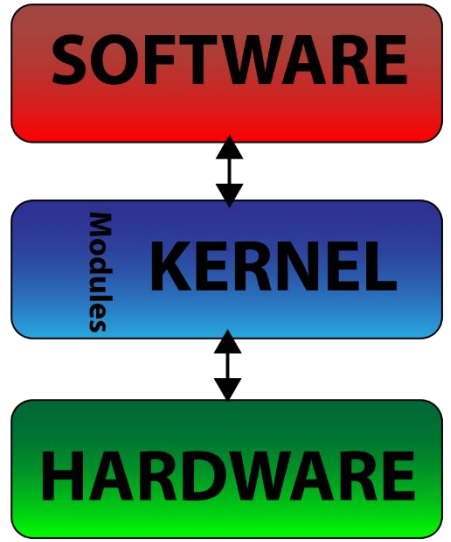
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELLA BASILICATA

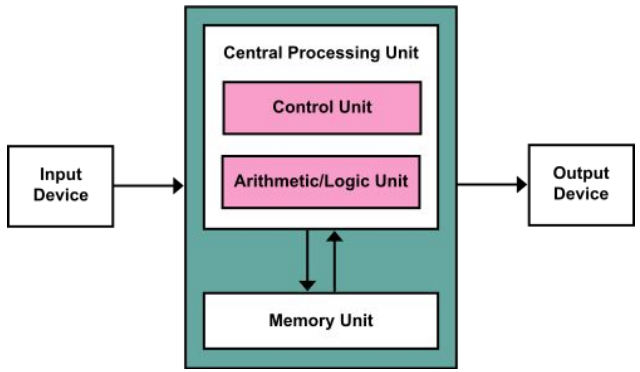
Corso di Sistemi Operativi

Esercitazione

Gestione Processi

Docente:
Domenico Daniele Bloisi

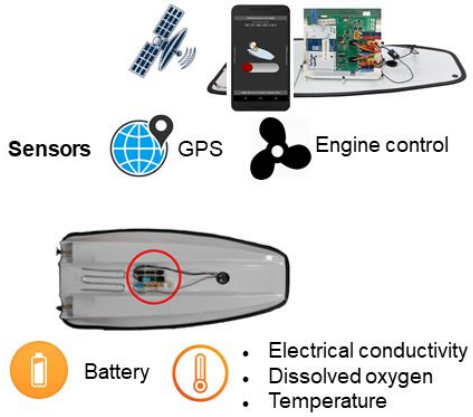


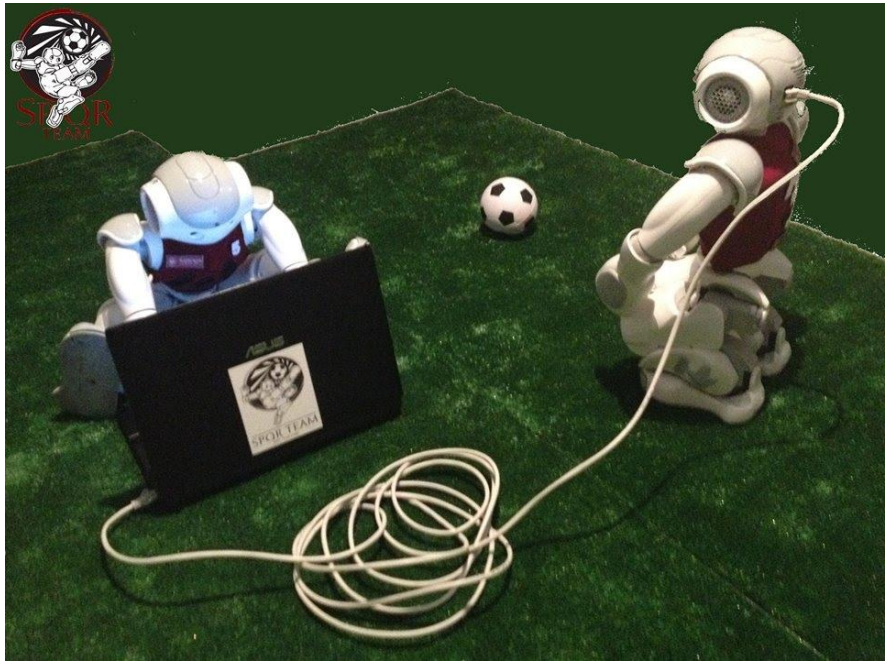


Domenico Daniele Bloisi

- Professore Associato
  Dipartimento di Matematica, Informatica ed Economia
  Università degli studi della Basilicata
  http://web.unibas.it/bloisi

- SPQR Robot Soccer Team
  Dipartimento di Informatica, Automatica e Gestionale Università degli studi di Roma “La Sapienza”
  http://spqr.diag.uniroma1.it



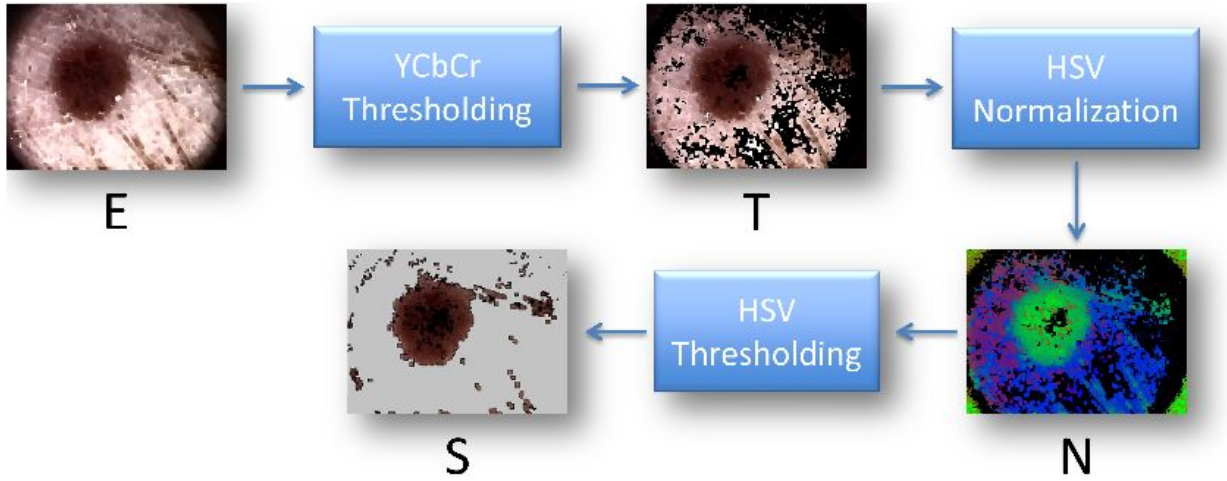


Interessi di ricerca

- Intelligent surveillance
- Robot vision
- Medical image analysis

https://youtu.be/2KHNZX7UIWQ

https://youtu.be/9a70Ucgbi_U



UNIBAS Wolves https://sites.google.com/unibas.it/wolves

- UNIBAS WOLVES is the robot soccer team of the University of Basilicata. Established in 2019, it is focussed on developing software for NAO soccer robots participating in RoboCup competitions.

- UNIBAS WOLVES team is twinned with SPQR Team at Sapienza University of Rome

https://youtu.be/ji0OmkaWh20

Informazioni sul corso

- Home page del corso:
  http://web.unibas.it/bloisi/corsi/sistemi-operativi.html
- Docente: Domenico Daniele Bloisi
- Periodo: I semestre ottobre 2022 – gennaio 2023

  - Lunedì dalle 15:00 alle 17:00 (Aula Leonardo)
  - Martedì dalle 08:30 alle 10:30 (Aula 1)

Ricevimento

- In presenza, durante il periodo delle lezioni:
  Lunedì dalle 17:00 alle 18:00 Edificio 3D, II piano, stanza 15
  Si invitano gli studenti a controllare regolarmente la bacheca degli avvisi per eventuali variazioni
- Tramite google Meet e al di fuori del periodo delle lezioni:
  da concordare con il docente tramite email

Per prenotare un appuntamento inviare una email a
domenico.bloisi@unibas.it

Programma – Sistemi Operativi

- Introduzione ai sistemi operativi
- Gestione dei processi
- Sincronizzazione dei processi
- Gestione della memoria centrale
- Gestione della memoria di massa
- File system
- Sicurezza e protezione

Credits

Queste slide derivano dai contenuti dei corsi

- “Sistemi Operativi”
  del Prof. Giorgio Grisetti
  https://sites.google.com/diag.uniroma1.it/sistemi-operativi-1819

- “Introduction to Computer Systems”
  Instructors Greg Ganger and Roger Dannenberg
  https://www.cs.cmu.edu/afs/cs/academic/class/15213-f09/www/lectures/11-exceptions.pdf

Esame

- Il voto finale viene conseguito svolgendo un esame scritto con 3 domande a risposta aperta e 2 esercizi.

- Gli studenti possono chiedere al docente di svolgere un progetto facoltativo per ottenere un punteggio bonus (fino a tre punti) che verrà sommato al voto ottenuto durante l'esame scritto.

Esempio di esame

Le informazioni sulle date degli appelli e i testi degli esami passati sono disponibili nella sezione "appelli" del sito del corso

Tempo a disposizione: 2 ore e 30 minuti

Domanda 1 (max 5 punti)

Spiegare come avviene la creazione di un processo attraverso la chiamata di sistema `fork()`. Si utilizzi un opportuno esempio per integrare la spiegazione.

Domanda 2 (max 5 punti)

Cos'è il Direct Memory Access (DMA) e quando viene usato? Utilizzare opportuni esempi e schemi grafici per integrare la spiegazione.

Domanda 3 (max 5 punti)

1. Elencare i principali algoritmi di sostituzione delle pagine.
2. Spiegare cosa siano il tasso di page-fault e l'anomalia di Belady, indicando quali algoritmi di sostituzione ne siano affetti.

Esercizio 1 (max 7,5 punti)

Si supponga di avere un hard disk contenente 200 cilindri, numerati da 0 a 199. Il dispositivo sta servendo una richiesta al cilindro 40 e la precedente richiesta si trovava al cilindro 80. La coda di richieste è la seguente (in ordine FIFO)

88, 36, 112, 44, 169, 120, 65, 96, 0, 33

A partire dalla posizione corrente della testina, si disegnino tre grafici che mostrino i movimenti che il braccio dell'hard disk deve compiere per esaudire tutte le richieste nella coda adoperando gli algoritmi di scheduling del disco **FCFS**, **SCAN** e **C-SCAN**.

Esercizio 2 (max 7,5 punti)

Sia data la seguente lista di operazioni che i processi P1, P2, P3 devono eseguire.

P1	**P2**	**P3**
wait(S2)	wait(S3)	wait(S1)
wait(S1)	print("E")	print("A")
print("G")	signal(S1)	signal(S1)
signal(S3)	wait(S3)	print("D")
	print("A")	signal(S2)

Qual è il flusso di esecuzione se inizialmente S1 = 0, S2 = 0 e S3 = 1? Motivare la risposta.

Domanda 1

Cosa contiene il Process Control Block (PCB) di un processo? Integrare la risposta con un opportuno schema grafico.

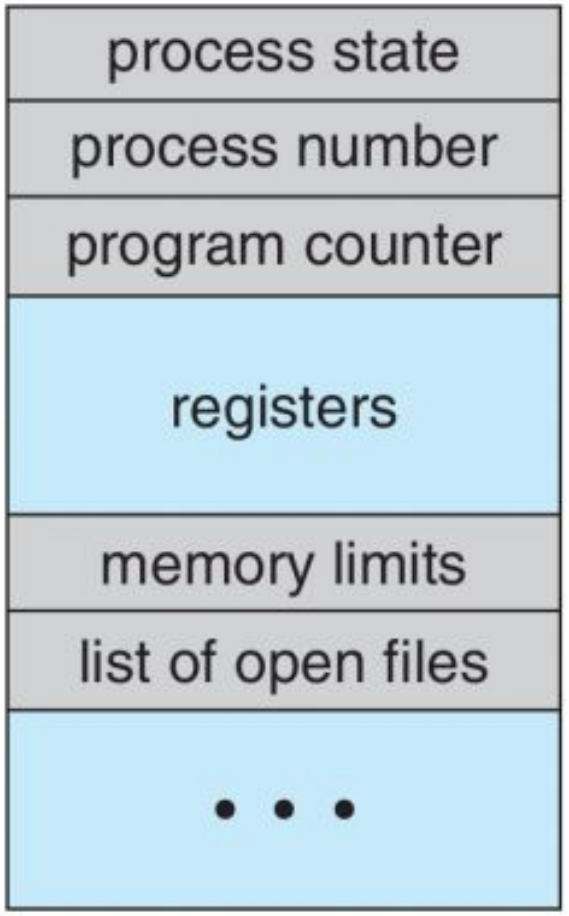
Risposta 1

Il PCB di un processo è una struttura dati che contiene tutte le informazioni relative al processo a cui è associato.

Esempi di informazioni contenute nel PCB sono:

- Stato del processo (running, waiting, ready…)
- Program Counter (PC), ovvero il registro contenente la prossima istruzione da eseguire
- Registri della CPU
- Informazioni sulla memoria allocata al processo
- Informazioni sull'I/O relativo al processo.

Una illustrazione di tale struttura dati è riportata qui a lato.

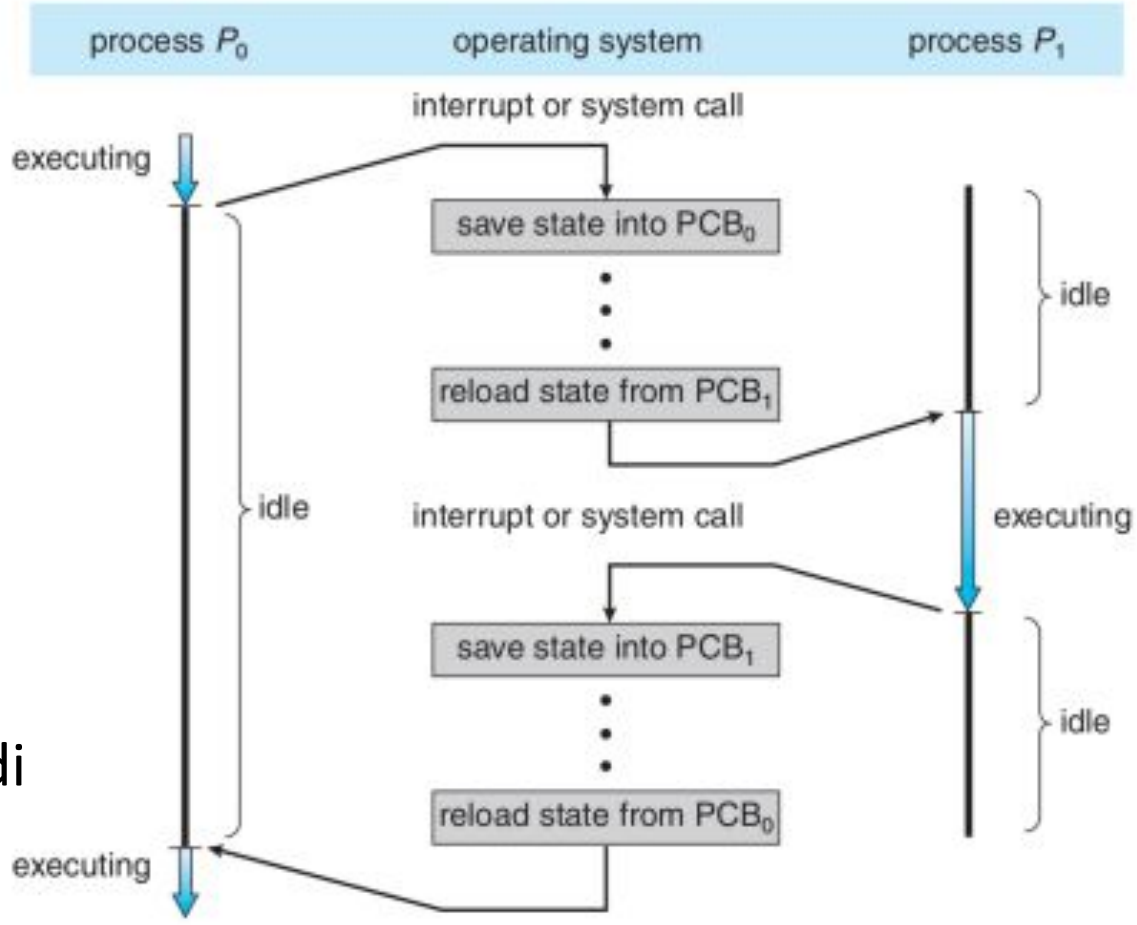


Domanda 2

Illustrare il meccanismo di Context Switch, avvalendosi di opportune illustrazioni grafiche.

Risposta 2

Supponiamo di avere due processi P_0 e P_1 e che il primo sia in stato “running”. Un context switch si verifica quando l’Operating System (OS), per mettere in esecuzione P_1, salva lo stato corrente di P_0 in modo da poterne ripristinare l’esecuzione in un secondo momento. L’esempio discusso può essere riassunto visivamente nella figura a lato.



Il context switch è fonte di overhead a causa delle varie operazioni necessarie a compiere lo scambio, le quali includono il salvataggio dello stato, il blocco e la riattivazione della pipeline di calcolo, lo svuotamento e il ripopolamento della cache.

Domanda 3

Che relazione sussiste tra una system call, un generico interrupt e una trap? Sono la stessa cosa?

Risposta 3

Si tratta di tre concetti distinti:

- Una system call (o syscall) è una chiamata diretta al sistema operativo da parte di un processo di livello utente (ad esempio, una richiesta di I/O).
- Un interrupt è un segnale asincrono proveniente da hardware o software per richiedere la gestione immediata di un evento.
- Gli interrupt software sono definiti trap.

A differenza delle syscall, gli interrupt esistono anche in elaboratori privi di Sistema Operativo (ad esempio, in un microcontrollore).
In seguito alla chiamata di una syscall, verrà generata una trap (interrupt software), in modo da poter richiamare l'opportuna funzione associata a tale syscall utilizzando la Syscall Table (ST).

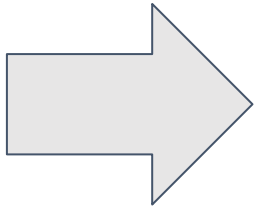
Domanda 4

Spiegare brevemente cos’è il Direct Memory Access (DMA) e quando viene usato. Integrare la risposta con una opportuna illustrazione grafica.

Risposta 4

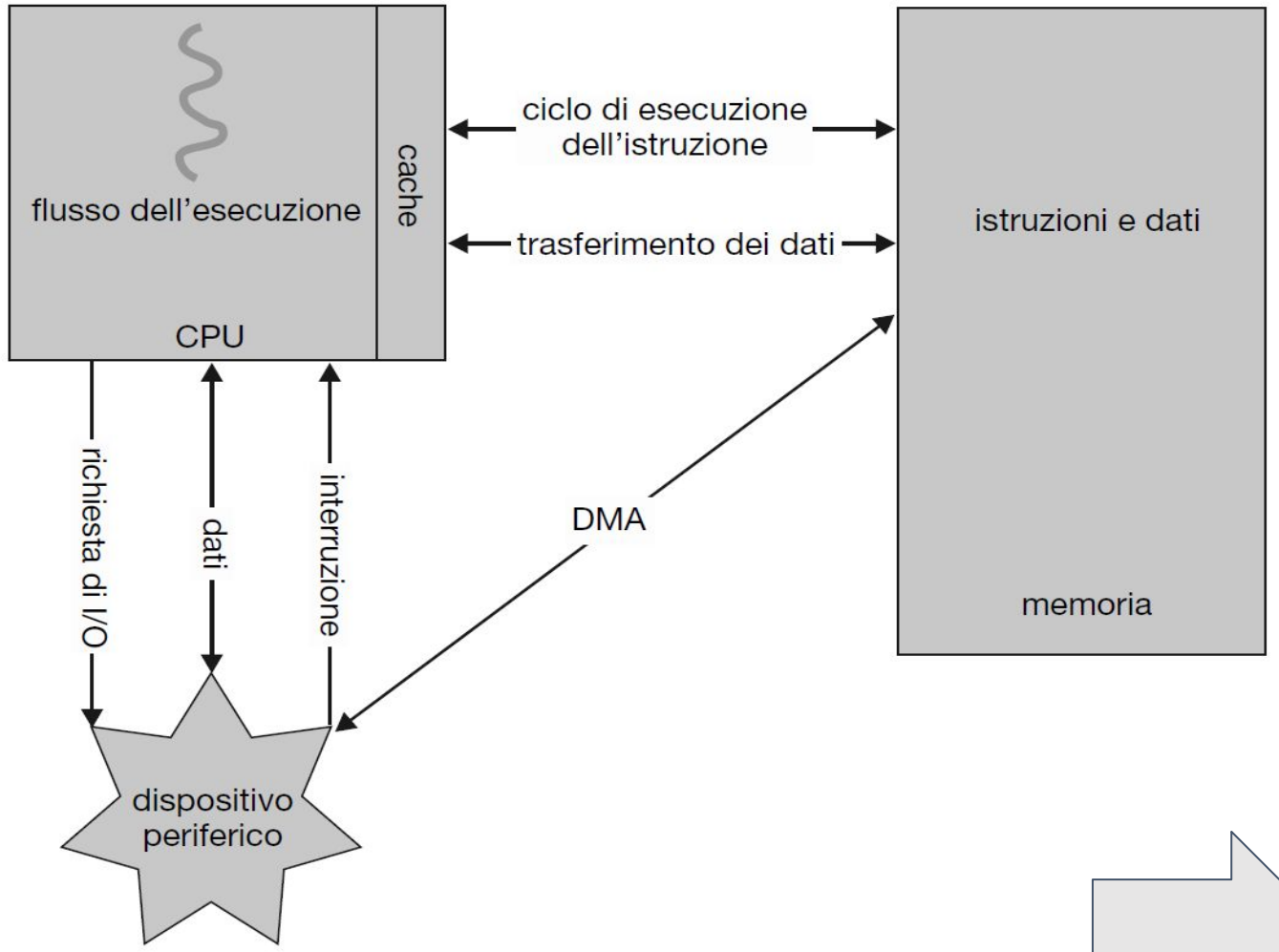
Alcuni dispositivi necessitano di trasferire grandi quantità di dati a frequenze elevate. Effettuare tali trasferimenti tramite il protocollo genericamente usato per altri tipi di periferiche richiederebbe l'intervento della CPU per trasferire un byte alla volta i dati - tramite un processo chiamato Programmed I/O (PIO).
Ciò provocherebbe un overhead ingestibile per l'intera macchina, consumando inutilmente tempo di CPU.

Per consentire il corretto funzionamento di dispositivi che necessitano di trasferire grandi quantità di dati a frequenze elevate, evitando gli svantaggi del PIO, si utilizzano controllori dedicati che effettuano DMA.



Risposta 4

Nel DMA, i controllori scrivono direttamente sul bus di memoria. La CPU sarà incaricata soltanto di ”validare” tale trasferimento e poi sarà di nuovo libera di eseguire altri task.



Risposta 4

Le periferiche che necessitano di trasferire grandi quantità di dati a frequenze elevate sono molto comuni ai giorni nostri e sono usate nella maggior parte dei dispositivi elettronici come PC, smartphones, server …

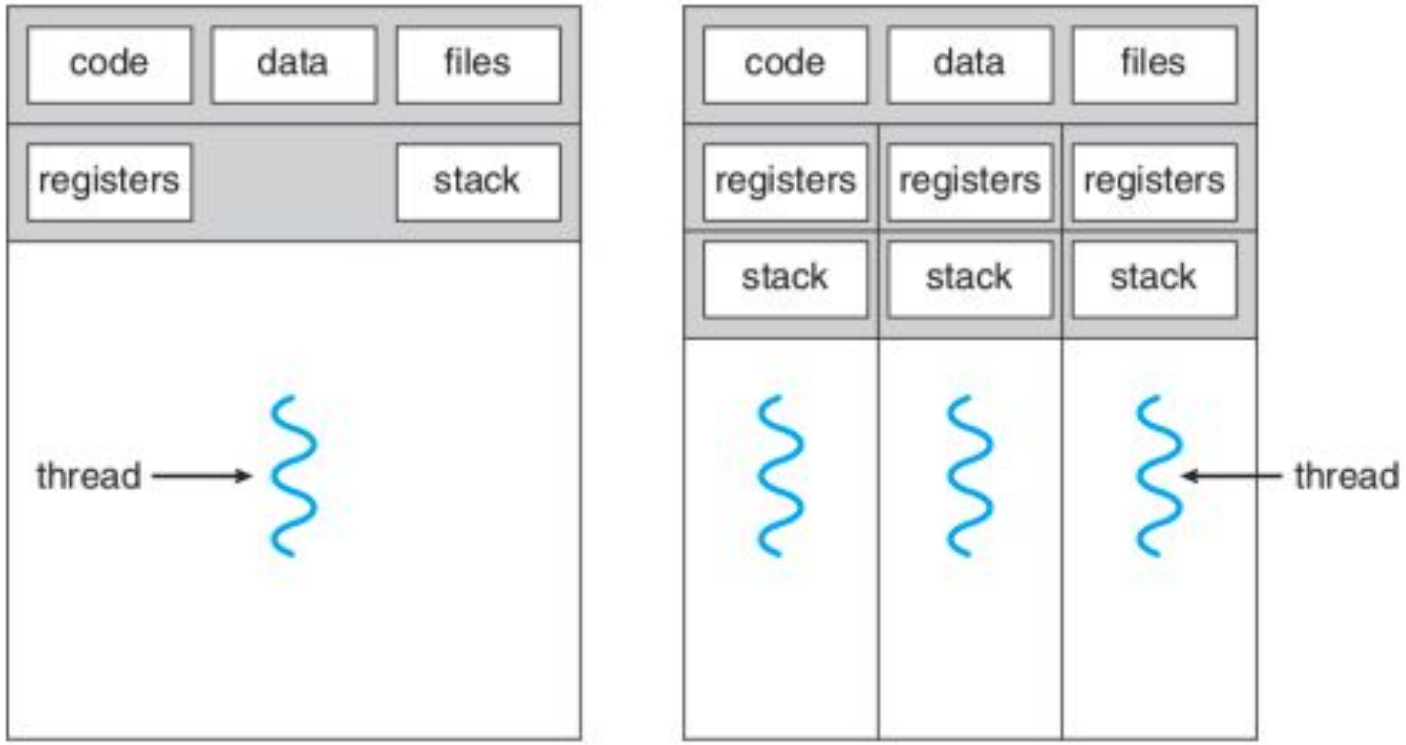
Esempi di periferica che si avvalgono di controller DMA sono videocamere, dischi, schede video, schede audio...

Domanda 5

Richiede meno risorse la creazione di un nuovo thread o di un nuovo processo? Si motivi la risposta, evidenziando quali risorse vengono utilizzate in entrambi i casi.

Risposta 5

Creare un thread - sia esso a livello kernel o utente - richiede l'allocazione di una data structure contenente il register set, lo stack e altre informazioni quali la priorità, come riportato nella figura in basso.



single-threaded process multithreaded process

Risposta 5

Creare un nuovo processo, invece, è una operazione relativamente più costosa poiché richiede l'allocazione di un nuovo Process Control Block (PCB).

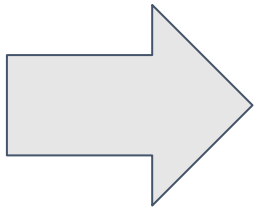
Il PCB contiene tutte le informazioni del processo, quali pid, stato del processo, informazioni sull'I/O, il Program Counter (PC) e la lista delle risorse aperte dal processo. Inoltre, il PCB include anche informazioni sulla memoria allocata dal processo.

In definitiva, quindi, la creazione di un thread richiede meno risorse rispetto a quelle necessarie per la creazione di un nuovo processo.

Esercizio 1

Cosa stampa il programma a lato in corrispondenza di `/* LINEA A */` e `/* LINEA B */`?

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

#define NUM_STEPS 5

unsigned int value = 0;
pid_t pid;
pthread_t tid;

void* runner(void* param);

int main(int argc, char* argv []) {
    pthread_attr_t attr;
    pid = fork();

    if(pid < 0)
        return -1;
```



Esercizio 1

```
    if(pid == 0) {
        pthread_attr_init(& attr);
        pthread_create(&tid, &attr, runner, NULL);
        pthread_join(tid, NULL);
        printf("linea A, valore = %d\n", value); /* LINEA A */
    }
    else {
        wait(NULL);
        printf("linea B, valore = %d\n", value); /* LINEA B */
    }
    return 0;
}

void* runner(void* param) {
    for(int s = 0; s < NUM_STEPS; ++s) {
        if(pid) { value++; }
    }
    return param;
}
```

Soluzione Esercizio 1

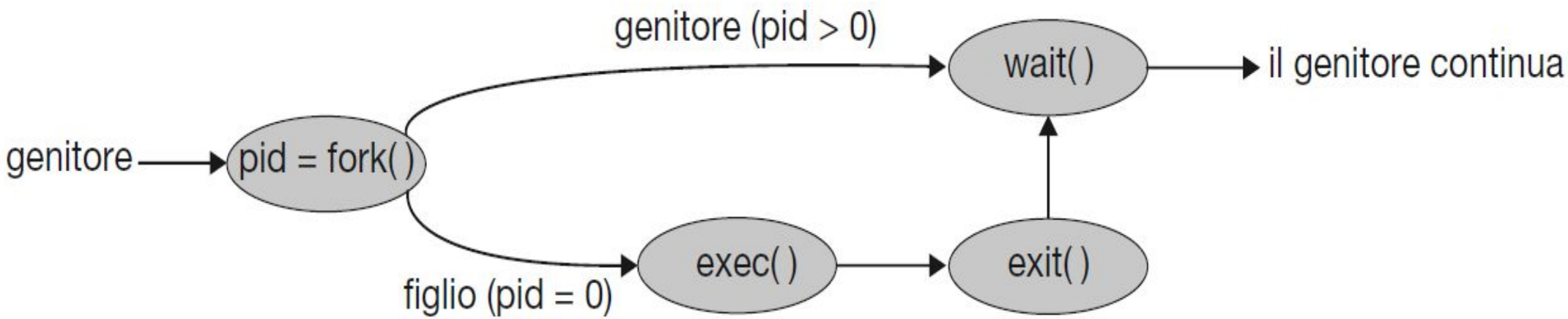


Figura 3.9 Creazione di un processo utilizzando la chiamata di sistema `fork( )`.

Soluzione Esercizio 1

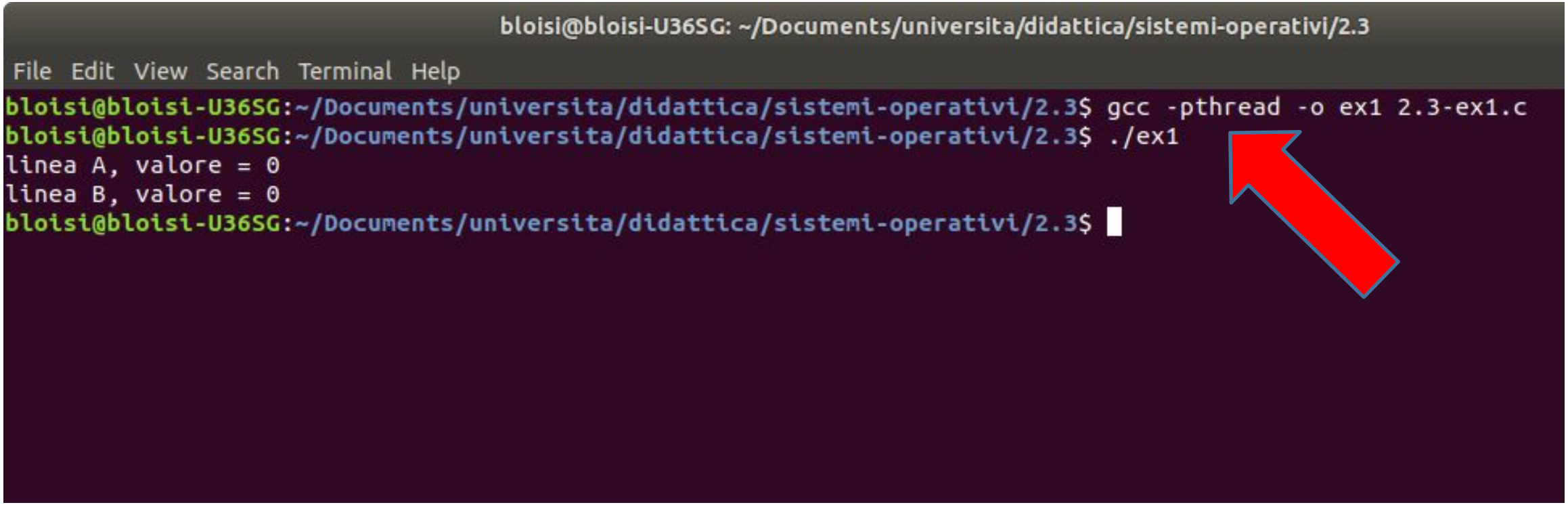
Il programma crea un processo figlio tramite `fork`, andando a duplicare le variabili del processo genitore. Inoltre, il figlio andrà a creare un nuovo thread, che incrementa - eventualmente - la variabile `value`.

Tuttavia, la funzione eseguita nel nuovo thread - `runner` - scriverà solo se la variabile `pid` sarà != 0, condizione mai verificata poiché il thread fa parte del processo figlio.

Date queste considerazioni, l'output del programma sarà il seguente:

```
linea A, valore = 0
linea B, valore = 0
```

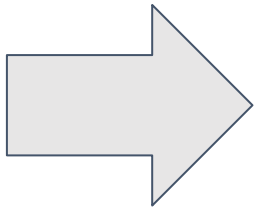
Soluzione Esercizio 1



Esercizio 2

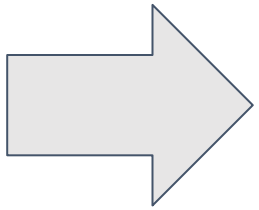
- Cosa stampa il programma a lato?
- Che cosa accade quando `fn0` giunge alla fine del ciclo?

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

#define A_STEPS 2
#define B_STEPS 5

const char name_0[] = "A|";
const char name_1[] = "B|";
const char *name = name_0;

void fn0() {
    for(unsigned int i = 0; i < A_STEPS; i++) {
        printf ("%s iterazione: #%d \n", name, i);
        sleep(1);
    }
}
```



Esercizio 2

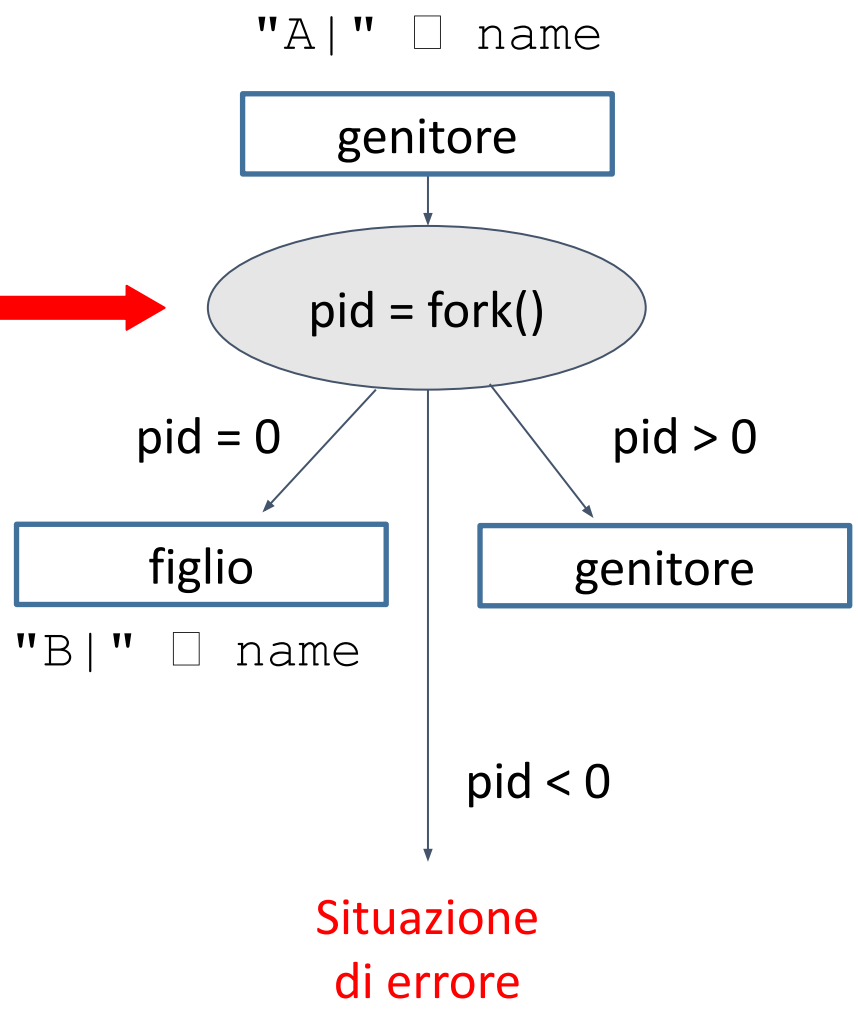
```
void fn1() {
  for(unsigned int i = 0; i < B_STEPS; i++) {
    printf ("%s iterazione: #%d \n", name, i);
    sleep(1);
  }
}

int main(int argc, char** argv) {
  printf ("ciao\n");
  pid_t pid = fork();
  if(pid < 0) {
    printf("%s exit ", name) ;
    exit(1);
  }
```



```
  if(pid == 0) {
    name = name_1;
    fn1();
  }
  else {
    fn0();
  }
  printf("arrivederci\n");
  exit(0);
}
```

Soluzione Esercizio 2

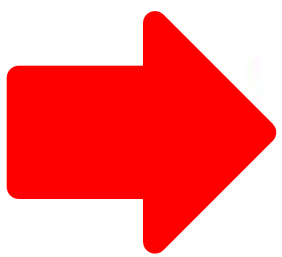
```
const char name_0[] = "A|";
const char name_1[] = "B|";
const char *name = name_0;

int main(int argc, char** argv) {
    printf("ciao\n");
    pid_t pid = fork();
    if(pid < 0) {
      printf("%s exit ", name) ;
      exit(1);
    }
    if(pid == 0) {
      name = name_1;
      fn1();
    }
    else {
      fn0();
    }
    printf("arrivederci\n");
    exit(0);
  }
```



`fork`: Creating New Processes

- **`int fork(void)`**
  - creates a new process (child process) that is identical to the calling process (parent process)
  - returns 0 to the child process
  - returns child's **`pid`** to the parent process

```
pid_t pid = fork();
if (pid == 0) {
   printf("hello from child\n");
} else {
   printf("hello from parent\n");
}
```



Fork is interesting (and often confusing) because it is called *once* but returns *twice*

Understanding fork

Process n

```
pid_t pid = fork();
if (pid == 0) {
   printf("hello from child\n");
} else {
   printf("hello from parent\n");
}
```

Child Process m

```
pid_t pid = fork();
if (pid == 0) {
   printf("hello from child\n");
} else {
   printf("hello from parent\n");
}
```

pid = m

```
pid_t pid = fork();
if (pid == 0) {
   printf("hello from child\n");
} else {
   printf("hello from parent\n");
}
```

pid = 0

```
pid_t pid = fork();
if (pid == 0) {
   printf("hello from child\n");
} else {
   printf("hello from parent\n");
}
```

```
pid_t pid = fork();
if (pid == 0) {
   printf("hello from child\n");
} else {
   printf("hello from parent\n");
}
```

```
pid_t pid = fork();
if (pid == 0) {
   printf("hello from child\n");
} else {
   printf("hello from parent\n");
}
```

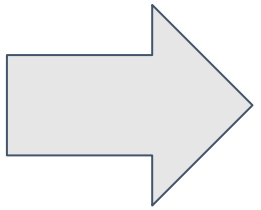
`hello from parent` *Which one is first?* `hello from child`

Soluzione Esercizio 2

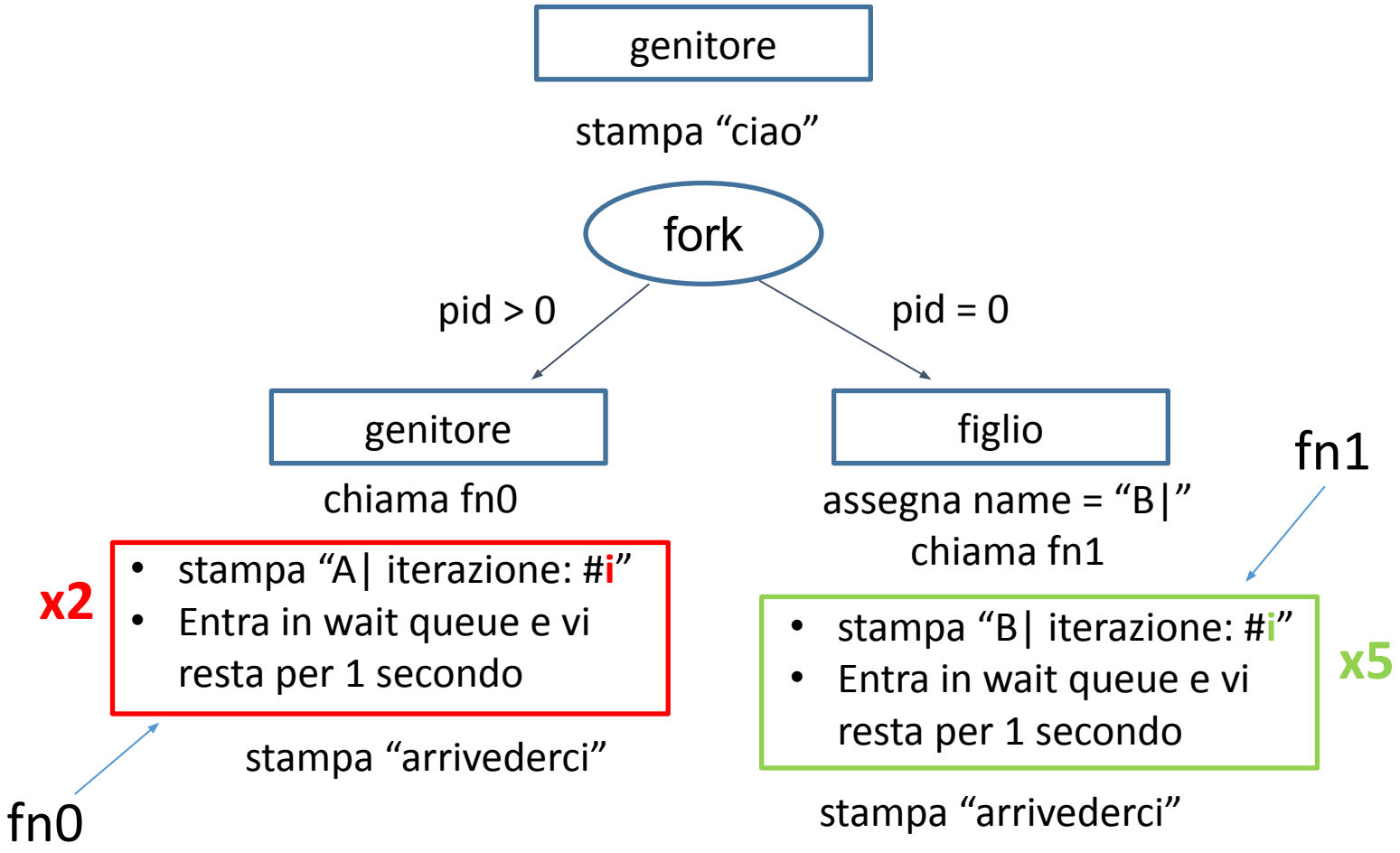
Considerazioni:

1. Il programma esegue una `fork()`, andando a creare un processo figlio. Questo provoca una duplicazione in memoria delle variabili e di eventuali file descriptor aperti.

2. Poiché il processo genitore non effettua una `wait()`, esso non attenderà la terminazione del processo figlio.



Soluzione Esercizio 2

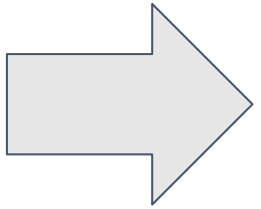


Output del programma:

```
ciao
A| iterazione: #0
B| iterazione: #0
A| iterazione: #1
B| iterazione: #1
arrivederci
B| iterazione: #2
B| iterazione: #3
B| iterazione: #4
arrivederci
```

Soluzione Esercizio 2

```
bloisi@bloisi-U36SG: ~/Documents/universita/didattica/sistemi-operativi/2.3
File  Edit  View  Search  Terminal  Help
bloisi@bloisi-U36SG:~/Documents/universita/didattica/sistemi-operativi/2.3$ gcc -o ex2 2.3-ex2.c
bloisi@bloisi-U36SG:~/Documents/universita/didattica/sistemi-operativi/2.3$ ./ex2
ciao
A| iterazione: #0
B| iterazione: #0
A| iterazione: #1
B| iterazione: #1
arrivederci
B| iterazione: #2
bloisi@bloisi-U36SG:~/Documents/universita/didattica/sistemi-operativi/2.3$ B| iterazione: #3
B| iterazione: #4
arrivederci
```



Soluzione Esercizio 2

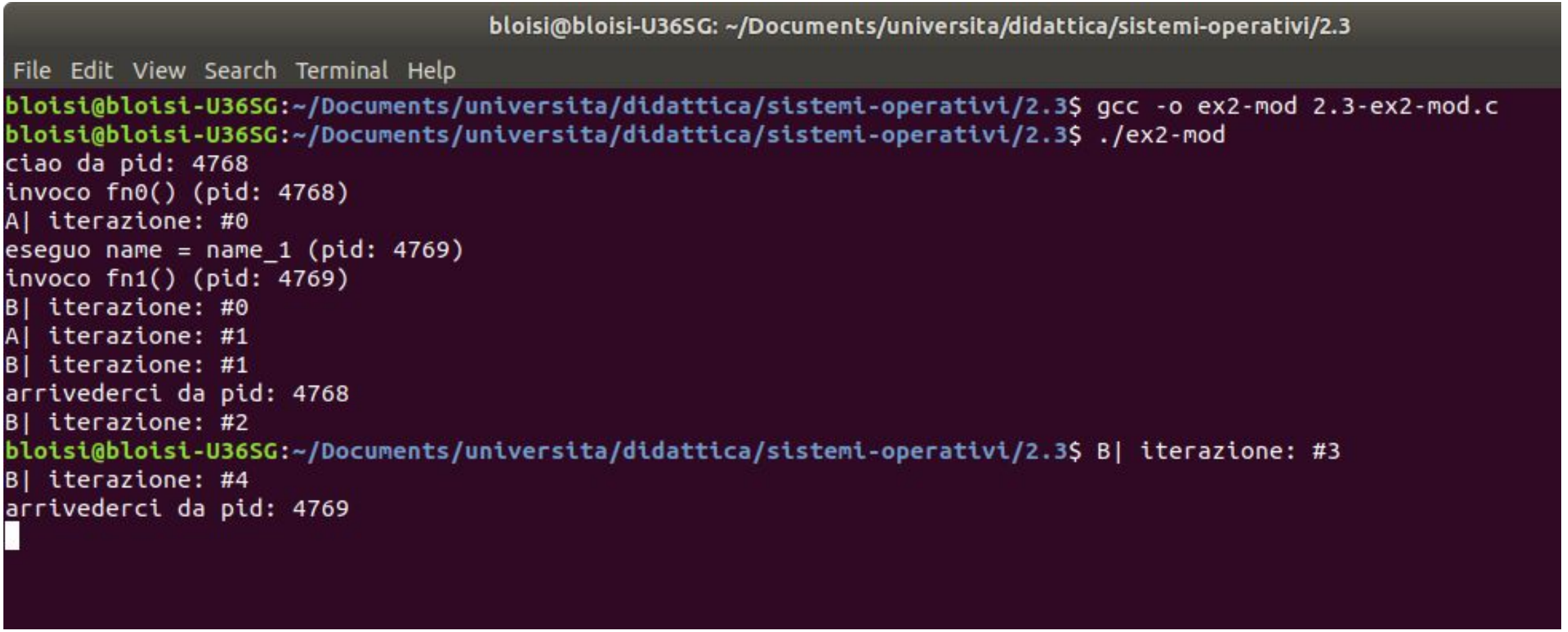
- Poiché il genitore non esegue una `wait()`, una volta completato il suo ciclo, esso terminerà brutalmente, lasciando il figlio (creato in precedenza) orfano.

- Il processo figlio verrà assegnato al processo master `init/systemd` che è il primo processo generato all'avvio della macchina.

Esercizio 2 (main modificato)

```
int main(int argc, char** argv) {
  printf ("ciao da pid: %d\n", getpid());
  pid_t pid = fork();
  if (pid < 0) {
    printf("%s exit", name) ;
    exit(1);
  }
  if(pid == 0) {
    printf("eseguo name = name_1 (pid: %d)\n", getpid());
    name = name_1;
    printf("invoco fn1() (pid: %d)\n", getpid());
    fn1();
  }
  else {
    printf("invoco fn0() (pid: %d)\n", getpid());
    fn0();
  }
  printf("arrivederci da pid: %d\n", getpid());
  exit(0);
}
```

Esercizio 2 (main modificato)

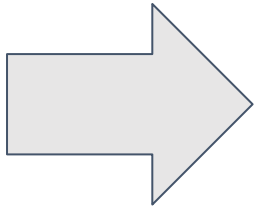


Esercizio 3

Indicare quale dei seguenti può essere un possibile output sulla shell per il programma a lato:

- A
- CDA
- CABEDE
- BA
- C
- BAC

```
int main (int argc, char** argv)
{
  if(fork() == 0) {
    if(fork() == 0) {
      printf ("A");
      return 0;
    }
    else {
      wait(NULL);
      printf("B");
    }
  }
  else {
    if(fork() == 0) {
      printf("C");
      exit(0);
    }
    else {
      wait(NULL);
    }
    wait(NULL);
    printf("D");
  }
  printf ("E");
  return 0;
}
```

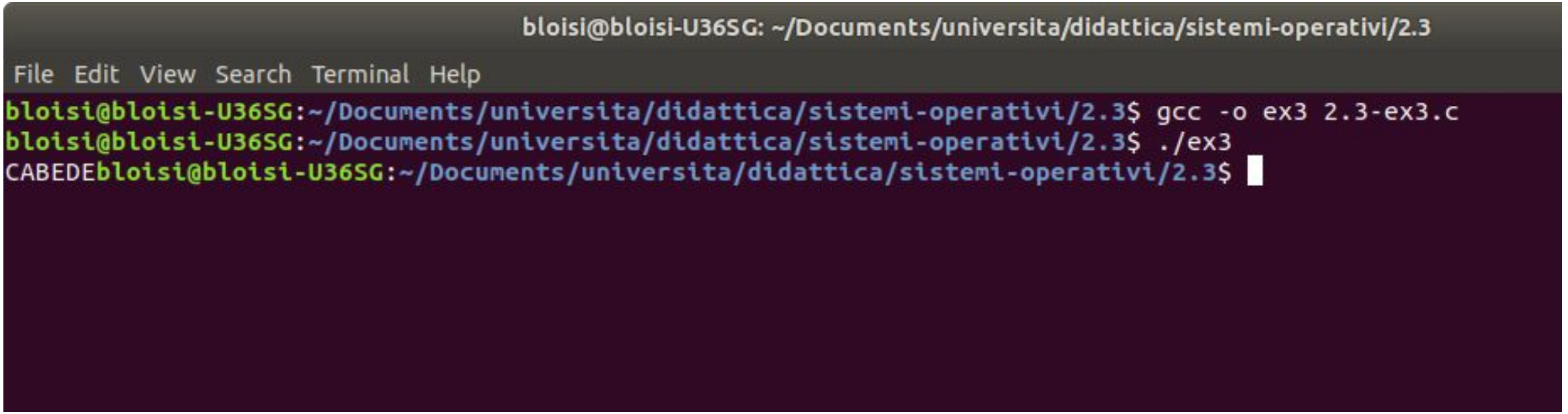


Soluzione Esercizio 3

Tra quelli elencati, l'unico output valido sarà `CABEDE`, a causa delle wait posizionate in ogni processo padre.

Si noti che la `return` a riga 5 e la `exit` a riga 15 non interrompono l'intero programma, ma soltanto l'esecuzione dei processi figli in cui sono locate: il carattere 'E' quindi viene stampato.

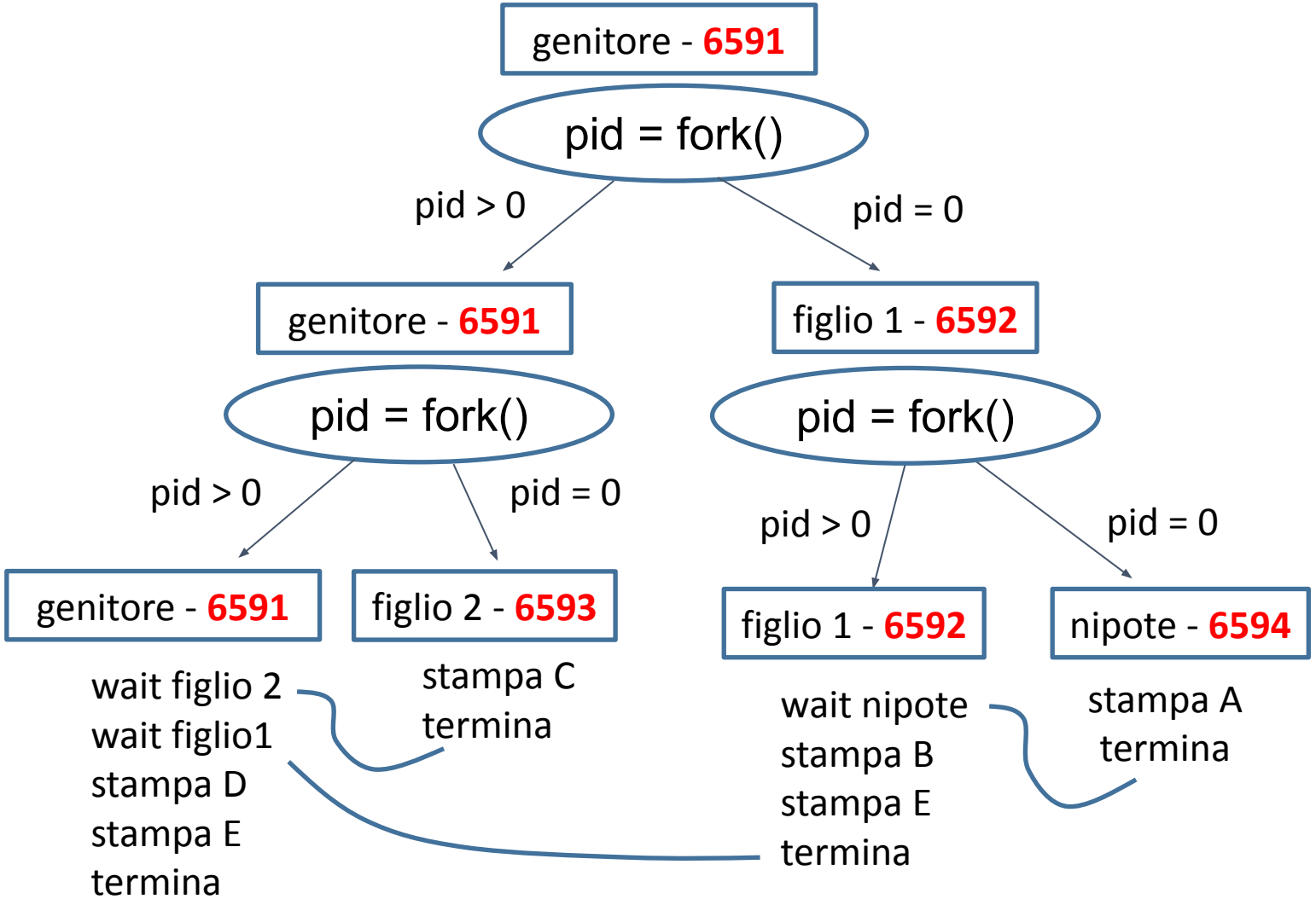
Soluzione Esercizio 3



Esercizio 3 (main modificato)

```c
int main (int argc, char** argv) {
    if(fork() == 0) {
        if(fork() == 0) {
            printf("stampo A (pid: %d)\n", getpid());
            printf ("A\n");
            return 0;
        }
        else {
            printf("sono in attesa (pid: %d)\n", getpid());
            pid_t pid = wait(NULL);
            printf("attesa di %d terminata (pid: %d)\n", pid, getpid());
            printf("stampo B (pid: %d)\n", getpid());
            printf("B\n");
        }
    }
    else {
        if(fork() == 0) {
            printf("stampo C (pid: %d)\n", getpid());
            printf("C\n");
            exit(0);
        }
        else {
            printf("sono in attesa (pid: %d)\n", getpid());
            pid_t pid = wait(NULL);
            printf("attesa di %d terminata (pid: %d)\n", pid, getpid());
        }
        printf("sono in attesa (pid: %d)\n", getpid());
        pid_t pid = wait(NULL);
        printf("attesa di %d terminata (pid: %d)\n", pid, getpid());
        printf("stampo D (pid: %d)\n", getpid());
        printf("D\n");
    }
    printf("stampo E (pid: %d)\n", getpid());
    printf ("E");
    return 0;
}
```

Esercizio 3 (main modificato)



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELLA BASILICATA

Corso di Sistemi Operativi

Esercitazione

Gestione Processi

Docente:
Domenico Daniele Bloisi