# Principles of Concurrent Programming

Alessio Vecchio
alessio.vecchio@unipi.it
Dip. di Ingegneria dell'Informazione
Università di Pisa

Tratte da "Principi e tecniche di progammazione concorrente", cap. 2 e 3
Boari, Ancilotti

# Obiettivi

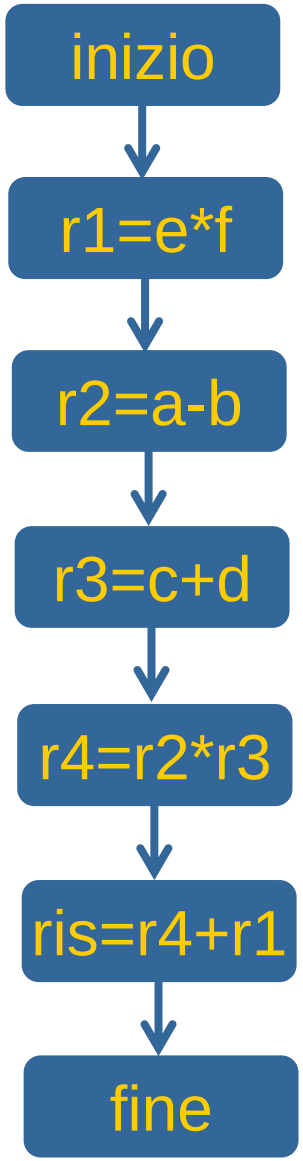
- Presentare le varie modalità di interazione fra i processi
- Introdurre i modelli secondo cui può avvenire la cooperazione
- Presentare alcuni costrutti per la specifica della concorrenza

# Grafo di precedenza

- Rappresenta graficamente l'evoluzione di un processo
- Nodi del grafo
  - Azioni eseguite dal processore
- Archi
  - Specificano precedenze temporali fra gli eventi

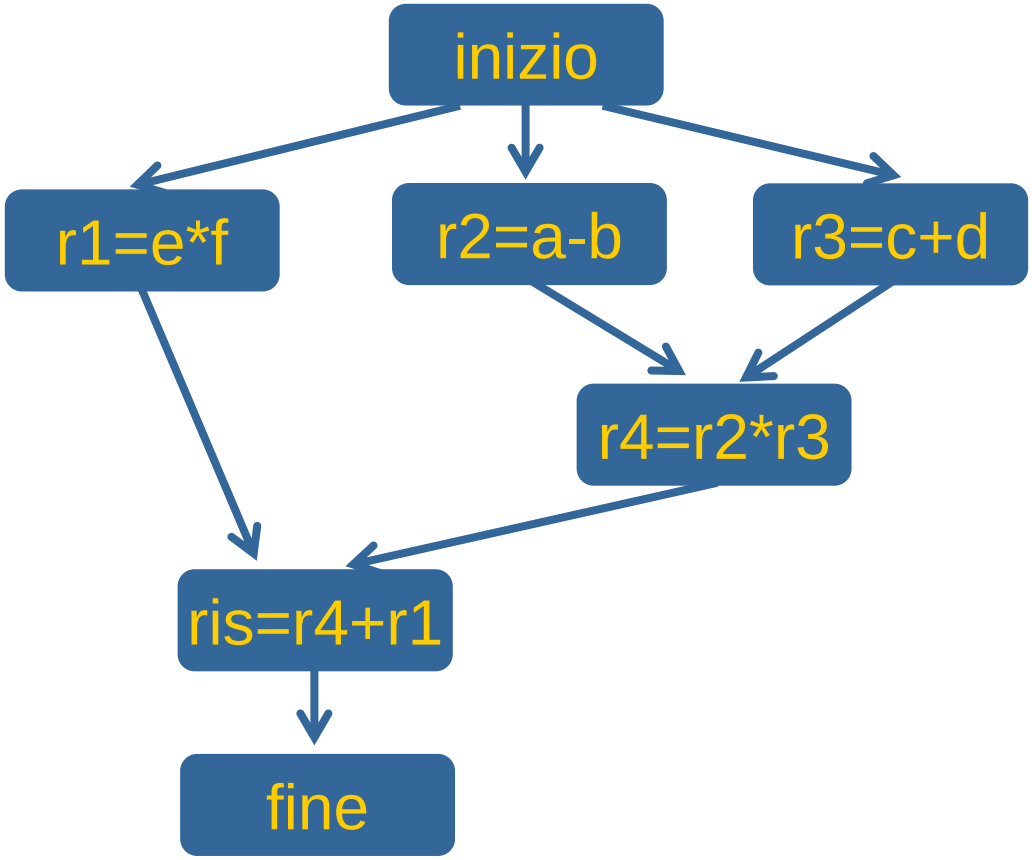
# Grafo a ordinamento totale

- 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

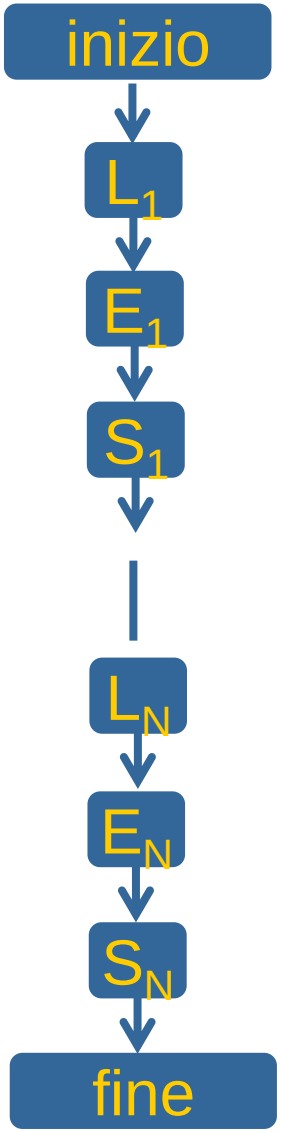
- Problema
  - Calcolo di (a-b)*(c+d)+(e*f)



# Letture/scritture su file sequenziali

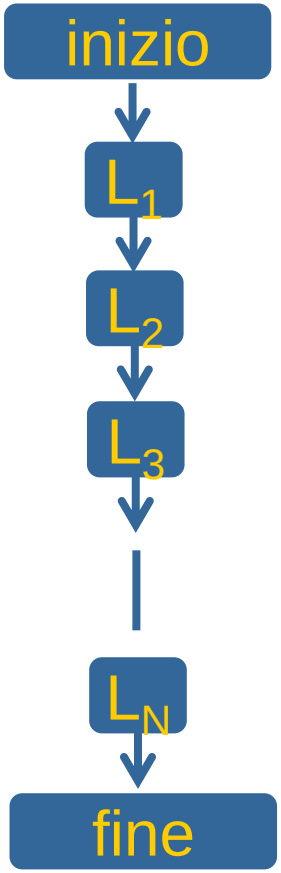
- Lettura, Elaborazione e Scrittura di N dati da/su file sequenziale

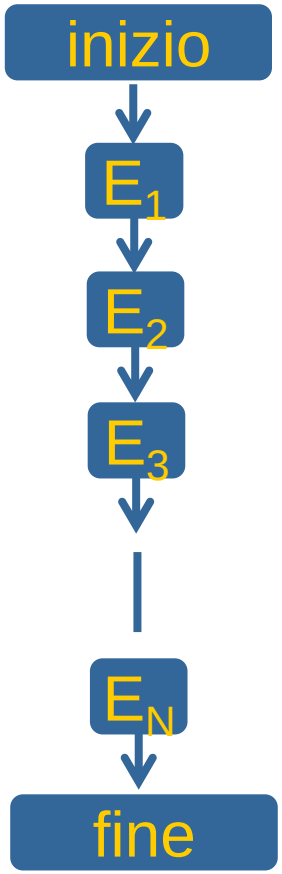
```
…
T buffer;
…
for(int i=0; i<N; i++) {
        leggi(buffer);
        elabora(buffer):
        scrivi(buffer);
 }
```

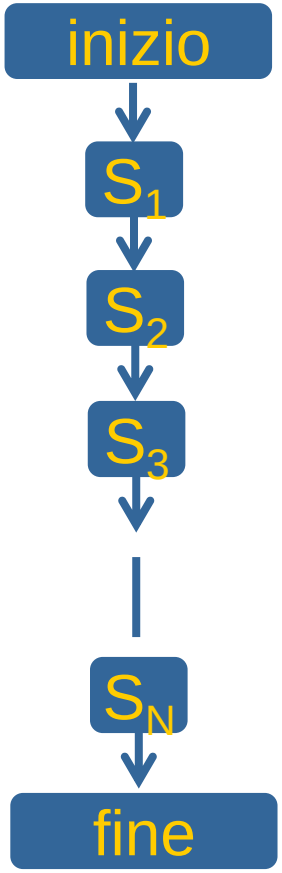



**Grafo di precedenza a ordinamento totale**

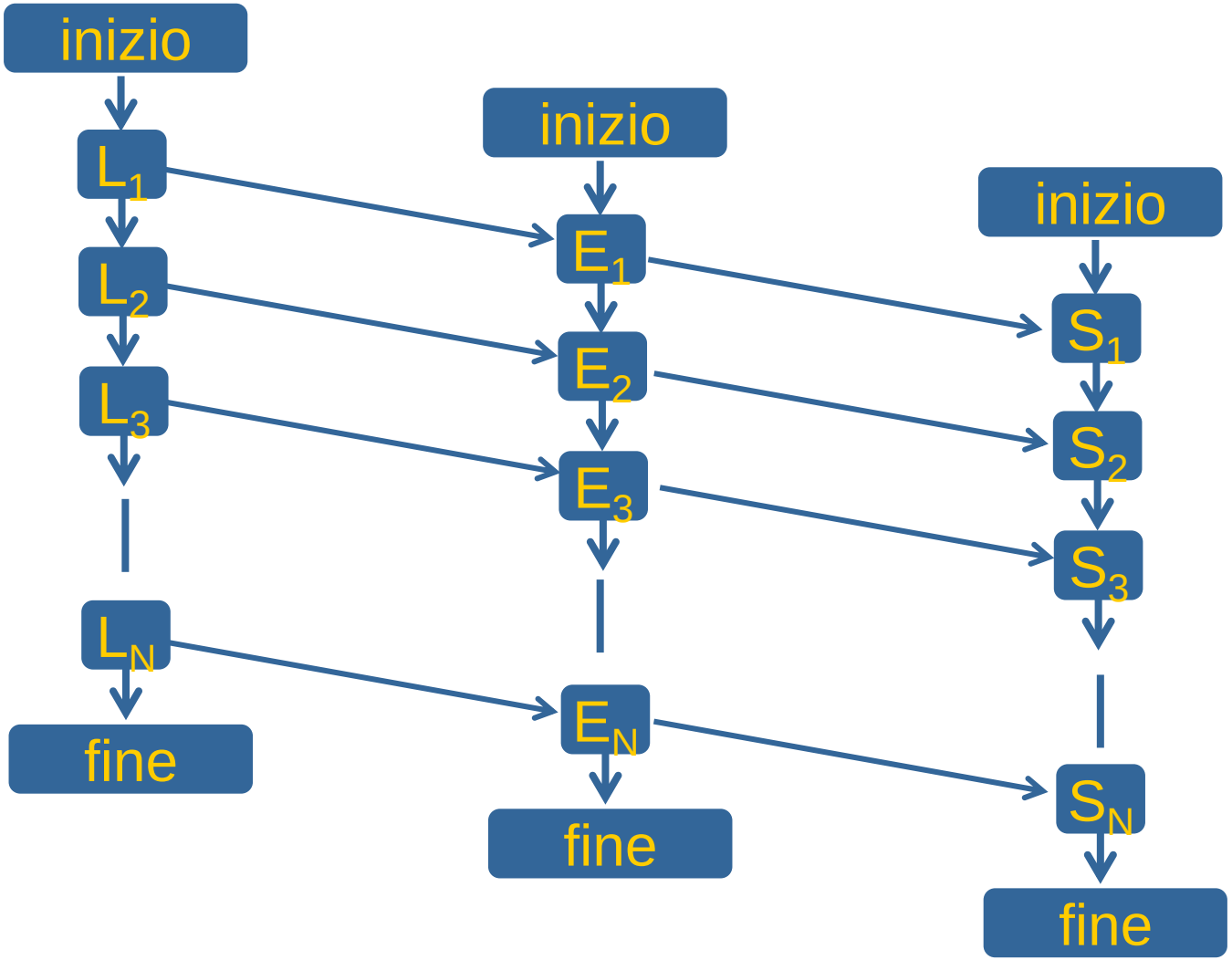
# Letture/scritture su file sequenziali



# 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)

# 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 perché 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 Ph a una risorsa R privata di Pk
  - Pk accede a R senza precauzioni
  - Ph e Pk 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)

# Sincronizzazione e Comunicazione

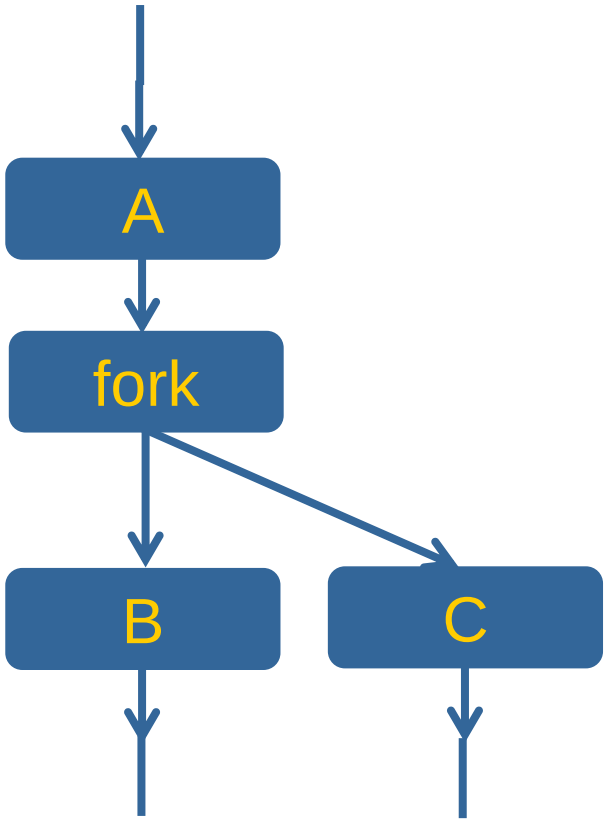
- Modelli di Interazione
  - Memoria Comune
    - I processi condividono un'area di memoria attraverso la quale possono comunicare
    - Un processo scrive informazioni nella memoria comune e gli altri leggono le stesse informazioni
    - Il SO mette a disposizione i meccanismi necessari per la sincronizzazione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

# Costrutti linguistici

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

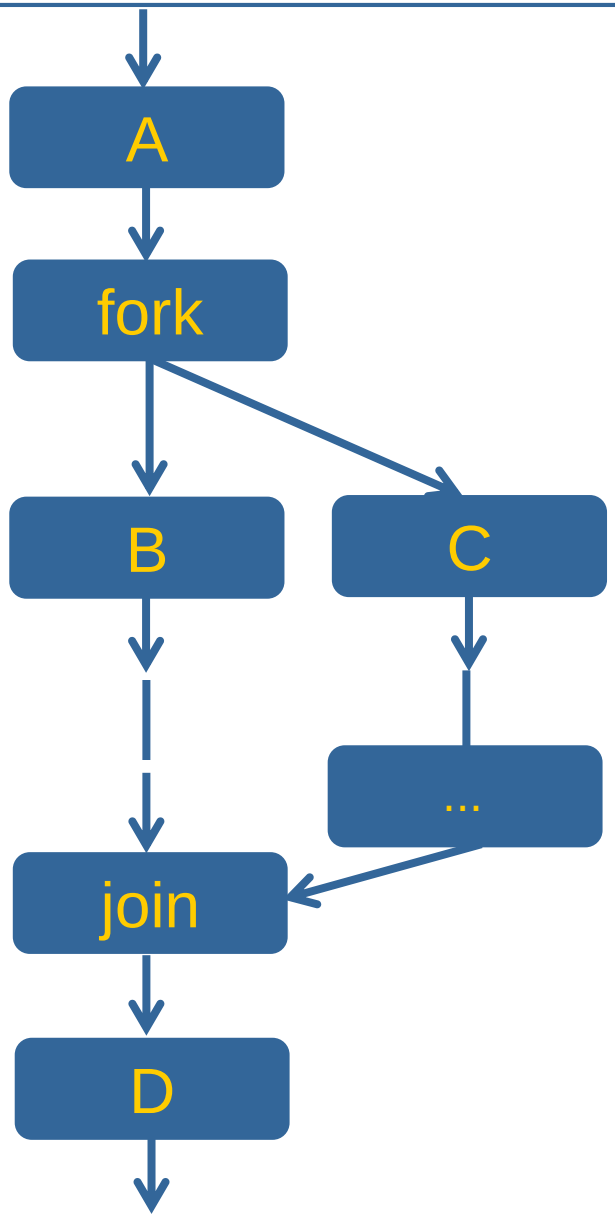
# Istruzione Fork

```
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
        …
}
```



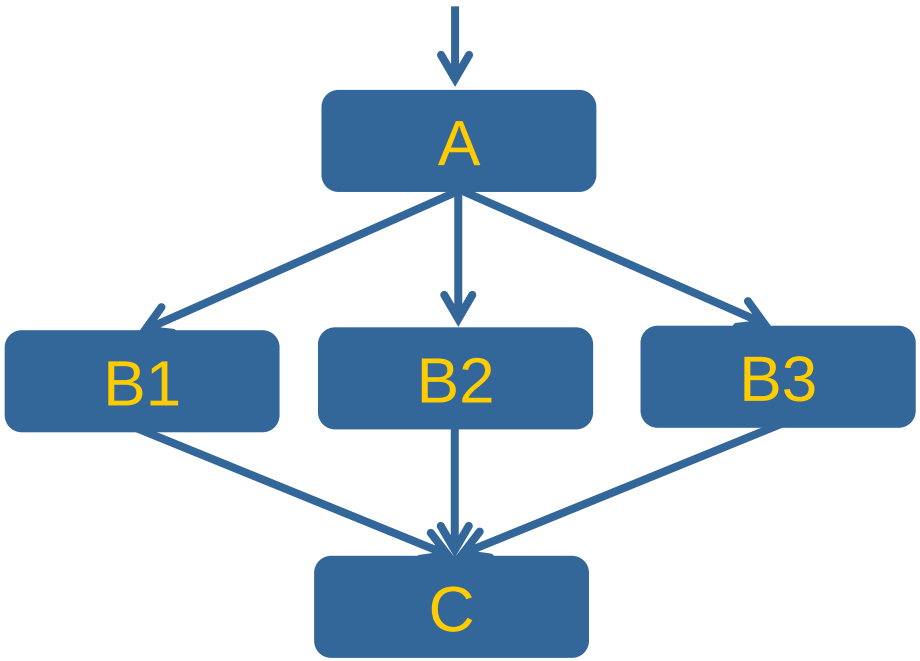
# Costrutto Fork/Join in UNIX

```
#include <iostream>
#include <unistd.h>
#include <stdlib.h>
#include <sys/types.h>
#include <sys/wait.h>
using namespace std;
int main(int argc, char* argv[]) {
  pid_t pid;
  pid=fork(); /* genera un nuovo processo */
  if(pid<0) { /* errore */
      cout << "Errore nella creazione del processo\n";
      exit(-1);
  } else if(pid==0) { /* processo figlio */
      execlp("/usr/bin/touch", "touch", "my_new_file", NULL);
  } else { /* processo genitore */
      int status;
      pid = wait(&status);
      cout << "Il processo figlio " << pid << " ha terminato.\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) {
   int tid;
   tid =  *((int*) threadid);
   printf("Hello World! It's me, thread #%d!\n", tid);
   pthread_exit(NULL);
}
```

# Pthread Creation and Termination

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