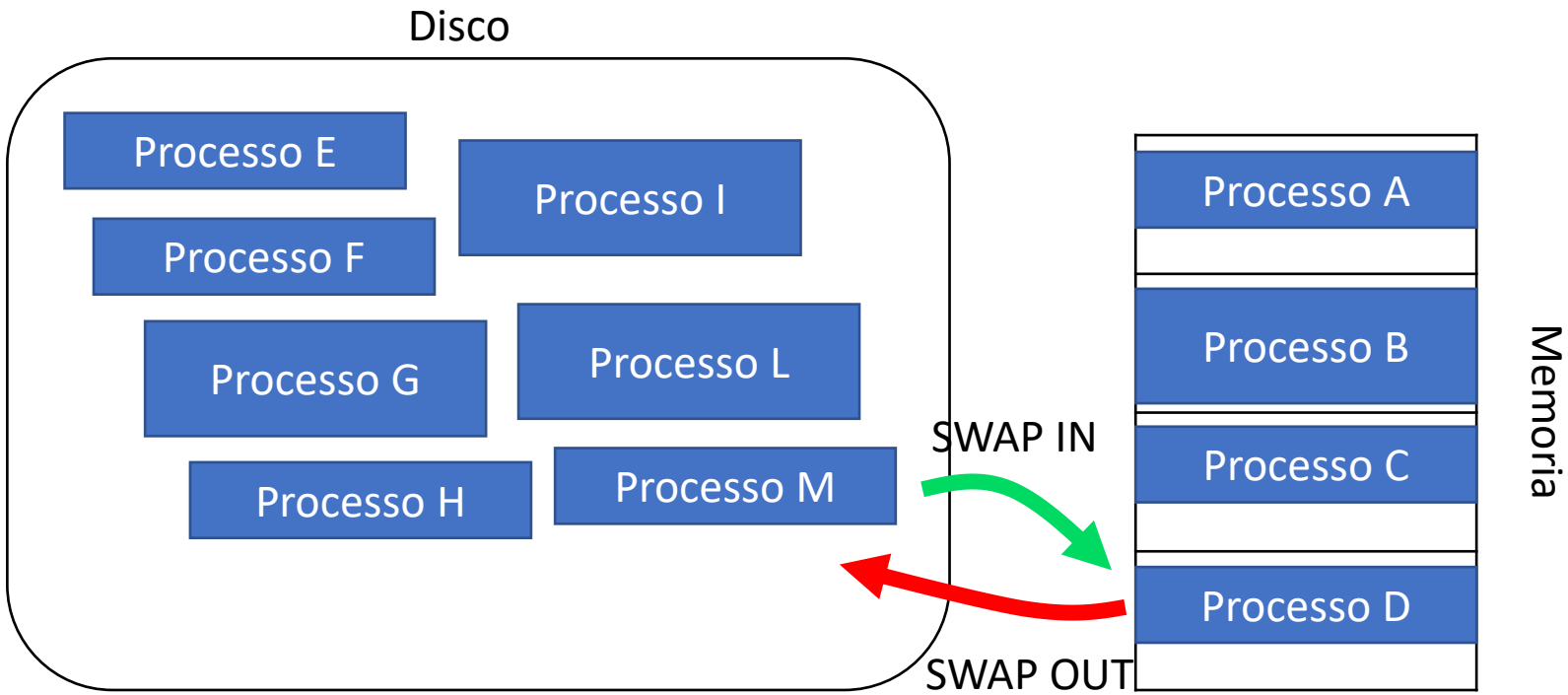
# Osservazione

- Come aumentare il livello di multiprogrammazione?
  - Aumentare la capacità della memoria
- Problemi:
  - la memoria è costosa
  - fissata la quantità di memoria il sottoutilizzo del processore è ancora possibile

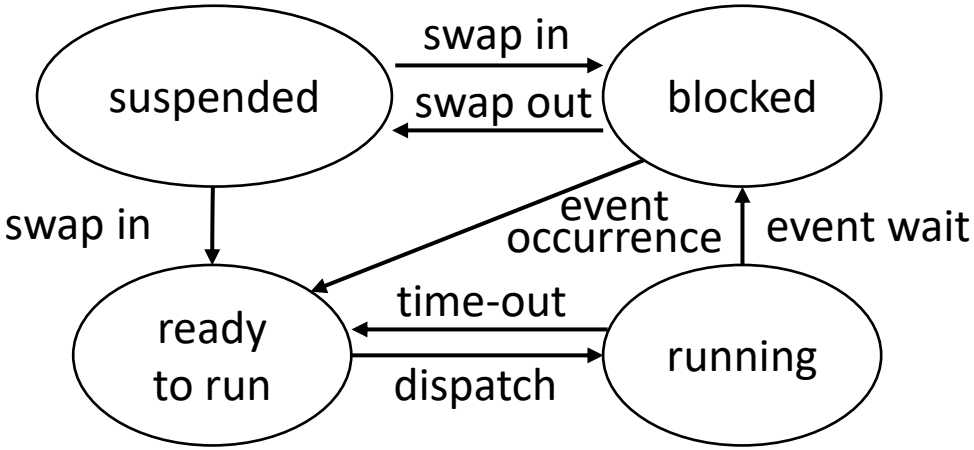


# Osservazione

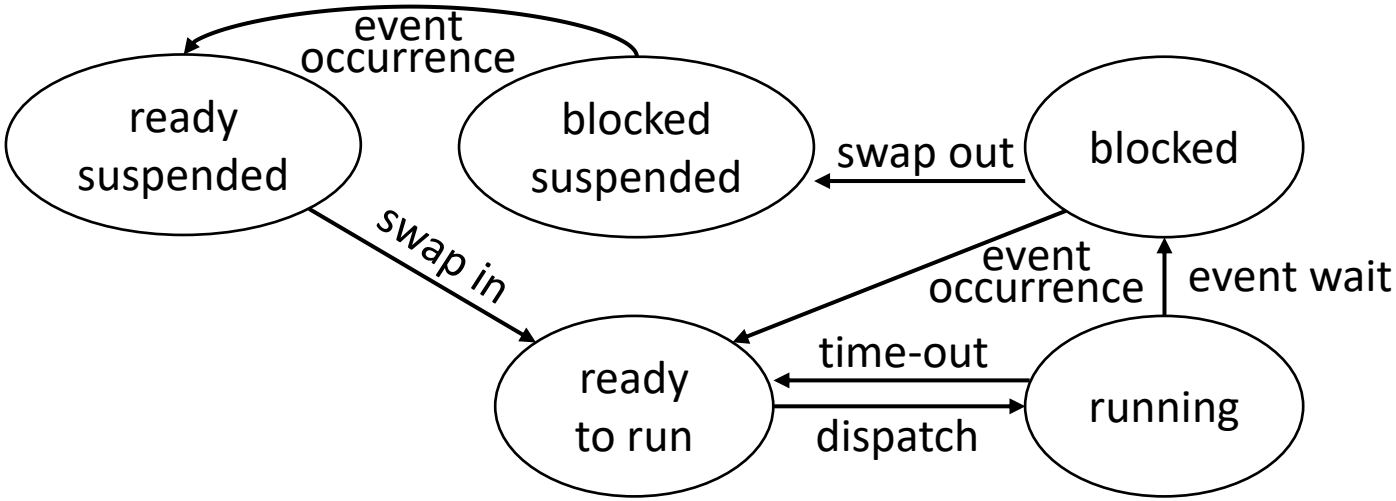
- Come aumentare il livello di multiprogrammazione?
  - Aumentare la capacità della memoria
  - Utilizzare dispositivi di storage per rimuovere processi dalla memoria
    - Il costo per bit è minore rispetto alle memorie (e.g. RAM)



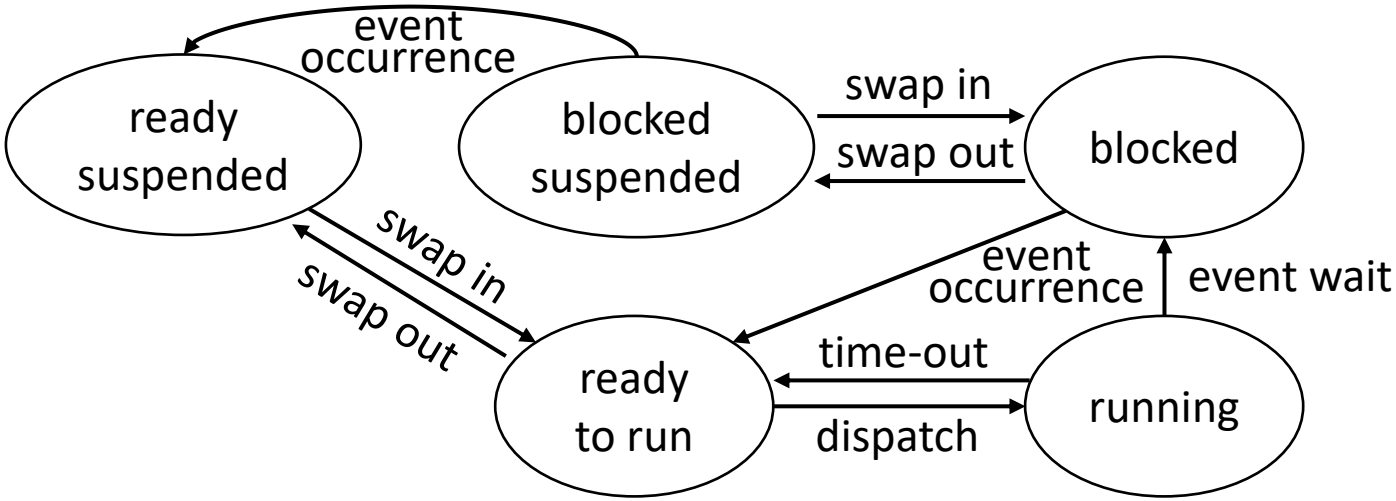
# Modello di esecuzione di un processo



# Modello di esecuzione di un processo

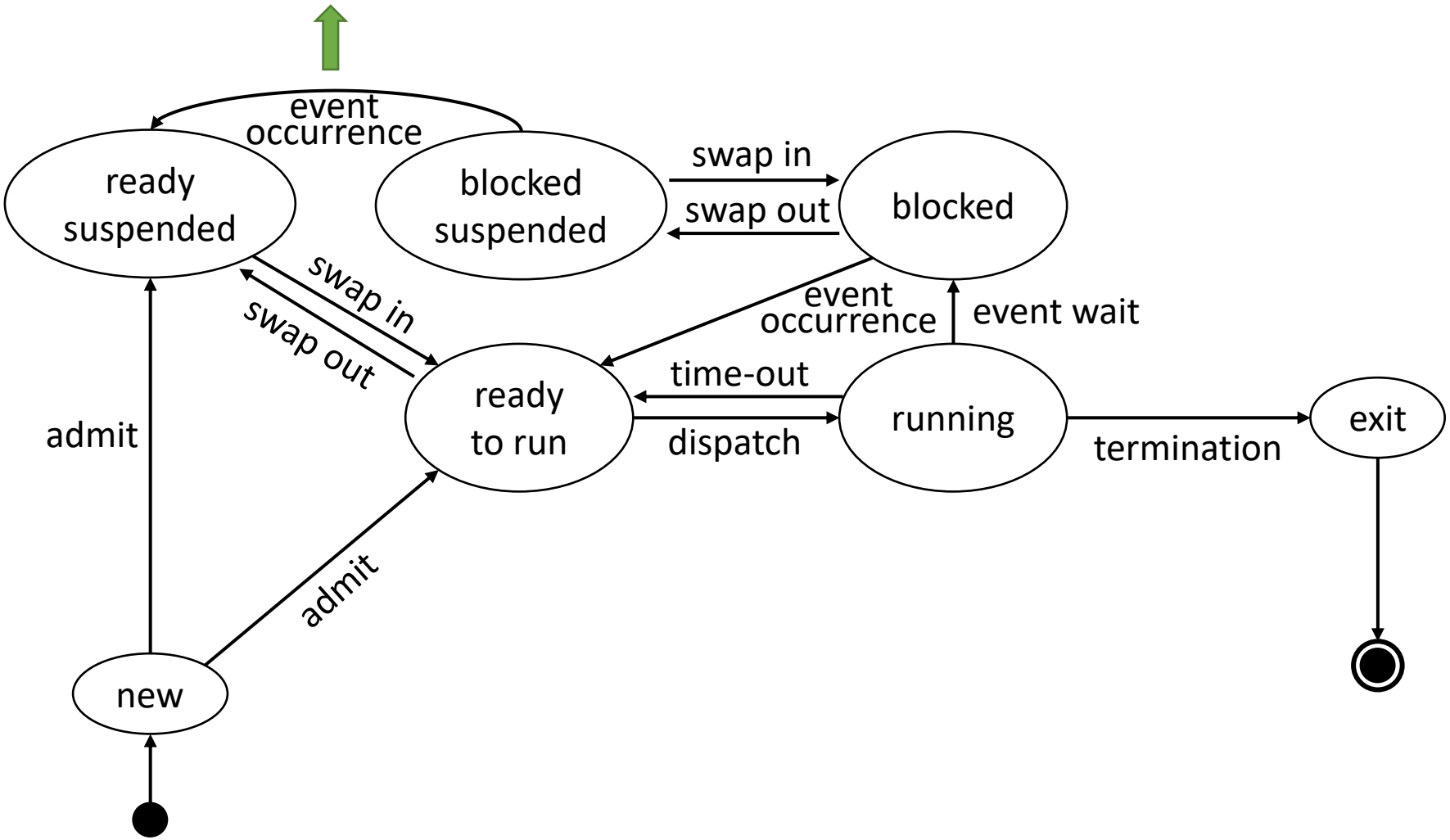


# Modello di esecuzione di un processo

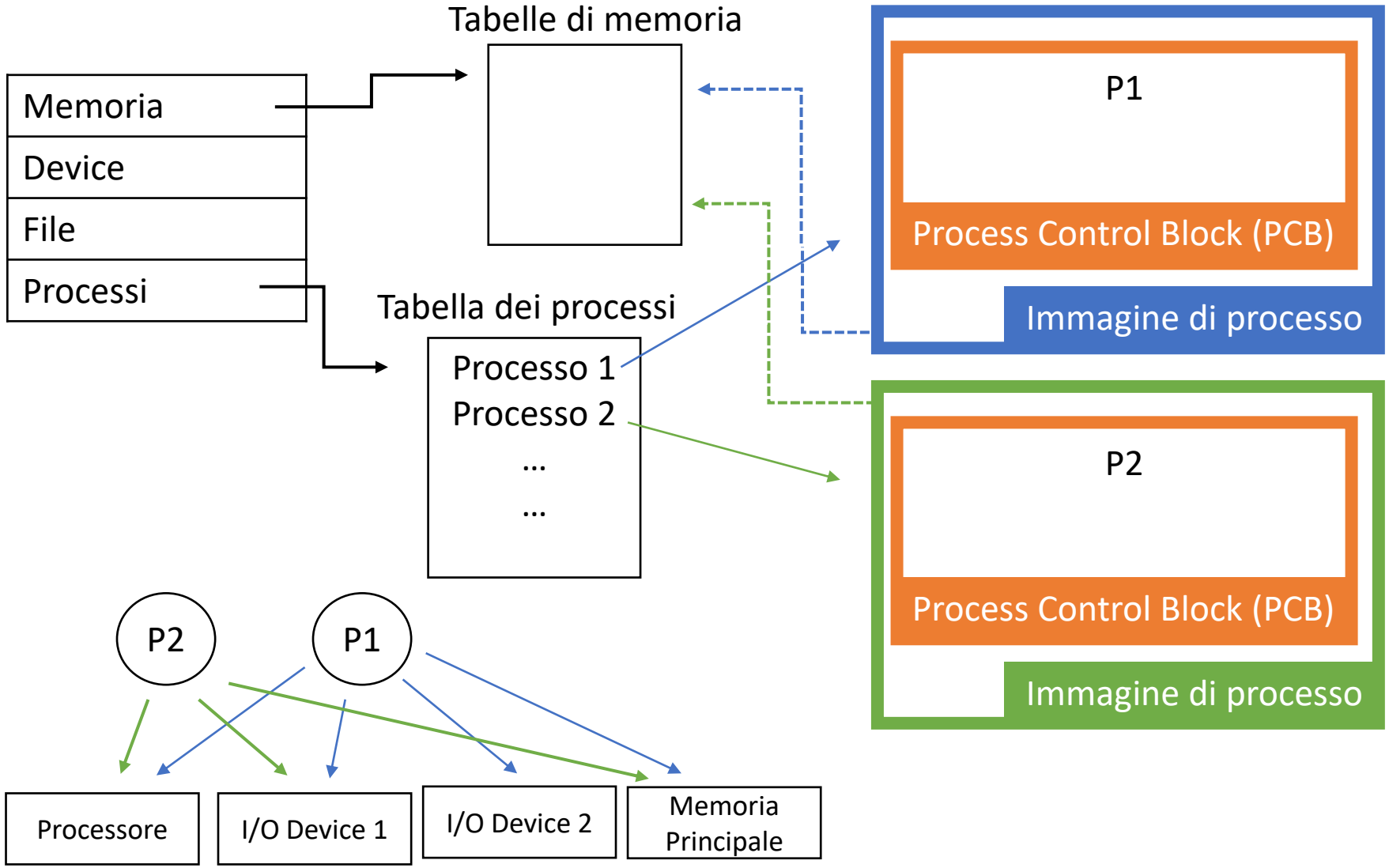


# Modello di esecuzione di un processo

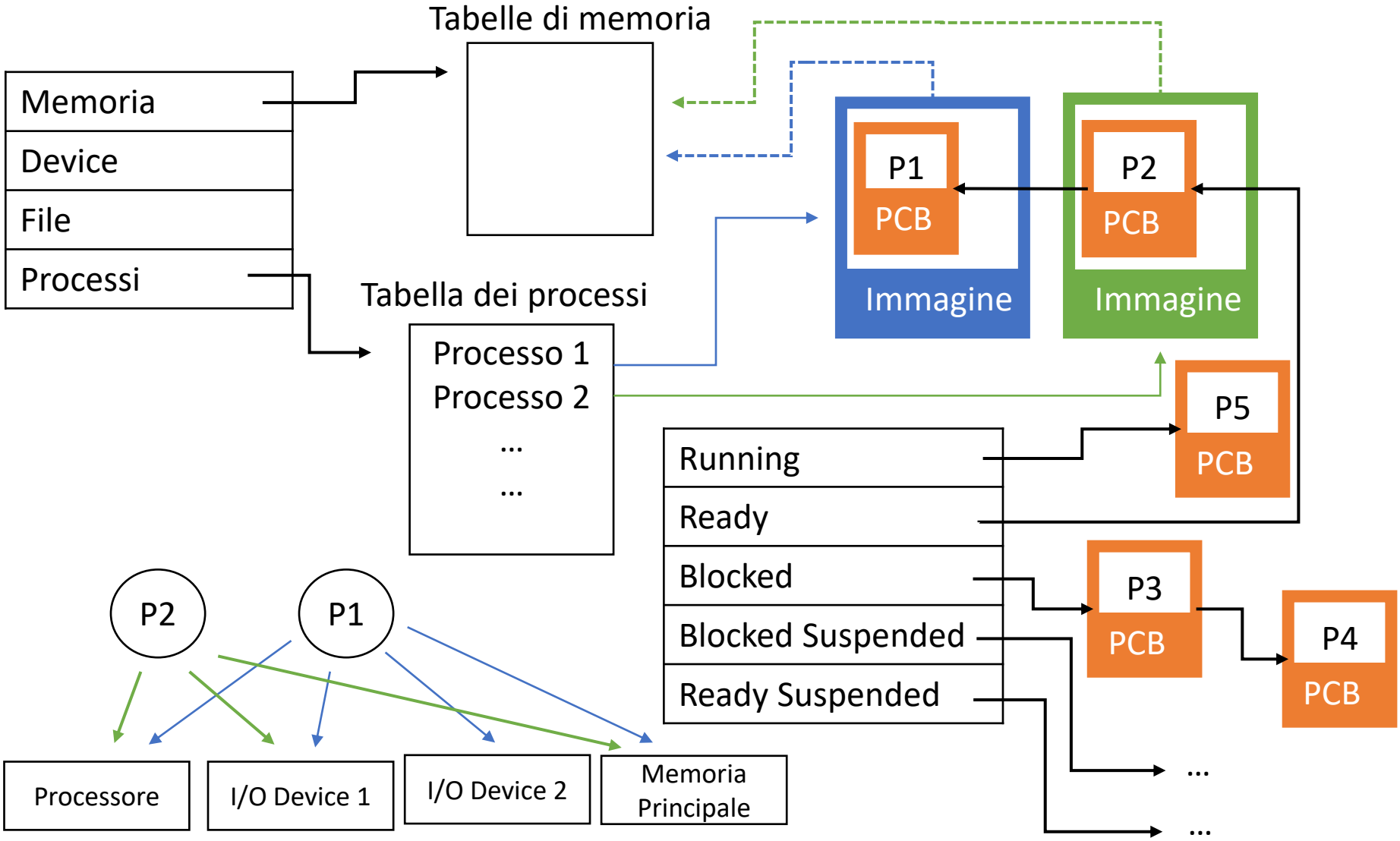
Il sistema operativo ha bisogno di metadati in memoria riguardo lo stato di un processo non in memoria



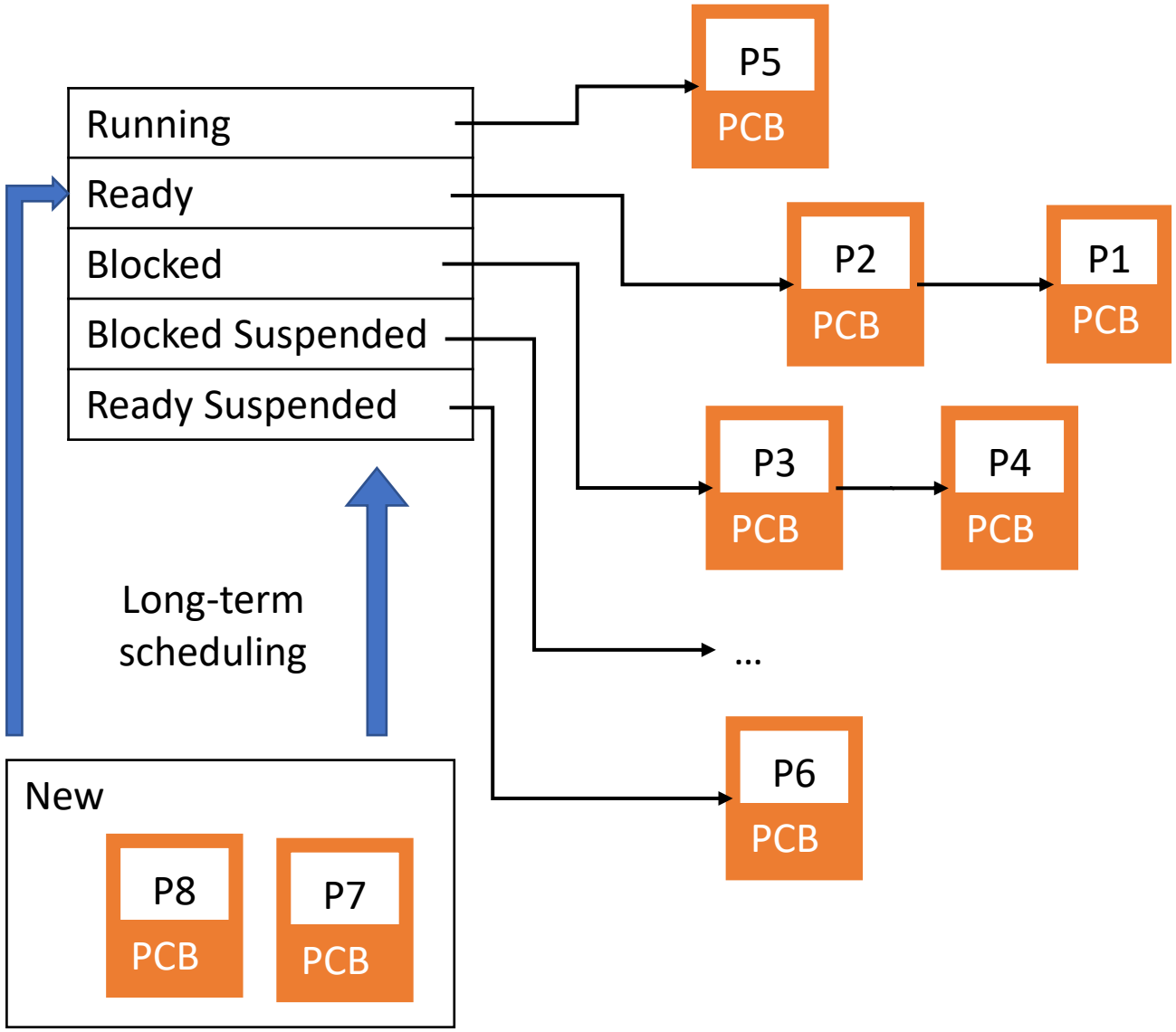
# Processi e strutture dati



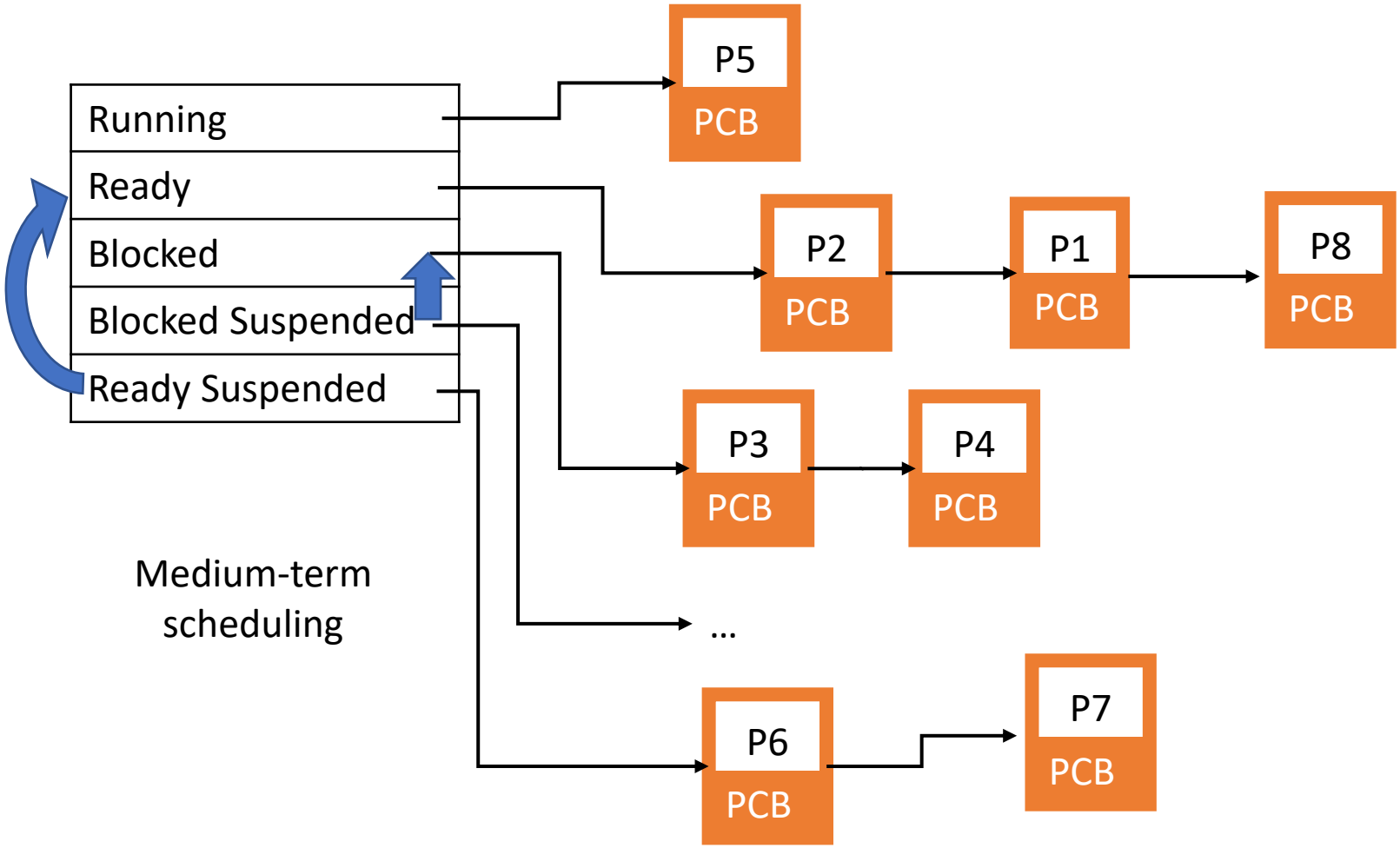
# Processi e strutture dati



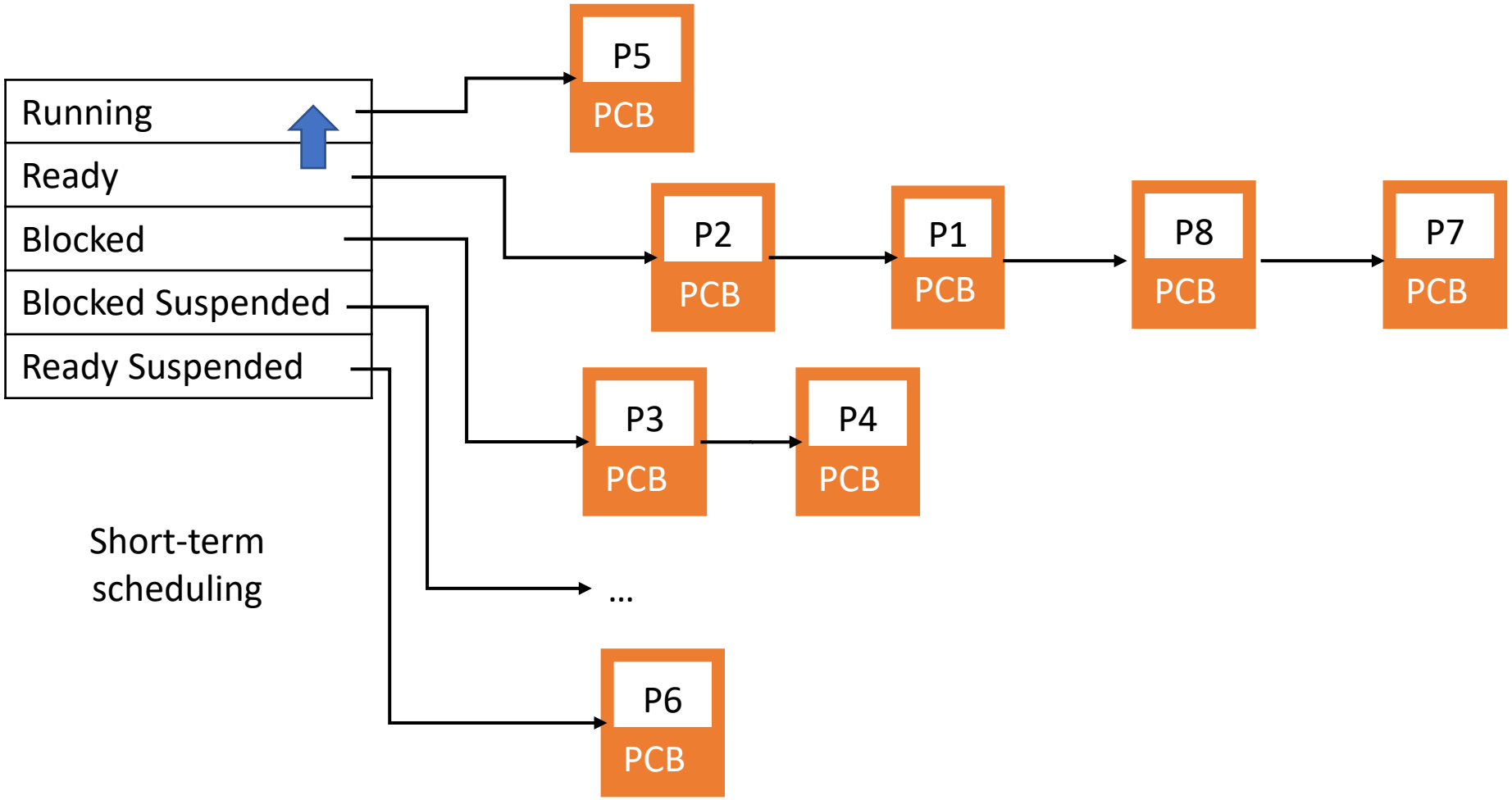
# Processi e strutture dati



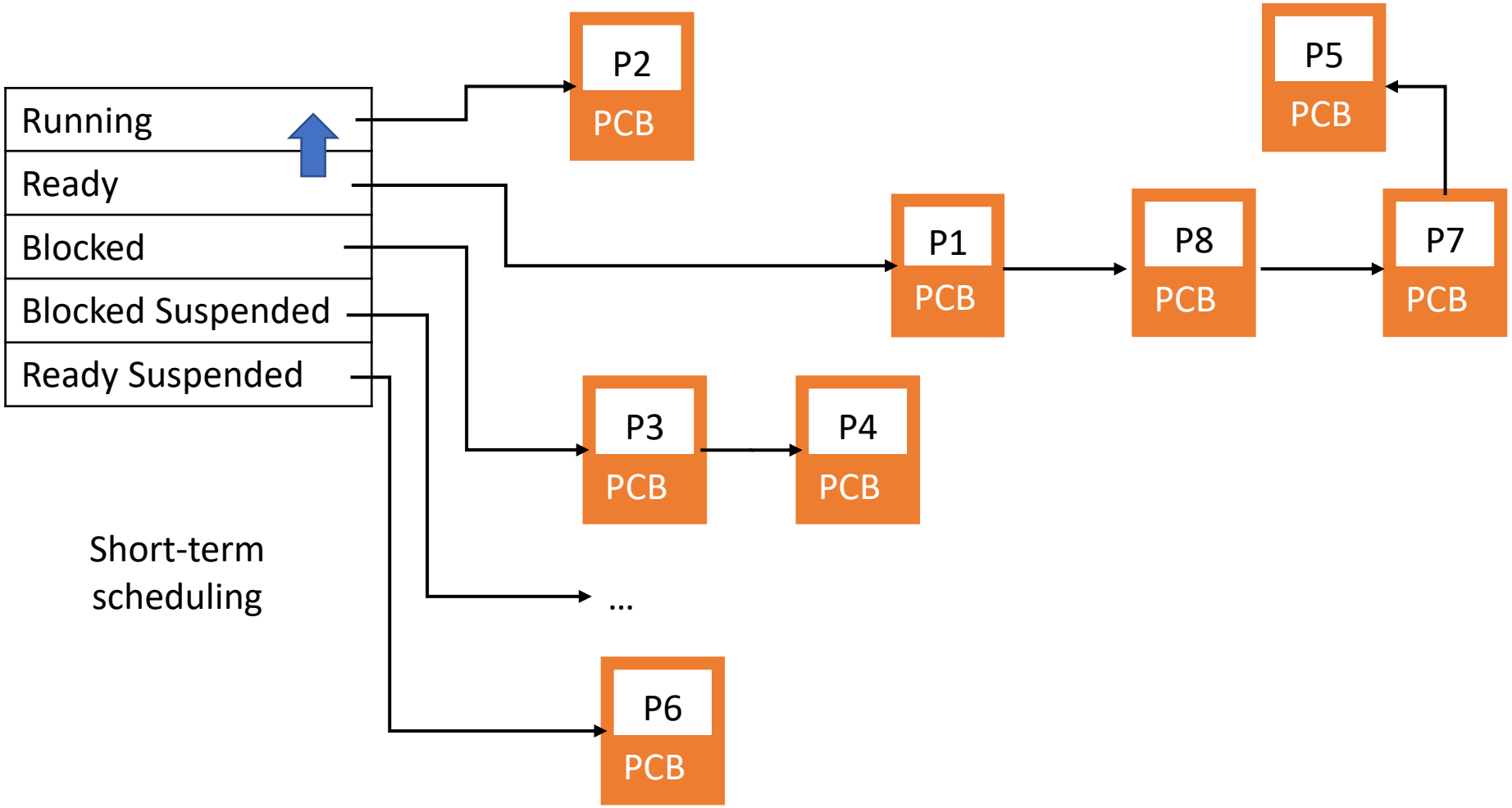
# Processi e strutture dati



# Processi e strutture dati

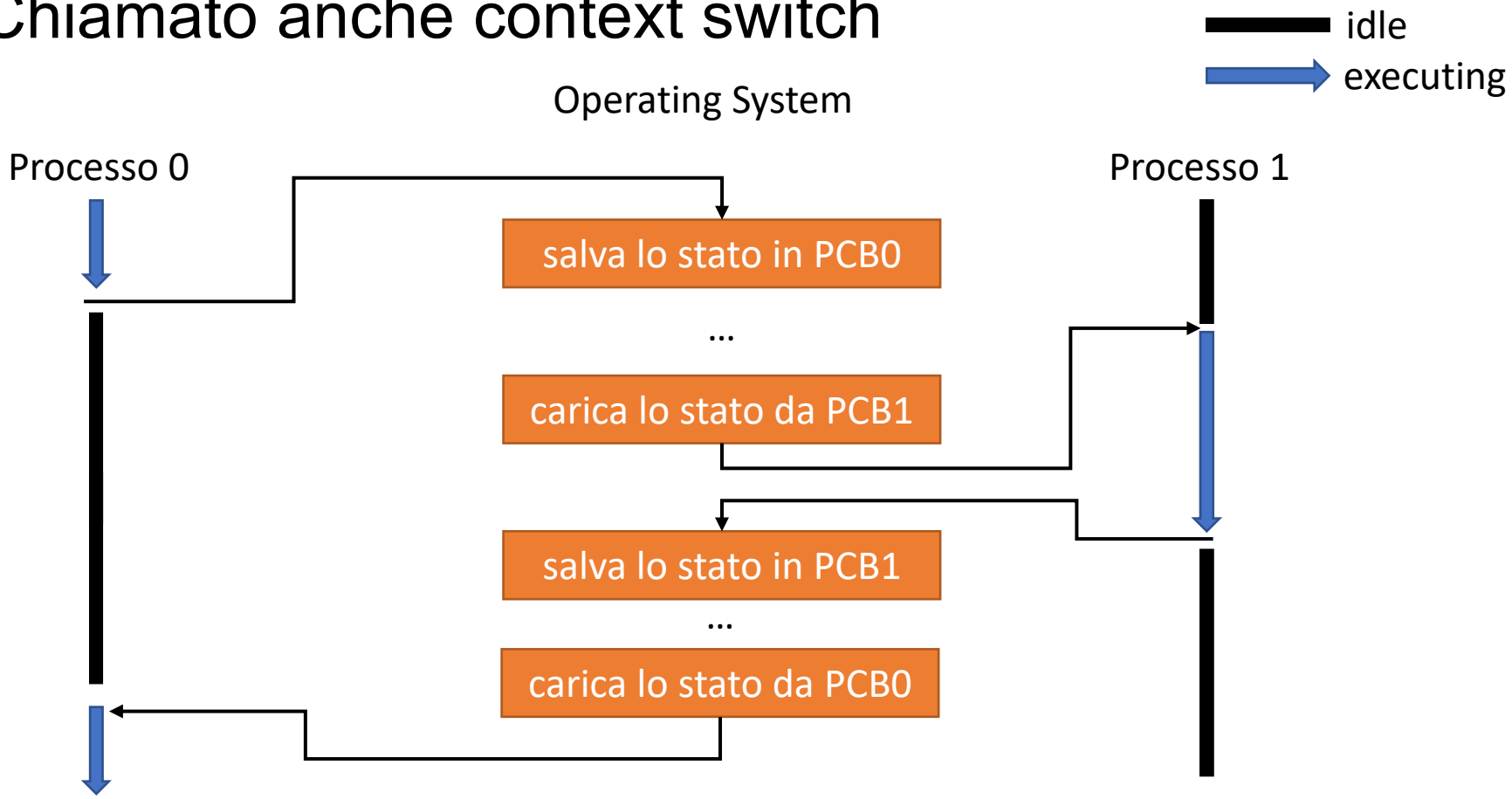


# Processi e strutture dati

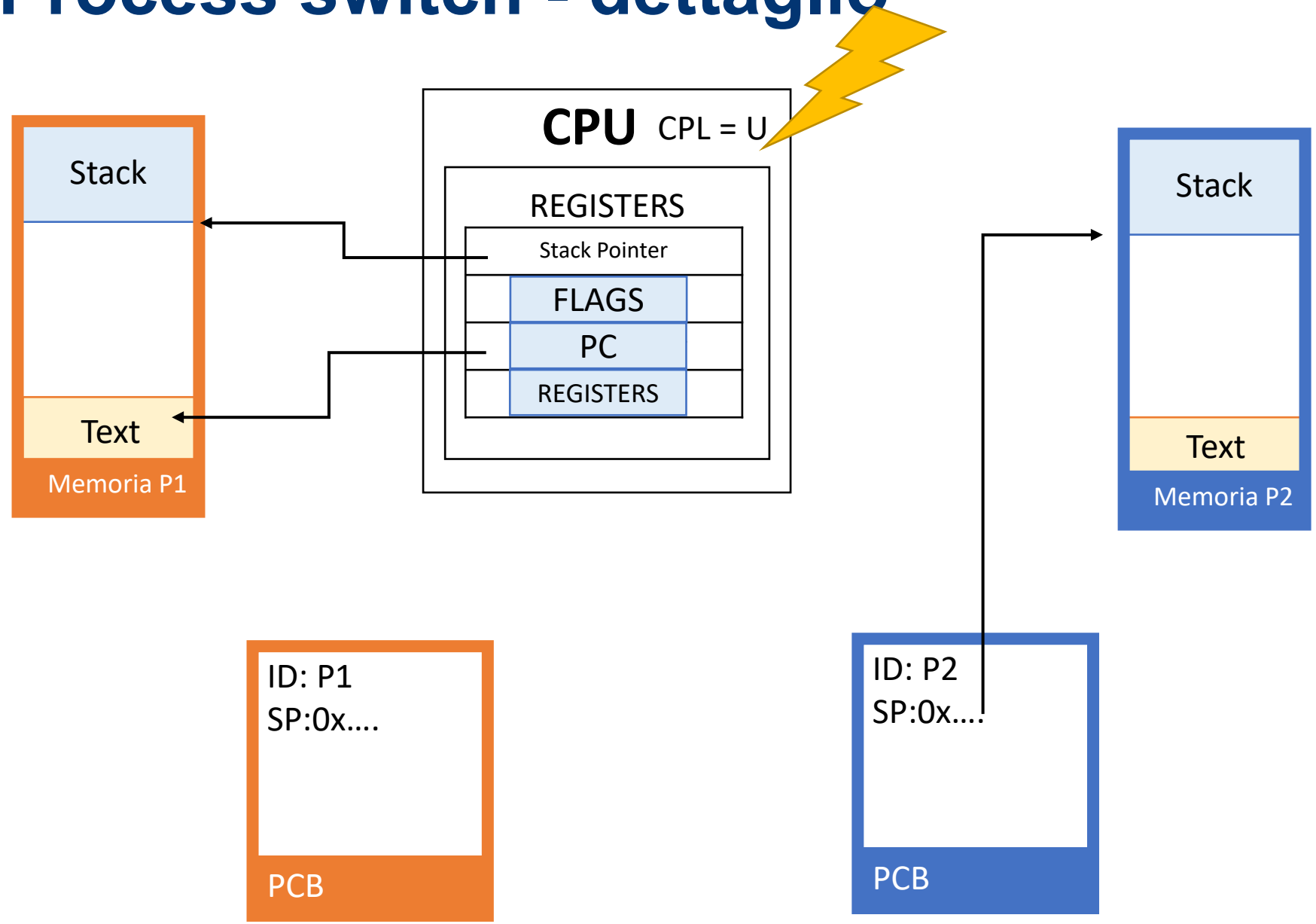


# Process switch

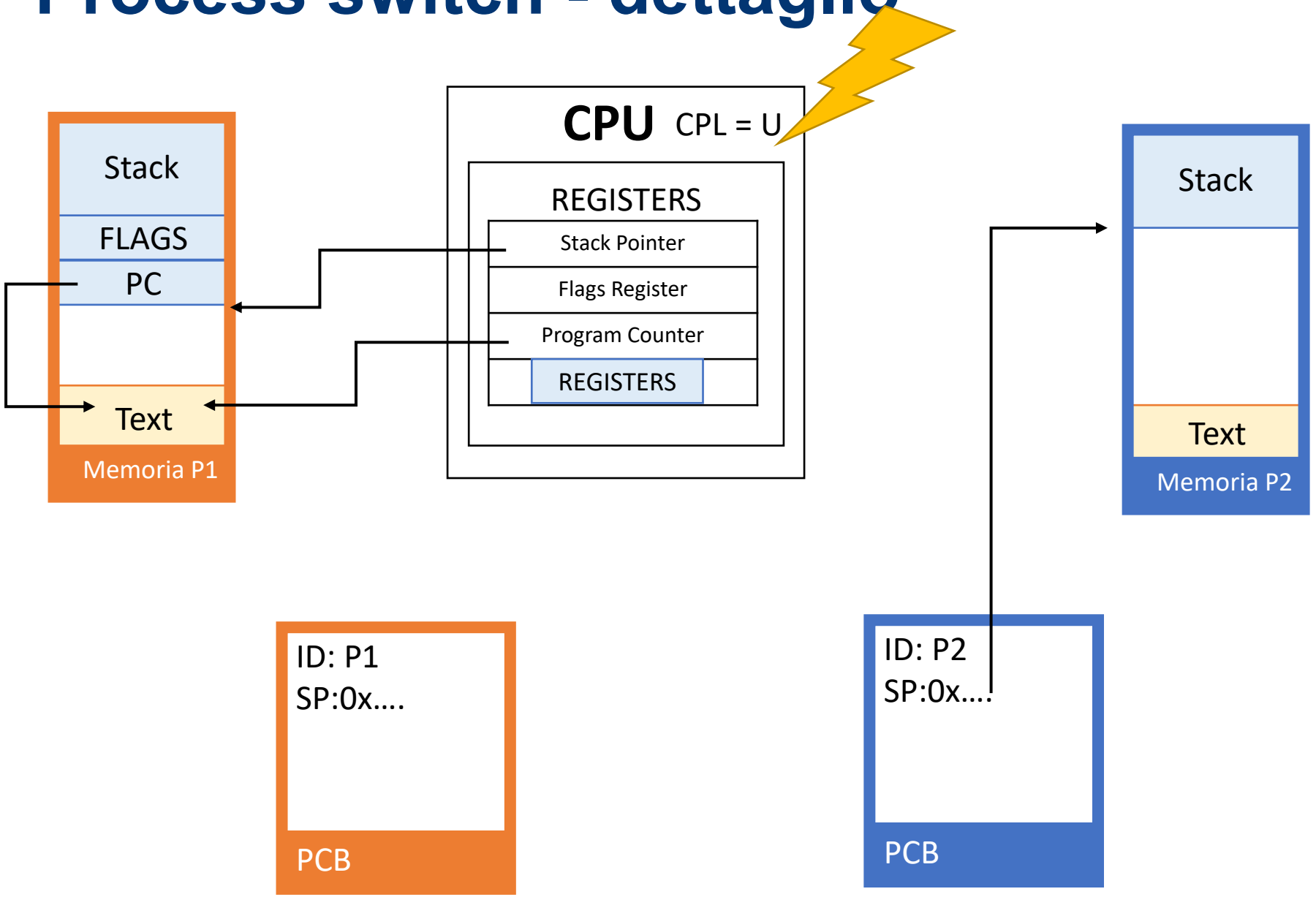
- Meccanismo per cambiare il processo in esecuzione sul processore => cambiare contesto
- Chiamato anche context switch



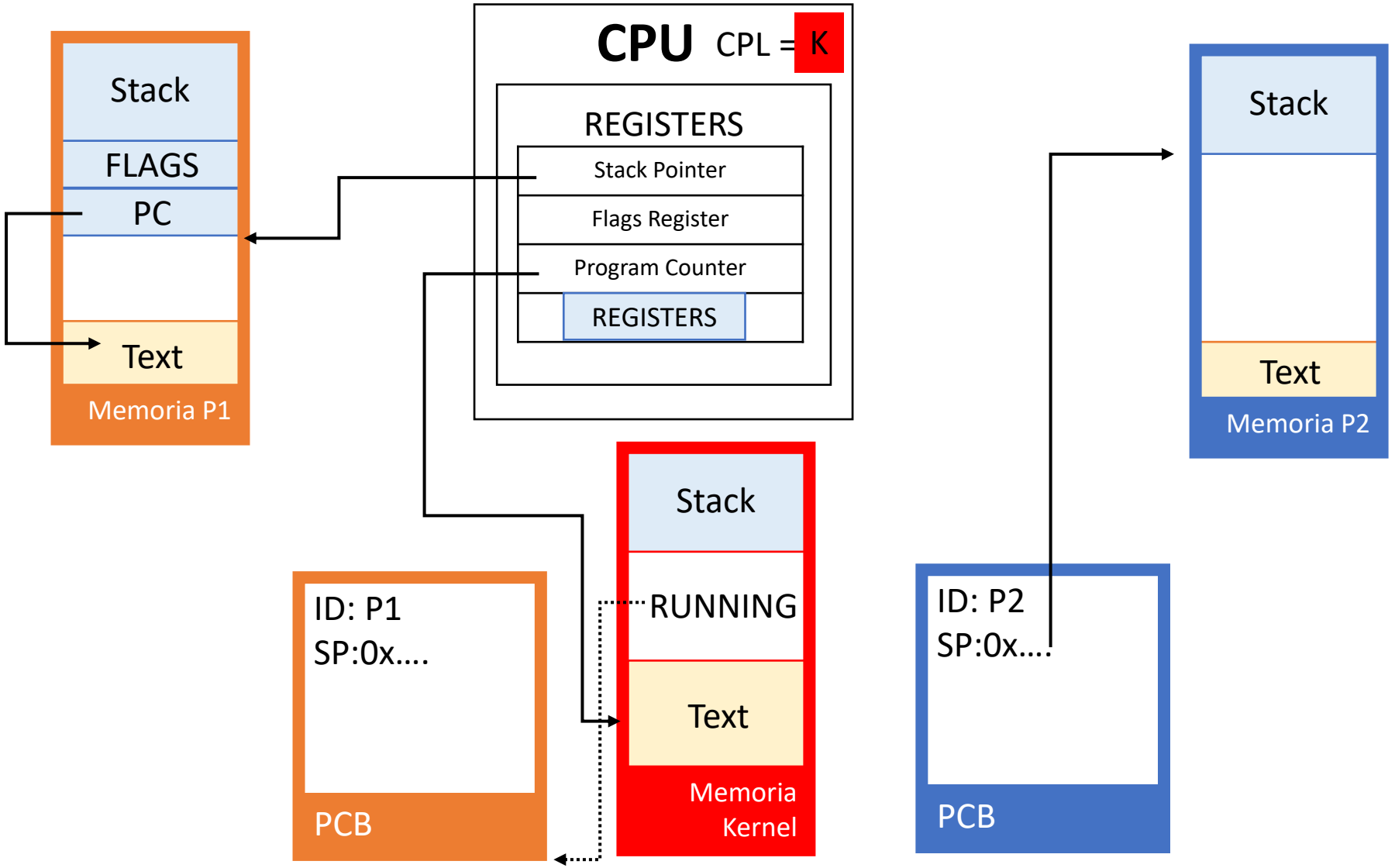
# Process switch - dettaglio



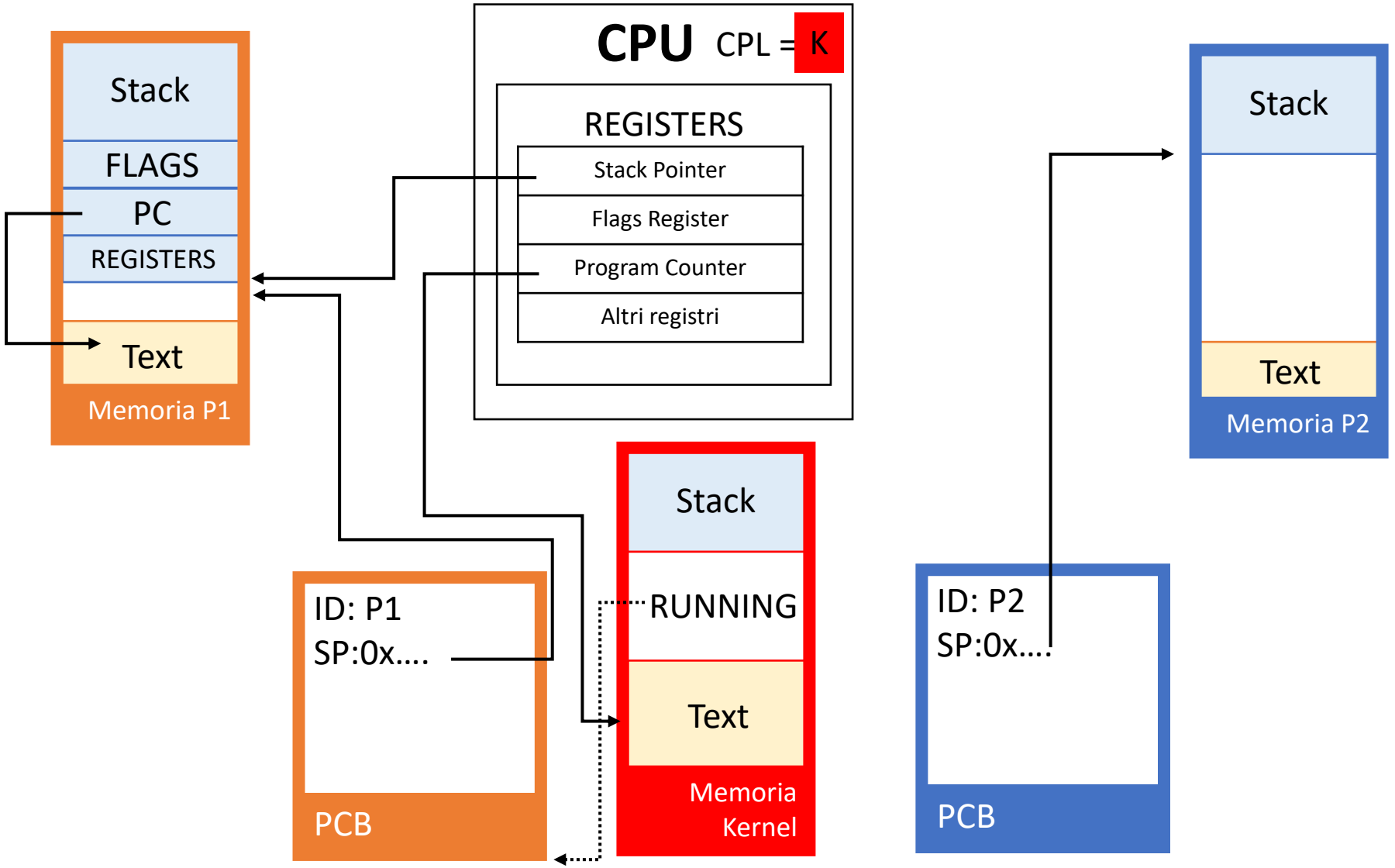
# Process switch - dettaglio



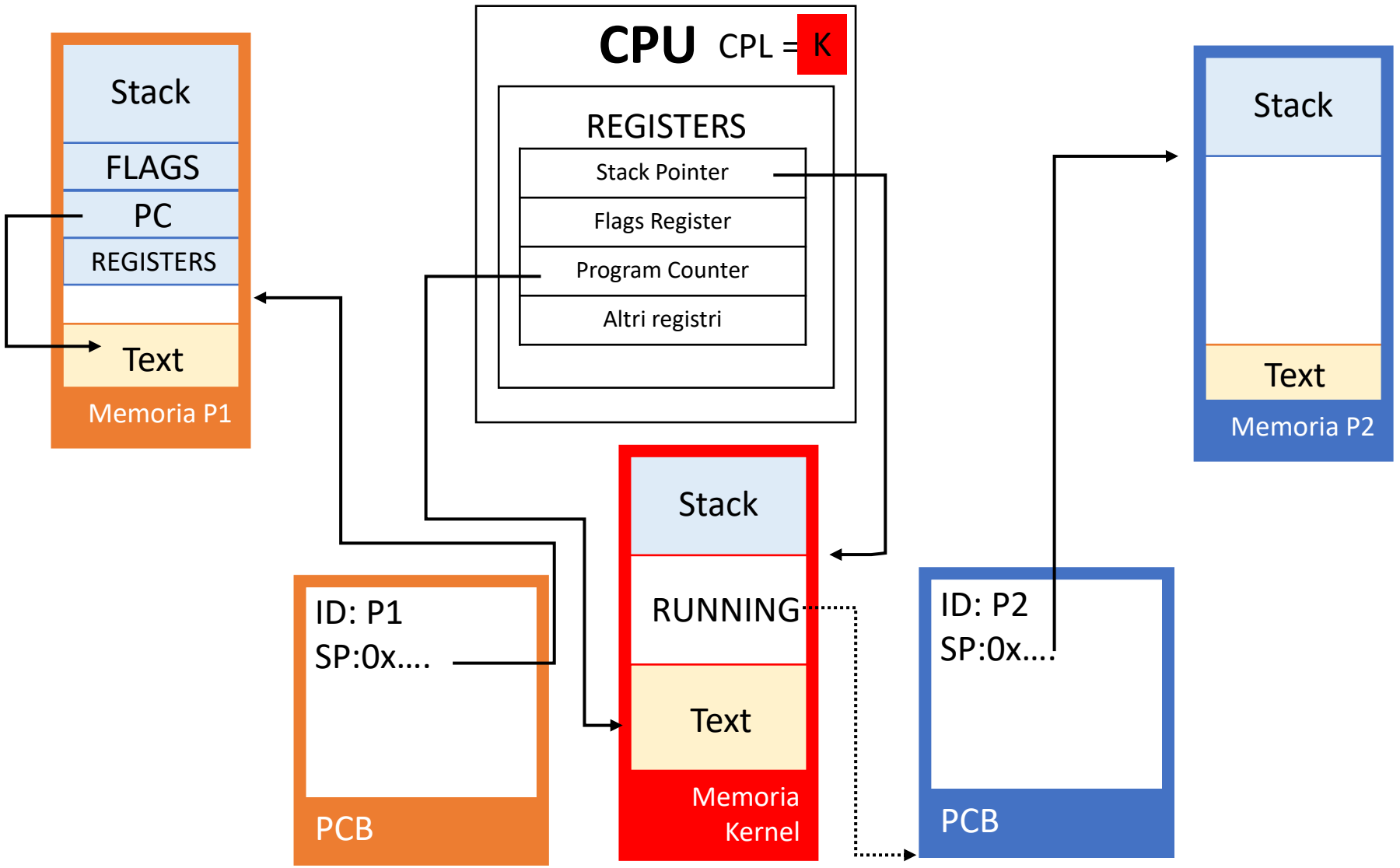
# Process switch - dettaglio



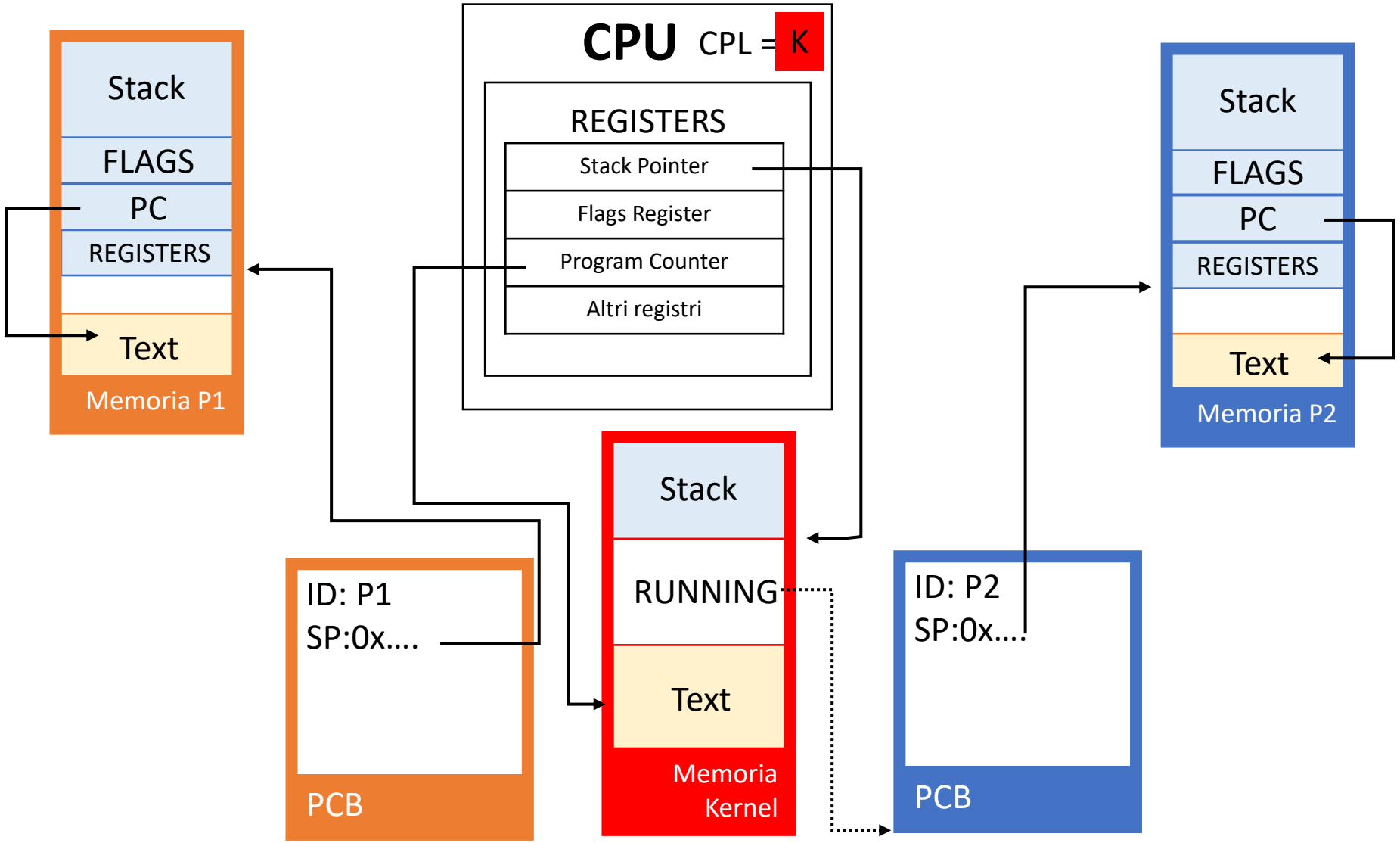
# Process switch - dettaglio



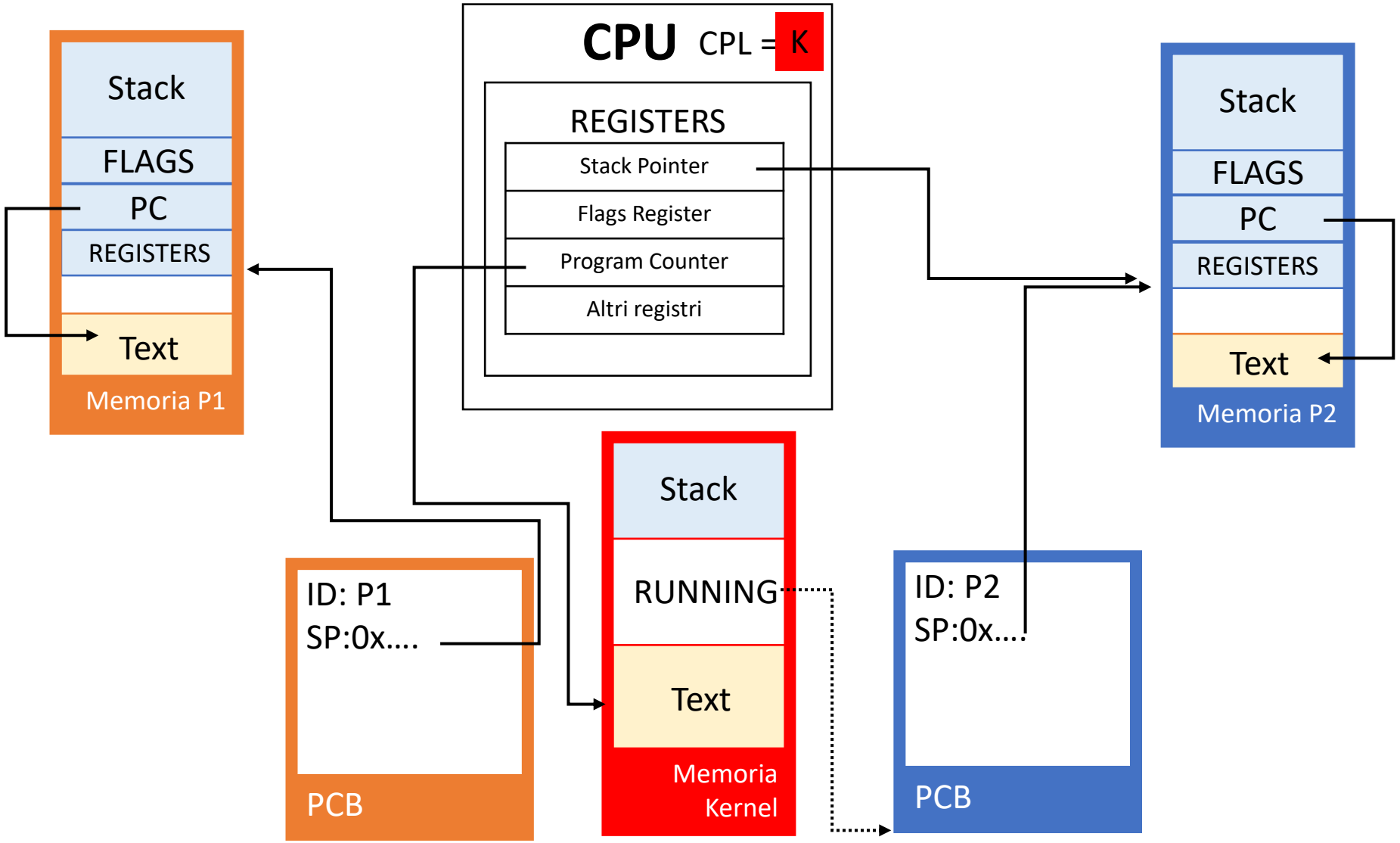
# Process switch - dettaglio



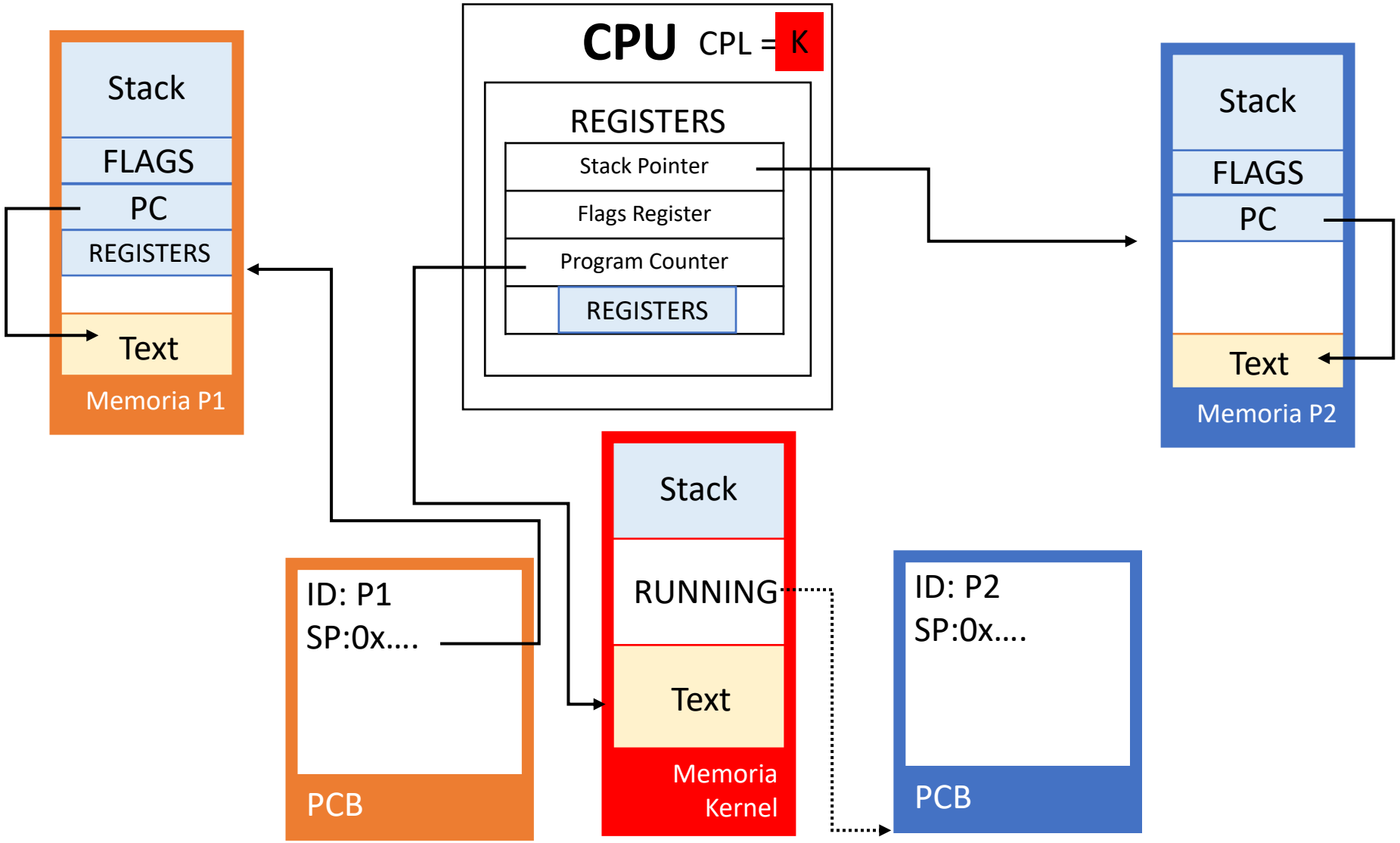
# Process switch - dettaglio



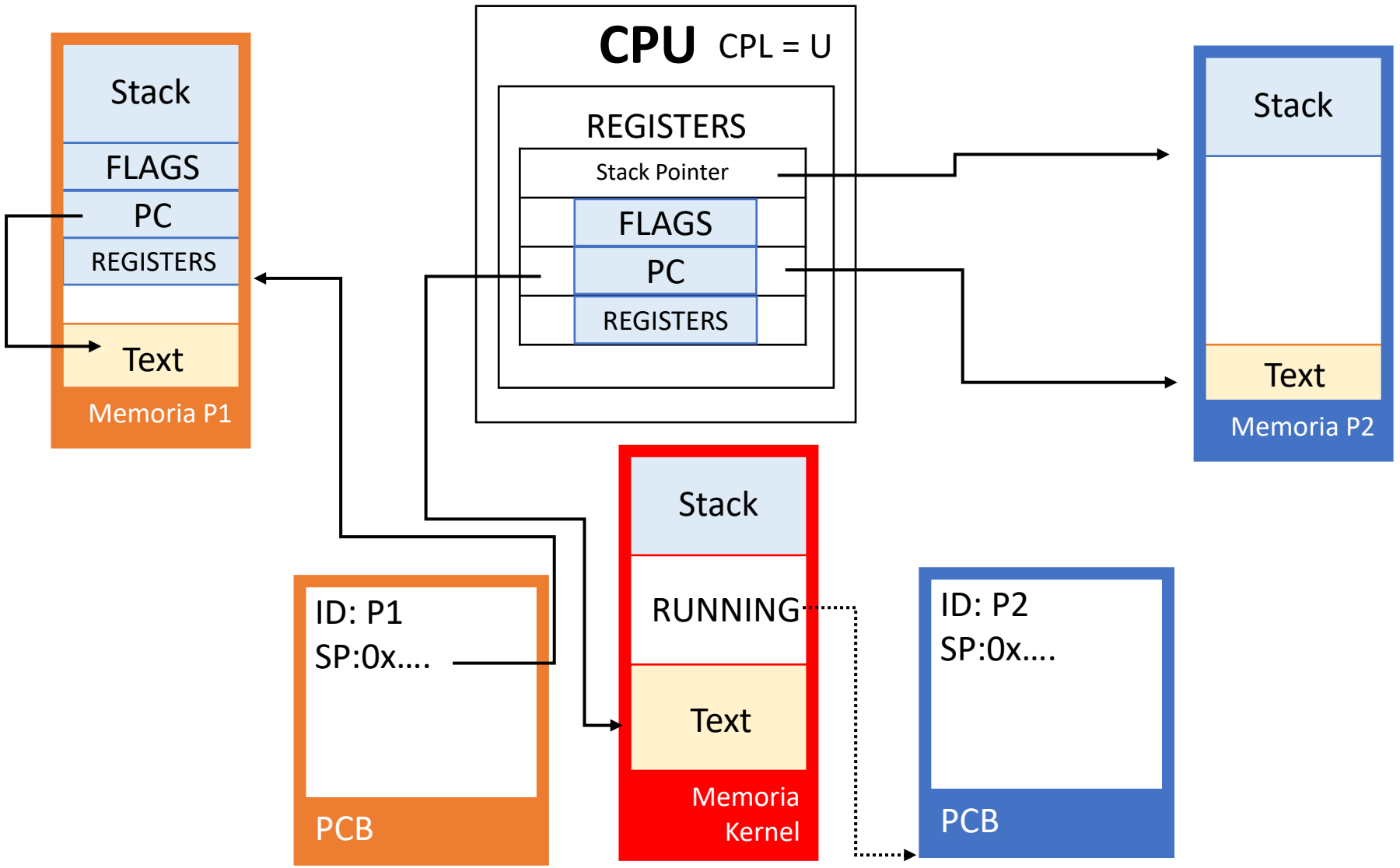
# Process switch - dettaglio



# Process switch - dettaglio



# Process switch - dettaglio



# Cambio di contesto vs Cambio di modo

## Cause diverse

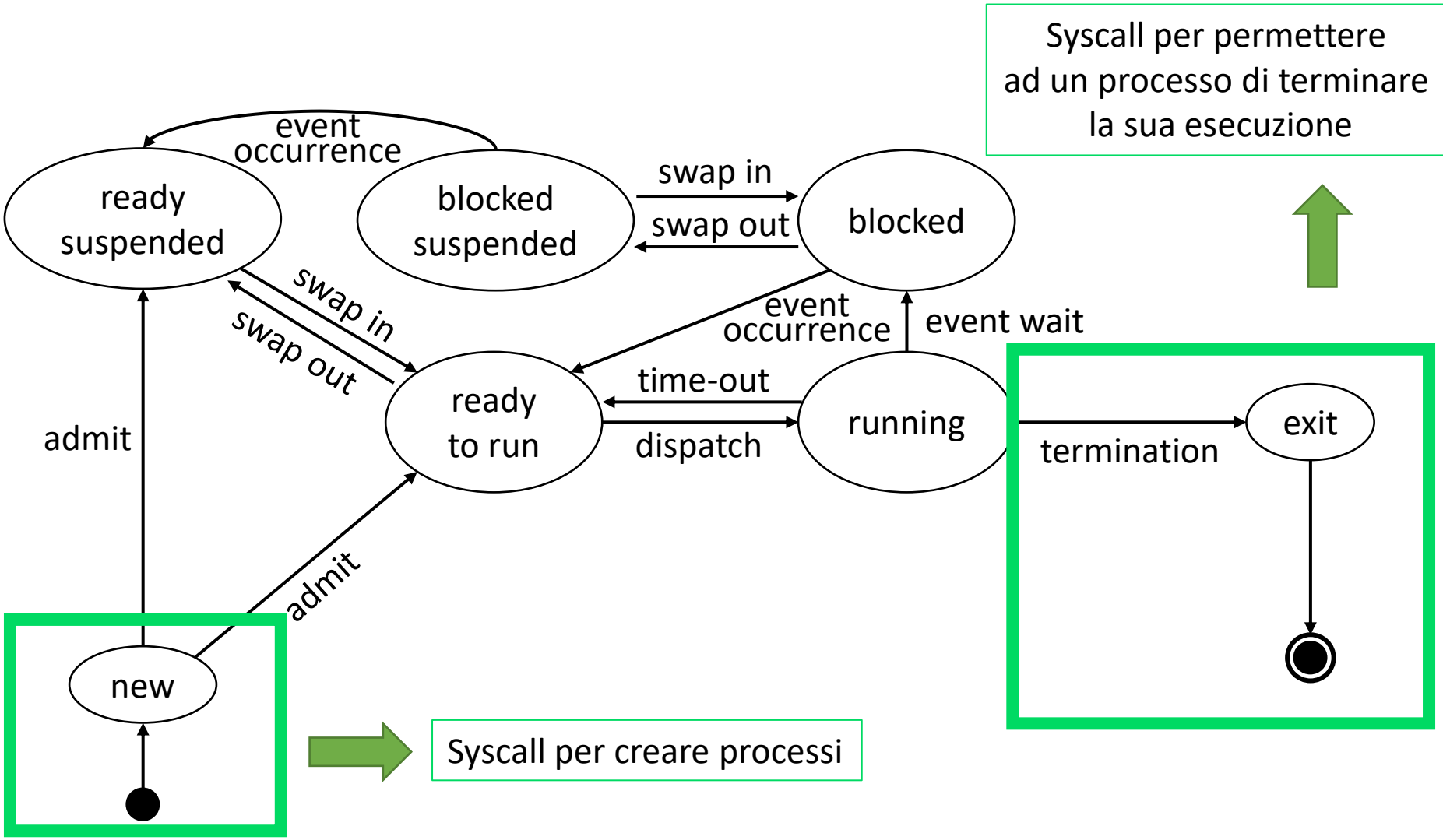
- Context switch
  - Interruzione da timer: viene attivato lo scheduler per cedere il controllo ad un altro processo
  - Interazione con I/O e conseguente attesa: viene attivato lo scheduler per cedere il controllo ad un altro processo
  - Errore non gestito: deattivazione del processo corrente : viene attivato lo scheduler per cedere il controllo ad un altro processo
- Mode switch
  - Invocazione di un system call
  - Gestione di una interruzione

## Esigenze diverse

- Context switch: necessità di salvare/ripristinare **tutto** il contesto
- Mode switch: necessità di salvare/rispristinare una **porzione** di contesto

## Cambio di modo **NON** implica Context/Process switch

# Modello di esecuzione di un processo



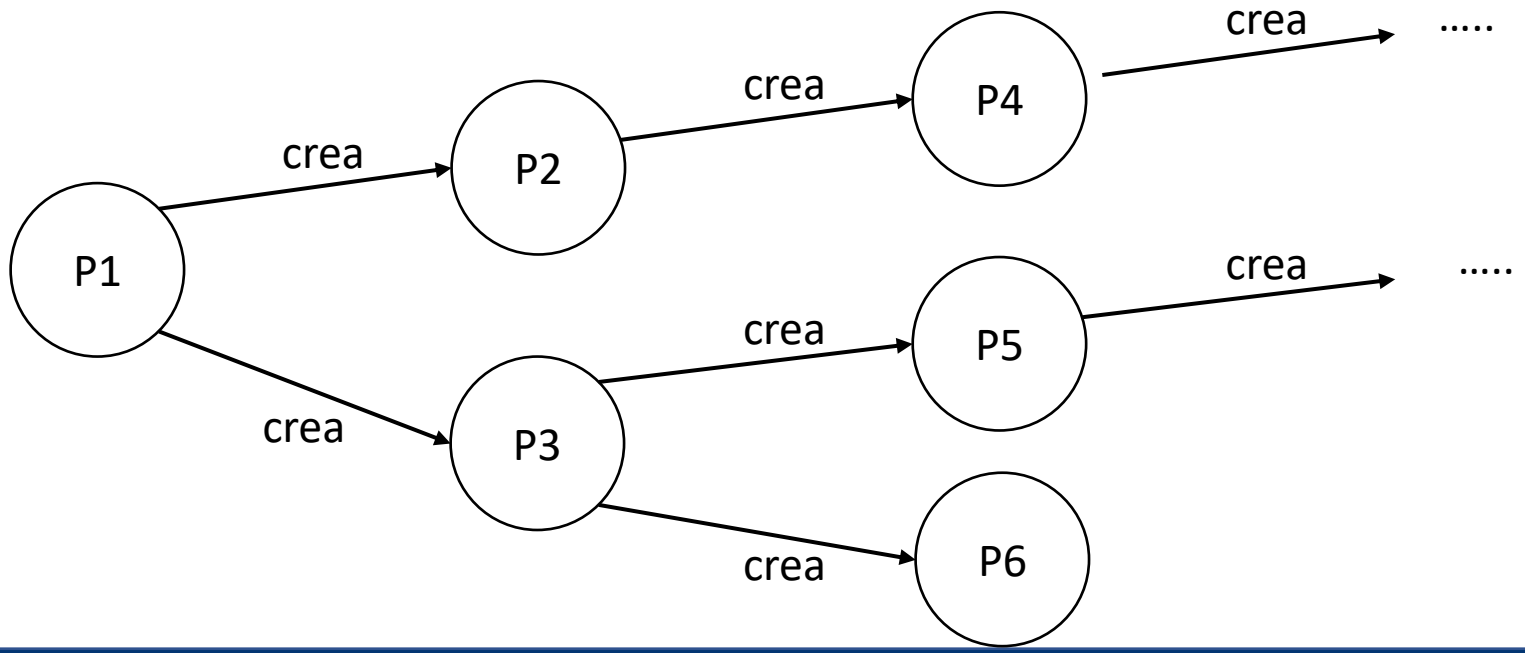
# (Alcuni) Servizi di sistema per gestire i processi

| |
|---|
| Creare un processo |
| Permettere ad un processo di terminare la propria esecuzione |

# Gerarchie di processi

Esiste una system call per creare un processo

- Un processo può creare uno o più processi
- A loro volta tali processi possono creare altri processi…



# Elementi caratterizzanti di un processo

- Un processo è associato a:
  - Un programma
  - I dati su cui opera
  - Almeno uno stack
  - Dati di contesto (contenuti nei registri di processore)
  - Le risorse hardware di cui ha richiesto l'accesso
  - Un identificativo **del processo, del processo genitore, dei processi figli**
  - Statistiche
  - Uno stato (e.g., running)

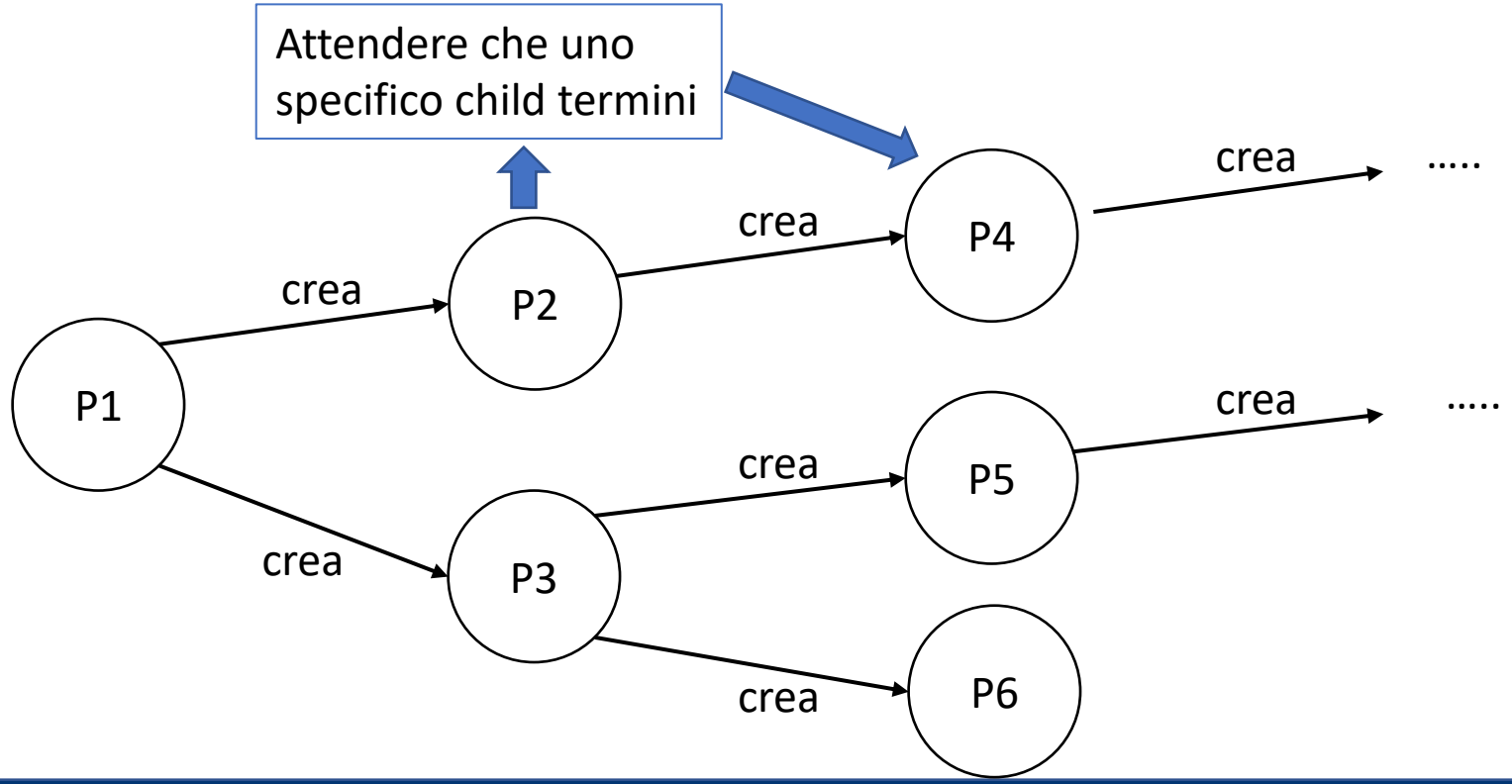
Process Control Block (PCB)

Immagine di processo

# Gerarchie di processi

Esiste una system call per creare un processo

- Un processo può creare uno o più processi
- A loro volta tali processi possono creare altri processi…

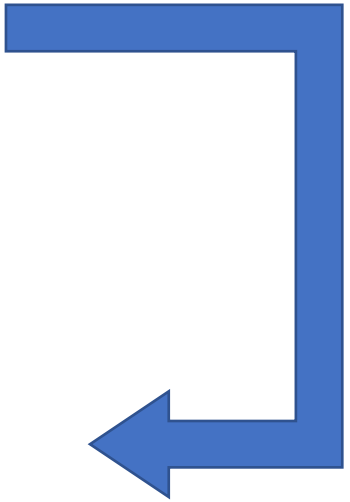


# (Alcuni) Servizi di sistema per gestire i processi

| DESCRIZIONE | UNIX/LINUX |
|---|---|
| Creare un processo | fork |
| Permettere ad un processo di terminare la propria esecuzione | exit |
| Attendere la terminazione di processo figlio | wait |

# (Alcuni) Servizi di sistema per gestire i processi

| DESCRIZIONE | UNIX/LINUX |
|---|---|
| Creare un processo | fork |
| Permettere ad un processo di terminare la propria esecuzione | exit |
| Attendere la terminazione di processo figlio | wait |



Standard POSIX:
https://pubs.opengroup.org/onlinepubs/9699919799/functions/fork.html

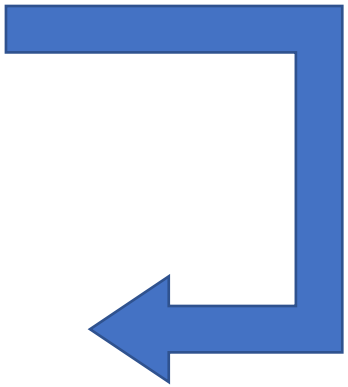
**NAME**
fork - create a new process

**SYNOPSIS**
```
#include <unistd.h>
pid_t fork(void);
```

**DESCRIPTION**
*The fork() function shall create a new process.*
*The new process (child process) shall be an **exact copy** of the calling process (parent process) except as detailed below:*
- *The child process shall have a unique process ID.*
- *…*

# (Alcuni) Servizi di sistema per gestire i processi

| DESCRIZIONE | UNIX/LINUX |
|---|---|
| Creare un processo | fork |
| Permettere ad un processo di terminare la propria esecuzione | exit |
| Attendere la terminazione di processo figlio | wait |



Standard POSIX:
https://pubs.opengroup.org/onlinepubs/9699919799/functions/exit.html

**NAME**
fork - create a new process

**SYNOPSIS**
```
#include <stdlib.h>
void exit(int status);
```

**DESCRIPTION**
*The value of status may be 0, EXIT_SUCCESS, EXIT_FAILURE,or any other value, though only the least significant 8 bits (that is, status & 0377) shall be available from wait().*

*……..*
*Finally, the process shall be terminated ….*

# (Alcuni) Servizi di sistema per gestire i processi

| DESCRIZIONE | UNIX/LINUX |
|---|---|
| Creare un processo | fork |
| Permettere ad un processo di terminare la propria esecuzione | exit |
| Attendere la terminazione di processo figlio | wait |

Standard POSIX:
https://pubs.opengroup.org/onlinepubs/9699919799/functions/wait.html

**NAME**
fork - create a new process

**SYNOPSIS**
```
#include <sys/wait.h>
pid_t
wait(int *status_location);
```

**DESCRIPTION**
*The wait() … functions shall obtain status information … pertaining to one of the caller's child processes. The wait() function obtains status information for process termination from any child process.*

*……*

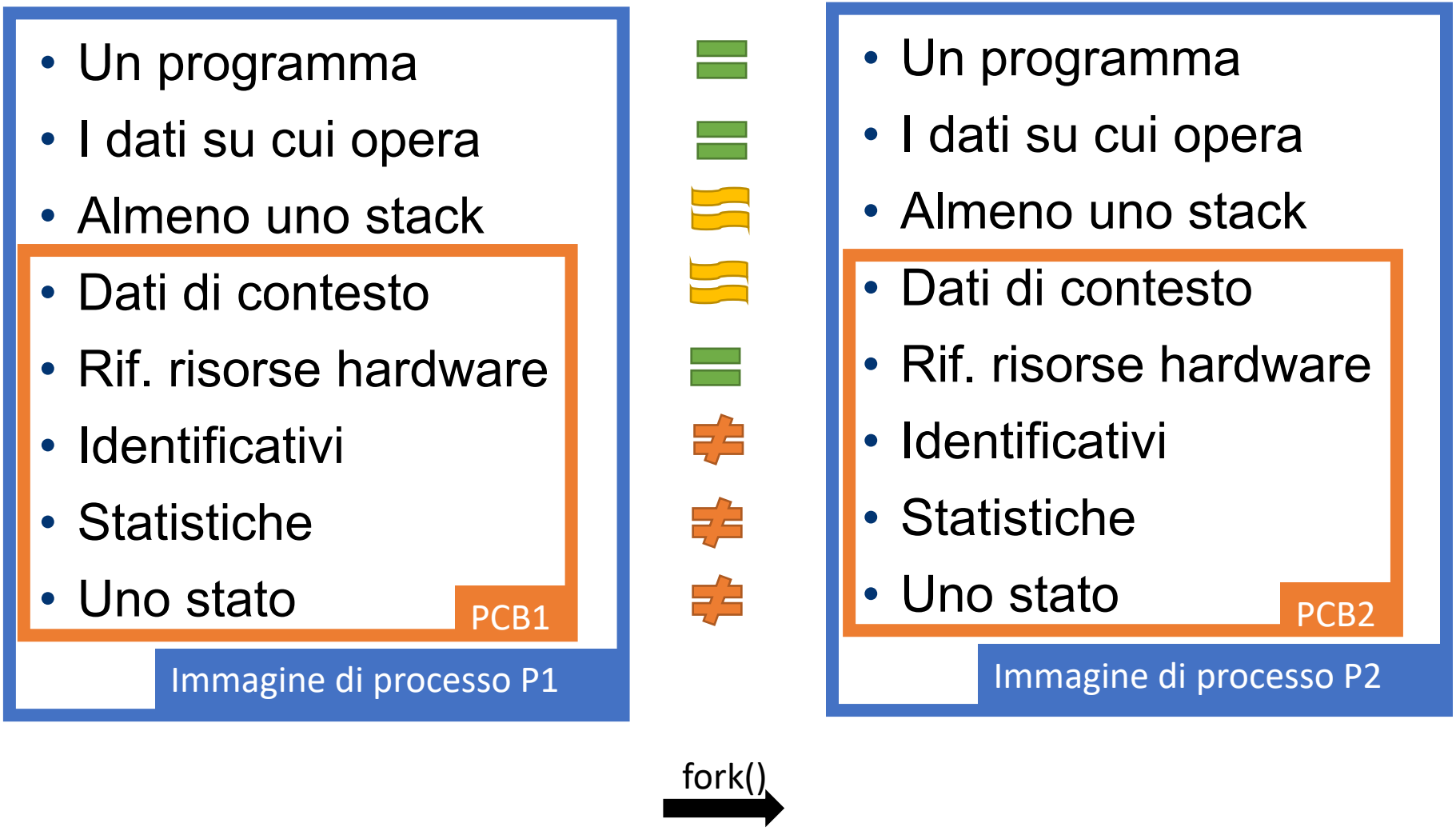
*The wait() function shall cause the calling thread to become blocked until status information generated by child process termination is made available….*

# (Alcuni) Servizi di sistema per gestire i processi

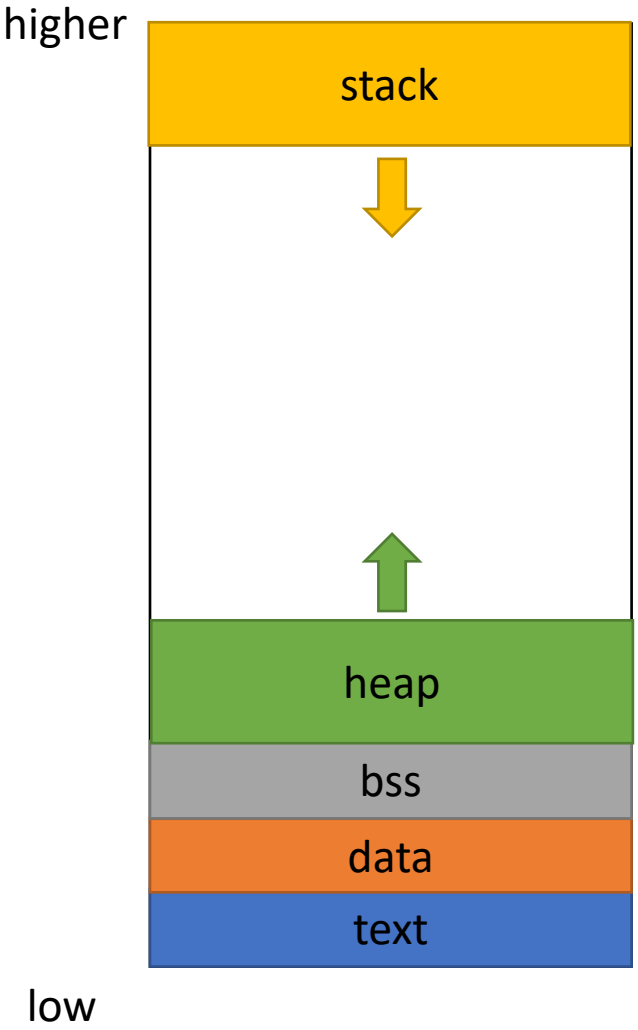
```
#include <unistd.h>
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <sys/wait.h>

void main(){
  int res, status;
  printf("I'm a process and I'm going to create a child\n");
  res = fork();
  if(res < 0) printf("I cannot create a child");
  else if(res == 0){
    printf("I'm the child!\n");
    exit(0);
  }
  else{
    printf("I'm now a parent and I'll wait for my child to die...\n");
    wait(&status);
    printf("My child has invoked exit? %d\n", WIFEXITED(status));
    printf("My child has invoked exit(%d)\n", WEXITSTATUS(status));
  }
  printf("My child is dead, so it's my time to die\n");
  exit(0);
}
```

# Fork

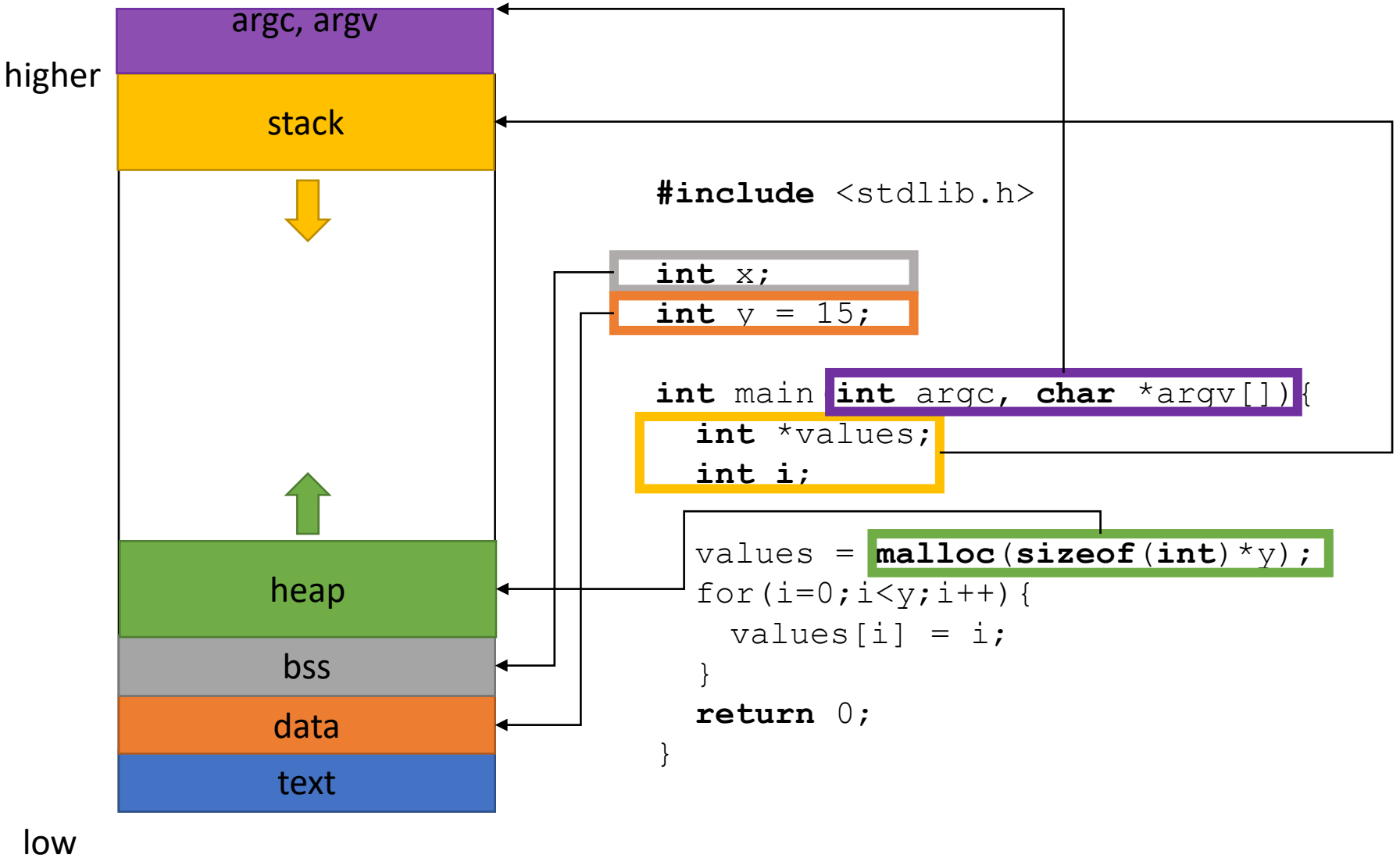

Un programma
I dati su cui opera
Almeno uno stack
Dati di contesto
Rif. risorse hardware
Identificativi
Statistiche
Uno stato
PCB1
Immagine di processo P1
Un programma
I dati su cui opera
Almeno uno stack
Dati di contesto
Rif. risorse hardware
Identificativi
Statistiche
Uno stato
PCB2
Immagine di processo P2
fork()

# Layout di un programma C




- **Text:** istruzioni eseguibili
- **Data:** dati inizializzati
- **Block started by symbol (BSS):** dati non inizializzati o initizializzati al valore zero
- **Heap:** sezione di dati allocati dinamicamente
- **Stack:** per chiamate a procedura, passaggio parametri, indirizzo di ritorno, variabili locali

# Layout di un programma C



# Sostituzione di programma

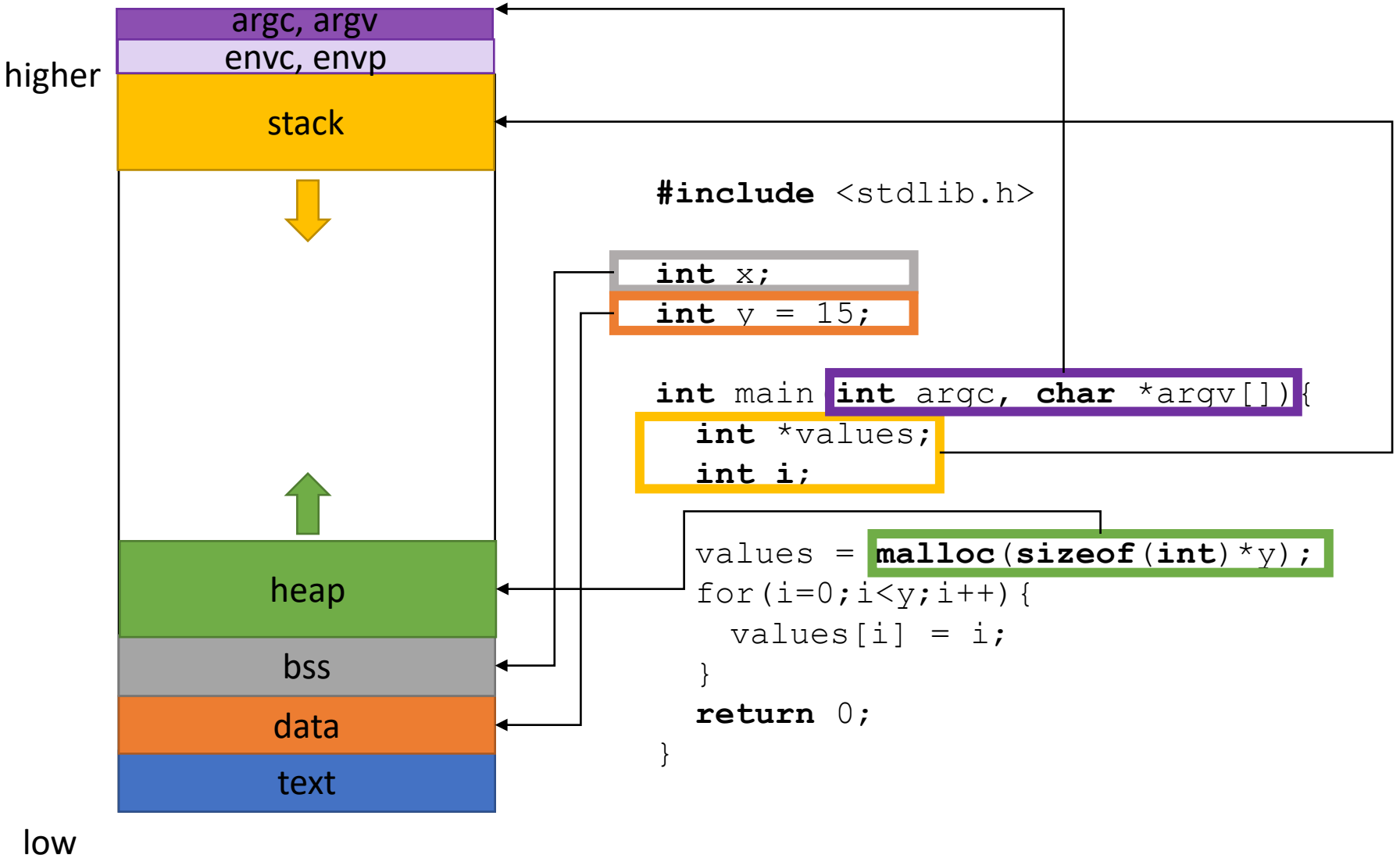
- Meccanismo per sostituire il programma associato al corrente processo di esecuzione
- Famiglia di funzioni **exec** permettono di definire:
  - il programma che sostituirà il codice del processo corrente
  - dove cercare il programma corrente (p)
  - i parametri da passare al programma come parametri multipli (l) o come array (v)
  - l'ambiente del nuovo processo (e)

```
SYNOPSIS
#include <unistd.h>
int execl(const char *pathname, const char *arg, ...);
int execlp(const char *file, const char *arg, ...);
int execle(const char *pathname, const char *arg, ..., char *const envp[] */);
int execv(const char *pathname, char *const argv[]);
int execvp(const char *file, char *const argv[]);
int execvpe(const char *file, char *const argv[], char *const envp[]);
```

# Ambiente

- Environment list: un array di stringhe (environment variables) nella forma **nome=valore**
- Permettono di configurare il comportamento di programma in relazione ad altro software (l'ambiente)
  - Dove cercare altri eseguibili/librerie
- Ad esempio in sistemi UNIX, al lancio di un eseguibile non prende il controllo la funzione **main**
- **_start** esegue task preliminari (funzioni di ambiente) che permettono al **main** di eseguire correttamente
  - Passare parametri e variabili di ambiente al main

# Layout di un programma C



# Variabili d'ambiente

- PWD directory corrente
- HOME directory principale dell'utente
- PATH specifica per la ricerca di eseguibili
- Funzione di gestione:
  - getenv
  - putenv
  - setenv
  - unsetenv
- E la fork?
  - Le variabili di ambiente vengono ereditate dal processo figlio

# (Alcuni) Servizi di sistema per gestire i processi

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <unistd.h>
#include <sys/wait.h>

void main() {
 char comando[256];
 pid_t pid; int status;

 while(1) {
   printf("Digitare un comando: ");
   scanf("%s",comando);
   pid = fork();
   if ( pid == -1 ) {
     printf("Errore nella fork.\n");
     exit(1);
   }
   if ( pid == 0 )
     execlp(comando, comando, NULL);
   else wait(&status);
   }
}
```