

## Sincronizzazione tra processi UNIX: i segnali

## Sincronizzazione tra processi

Processi interagenti possono avere bisogno di meccanismi di **sincronizzazione**

Ad esempio, abbiamo appena visto il caso di **processi pesanti UNIX** che vogliono accedere allo **stesso file in lettura/scrittura (sincronizzazione di produttore e consumatore)**

**UNIX**: non c'è condivisione alcuna di spazio di indirizzamento tra processi  
Serve un meccanismo di sincronizzazione



## Sincronizzazione tra processi

### Segnali

sono **interruzioni software** a un processo, che notifica un evento asincrono. Ad esempio segnali:

- generati da **terminale** (es. CTRL+C)
- generati da **altri processi**
- generati dal **kernel SO** in seguito ad **eccezioni HW** (violazione dei limiti di memoria, divisioni per 0, ...)
- generati dal **kernel SO** in seguito a **condizioni SW** (time-out, scrittura su pipe chiusa, ...)

## Segnali UNIX

Un segnale può essere inviato

- dal kernel SO a un processo
- da un processo utente ad altri processi utente

(es. comando `kill`)

Quando un processo riceve un segnale, può comportarsi in **tre modi diversi**

1. **gestire il segnale** con una funzione **handler** definita dal programmatore
2. **eseguire un'azione predefinita** dal SO (azione di **default**)
3. **ignorare il segnale** (nessuna reazione)

Nei primi due casi, il processo **reagisce in modo asincrono** al segnale

1. interruzione dell'esecuzione
2. esecuzione dell'azione associata (**handler** o **default**)
3. ritorno alla prossima istruzione del codice del processo interrotto

## Segnali UNIX

- Per ogni versione di UNIX esistono vari tipi di segnale (in Linux, 32 segnali), ognuno identificato da un intero
- Ogni segnale è **associato a un particolare evento** e prevede una **specifica azione di default**
- È possibile riferire i segnali con identificatori simbolici (**SIGxxx**):  
**SIGKILL, SIGSTOP, SIGUSR1, ...**
- L'associazione tra nome simbolico e intero corrispondente (che dipende dalla versione di UNIX) è specificata nell'header file `<signal.h>`

## Segnali UNIX (Linux): signal.h

```
#define SIGHUP 1 /* Hangup (POSIX). Action: exit */
#define SIGINT 2 /* Interrupt (ANSI). Action: exit */
#define SIGQUIT 3 /* Quit (POSIX). Action: exit, core dump */
#define SIGILL 4 /* Illegal instr (ANSI). Action: exit,
                core dump */
...
#define SIGKILL 9 /* Kill, unblockable (POSIX). Action: exit */
#define SIGUSR1 10 /* User-def sig1 (POSIX). Action: exit */
...
#define SIGSEGV 11 /* Segm. violation (ANSI). Action: exit, core
                  dump */
#define SIGUSR2 12 /* User-def sig2 (POSIX). Action: exit */
#define SIGPIPE 13 /* Broken pipe (POSIX). Action: exit */
#define SIGALRM 14 /* Alarm clock (POSIX). Action: exit */
#define SIGTERM 15 /* Termination (ANSI). Action: exit */
...
#define SIGCHLD 17 /* Chld stat changed (POSIX). Action: ignore */
#define SIGCONT 18 /* Continue (POSIX). Action: ignore */
#define SIGSTOP 19 /* Stop, unblockable (POSIX). Action: stop */
...
```

## Gestione dei segnali UNIX

Quando un processo riceve un segnale, può gestirlo in 3 modi diversi:

- gestire il segnale con una **funzione handler definita dal programmatore**
- eseguire **un'azione predefinita** dal SO (azione di **default**)
- **ignorare** il segnale

**NB:** non tutti i segnali possono essere gestiti in modalità scelta esplicitamente dai processi: **SIGKILL** e **SIGSTOP** non sono **né intercettabili, né ignorabili**

➤ qualunque processo, alla ricezione di **SIGKILL** o **SIGSTOP** esegue sempre **l'azione di default**

## System call signal

Ogni processo può **gestire esplicitamente un segnale utilizzando la system call `signal()`**:

```
void (* signal(int sig, void (*func)())(int);
```

- **sig** è l'intero (o il nome simbolico) che individua il segnale da gestire
- il parametro **func** è un puntatore a una funzione che indica l'azione da associare al segnale. In particolare **func** può:
  - ✓ puntare alla routine di gestione dell'interruzione (**handler**)
  - ✓ valere **SIG\_IGN** (nel caso di segnale ignorato)
  - ✓ valere **SIG\_DFL** (nel caso di azione di default)
- ritorna un puntatore a funzione:
  - ✓ al precedente gestore del segnale
  - ✓ **SIG\_ERR(-1)**, nel caso di errore

## Esempi di uso di `signal()`

```
#include <signal.h>
void gestore(int);
...
main()
{...
signal(SIGUSR1, gestore); /*SIGUSR1 gestito */
...
signal(SIGUSR1, SIG_DFL); /*USR1 torna a default */
signal(SIGKILL, SIG_IGN); /*errore! SIGKILL non è
                             ignorabile */
...
}
```

## Routine di gestione del segnale (*handler*)

### Caratteristiche:

- **handler** prevede sempre *un parametro formale* di tipo *int* che rappresenta il *numero del segnale effettivamente ricevuto*
- **handler** non restituisce alcun risultato

```
void handler(int signum)
{ ....
  ....
  return;
}
```

## Gestione di segnali con handler

Non sempre *l'associazione segnale/handler è durevole*:

- alcune implementazioni di UNIX (BSD, SystemV r3 e seguenti), prevedono che *l'azione rimanga installata anche dopo la ricezione del segnale*
- in alcune realizzazioni (SystemV prime release), dopo l'attivazione, l'handler ripristina automaticamente l'azione di default. In questi casi, per riagganciare il segnale all'handler:

```
main()
{ ..
  signal(SIGUSR1, f);
  ...}
```

```
void f(int s)
{ signal(SIGUSR1, f);
  ....
}
```

## Esempio: sfruttamento del parametro di handler

```
/* file segnalil.c */
#include <signal.h>
void handler(int);

main()
{ if (signal(SIGUSR1, handler) == SIG_ERR)
    perror("prima signal non riuscita\n");
  if (signal(SIGUSR2, handler) == SIG_ERR)
    perror("seconda signal non riuscita\n");
  for (;;)
  }

void handler (int signum)
{ if (signum == SIGUSR1) printf("ricevuto sigusr1\n");
  else if (signum == SIGUSR2) printf("ricevuto sigusr2\n");
}
```

## Esempio: esecuzione & comando kill

```
paolo@lab3-linux:~/esercizi$ vi segnalil.c
paolo@lab3-linux:~/esercizi$ cc segnalil.c
paolo@lab3-linux:~/esercizi$ a.out&
[1] 313
paolo@lab3-linux:~/esercizi$ kill -SIGUSR1 313
paolo@lab3-linux:~/esercizi$ ricevuto sigusr1

paolo@lab3-linux:~/esercizi$ kill -SIGUSR2 313
paolo@lab3-linux:~/esercizi$ ricevuto sigusr2

paolo@lab3-linux:~/esercizi$ kill -9 313
paolo@lab3-linux:~/esercizi$
[1]+  Killed                a.out
paolo@lab3-linux:~/esercizi$
```

## Esempio: gestore del SIGCHLD

**SIGCHLD** è il segnale che il *kernel* invia a un processo padre quando un figlio termina

Tramite l'uso di segnali è possibile svincolare il padre da un'attesa esplicita della terminazione del figlio, mediante un'apposita funzione **handler** per la gestione di SIGCHLD:

- la funzione **handler** verrà attivata in modo asincrono alla ricezione del segnale
- **handler chiamerà la wait ()** con cui il padre potrà raccogliere ed eventualmente gestire lo stato di terminazione del figlio

## Esempio: gestore del SIGCHLD

```
#include <signal.h>
void handler(int);

main()
{ int PID, i;
  PID=fork();
  if (PID>0) /* padre */
  { signal(SIGCHLD, handler);
    for (i=0; i<10000000; i++); /* attività del padre..*/
    exit(0); }
  else /* figlio */
  { for (i=0; i<1000; i++); /* attività del figlio..*/
    exit(1); }
}

void handler (int signum)
{ int status;
  wait(&status);
  printf("stato figlio:%d\n", status>>8);}
```

## Segnali & fork ()

Le **associazioni segnali-azioni** vengono registrate nella **User Area del processo**.

Siccome:

- **fork ()** copia **User Area** del padre in **User Area** del figlio
- padre e figlio condividono lo stesso codice

### quindi

- il figlio eredita dal padre le informazioni relative alla gestione dei segnali:
  - **ignora gli stessi segnali ignorati** dal padre
  - **gestisce con le stesse funzioni gli stessi segnali gestiti** dal padre
  - **segnali a default del figlio sono gli stessi del padre**

➤ ovviamente **signal ()** del figlio successive alla **fork ()** non hanno effetto sulla gestione dei segnali del padre

## Segnali & exec ()

Sappiamo che

- `exec ()` sostituisce codice e dati del processo invocante
- **User Area** viene mantenuta, tranne le informazioni legate al codice del processo (ad esempio, le funzioni di gestione dei segnali, che dopo `exec ()` non sono più visibili)

quindi

- dopo `exec ()`, un processo:
  - ignora gli stessi segnali ignorati prima di `exec ()`
  - i segnali a default rimangono a default

ma

  - i segnali che prima erano gestiti, vengono riportati a default

## Esempio

```
/* file segnali2.c */
#include <signal.h>

main()
{

signal(SIGINT, SIG_IGN);
execl("/bin/sleep", "sleep", "30", (char *)0);
}
```

**NB:** il comando shell `sleep N` sospende il processo invocante per N secondi

## Esempio: esecuzione

```
paolo@lab3-linux:~/esercizi$ cc segnali2.c
paolo@lab3-linux:~/esercizi$ a.out&
[1] 500
paolo@lab3-linux:~/esercizi$ kill -SIGINT 500
paolo@lab3-linux:~/esercizi$ kill -9 500
paolo@lab3-linux:~/esercizi$
[1]+  Killed                  a.out
paolo@lab3-linux:~/esercizi$
```

## System call kill ()

I processi possono inviare segnali ad altri processi invocando la system call `kill ()`

```
int kill(int pid, int sig);
```

- `sig` è l'intero (o il nome simbolico) che individua il segnale da inviare
- il parametro `pid` specifica il destinatario del segnale:
  - ✓ `pid > 0`: l'intero è il pid dell'unico processo destinatario
  - ✓ `pid = 0`: il segnale è spedito a tutti i processi appartenenti al **gruppo del mittente**
  - ✓ `pid < -1`: il segnale è spedito a tutti i processi con `groupid` uguale al valore assoluto di `pid`
  - ✓ `pid == -1`: vari comportamenti possibili (Posix non specifica)

## Esempio di uso di kill ()

```
#include <stdio.h>
#include <signal.h>
int cont=0;
void handler(int signo)
{ printf ("Proc. %d: ricevuti n. %d segnali %d\n",
  getpid(),cont++, signo);
}

main ()
{int pid;
  signal(SIGUSR1, handler);
  pid = fork();
  if (pid == 0) /* figlio */

    for (;;)

  else /* padre */
    for(;;) kill(pid, SIGUSR1);
}
```

## Segnali: altre system call

### sleep ()

```
unsigned int sleep(unsigned int N)
```

- provoca la sospensione del processo per N secondi (al massimo)
- se il **processo riceve un segnale durante il periodo di sospensione, viene risvegliato prematuramente**
- restituisce 0, se la sospensione non è stata interrotta da segnali; se il risveglio è stato causato da un segnale al tempo **x**, **sleep ()** restituisce il numero di secondi non utilizzati dell'intervallo di sospensione (**N-x**)

## Esempio d'uso di sleep ()

```
/* provasleep.c*/
#include <signal.h>
void stampa(int signo)
{ printf("sono stato risvegliato!!\n");
}
main()
{
  int k;
  signal(SIGUSR1, stampa);
  k=sleep(1000);
  printf("Valore di k: %d\n", k);
  exit(0);
}
```

## Esempio d'uso di sleep ()

```
bash-2.05$ gcc -o pr provasleep.c
bash-2.05$ pr&
[1] 2839
bash-2.05$ kill -SIGUSR1 2839
bash-2.05$ sono stato risvegliato!!
Valore di k: 987

[1]+  Done      pr
bash-2.05$
```

## Segnali: altre system call

`alarm()`

```
unsigned int alarm(unsigned int N)
```

- imposta un timer che **dopo *N* secondi invierà al processo il segnale *SIGALRM***
- ritorna:
  - ✓ 0, se non vi erano time-out impostati in precedenza
  - ✓ il numero di secondi mancante allo scadere del time-out precedente

**NB:** *default* associato a ricezione di *SIGALRM* è la terminazione

## Segnali: altre system call

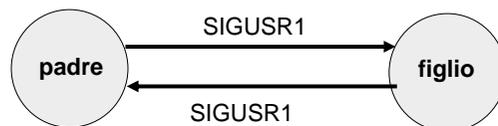
`pause()`

```
int pause(void)
```

- sospende il processo **fino alla ricezione di un qualunque segnale**
- ritorna -1 (`errno = EINTR`)

## Esempio

Due processi (padre e figlio) si sincronizzano alternativamente mediante il segnale *SIGUSR1* (gestito da entrambi con la funzione *handler*):



```
int ntimes = 0;
void handler(int signo)
{printf ("Processo %d ricevuto #%d volte il segnale %d\n",
    getpid(), ++ntimes, signo);
}
```

```
main ()
{int pid, ppid;
  signal(SIGUSR1, handler);
  if ((pid = fork()) < 0) /* fork fallita */
    exit(1);
  else if (pid == 0) /* figlio*/
  {  ppid = getppid(); /* PID del padre */
    for (;;)
    {  printf("FIGLIO %d\n", getpid());
      sleep(1);
      kill(ppid, SIGUSR1);
      pause();}
  }
  else /* padre */
  for(;;) /* ciclo infinito */
  {  printf("PADRE %d\n", getpid());
    pause();
    sleep(1);
    kill(pid, SIGUSR1); }}
```

## Affidabilità dei segnali

### Aspetti:

- il gestore rimane **installato**?

In caso negativo, è possibile comunque reinstallare all'interno dell'handler

```
void handler(int s)
{ signal(SIGUSR1, handler);
  printf("Processo %d: segnale %d\n", getpid(), s);
  ... }
```

Che cosa succede se qui arriva un nuovo segnale?

- che cosa succede se arriva il segnale durante l'esecuzione dell'handler?

- **innestamento delle routine di gestione**
- **perdita del segnale**
- **accodamento dei segnali** (segnali *reliable*, **BSD 4.2**)

## Interrompibilità di system calls

System call possono essere classificate in

- **slow** system call: possono richiedere **tempi di esecuzione non trascurabili** dovuti a periodi di attesa (es. lettura da un dispositivo di I/O lento)
- **non slow** system call
- **slow system call** sono **interrompibili da parte di segnali**. In caso di interruzione:
  - ✓ ritorna -1
  - ✓ **errno** vale EINTR
- possibilità di ri-esecuzione della system call:
  - ✓ automatica (BSD 4.3)
  - ✓ non automatica, ma comandata dal processo (in base al valore di **errno** e al valore restituito)