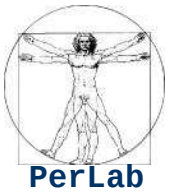
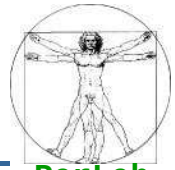
Principles of Concurrent Programming

Giuseppe Anastasi
g.anastasi@iet.unipi.it
Pervasive Computing & Networking Lab. (PerLab)
Dept. of Information Engineering, University of Pisa



Overview

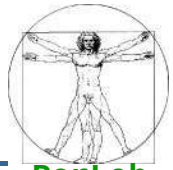


- Concetti preliminari
- Interazione fra processi
- Modelli di cooperazione
- Specifica della concorrenza

Obiettivi

- Introdurre i concetti basilari della programmazione concorrente
- Presentare le varie modalità di interazione fra i processi
- Introdurre i modelli secondo cui può avvenire la cooperazione
- Presentare alcuni costrutti per la specifica della concorrenza

Overview



- **Concetti preliminari**
- Interazione fra processi
- Modelli di cooperazione
- Specifica della concorrenza

Grafo di precedenza

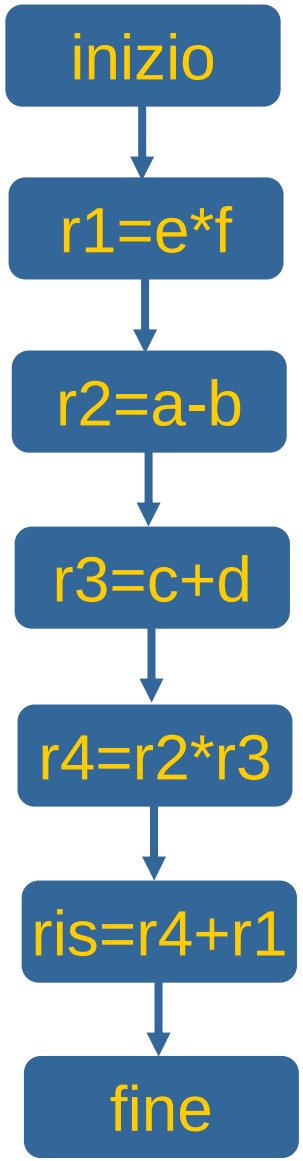
- Rappresenta graficamente l'evoluzione di un processo
- Nodi del grafo
  - Eventi generati dal processore - cambiamenti di stato prodotti dalle azioni del processore
- Archi
  - Specificano precedenze temporali fra gli eventi

Grafo a ordinamento totale

- Problema
  - Calcolo di

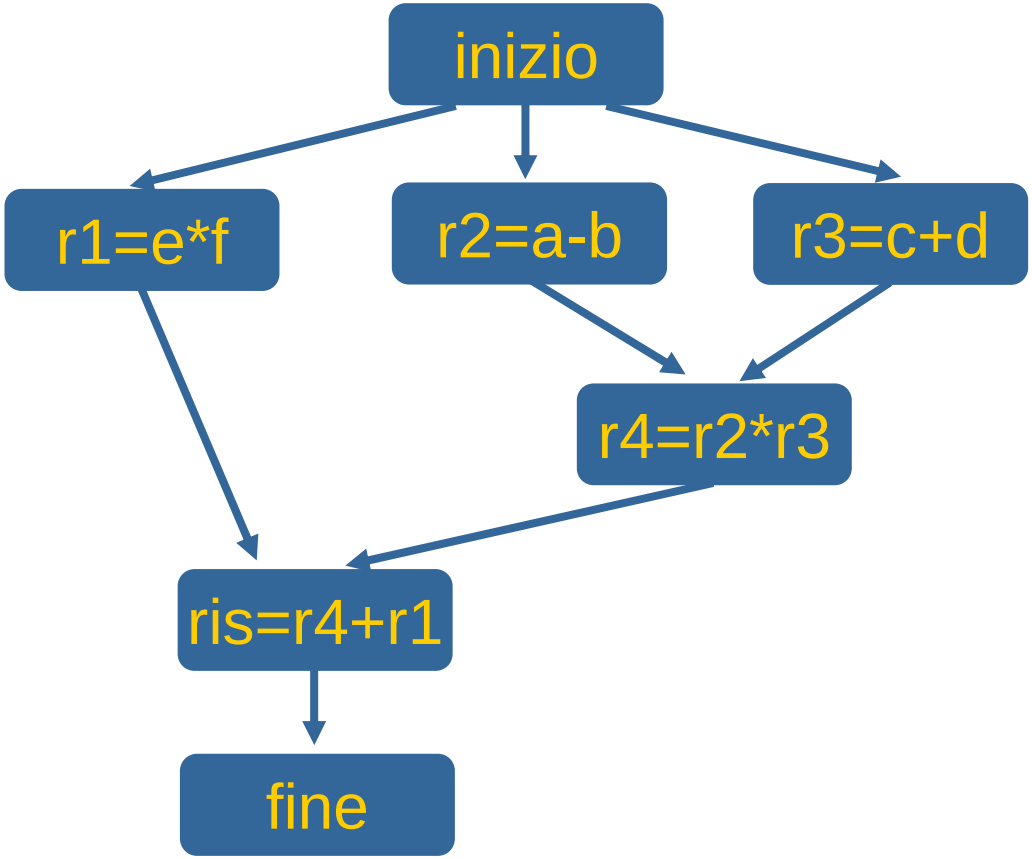
    (a-b)*(c+d)+(e*f)

- Algoritmo sequenziale
  - r1=(e*f)
  - r2=(a-b)
  - r3=(c+d)
  - r4=r2*r3
  - ris=r4+r1



Grafo a ordinamento parziale

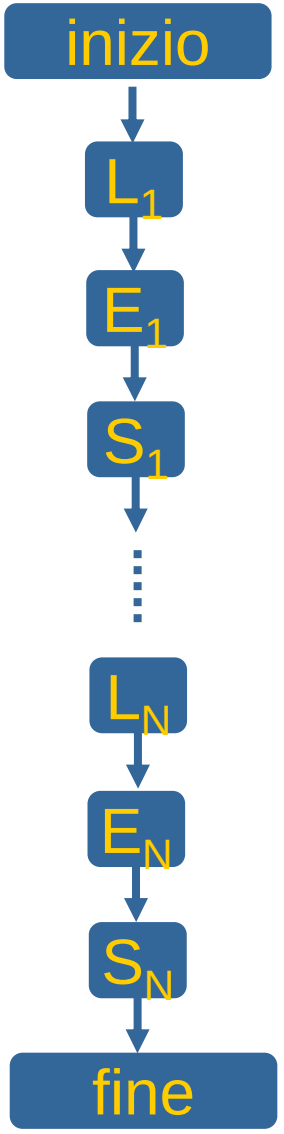
- Problema
  - Calcolo di (a-b)*(c+d)+(e*f)



Letture/scritture su file sequenziali

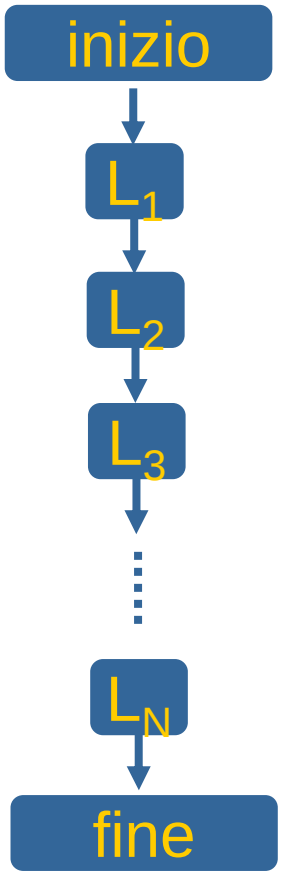
- Lettura, Elaborazione e Scrittura di N dati da/su file sequenziale

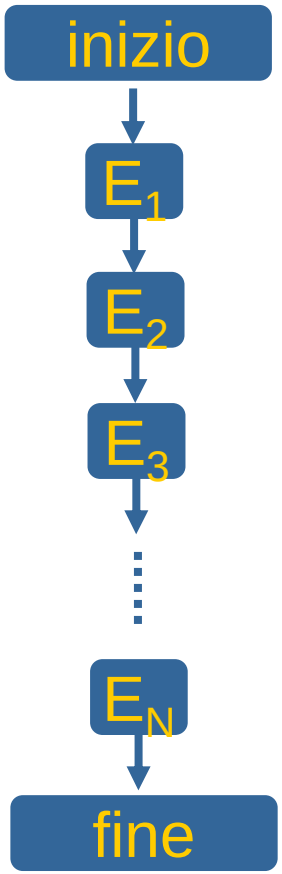
```
….
T buffer;
….
for(int i=0; i<N; i++) {
   leggi(buffer);
   elabora(buffer):
   scrivi(buffer);
}
...
```

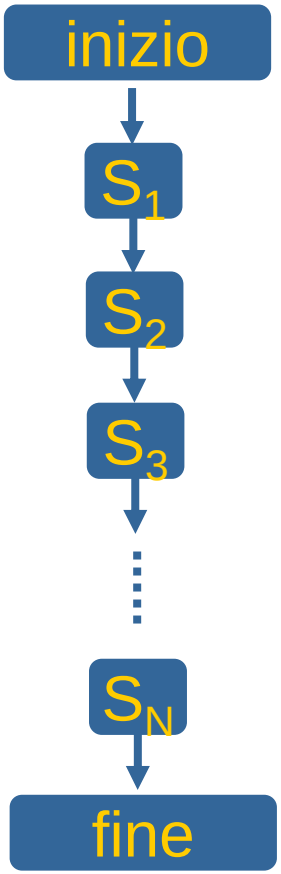


Grafo di precedenza a ordinamento totale

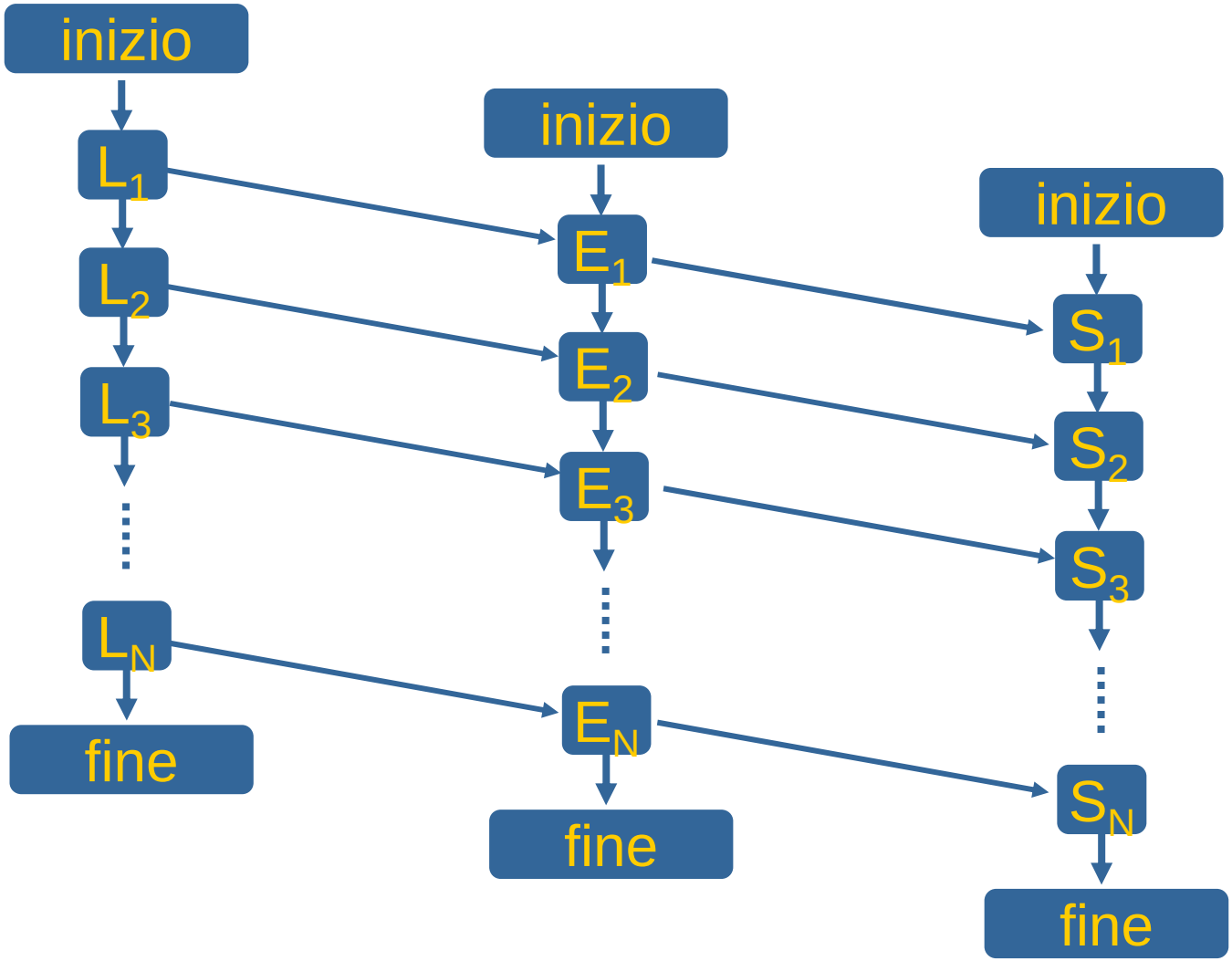
Letture/scritture su file sequenziali





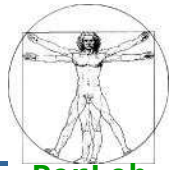


Letture/scritture su file sequenziali



Grafo di precedenza a ordinamento parziale

Vincoli di sincronizzazione

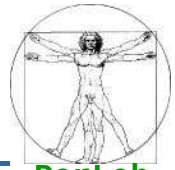


- Gli archi nel grafo denotano vincoli di sincronizzazione
  - I processi per la lettura, elaborazione e scrittura NON sono indipendenti
  - Fra i processi avviene uno scambio di dati
  - In una esecuzione concorrente i processi, per interagire, devono sincronizzare le loro velocità

Alcune conclusioni

- Elaborazione concorrente
  - I processi sono asincroni
    - le velocità di esecuzione non sono uguali e non sono note a priori)
  - I processi sono interagenti
    - Devono perciò sincronizzare le loro esecuzioni per poter interagire
  - Necessità di un linguaggio concorrente
    - Per descrivere il programma come più sequenze da eseguire concorrentemente
  - Necessità di macchina concorrente
    - Macchina in grado di eseguire più processi sequenziali contemporaneamente. Deve disporre di più processori (reali o virtuali)

Overview

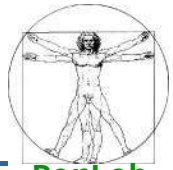


- Concetti preliminari
- **Interazione fra processi**
- Modelli di cooperazione
- Specifica della concorrenza

Interazione fra processi

- Cooperazione
- Competizione
- Interferenza

Cooperazione



- Interazione prevedibile e desiderata
  - La loro presenza è necessaria perché insita nella logica del programma
- Esempi:
  - Un processo P non può eseguire un'azione B prima che il processo Q abbia eseguito A (scambio di un segnale di sincronizzazione)
  - il processo P invia dati al processo Q perche li elabori (scambio di dati fra due processi)
- Vincoli di sincronizzazione
- Meccanismi di comunicazione fra processi
  - Linguaggio
  - Macchina concorrente

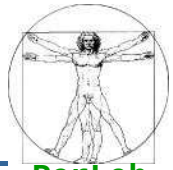
Competizione

- Interazione prevedibile e necessaria, ma non desiderata
- Esempio:
  - Accesso contemporaneo di più processi a una risorsa (fisica o logica)
- Vincoli di sincronizzazione
  - Il vincolo di sincronizzazione non è più fisso (cooperazione) ma si possono 2 diverse forme
    - A aspetta che B abbia finito di utilizzare la risorsa per poterla utilizzare a sua volta
    - B aspetta che A abbia finito di utilizzare la risorsa per poterla utilizzare a sua volta

Interferenza

- Interazione non prevista e non desiderata
- Tipologie
  - Presenza di interazioni spurie, non richieste dalla natura del problema
  - Interazioni necessarie per la corretta soluzione del problema, ma programmate erroneamente
- Si manifestano come errori dipendenti dal tempo

Esempi di Interferenza



- Accesso non previsto di un processo P_h a una risorsa R privata di P_k
  - Pk accede a R senza precauzioni
  - P_h e P_k si possono trovare a modificare insieme la risorsa R
- Controllo degli accessi
  - Può eliminare le interferenze del primo tipo
  - Inefficace sulle interferenze del secondo tipo

Macchina Concorrente

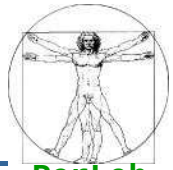
- Macchina dotata di tanti processori (virtuali) quante sono le attività concorrenti

Meccanismi primitivi

- Multi-programmazione
  - Realizza il concetto di processore virtuale
- Sincronizzazione/Comunicazione
  - Permette l'interazione fra processi
- Controllo degli accessi
  - Rileva e previene alcuni tipi di interferenza

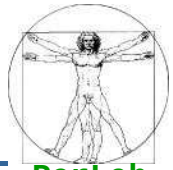
- Meccanismi primitivi
  - Forniscono delle funzionalità atomiche (come fossero istruzioni della macchina fisica)

Overview



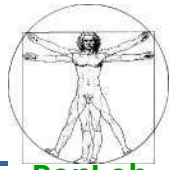
- Concetti preliminari
- Interazione fra processi
- **Modelli di cooperazione**
- Specifica della concorrenza

Sincronizzazione e Comunicazione



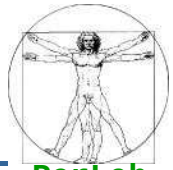
- Modelli di Interazione
  - Memoria Comune
    - I processi condividono un'area di memoria attraverso la quale possono comunicare
    - Un processo scrive informazioni nella memoria comune e gli altri leggono le stesse informazioni
    - Il SO mette a disposizione i meccanismi necessari per la sincronizzazione
  - Scambio di messaggi
    - L'interazione avviene attraverso scambio di messaggi fra i processi
    - Il meccanismo di comunicazione e' supportato dal sistema operativo

Overview



- Concetti preliminari
- Interazione fra processi
- Modelli di cooperazione
- **Specifica della concorrenza**

Specifica della Concorrenza



- La programmazione concorrente necessita di costrutti linguistici per
  - Dichiarare
  - Creare
  - Attivare
  - Terminare
  - Sincronizzare
  - Far comunicare

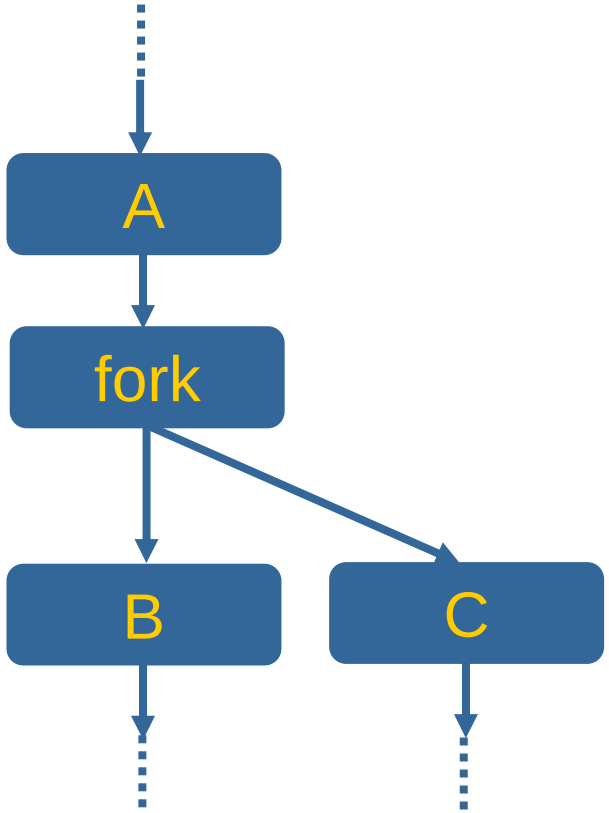
  processi sequenziali concorrenti

Costrutti linguistici

- Fork/Join
- Cobegin/Coend
- Process
- Libreria Pthread

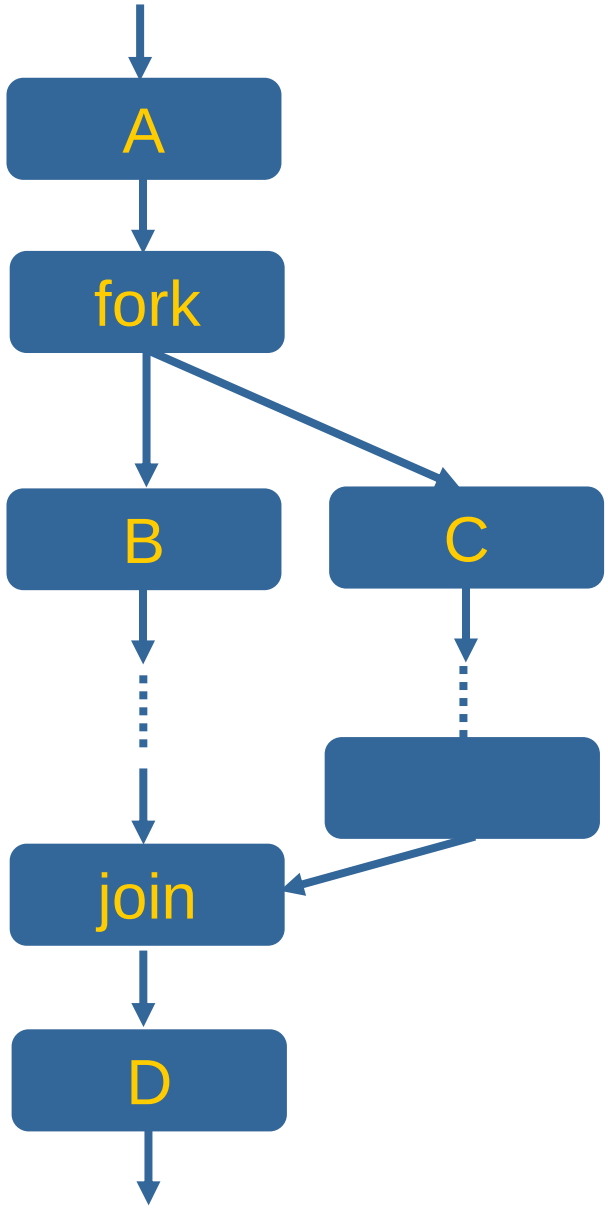
Istruzione Fork

```
Process P;
….
A
P=fork fun;
B
…

Void fun() {
      C
       …
}
```



Istruzione Join

```
Process P;
….
A
P=fork fun;
B
…
join P;
D
…

Void fun() {
        C
        …
}
```



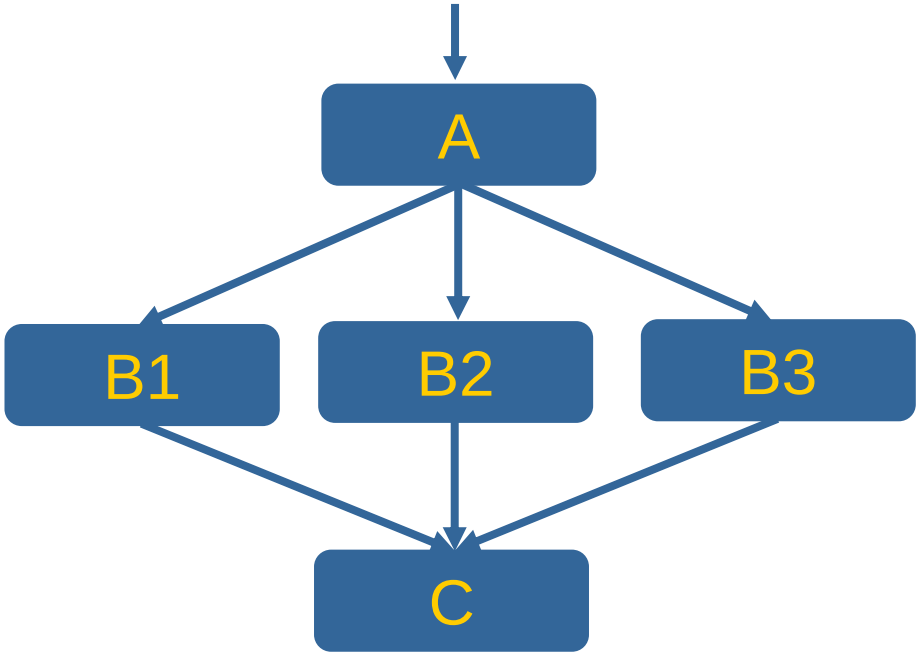
Costrutto Fork/Join in UNIX

```
# include <iostream.h>
void main(int argc, char* argv[]) {
    int pid;
    pid=fork(); /* genera un nuovo processo */
    if(pid<0) { /* errore */
        cout << “Errore nella creazione del processo” << "\n\n”;
        exit(-1);
    }
    else if(pid==0) { /* processo figlio */
        execlp(“/bin/ls”, “ls”, NULL);
    }
    else { /* processo genitore */
        wait(NULL);
        cout << “Il processo figlio ha terminato” << "\n\n”;
        exit(0);
    }
}
```

Costrutto Cobegin/Coend

- Proposto da Dijkstra, obbliga il programmatore a seguire uno schema di strutturazione

```
A;
Cobegin
   B1;
   B2;
   B3;
Coend
C;
```



Costrutto Process

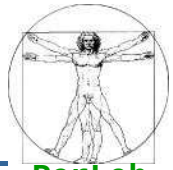
- Dichiarazione simile a quella di una funzione
- Denota una parte di programma che verrà eseguita in concorrenza con le altre

```
Process <identificatore> (<par formali>) {
    <dichirazioni var locali>;
    <corpo del processo>;
}
```

Libreria Pthread

- Definita in ambito POSIX
  - Portable Operating System Interface
- Consente lo sviluppo di applicazioni multi-threaded in linguaggio C
- Offre primitive per
  - Creazione di thread (pthread_create())
  - Attivazione dei thread
  - Sincronizzazione/Comunicazione dei thread
  - Terminazione dei thread (pthread_exit())

Pthread Creation and Termination

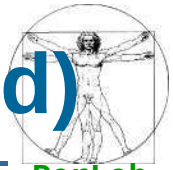



```
#include <pthread.h>
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#define NUM_THREADS 5

void *PrintHello(void *threadid) {
     long tid;
     tid = (long) threadid;
     printf("Hello World! It's me, thread #%ld!\n", tid);
     pthread_exit(NULL);
}
```

Pthread Creation and Termination (Con'd)


```
int main(int argc, char *argv[]) {
    pthread_t threads[NUM_THREADS];
    int rc;
    long t;
    for(t=0; t<NUM_THREADS; t++) {
        printf("In main: creating thread %ld\n", t);
        rc = pthread_create(&threads[t], NULL, PrintHello, (void *) t);
        if (rc) {
            printf("ERROR; return code from pthread_create() is %d\n", rc);
            exit(-1);
        }
    }
    /* Last thing that main() should do */
    pthread_exit(NULL);
}
```

Pthread Creation and Termination (Con'd)




```
In main: creating thread 0
In main: creating thread 1
Hello World! It's me, thread #0!
In main: creating thread 2
Hello World! It's me, thread #1!
Hello World! It's me, thread #2!
In main: creating thread 3
In main: creating thread 4
Hello World! It's me, thread #3!
Hello World! It's me, thread #4!
```

Questions?