



Sistemi Operativi

3

Laboratorio – linea 2

Sistemi Operativi

Bruschi
Monga
Re

Astrazioni del s.o.

Shell

Esercizi

File e pipe

Matteo Re

Dip. di Informatica
Università degli studi di Milano

matteo.re@unimi.it



<http://homes.di.unimi.it/re/solabL2.html>



Sistemi Operativi

3

Laboratorio – linea 2

Sistemi Operativi

Bruschi
Monga
Re

Astrazioni del s.o.

Shell

Esercizi

File e pipe

Lezione 3:

Shell
Processi
Thread
Pipe
File



Sistemi Operativi

3

Laboratorio – linea 2

Sistemi Operativi

Bruschi
Monga
Re

Astrazioni del s.o.

Shell
Esercizi

File e pipe

Nelle lezioni precedenti abbiamo cercato di rispondere alla domanda :

“Perchè serve un sistema operativo?”

Un s.o. rende molto più conveniente l'utilizzo della macchina fisica.

Per riuscirci il s.o. :

- fornisce un insieme di astrazioni che **semplificano l'uso di periferiche e memoria.**
- Gestisce opportunamente le risorse fra tutte le attività in corso.

Abbiamo inoltre visto come il s.o. **fornisce** alcune di queste astrazioni (dallo hardware) mediante le **system call** .



Sistemi Operativi

3

Laboratorio – linea 2

Sistemi Operativi

Bruschi
Monga
Re

Astrazioni del s.o.

Shell

Esercizi

File e pipe

Filo conduttore del corso sono le astrazioni fornite dal sistema operativo. Le principali sono:

- System call (lez. 2)
- Memoria virtuale
- Processo
- File
- Shell



Sistemi Operativi

3

Laboratorio – linea 2

Sistemi Operativi

Bruschi

Monga

Re

Astrazioni del s.o.

Shell

Esercizi

File e pipe

MEMORIA VIRTUALE

Ogni programma ha a disposizione un **blocco di indirizzi di memoria** per la sua esecuzione. Nei sistemi a 32 bit la dimensione di questo blocco di memoria (virtuale) è **4 Gb**.



Sistemi Operativi

3

Laboratorio – linea 2

Sistemi Operativi

Bruschi
Monga
Re

Astrazioni del s.o.

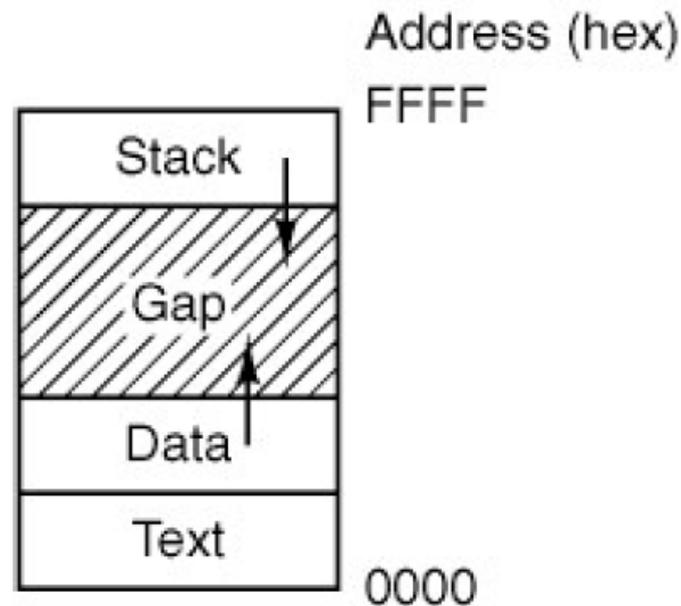
Shell

Esercizi

File e pipe

MEMORIA VIRTUALE

Generalmente la memoria virtuale è divisa in segmenti: Text (codice, read only), dati inizializzati, stack e heap.





Sistemi Operativi

3

Laboratorio – linea 2

Sistemi Operativi

Bruschi

Monga

Re

Astrazioni del s.o.

Shell

Esercizi

File e pipe

PROCESSI E THREAD

- **Programma** : un programma è la codifica di un *algoritmo* in una forma eseguibile da una macchina.
- **Processo** : è un programma **in esecuzione**
- **Thread** (filo conduttore) è una **sequenza di istruzioni in esecuzione**: più thread possono condividere lo spazio di memoria in cui le istruzioni lavorano. Il termine assume anche una accezione tecnica nei sistemi operativi che distinguono le due astrazioni.

Ogni processo dà vita ad **almeno** un thread. Ogni CPU può eseguire, in un dato momento **al più** un thread.



Sistemi Operativi

Laboratorio – linea 2

3

POSIX syscall (process management)

`pid = fork()`

Create a child process identical to the parent

`pid = waitpid(pid, &statloc, opts)`

Wait for a child to terminate

`s = wait(&status)`

Old version of waitpid

`s = execve(name, argv, envp)`

Replace a process core image

`exit(status)`

Terminate process execution and return status

`size = brk(addr)`

Set the size of the data segment

`pid = getpid()`

Return the caller's process id

`pid = getpgrp()`

Return the id of the caller's process group

`pid = setsid()`

Create a new session and return its process group id

`l = ptrace(req, pid, addr, data)`

Used for debugging



Sistemi Operativi

Laboratorio – linea 2

3

CREAZIONE DI PROCESSI mediante fork()

Il processo creante è detto **parent** il processo creato è detto **child** . Dato che ogni processo (a parte init) ha un processo parent si determina una struttura di “parentela” ad albero.

Nelle prossime slide vedremo come utilizzare la shell per osservare le relazioni di parentela tra i processi.

Caratteri utili:

(pipe)	alt+124
&	alt+38
;	alt+59



Sistemi Operativi

Laboratorio – linea 2

3

SHELL

La shell è l'*interprete dei comandi* che l'utente dà al sistema operativo. Ne esistono grafiche e testuali.

In ambito GNU/Linux la piú diffusa è una shell testuale `bash`, che fornisce i costrutti base di un linguaggio di programmazione (variabili, strutture di controllo) e primitive per la gestione dei processi e dei file.



Sistemi Operativi

Laboratorio – linea 2

3

CREAZIONE DI PROCESSI

La creazione di processi richiede alcune operazioni da parte del s.o. :

- Creazione nuovo ID (PID – Process Identifier)
- Allocazione Memoria (Codice, Dati)
- Allocazione altre risorse (stdin, stdout, dispositivi I/O in genere)
- Gestione informazioni sul nuovo processo (es. priorità)
- Creazione PCB (Process Control Block) contenente le informazioni precedenti

In s.o. della famiglia Unix ogni processo viene creato da un altro processo. Unica eccezione: **init** (PID=1, è il primo processo ... viene creato durante il boot)

Nello standard POSIX la system call per creare processi è **fork** .



Sistemi Operativi

Laboratorio – linea 2

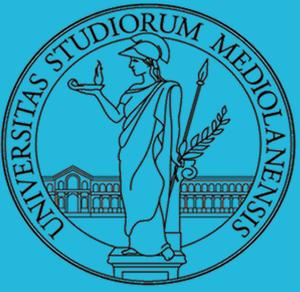
3

SHELL

Il funzionamento di una generica shell obbedisce a questo ciclo:

- Attesa input utente
- Interpretazione comando utente
- Esecuzione comando/i utente

L'implementazione di una shell richiede l'utilizzo della chiamata di sistema **fork**. Ogni comando eseguito dopo aver interpretato l'input dell'utente genera un processo figlio che ha come parent la shell.



Sistemi Operativi

3

Laboratorio – linea 2

SHELL (pseudo codice)

```
1 while (1){ /* repeat forever */
2     type_prompt(); /* display prompt on the screen */
3     read_command(command, parameters); /* read input from terminal */
4     if (fork() > 0){ /* fork off child process */
5         /* Parent code. */
6         waitpid(1, &status, 0); /* wait for child to exit */
7     } else {
8         /* Child code. */
9         execve(command, parameters, 0); /* execute command */
10    }
11 }
```



Sistemi Operativi

3

Laboratorio – linea 2

Relazioni dinamiche :

Dopo la creazione del processo figlio il processo padre puo:

1) **attendere** la terminazione del processo figlio

linuxprompt\$ top

Il terminale è associato al nuovo processo. Per interrompere l'esecuzione del processo figlio: **ctrl+c**

2) **continuare** senza attendere (es. esecuzione **in background** nella shell)

linuxprompt\$ sleep 500 **&**

Quando un comando viene eseguito in background al genitore (shell) viene notificato il suo PID



Sistemi Operativi

3

Laboratorio – linea 2

Relazioni dinamiche :

Il comando utilizzato in linux per ottenere informazioni sui processi è **ps**

Provate questi comandi in bash:

`ps`

`ps -o pid,ppid,command`

`ps --forest -o pid,ppid,command`

L'ultimo esempio dovrebbe restituire un output simile al seguente (i PIDs saranno diversi)

```
user@:~$ ps --forest -o pid,ppid,command
PID  PPID  COMMAND
2153  2111  -bash
2222  2153  \_ sleep 500
2227  2153  \_ ps --forest -o pid,ppid,command
```

notate che ps è esso stesso un processo figlio della shell

ps di default mostra solo i processi associati al terminale da cui viene lanciato. In questo caso abbiamo la shell *bash*, il comando *sleep* e lo stesso

ps



Sistemi Operativi

3

Laboratorio – linea 2

Relazioni di contenuto :

Due possibilità:

- Il processo figlio è un duplicato del padre (sistemi Unix)
- Il figlio esegue un programma differente (sistemi Windows)

Questo è il comportamento standard ma entrambe le opzioni sono disponibili sia in sistemi Unix che in sistemi Windows.



Sistemi Operativi

3

Laboratorio – linea 2

System call fork

La chiamata di sistema **fork** permette di creare un processo duplicato del processo genitore.

fork, come la maggior parte delle chiamate di sistema che discuteremo, appartiene allo standard **POSIX** (Portable Operating System Interface) di IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers). È utilizzabile in qualsiasi sistema che supporti POSIX.

La fork crea un **nuovo** processo che:

- condivide l'area **codice** del processo genitore
- utilizza una copia dell'area **dati** del processo genitore
- ha un PID diverso dal genitore (questo si può sfruttare per fare compiere operazioni differenti al processo padre ed ai processi figli)



Sistemi Operativi

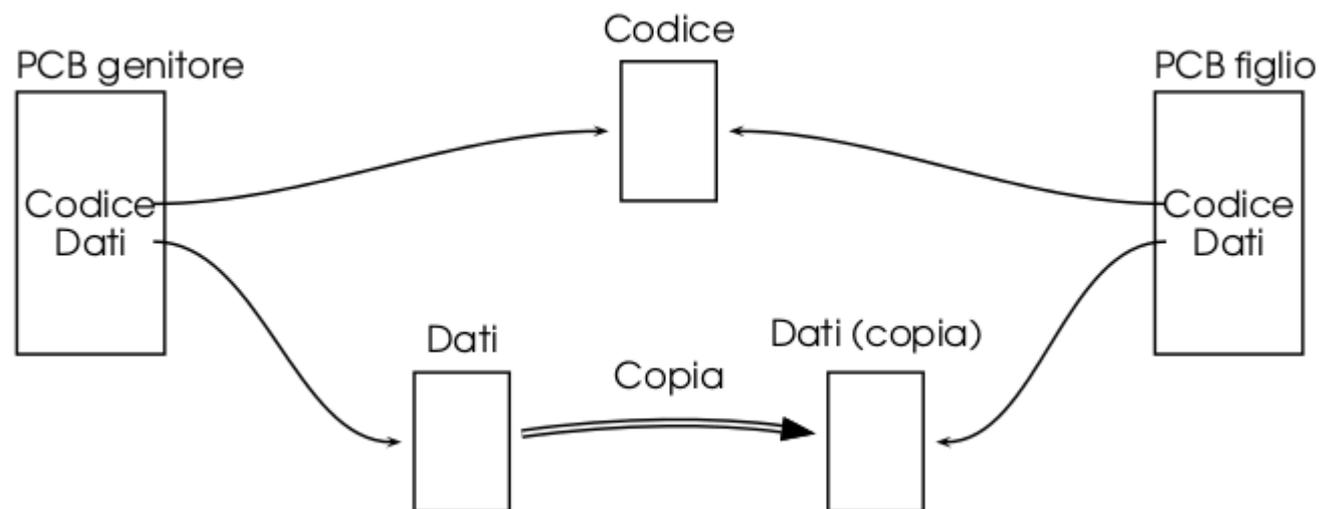
3

Laboratorio – linea 2

Come possiamo differenziare I processi?

Valori di ritorno di fork:

- <0 **Errore**
- $=0$ Processo figlio
- >0 Processo genitore: il valore di ritorno è il PID del figlio.





Sistemi Operativi

3

Laboratorio – linea 2

Per recuperare sorgenti SOLAB L2 lezione 3:

```
linuxprompt$ export http_proxy=proxy-aule-1.unimi.it:8080  
linuxprompt$ wget http://homes.di.unimi.it/re/Corsi/SOLAB2_1415/L3.tar.gz  
linuxprompt$ tar -xvzf L3.tar.gz
```

Vale la raccomandazione delle lezioni precedenti. Sforzatevi di scrivere I sorgenti dei programmi che vengono proiettati alla lavagna da soli ma, se non riuscite a farlo in tempo per quando viene compilato e testato il risultato, usate I file forniti nell'archivio tar compresso.



Sistemi Operativi

3

Laboratorio – linea 2

Schema standard di utilizzo di fork (C) :

```
...
if ( (pid = fork() ) < 0 )
    perror("fork error"); // stampa la descrizione dell'errore
else if (pid == 0) {
    // codice figlio
} else {
    // codice genitore, (pid > 0)
}
// codice del genitore e del figlio. Usare con cautela!!!
...
```

NB: `pid_t` è un *signed integer*, cioè int in molti sistemi ma potrebbe essere di dimensioni differenti, es. long, ed è quindi bene usare sempre il tipo `pid_t`₂₀



Sistemi Operativi

Laboratorio – linea 2

3

fork1.c

```
#include <sys/types.h>
#include <unistd.h>
#include <stdio.h>
main() {
    pid_t pid;

    printf("Prima della fork. pid = %d, pid del genitore = %d\n",getpid(), getppid());

    if ( (pid = fork()) < 0 )
        perror("fork error"); // stampa la descrizione dell'errore
    else if (pid == 0) {        // figlio
        printf("[Figlio] pid = %d, pid del genitore = %d\n",getpid(), getppid());
    } else {                  // genitore
        printf("[Genitore] pid = %d, pid del mio genitore = %d\n",getpid(), getppid());
        printf("[Genitore] Mio figlio ha pid = %d\n",pid);
        sleep(1); // attende 1 secondo
    }
    // entrambi i processi
    printf("PID %d termina.\n", getpid());
}
```



Sistemi Operativi

3

Laboratorio – linea 2

fork1.c

Compilazione: `gcc -o fork1 fork1.c`

Run: `./fork1`

```
QEMU
user@:~$ gcc -o fork1 fork1.c
user@:~$ ls
fork1  fork1.c
user@:~$
user@:~$ ./fork1
Prima della fork. pid = 2274, pid del genitore = 2153
[Genitore] pid = 2274, pid del mio genitore = 2153
[Genitore] Mio figlio ha pid = 2275
[Figlio] pid = 2275, pid del genitore = 2274
PID 2275 termina.
PID 2274 termina.
user@:~$ _
```

Nel prossimo esercizio (fork2.c) proveremo a visualizzare alternanza tra 22 processi padre e figlio. Terminate esecuzione con **ctrl+c**



Sistemi Operativi

Laboratorio – linea 2

3

fork2.c

```
#include <sys/types.h>
#include <unistd.h>
#include <stdio.h>
#include <stdbool.h>
main() {
    pid_t pid;
    int i;

    if ( (pid = fork()) < 0 )
        perror("fork error");           // stampa la descrizione dell'errore
    else if (pid == 0) {
        while(true) {
            for (i=0;i<1000000000;i++) {} // serve per rallentare
            printf("Figlio: pid = %d, pid del genitore = %d\n",getpid(), getppid());
        }
    } else {
        while(true) {
            for (i=0;i<1000000000;i++) {} // serve per rallentare
            printf("genitore: pid = %d, pid di mio genitore = %d\n",getpid(), getppid());
        }
    }
}
```



Sistemi Operativi

3

Laboratorio – linea 2

fallimento fork

Una fork fallisce quando non è possibile creare un processo e tipicamente questo accade quando non c'è memoria per il processo o per il kernel.

ATTENZIONE !

Il prossimo test potrebbe **bloccare tutto il sistema** perché i processi generati vanno ad occupare tutte le risorse ed il sistema non può più prendere il controllo. È necessario **limitare il numero di processi utenti** tramite il comando **ulimit -u 300** (al massimo 300 processi sono ammessi per l'utente sul presente terminale). Attenzione che il limite è **per terminale** quindi il test va eseguito dalla stessa finestra su cui avete impostato il limite a 300.



Sistemi Operativi

3

Laboratorio – linea 2

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

ffailure.c

```
main() {
    while(1){
        if(fork() < 0){
            perror("errore fork");
        }
    }
}
```

Compilazione: gcc -o ffailure ffailure.c

Esecuzione: linuxprompt\$ **ulimit -u 300**
linuxprompt\$./ffailure

ESERCIZIO 3.1 :

Quanti processi eseguono la fork al loop i-esimo? (pensate a quanti processi ci sono alla prima fork, quanti alla seconda, e così' via). Dopo aver risposto provate a modificare il sorgente per dimostrare l'esattezza della risposta.



Sistemi Operativi

3

Laboratorio – linea 2

Processi orfani

Se inseriamo una `sleep` subito prima della `printf` nel processo figlio lo rendiamo **orfano** perché il processo genitore termina prima di lui:

```
main() {  
    pid_t pid;  
  
    printf("Prima della fork. pid = %d, pid del genitore = %d\n", getpid(), getppid());  
  
    if ( (pid = fork()) < 0 )  
        perror("fork error"); // stampa la descrizione dell'errore  
    else if (pid == 0) { // figlio  
        sleep(5);  
        printf("[Figlio] pid = %d, pid del genitore = %d\n", getpid(), getppid());  
    } else { // genitore  
        printf("[Genitore] pid = %d, pid del mio genitore = %d\n", getpid(), getppid());  
        printf("[Genitore] Mio figlio ha pid = %d\n", pid);  
        sleep(1); // attende 1 secondo  
    }  
    // entrambi i processi  
    printf("PID %d termina.\n", getpid());  
}
```

fork3.c
(modifica di fork1.c)



Sistemi Operativi

3

Laboratorio – linea 2

Processi orfani

Se inseriamo una sleep subito prima della printf nel processo figlio lo rendiamo **orfano** perché il processo genitore termina prima di lui:

NB: Il prompt viene restituito quando termina il processo genitore..

```
QEMU
user@:~$ gcc -o fork3 fork3.c
user@:~$ ./fork3
Prima della fork. pid = 2698, pid del genitore = 2153
[Genitore] pid = 2698, pid del mio genitore = 2153
[Genitore] Mio figlio ha pid = 2699
PID 2698 termina.
user@:~$ [Figlio] pid = 2699, pid del genitore = 1
PID 2699 termina.

user@:~$ _
```

DOMANDA: A quanto pare il processo figlio è stato “adottato”. **Da chi?**

NOTA: Un processo orfano non viene più terminato da ctrl+c o dalla chiusura della shell (provare ctrl+c).



Sistemi Operativi

3

Laboratorio – linea 2

Processi zombie

Gli *zombie* sono processi terminati ma in attesa che il genitore rilevi il loro stato di terminazione. Per osservare la generazione di un processo zombie ci basta porre la `sleep` prima della `printf` del processo genitore:

```
main() {  
    pid_t pid;  
  
    printf("Prima della fork. pid = %d, pid del genitore = %d\n", getpid(), getppid());  
  
    if ( (pid = fork()) < 0 )  
        perror("fork error"); // stampa la descrizione dell'errore  
    else if (pid == 0) { // figlio  
        printf("[Figlio] pid = %d, pid del genitore = %d\n", getpid(), getppid());  
    } else { // genitore  
        sleep(5);  
        printf("[Genitore] pid = %d, pid del mio genitore = %d\n", getpid(), getppid());  
        printf("[Genitore] Mio figlio ha pid = %d\n", pid);  
        sleep(1); // attende 1 secondo  
    }  
    // entrambi i processi  
    printf("PID %d termina.\n", getpid());  
}
```

fork4.c
(modifica di fork1.c)



Sistemi Operativi

3

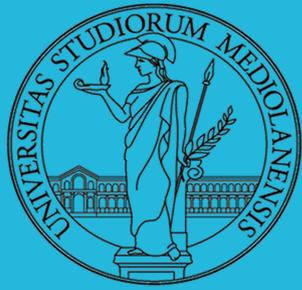
Laboratorio – linea 2

Processi zombie

Per effettuare questo test dovrete essere **molto veloci!** Non appena vedete il primo messaggio di terminazione processo (quello del figlio) scrivere ps e premete invio.

```
QEMU
user@:~$ gcc -o fork4 fork4.c
user@:~$ ./fork4 & ← notare esecuzione in background
[1] 2768
user@:~$ Prima della fork. pid = 2768, pid del genitore = 2153
[Figlio] pid = 2769, pid del genitore = 2768
PID 2769 termina.
ps ← osserviamo i processi ( ps )
  PID TTY          TIME CMD
 2153 tty1          00:00:02 bash
 2768 tty1          00:00:00 fork4
 2769 tty1          00:00:00 fork4 <defunct> ← zombie
 2770 tty1          00:00:00 ps
user@:~$ [Genitore] pid = 2768, pid del mio genitore = 2153
[Genitore] Mio figlio ha pid = 2769
PID 2768 termina.

[1]+  Exit 18                  ./fork4
user@:~$
```



Sistemi Operativi

3

Laboratorio – linea 2

Esecuzione e terminazione

Lo scopo del seguente esercizio è la comprensione approfondita del funzionamento della fork e, in particolare, del fatto che dopo ogni fork esiste un processo identico al processo genitore (tranne che per il **valore di ritorno** della fork) in esecuzione nello stesso punto del programma.

```
#include <unistd.h>
#include <stdio.h>

main() {
    pid_t f1,f2,f3;

    f1=fork();
    f2=fork();
    f3=fork();

    printf("%i%i%i ", (f1 > 0),(f2 > 0),(f3 > 0));
}
```

Domanda: secondo voi che output produce? Perché?



Sistemi Operativi

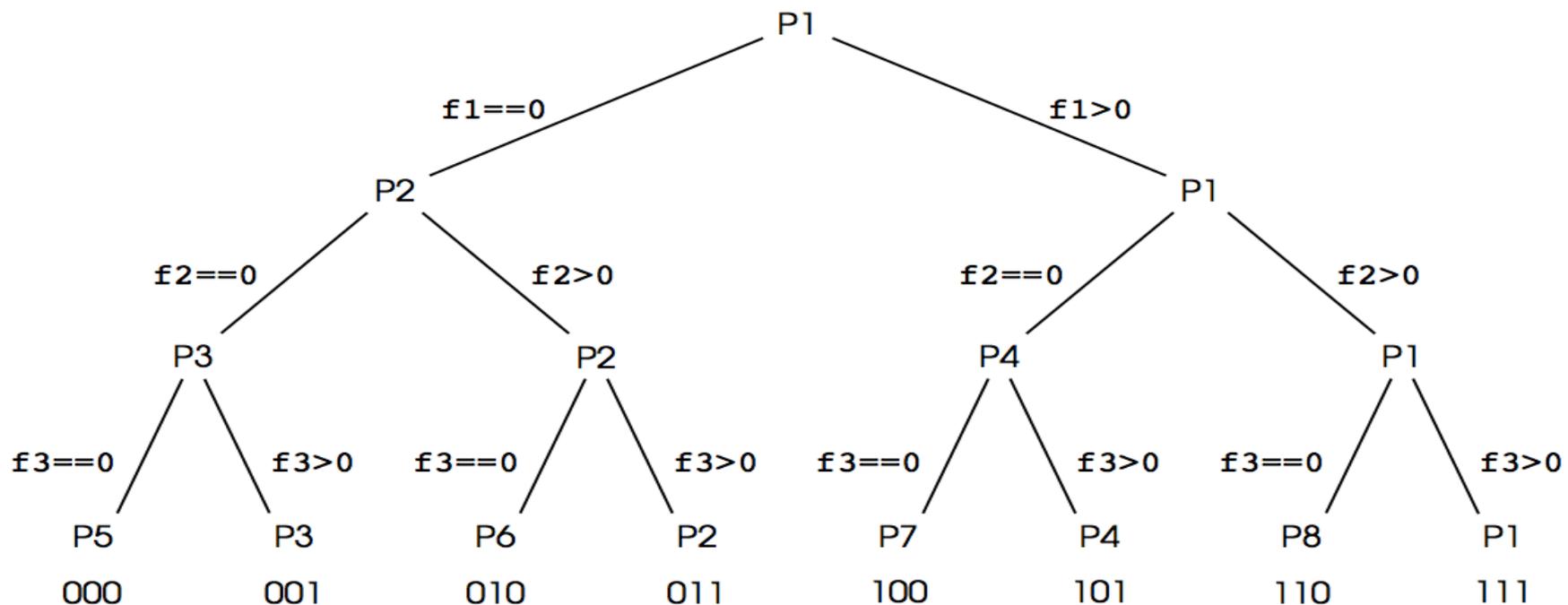
Laboratorio – linea 2

3

Permutazione dei seguenti valori : **000 001 100 101 010 011 110 111**

ossia tutti i numeri binari di 3 cifre in qualche ordine (dipende dallo scheduling). Perchè succede? Possiamo visualizzarlo con un albero binario in cui mettiamo a destra il processo genitore (stesso id del nodo genitore) e a sinistra il processo figlio generato dalla fork.

Il valore di f1, f2 ed f3 sono quindi 0 sul ramo di sinistra e >0 sul ramo di destra.





Sistemi Operativi

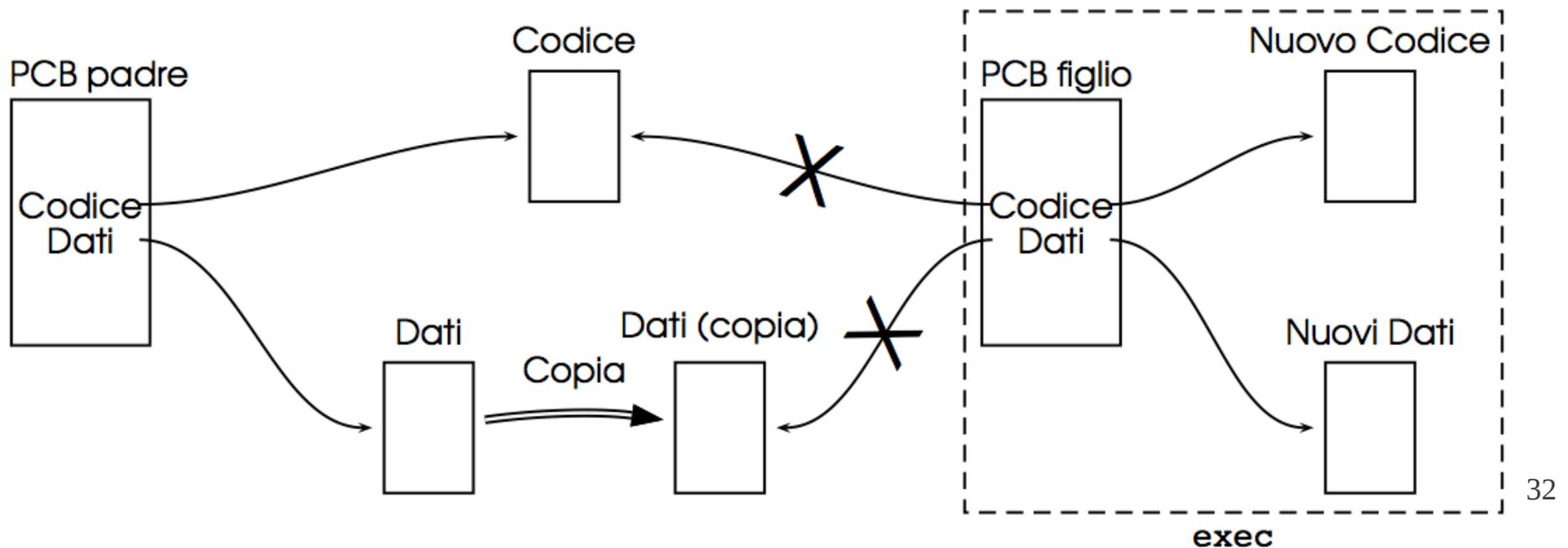
3

Laboratorio – linea 2

System call exec

La chiamata di sistema `exec` permette di eseguire un programma diverso da quello che ha effettuato la `fork`. `exec` sostituisce codice e dati di un processo con quelli di un programma differente.

Questo schema mostra la logica di utilizzo congiunto di `fork` ed `exec`:





Sistemi Operativi

3

Laboratorio – linea 2

System call exec : sintassi

La exec ha diverse varianti che si differenziano in base a:

- formato degli argomenti (lista o array argv[])
- utilizzo o meno del path della shell

NB: per convenzione il primo argomento è il nome del programma da eseguire

Varianti:

```
execl("/bin/<programma>", arg0, arg1, ..., NULL);  
execlp("<programma>", arg0, arg1, ..., NULL);  
execv("/bin/<programma>", argv);  
execvp("<programma>", argv);
```

Le prime due varianti prendono una lista di argomenti terminata da NULL. Le altre due, invece, prendono i parametri sotto forma di un array di puntatori a stringhe, sempre terminato da NULL. La **presenza della 'p' nel nome della exec** indica che viene utilizzato il path della shell (quindi, ad esempio, non è necessario specificare /bin perché già nel path).



Sistemi Operativi

3

Laboratorio – linea 2

forkexec.c

```
#include<stdio.h>
#include <unistd.h>
main() {
    printf("provo a eseguire ls\n");

    execl("/bin/ls", "ls", "-l", NULL);
    // oppure : execlp("ls", "ls", "-l", NULL);

    printf("non scrivo questo! \n");
    // questa printf non viene eseguita, se la exec va a buon fine
}
```

Info utili:

\ alt+92
alt+35



Sistemi Operativi

3

Laboratorio – linea 2

La `exec` ritorna solamente in caso di errore (valore -1). In caso di successo il vecchio codice è completamente sostituito dal nuovo e non è più possibile tornare al programma originale. È estremamente importante capire questo punto.

```
user@:~$ gcc -o forkexec forkexec.c
user@:~$ ./forkexec
provo ad eseguire ls
total 84
-rwxr-xr-x 1 user user 4953 Mar 16 03:45 ffailure
-rw-r--r-- 1 user user 136 Mar 16 04:07 ffailure.c
-rwxr-xr-x 1 user user 5674 Mar 15 20:54 fork1
-rw-r--r-- 1 user user 661 Mar 15 20:53 fork1.c
-rwxr-xr-x 1 user user 5453 Mar 15 21:27 fork2
-rw-r--r-- 1 user user 571 Mar 15 21:27 fork2.c
-rwxr-xr-x 1 user user 5690 Mar 16 04:11 fork3
-rw-r--r-- 1 user user 687 Mar 16 04:10 fork3.c
-rwxr-xr-x 1 user user 5690 Mar 16 04:27 fork4
-rw-r--r-- 1 user user 687 Mar 16 04:23 fork4.c
-rwxr-xr-x 1 user user 5014 Mar 16 06:44 fork5
-rw-r--r-- 1 user user 151 Mar 16 06:44 fork5.c
-rwxr-xr-x 1 user user 5048 Mar 16 08:58 forkexec
-rw-r--r-- 1 user user 154 Mar 16 08:57 forkexec.c
user@:~$ _
```

Come si può vedere, se tutto va a buon fine la `exec` non ritorna.



Sistemi Operativi

3

Laboratorio – linea 2

THREAD POSIX

Un thread è una unità di esecuzione all'interno di un processo. Un processo può avere più thread in esecuzione, che tipicamente condividono le **risorse del processo** e, in particolare, la **memoria**. Lo standard POSIX definisce un'insieme di funzioni per la creazione e la sincronizzazione di thread. Partiamo da quella utilizzata per la **creazione** di un thread.

```
pthread_create(pthread_t *thead, pthread_attr_t *attr, void  
*(*start_routine)(void *), void *arg)
```

- **thread** : un puntatore a `pthread_t`, l'analogo di `pid_t`. Attenzione che non necessariamente è implementato come un intero.
- **attr** : attributi del nuovo thread. Se non si vogliono modificare gli attributi è sufficiente passare NULL (vedere `pthread_attr_init` per maggiori dettagli);
- **start_routine** : il codice da eseguire. È un puntatore a funzione che prende un puntatore a void e restituisce un puntatore a void. Ricordarsi che in C il nome di una funzione è un puntatore alla funzione;
- **arg** : eventuali argomenti da passare, NULL se non si intende passare parametri.



Sistemi Operativi

3

Laboratorio – linea 2

THREAD POSIX

Per **terminare** l'esecuzione di un thread si utilizza la funzione `pthread_exit` che termina l'esecuzione di un thread restituendo un valore di ritorno.

`pthread_exit` (void *retval)

Si noti che quando il processo termina (`exit`) **tutti** i suoi thread vengono terminati. Per far terminare un singolo thread si deve usare `pthread_exit`;



Sistemi Operativi

3

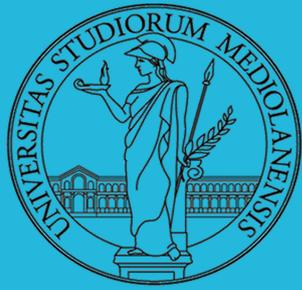
Laboratorio – linea 2

THREAD POSIX

Per **attendere la terminazione** di un generico thread `th` si usa la funzione `pthread_join`. Se ha successo, ritorna 0 e un puntatore al valore ritornato dal thread.

```
pthread_join(pthread_t th, void **thread_return)
```

Se non si vuole ricevere il valore di ritorno è sufficiente passare **NULL** come secondo parametro



Sistemi Operativi

3

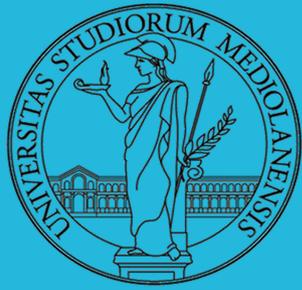
Laboratorio – linea 2

THREAD POSIX

se non si vuole attendere la terminazione di un thread allora si deve eseguire la funzione `pthread_detach` che pone `th` in stato detached: nessun altro thread potrà attendere la sua terminazione con `pthread_join` e quando terminerà le sue risorse verranno automaticamente rilasciate (evita che diventino thread “zombie”).

`pthread_detach(pthread_t th)`

Si noti che `pthread_detach` non fa sì che il thread rimanga attivo quando il processo termina con `exit`.



Sistemi Operativi

3

Laboratorio – linea 2

THREAD POSIX

`pthread_t pthread_self()` ritorna il proprio thread id.

ATTENZIONE: questo ID dipende dall'implementazione ed è l'ID della libreria pthread e non l'ID di sistema. Per visualizzare l'ID di sistema (quello che si osserva con il comando `ps -L`, dove L sta per Lightweight process, ovvero thread) si può usare una syscall specifica di Linux **`syscall(SYS_gettid)`**.



Sistemi Operativi

Laboratorio – linea 2

3

threadtest.c (1/2)

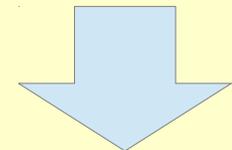
```
#include<pthread.h>
#include<stdio.h>
#include<stdlib.h>
#include <unistd.h>
#include <sys/syscall.h>

die(char * s, int e) { // stampa gli errori ed esce (non si puo' usare perror)
    printf("%s [%i]\n",s,e);
    exit(1);
}

void * codice_thread(void * a) { // prende un puntatore e ritorna un puntatore (a void)
    pthread_t tid;
    int ptid;

    tid=pthread_self(); // library tid
    ptid = syscall(SYS_gettid); // tid assegnato dal SO

    printf("Sono il thread %lu (%i) del processo %i\n",tid,ptid,getpid());
    sleep(1);
    pthread_exit(NULL);
}
```





Sistemi Operativi

3

Laboratorio – linea 2

threadtest.c (2/2)

```
main() {
    pthread_t tid[2];
    int i,err;

    // crea i thread
    // - gli attributi sono quelli di default (il secondo parametro e' NULL)
    // - codice_thread e' il nome della funzione da eseguire
    // - non vengono passati parametri (quarto parametro e' NULL)
    for (i=0;i<2;i++)
        if (err=pthread_create(&tid[i],NULL,codice_thread,NULL))
            die("errore create",err);

    // attende i thread. Non si legge il valore di ritorno (secondo parametro NULL)
    for (i=0;i<2;i++)
        if (err=pthread_join(tid[i],NULL))
            die("errore join",err);

    printf("I thread hanno terminato l'esecuzione correttamente\n");
}
```

Compilazione: gcc -lpthread -o threadtest threadtest.c

Esecuzione: ./threadtest

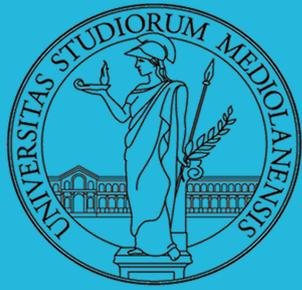


Sistemi Operativi

Laboratorio – linea 2

3

```
QEMU
user@:~$ gcc -lpthread -o threadtest threadtest.c
user@:~$ ./threadtest
Sono il thread 3068332864 (2213) del processo 2211
Sono il thread 3076721472 (2212) del processo 2211
I thread hanno terminato l'esecuzione correttamente
user@:~$
```



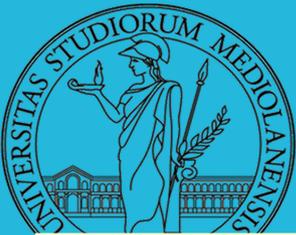
Sistemi Operativi

Laboratorio – linea 2

3

L3 E1

Obiettivo: Simulare una shell. Una shell molto semplice ...
Utilizzo di fork, funzioni famiglia exec, wait.
Utilizzo di printf e scanf.



Sistemi Operativi

3

```
#include <stdio.h>
```

```
#include <unistd.h>
```

```
#include <stdlib.h>
```

```
main() {
```

```
    pid_t esito;
```

```
    int status;
```

```
    char comando[128];
```

```
    while(1) {
```

```
        printf("myshell# ");
```

```
        scanf("%s", comando); //lettura rudimentale: niente argomenti separati
```

```
        if ((esito=fork()) < 0)
```

```
            perror("fallimento fork");
```

```
        else if (esito == 0) {
```

```
            execlp(comando,comando,NULL); // NOTA: non gestisce argomenti
```

```
            perror("Errore esecuzione:");
```

```
            exit(EXIT_FAILURE);
```

```
        }
```

```
        else{
```

```
            // codice genitore
```

```
            while( wait(&status) != esito ); // aspetta completamento
```

```
        }
```

```
        // il processo genitore (shell) torna immediatamente a leggere un altro comando
```

```
    }
```

```
}
```

**simulare una shell
(myshell.c)**



Sistemi Operativi

3

Laboratorio – linea 2

L3 E1 : simulare una shell
(**myshell.c**)

```
QEMU
user@:~$ gcc -o myshell myshell.c
user@:~$ ./myshell

myshell# ls
ffailure      fork1      fork2      fork3      fork4      fork5      forkexec    myshell
ffailure.c    fork1.c    fork2.c    fork3.c    fork4.c    fork5.c    forkexec.c  myshell.c

myshell# ls
ffailure      fork1      fork2      fork3      fork4      fork5      forkexec    myshell
ffailure.c    fork1.c    fork2.c    fork3.c    fork4.c    fork5.c    forkexec.c  myshell.c

myshell# ^C
user@:~$
```

NB: per uscire dalla shell simulata, **ctrl+c**

Provate a utilizzare il comando **top** nella shell simulata.



Sistemi Operativi

3

Laboratorio – linea 2

Comunicazione tra processi : **SEGNALI**

I segnali sono una forma semplice di comunicazione tra processi: tecnicamente sono **interruzioni software** causati da svariati eventi:

- Generati da terminale. Ad esempio il classico ctrl-c (SIGINT).
- Eccezioni dovute ad errori in esecuzione: es. divisione per 0.
- segnali esplicitamente inviati da un processo all'altro.
- eventi asincroni che vengono notificati ai processi: esempio SIGALARM.

Cosa si può fare quando arriva un segnale?

- 1) Ignorarlo
- 2) Gestirlo
- 3) Lasciare il compito al gestore di sistema



Sistemi Operativi

3

Laboratorio – linea 2

Alcuni segnali POSIX

Signal	Value	Action	Comment
SIGHUP	1	Term	Hangup detected on controlling terminal or death of controlling process
SIGINT	2	Term	Interrupt from keyboard <== ctrl-C
SIGQUIT	3	Core	Quit from keyboard <== ctrl-\
SIGILL	4	Core	Illegal Instruction
SIGABRT	6	Core	Abort signal from abort(3)
SIGFPE	8	Core	Floating point exception
SIGKILL	9	Term	Kill signal <== kill -9 (da shell)
SIGSEGV	11	Core	Invalid memory reference
SIGPIPE	13	Term	Broken pipe: write to pipe with no readers
SIGALRM	14	Term	Timer signal from alarm(2)
SIGTERM	15	Term	Termination signal <== kill (da shell)
SIGUSR1	30,10,16	Term	User-defined signal 1
SIGUSR2	31,12,17	Term	User-defined signal 2
SIGCHLD	20,17,18	Ign	Child stopped or terminated <== gestito da wait()
SIGCONT	19,18,25	Cont	Continue if stopped
SIGSTOP	17,19,23	Stop	Stop process



Sistemi Operativi

3

Laboratorio – linea 2

un esempio semplice (alarmtest.c)

```
main(){  
    alarm(3);  
    While(1){};    // questo causerebbe un ciclo infinito  
}
```

Compilazione: gcc -o alarmtest alarmtest.c

Esecuzione: ./alarmtest

Output:

linuxprompt\$./alarmtest

Alarm clock

dopo 3 secondi ...



Il programma “punta una sveglia” dopo 3 secondi. Allo scadere dei 3 secondi viene inviato un segnale **SIGALRM** al processo. Il comportamento di default è quello di terminare il processo.



Sistemi Operativi

3

Laboratorio – linea 2

Impostare il gestore dei segnali mediante SIGNAL

```
#include<stdio.h>
#include<signal.h>
```

(alarmhandler.c)

```
void alarmHandler()
{
    printf("questo segnale lo gestisco io!\n");
    alarm(3); // resetta il timer a 3 secondi
}

main() {
    signal(SIGALRM, alarmHandler);
    alarm(3);
    while(1){}
}
```

Compilazione: gcc -o alarmhandler alarmtest.c

Esecuzione: ./alarmhandler

Output: Ogni 3 secondi scrive “questo segnale lo gestisco io” sullo schermo.



Sistemi Operativi

3

Laboratorio – linea 2

Un altro esempio: proteggersi da ctrl+c

```
#include<signal.h>
#include<stdio.h>
main() {
    void (*old)(int);

    old = signal(SIGINT,SIG_IGN);
    printf("Sono protetto!\n");
    sleep(3);

    signal(SIGINT,old);
    printf("Non sono più protetto!\n");
    sleep(3);
}
```

(noctrlc.c)

Se modifichiamo il gestore del segnale SIGINT possiamo evitare che un programma venga interrotto tramite **ctrl-c** da terminale.

NB: Il **valore di ritorno** della signal viene usato per reimpostare il gestore originale. La signal, quando va a buon fine, ritorna il gestore precedente del segnale, che salviamo nella variabile old. Quando vogliamo reimpostare tale gestore è sufficiente passare old come secondo parametro a signal.



Sistemi Operativi

3

Laboratorio – linea 2

Un altro esempio: proteggersi da ctrl+c

Compilazione: gcc -o noctrlc noctrlc.c

Esecuzione: ./noctrlc

Output:

\$./noctrlc

Sono protetto!

^C^C^C Non sono più protetto!

^C

\$

Premete ctrl+c ... qui non ha effetto

Qui ctrl+c causa l'interruzione dell'esecuzione



Sistemi Operativi

3

Laboratorio – linea 2

Comunicazione tra processi

In un sistema operativo ci sono un numero molto elevato di programmi in esecuzione (processi). Idealmente tali processi dovrebbero “comportarsi bene” evitando di interferire uno con l’altro. Nella pratica, difficilmente il comportamento di un processo è indipendente da quello degli altri processi in esecuzione.

Competizione

I processi competono innanzitutto per le risorse comuni. Ad esempio:

- Apertura dello stesso file
- Utilizzo della stessa stampante
- Condivisione della CPU

La competizione per le risorse **crea interferenze** tra processi.



Sistemi Operativi

3

Laboratorio – linea 2

Comunicazione tra processi: esempi di interferenze

Starvation: un processo è bloccato indefinitamente a causa di altri processi che monopolizzano una o più risorse. Abbiamo visto un esempio estremo (slide 23, esempio di fork-bomb)

I/O: L'accesso a una risorsa di input/output può variare notevolmente di prestazioni a seconda di quanti processi la stanno utilizzando.

Il sistema operativo deve **gestire la competizione su risorse comuni** in modo da ridurre il più possibile le interferenze e da garantire correttezza.

In definitiva l'interazione tra processi non sempre è un evento positivo ed il s.o. deve gestire tutto in modo da evitare inconvenienti. Tuttavia, a volte, l'interazione tra processi è non solo utile ma indispensabile per la realizzazione di alcuni task.



Sistemi Operativi

3

Laboratorio – linea 2

Esempi di interazione “positiva”

- **Condivisione:** quando si vuole condividere informazione è necessario interagire. Ad esempio in un progetto software o un wiki. Ci sono molti file nel sistema che sono condivisi da diverse applicazioni
- **Prestazioni:** con le architetture multi-core si possono utilizzare algoritmi paralleli per aumentare le prestazioni. Se un programma è scritto in modo sequenziale non andrà a sfruttare la presenza di più core
- **Modularità:** un'applicazione complessa viene spesso suddivisa in attività distinte più semplici, ognuna delle quali viene eseguita da un programma distinto (processo o thread). Un correttore ortografico in un editor di testo o in un browser è un tipico esempio: la ricerca di errori avviene parallelamente all'attività principale ma chiaramente i dati (il testo) sono condivisi ed è necessaria una interazione.



Sistemi Operativi

3

Laboratorio – linea 2

Esempi di interazione “positiva”

I comandi UNIX forniscono un buon esempio di interazione positiva che sfrutta in modo efficace il concetto di modularità.

```
$ ls -al | grep fork
-rw-rw-r-- 1 user user fork1.c
-rw-r--r-- 1 user user fork2.c
$
```

Il comando `ls -al` mostra il contenuto del folder. Il suo **output viene dato in input a un secondo comando** ad es. `grep pippo` che stampa solo le righe contenenti la parola pippo. Il simbolo “|” (pipe) indica appunto che l’output del primo comando deve essere dato in input al secondo. In questo modo otteniamo un comportamento utile combinando due comandi più semplici.



Sistemi Operativi

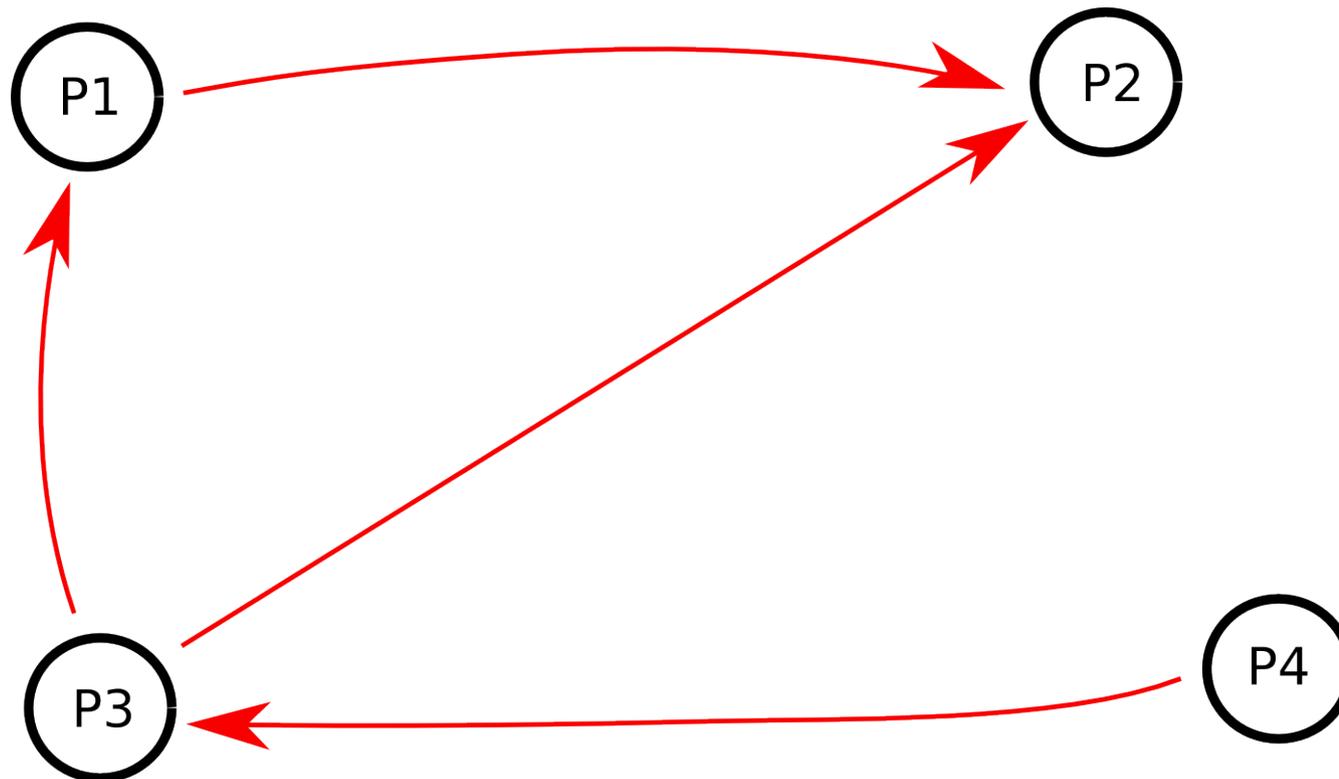
3

Laboratorio – linea 2

Modelli di comunicazione

Per cooperare è necessario comunicare. Esistono due modelli fondamentali di comunicazione tra processi e thread.

Message passing (scambio di messaggi): i processi o thread si scambiano informazioni tramite messaggi, un po' come avviene sulla rete





Sistemi Operativi

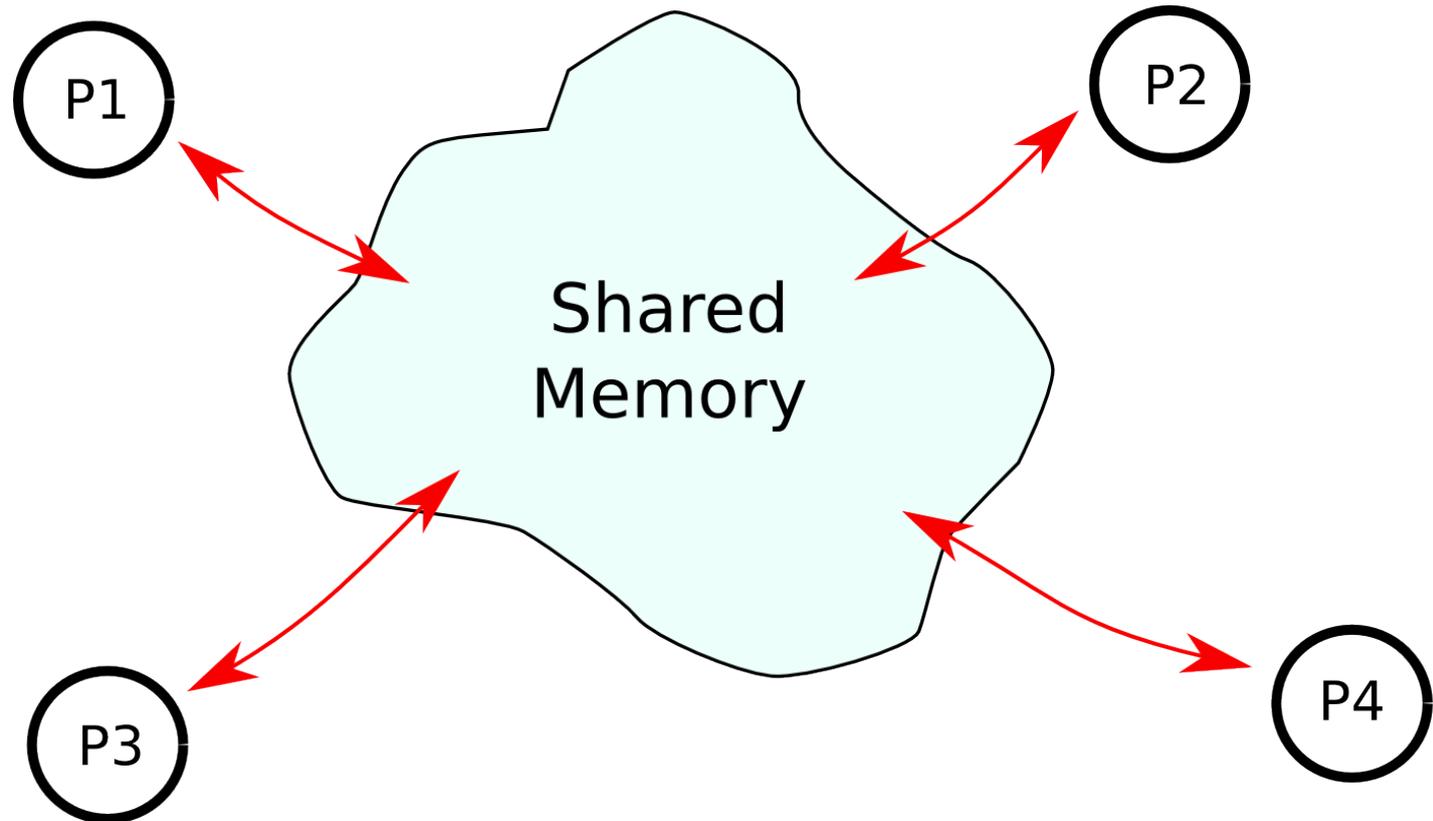
3

Laboratorio – linea 2

Modelli di comunicazione

Per cooperare è necessario comunicare. Esistono due modelli fondamentali di comunicazione tra processi e thread.

Shared memory (memoria condivisa): i processi o thread condividono dati in memoria e accedono in lettura e scrittura a tali dati condivisi.





Sistemi Operativi

3

Laboratorio – linea 2

Scambio di messaggi

I processi dispongono di due primitive

- **send(m)**, invia il messaggio m;
- **receive(&m)**, riceve un messaggio e lo salva in m.

Vengono realizzate tramite opportune System Call dette InterProcess Communication (IPC).

Mittente e destinatario possono essere indicati direttamente o indirettamente.



Sistemi Operativi

3

Laboratorio – linea 2

Nominazione diretta: mittente e destinatario sono nominati esplicitamente

send(P,m)

invia il messaggio m a P

receive(Q,&m)

riceve un messaggio da Q e lo salva in m

Canale riservato per ogni coppia di processi. Basta conoscere la reciproca identità. Esiste anche una variante in cui si riceve da qualsiasi processo

receive(&Q,&m)

riceve un messaggio m da un qualsiasi processo
messaggio e mittente vengono salvati in m e Q

Vantaggi: la nominazione diretta è molto semplice e permette di comunicare in modo diretto tra coppie di processi.

Svantaggi: È però necessario un “accordo” sui nomi dei processi. Il PID infatti viene dato dinamicamente dal sistema e non possiamo prevederne il valore a priori. Nella pratica è difficile da implementare a meno che i processi non siano in relazione stretta di parentela genitore-figlio.



Sistemi Operativi

3

Laboratorio – linea 2

Nominazione indiretta:

Per ovviare ai difetti della nominazione diretta si utilizza, in pratica, una nominazione indiretta tramite **porte**. Le porte sono gestite dal sistema operativo tramite opportune chiamate che ne permettono la creazione e distruzione.

send(A,m), invia il messaggio m sulla porta A;

receive(A,&m), riceve un messaggio dalla porta A e lo salva in m.

In questo modo **non è necessario conoscere il nome dei processi** ma solamente quello delle porte.

le **pipe di Unix** implementano un meccanismo di scambio di messaggi a nominazione indiretta. Il riferimento alla pipe può avvenire tramite un descrittore (pipe senza nome) oppure tramite un nome conosciuto a livello di file-system (pipe con nome).



Sistemi Operativi

3

Laboratorio – linea 2

Comunicazione tra processi

La comunicazione a scambio di messaggi è molto adatta nelle situazione in cui un processo “produce” un dato e un altro lo “consuma”. Abbiamo visto l'esempio Unix:

```
linuxprompt$ ls -al | grep fork
```

Il processo `ls -al` produce un output che viene dato in input a `grep fork` che lo “consuma” generando un ulteriore output.



Sistemi Operativi

3

Laboratorio – linea 2

Pipe

Le pipe sono la forma più “antica” di comunicazione tra processi UNIX. Una pipe, che letteralmente significa **tubo**, costituisce un canale di comunicazione tra due processi: si possono **inviare** dati da un lato della pipe e **riceverli** dal lato opposto. Tecnicamente, la pipe è una porta di comunicazione (nominazione indiretta).

Esistono due forme di pipe in UNIX: **senza nome** e **con nome**. Le prime sono utilizzabili solo da processi con antenati comuni, in quanto sono risorse che vengono **ereditate dai genitori**. Le seconde, invece, hanno un **nome nel filesystem** e costituiscono quindi delle porte che tutti i processi possono utilizzare.



Sistemi Operativi

3

Laboratorio – linea 2

Pipe senza nome

Le pipe senza nome sono utilizzate per combinare comandi Unix direttamente dalla shell tramite il simbolo “|” (pipe).

Per creare una pipe si utilizza la systemcall **pipe**(int filedes[2]) che restituisce in filedes due descrittori di file:

filedes[0]

per la **lettura**

filedes[1]

per la **scrittura**

Le pipe, quindi, sono half-duplex (monodirezionali): esistono due distinti descrittori per leggere e scrivere. Per il resto, una pipe si utilizza come un normale file come mostra l'esempio seguente.

Un momento ... prima dell'esempio **vediamo alcune syscall per la gestione dei file**.



Sistemi Operativi

2

Laboratorio – linea 2

Sistemi Operativi

Bruschi

Monga

Re

Astrazioni del s.o.

Ruolo del s.o.

Setup lab

Qemu

Astrazioni

Chiamate implicite

Editor

FILE

Un **file** è un insieme di byte conservati nella memoria di massa. Hanno associato un **nome** ed altri attributi. Nei sistemi unix-like sono organizzati gerarchicamente in directory (l'equivalente dei folder in MS Windows), che non sono che altri file contenenti un elenco...



Sistemi Operativi

3

Laboratorio – linea 2

POSIX syscall (file mgt)

<code>fd = creat(name, mode)</code>	Obsolete way to create a new file
<code>fd = mknod(name, mode, addr)</code>	Create a regular, special, or directory i-node
<code>fd = open(file, how, ...)</code>	Open a file for reading, writing or both
<code>s = close(fd)</code>	Close an open file
<code>n = read(fd, buffer, nbytes)</code>	Read data from a file into a buffer
<code>n = write(fd, buffer, nbytes)</code>	Write data from a buffer into a file
<code>pos = lseek(fd, offset, whence)</code>	Move the file pointer
<code>s = stat(name, &buf)</code>	Get a file's status information
<code>s = fstat(fd, &buf)</code>	Get a file's status information
<code>fd = dup(fd)</code>	Allocate a new file descriptor for an open file
<code>s = pipe(&fd[0])</code>	Create a pipe
<code>s = ioctl(fd, request, argp)</code>	Perform special operations on a file
<code>s = access(name, amode)</code>	Check a file's accessibility
<code>s = rename(old, new)</code>	Give a file a new name
<code>s =fcntl(fd, cmd, ...)</code>	File locking and other operations



Sistemi Operativi

3

Laboratorio – linea 2

POSIX syscall (file mgt)

<code>s = mkdir(name, mode)</code>	Create a new directory
<code>s = rmdir(name)</code>	Remove an empty directory
<code>s = link(name1, name2)</code>	Create a new entry, name2, pointing to name1
<code>s = unlink(name)</code>	Remove a directory entry
<code>s = mount(special, name, flag)</code>	Mount a file system
<code>s = umount(special)</code>	Unmount a file system
<code>s = sync()</code>	Flush all cached blocks to the disk
<code>s = chdir(dirname)</code>	Change the working directory
<code>s = chroot(dirname)</code>	Change the root directory

Ora che siamo attrezzati con le syscall per la gestione dei file (in particolare read/write e open/close) possiamo procedere con l'esempio sulle pipe.



Sistemi Operativi

Laboratorio – linea 2

3

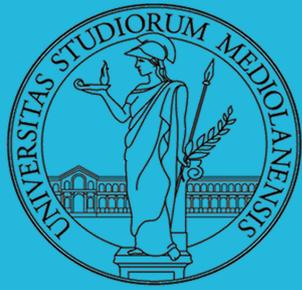
(testpipe.c)

```
#include <stdio.h>
#include <string.h>
main() {
    int fd[2];

    pipe(fd); /* crea la pipe */
    if (fork() == 0) {
        char *phrase = "prova a inviare questo!";

        close(fd[0]);          /* chiude in lettura */
        write(fd[1],phrase,strlen(phrase)+1); /* invia anche 0x00 */
        close(fd[1]);          /* chiude in scrittura */
    } else {
        char message[100];
        memset(message,0,100);
        int bytesread;

        close(fd[1]);          /* chiude in scrittura */
        bytesread = read(fd[0],message,100);
        printf("ho letto dalla pipe %d bytes: '%s' \n",bytesread,message);
        close(fd[0]);          /* chiude in lettura */
    }
}
```



Sistemi Operativi

3

Laboratorio – linea 2

Pipe

Compilazione: `gcc -o testpipe testpipe.c`

Esecuzione: `./testpipe`

Output:

ho letto dalla pipe 24 bytes: 'prova a inviare questo!'



Sistemi Operativi

3

Laboratorio – linea 2

Pipe e comandi UNIX

Abbiamo visto come le pipe permettano di eseguire comandi UNIX (nella shell) in serie fornendo l'output prodotto da un programma in input al comando successivo.

Questo comportamento permette di effettuare operazioni estremamente complesse. Noi abbiamo visto solo un semplice esempio in cui era presente un'unica pipe. Ma provate a scrivere questa serie di comandi nella shell:

```
cat /usr/include/string.h | xargs -n1 | tr A-Z a-z | sed -e 's/./g' -e 's/./g' -e 's/ //g' | sort | uniq -c | sort -nr
```

Elenca il file una parola per riga

Cambia tutte le lettere maiuscole in minuscole

Filtra i punti e le virgole. Cambia gli spazi tra parole in linefeed

Conteggio occorrenze e ordinamento in base al numero

DOMANDA: qual'è la parola più frequente in string.h ?



Sistemi Operativi

3

Laboratorio – linea 2

Lanciare comandi con la shell (quella vera ...)

- Per iniziare l'esecuzione di un programma basta scrivere il nome del file
 - `/bin/ls`
- Il programma è trattato come una **funzione**, che prende dei parametri e ritorna un intero (`int main(int argc, char*argv[])`). Convenzione: 0 significa "non ci sono stati errori", > 0 errori (2 errore nei parametri), parametri - \rightsquigarrow opzioni
 - `/bin/ls /usr`
 - `/bin/ls piripacchio`
- Si può evitare che il padre aspetti la terminazione del figlio
 - `/bin/ls /usr &` ← **esecuzione in background**
- Due programmi in sequenza
 - `/bin/ls /usr ; /bin/ls /usr`
- Due programmi in parallelo
 - `/bin/ls /usr & /bin/ls /usr`



Sistemi Operativi

3

Laboratorio – linea 2

ESERCIZI

- 1 Scrivere, compilare (`cc -o nome nome.c`) ed eseguire un programma che *forca* un nuovo processo.
- 2 Scrivere un programma che stampi sullo schermo “Hello world! (numero)” per 10 volte alla distanza di 1 secondo l’una dall’altra (`sleep(int)`). Terminare il programma con una chiamata `exit(0)`
- 3 Usare il programma precedente per sperimentare l’esecuzione in sequenza e in parallelo
- 4 Controllare il valore di ritorno con `/bin/echo $?`
- 5 Tradurre il programma in assembly con `cc -S nome.c`
- 6 Modificare l’assembly affinché il programma esca con valore di ritorno 3 e controllare con `echo $?` dopo aver compilato con `cc -o nome nome.s`
- 7 Modificare l’assembly in modo che usi `scanf` per ottenere il numero di saluti.



Sistemi Operativi

3

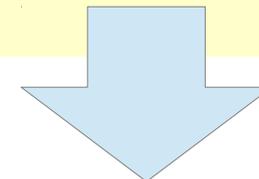
Laboratorio – linea 2

Prima di affrontare esercizio 7 ...

Leggete attentamente questo sorgente assembly.

```
; add2int.asm
SECTION .data
    message1: db "Enter the first number: ", 0
    message2: db "Enter the second number: ", 0
    formatin: db "%d", 0
    formatout: db "%d", 10, 0 ; newline, nul terminator
    integer1: times 4 db 0 ; 32-bits integer = 4 bytes
    integer2: times 4 db 0 ;
SECTION .text
    global _main
    extern _scanf
    extern _printf
```

(continua...)





Sistemi Operativi

3

Laboratorio – linea 2

Prima di affrontare esercizio 7 ...

```
_main:
```

```
push ebx ; save registers
push ecx
push message1
call printf
add esp, 4 ; remove parameters
push integer1 ; address of integer1 (second parameter)
push formatin ; arguments are right to left (first parameter)
call scanf

add esp, 8 ; remove parameters
push message2
call printf

add esp, 4 ; remove parameters
push integer2 ; address of integer2
push formatin ; arguments are right to left
call scanf

add esp, 8 ; remove parameters
```

DOMANDA: la compilazione/link richiedono qualcosa di particolare?



Sistemi Operativi

3

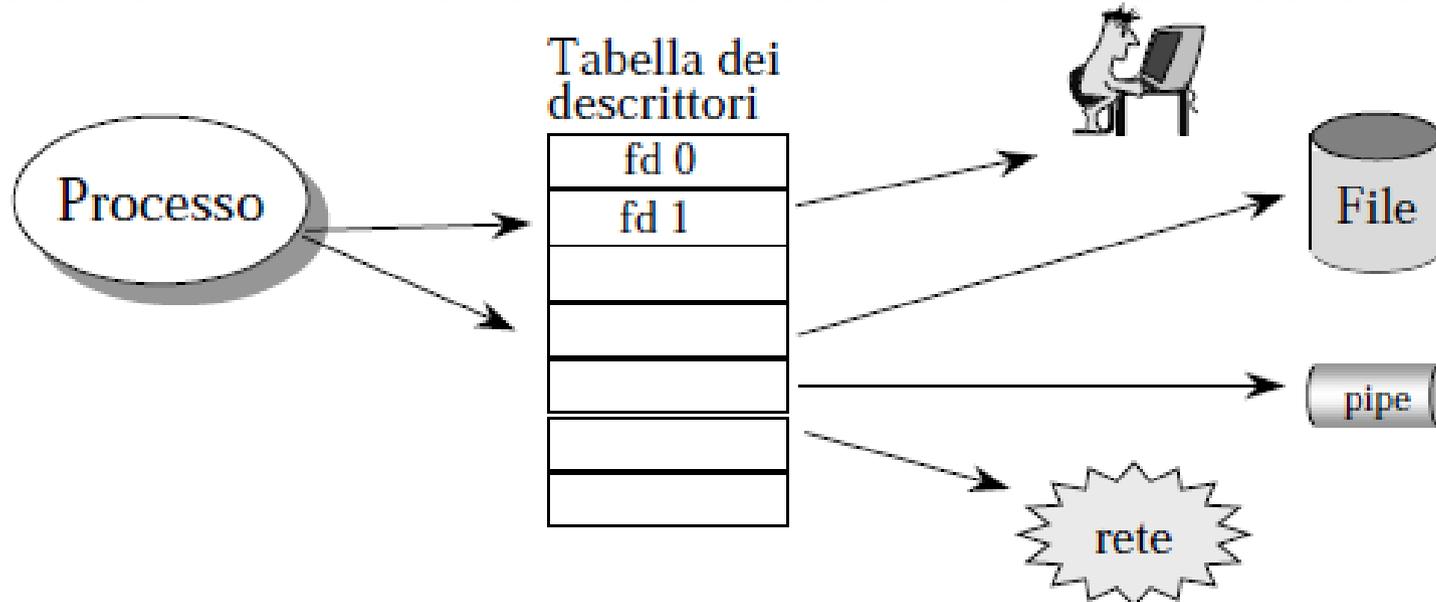
Laboratorio – linea 2

File in UNIX

Un processo Unix vede tutto il mondo esterno (I/O) come un insieme di descrittori (da qui discende omogeneità tra file e dispositivi di Unix).

I file descriptor sono piccoli interi non negativi che identificano i file aperti **standard input, standard output, standard error** sono associati ai file descriptor 0, 1, 2.

Nuove operazioni di RICHIESTA producono nuovi file descriptor per un processo.





Sistemi Operativi

3

Laboratorio – linea 2

File in UNIX

I processi interagiscono con l'I/O secondo il paradigma open-read-write-close (operazioni di **prologo** e di **epilogo**)

Flessibilità (possibilità di pipe e ridirezione)

System Call per operare a basso livello sui file : (**creat**, **open**, **close**, **read/write**, **lseek**).



Sistemi Operativi

3

Laboratorio – linea 2

File in UNIX

CREATE

```
fd = creat(name,mode);  
int fd;          /* file descriptor */  
int mode;        /* attributi del file */  
⇒ diritti di UNIX (di solito espressi in ottale)  
⇒ file name aperto in scrittura
```

PROLOGO

(apertura/creazione)

OPEN

```
fd = open(name, flag);  
char *name;  
int flag; /* 0 lettura, 1 scrittura, 2 entrambe */  
int fd;   /* file descriptor */  
  
⇒ apre il file di nome name con modalità flag  
⇒ in /usr/include/fcntl.h sono definite le  
costanti O_RDONLY, O_WRONLY,  
O_RDWR, O_APPEND, O_CREAT,  
O_TRUNC, O_EXCL
```

Esempi

```
fd=open("file", O_WRONLY | O_APPEND)  
fd=open("file", O_WRONLY | O_CREAT | O_APPEND, 0644)  
fd=open("file", O_WRONLY | O_CREAT | O_TRUNC, 0644)  
fd=open("lock", O_WRONLY | O_CREAT | O_EXCL, 0644)
```



Sistemi Operativi

3

Laboratorio – linea 2

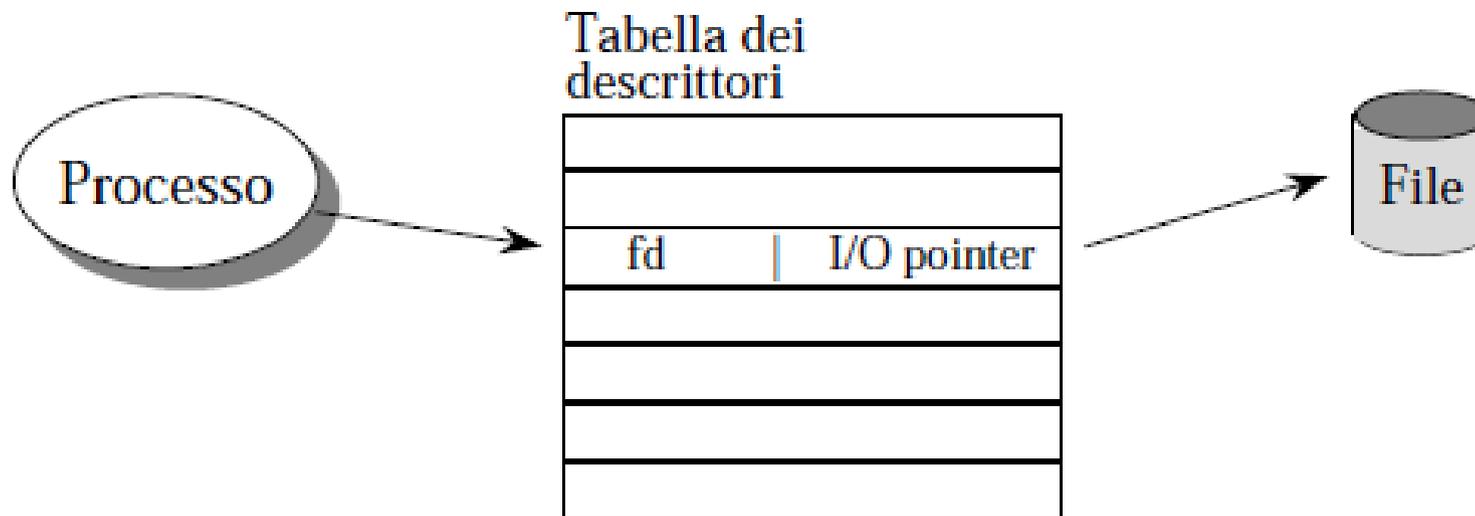
EPILOGO (chiusura)

File in UNIX

CLOSE

```
retval = close(fd);  
int fd, retval;
```

I file in Unix sono una sequenza di **byte**. Accesso **sequenziale**. I file sono rappresentati dai file descriptor. Presenza di I/O pointer associato al file (e al processo). I/O pointer punta alla **posizione corrente** del file su cui il processo sta operando (scrivendo/leggendolo).





Sistemi Operativi

3

Laboratorio – linea 2

File descriptor

In generale,

la lettura da fd 0 → legge da standard input

la scrittura su fd 1 → scrive su standard output

la scrittura su fd 2 → scrive su standard error

Questi tre file descriptor sono aperti automaticamente dal sistema (shell) per ogni processo e collegati all'I/O

Per progettare FILTRI cioè usare RIDIREZIONE e PIPING

I filtri leggono direttamente dal file descriptor **0** , scrivono direttamente sul file descriptor **1**



Sistemi Operativi

3

Laboratorio – linea 2

Operazioni di lettura e scrittura

READ
WRITE

```
nread = read(fd, buf, n);  
nwrite = write(fd, buf, n);
```

```
int nread, nwrite, n, fd  
char *buf
```

- **Lettura e scrittura** di un file avvengono a partire dalla posizione corrente del file ed avanzano il puntatore (I/O pointer) all'interno del file
- **Restituiscono:** il numero dei byte su cui hanno lavorato, -1 in caso di errore



Sistemi Operativi

3

Laboratorio – linea 2

Meccanismi di protezione

Ogni utente ha la propria visione dei file aperti:

- Nel caso di più utenti che aprono lo stesso file, ogni processo utente ha un proprio I/O pointer separato
- SE un utente legge o scrive, modifica solo il proprio pointer, non modifica l'I/O pointer di altri!



Sistemi Operativi

3

Laboratorio – linea 2

La system call lseek

La system call lseek permette l'accesso random ad un file, cambiando il numero del prossimo byte da leggere/scrivere.

```
#include <sys/types.h>
```

```
#include <unistd.h>
```

```
off_t lseek(int filedes, off_t offset, int start_flag);
```

Il parametro **filedes** è un descrittore di file. Il parametro **offset** determina la nuova posizione del puntatore in lettura/scrittura. Il parametro **start_flag** specifica da dove deve essere calcolato l'offset. Startflag può assumere uno dei seguenti valori simbolici:

SEEK SET (0) : offset è misurato dall'inizio del file

SEEK CUR (1) : offset è misurato dalla posizione corrente del puntatore

SEEK END (2) : offset è misurato dalla fine del file

lseek ritorna la **nuova posizione del puntatore**.



Sistemi Operativi

Laboratorio – linea 2

3

L3
esperimenti file



Sistemi Operativi

3

Laboratorio – linea 2

FILE
(testfile.c) 1/2

```
1 main(){
2     pid_t pid;
3     int f, off;
4     char string[] = "Hello, world!\n";
5
6     lsofd("padre (senza figli)");
7     printf("padre (senza figli) pipe *\n");
8     f = open("provaxxx.dat", O_CREAT|O_WRONLY|O_TRUNC, S_IRWXU);
9     if (f == -1){
10         perror("pipe");
11         exit(1);
12     }
13     lsofd("padre (senza figli)");
14     if (write(f, string, (strlen(string)+1)) != (strlen(string)+1) ){
15         perror("write");
16         exit(1);
17     }
18
19     off = lseek(f, 0, SEEK_CUR);
20     printf("padre (senza figli) seek: %d\n", off);
21
22     printf("padre (senza figli) fork *\n");
23     if ( (pid = fork()) < 0){
24         perror("fork");
25         exit(1);
26     }
```



3

```
1      if (pid > 0){
2          lsofd("padre");
3          printf("padre close *\n");
4          printf("padre write *\n");
5          off = lseek(f, 0, SEEK_CUR);
6          printf("padre seek prima: %d\n", off);
7          if (write(f, string, (strlen(string))) != (strlen(string)) ){
8              perror("write");
9              exit(1);
10         }
11         lsofd("padre");
12         off = lseek(f, 0, SEEK_CUR);
13         printf("padre seek dopo: %d\n", off);
14         exit(0);
15     }
16     else {
17         lsofd("figlio");
18         printf("figlio close *\n");
19         printf("figlio write *\n");
20         off = lseek(f, 0, SEEK_CUR);
21         printf("figlio seek prima: %d\n", off);
22         if (write(f, string, (strlen(string))) != (strlen(string)) ){
23             perror("write");
24             exit(1);
25         }
26         lsofd("figlio");
27         off = lseek(f, 0, SEEK_CUR);
28         printf("figlio seek dopo: %d\n", off);
29         exit(0);
30     }
31 }
```

FILE
(testfile.c) 1/2



Sistemi Operativi

3

Laboratorio – linea 2

Per sperimentare con I file descriptor può essere utile una funzione come questa

```
1 #include <stdio.h>
2 #include <sys/stat.h>
3 #define _POSIX_SOURCE
4 #include <limits.h>
5
6 void lsofd(void){
7     int i;
8     for (i=0; i<_POSIX_OPEN_MAX; i++){
9         struct stat buf;
10        if (fstat(i, &buf) == 0){
11            printf(" fd:%d i-node: %d\n", i, buf.st_ino);
12        }
13    }
14 }
```