

# Sincronizzazione tra processi in Unix: i segnali

# Sincronizzazione tra processi

*La sincronizzazione permette di imporre vincoli sull'ordine di esecuzione delle operazioni dei processi interagenti.*

Unix adotta il modello ad ambiente locale: la sincronizzazione può realizzarsi mediante i segnali

## Segnale:

è un'interruzione software, che notifica un evento asincrono al processo che la riceve.

Ad esempio, segnali:

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

# Segnali Unix

- Un segnale può essere inviato:
  - dal kernel 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 S.O. (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, etc.
- 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-defined signal 1 (POSIX). Action: exit*/
#define SIGSEGV       11      /* Segm. violation (ANSI). Act: exit,core dump */
#define SIGUSR2       12      /* User-defined signal 2 (POSIX).Act: exit */
#define SIGPIPE       13      /* Broken pipe (POSIX).Act: exit */
#define SIGALRM       14      /* Alarm clock (POSIX). Act: exit */
#define SIGTERM       15      /* Termination (ANSI). Act:exit*/
...
#define SIGCHLD       17      /* Child status changed (POSIX).Act: ignore */
#define SIGCONT       18      /* Continue (POSIX).Act. ignore */
#define SIGSTOP       19      /* Stop, unblockable (POSIX). Act: stop */
...
```

# Gestione dei segnali

- Quando un processo riceve un segnale, può gestirlo in 3 modi diversi:
  1. **gestire** il segnale con una funzione *handler* definita dal programmatore
  2. **eseguire** un'azione predefinita dal S.O. (azione di *default*)
  3. **ignorare** il segnale

**NB.** Non tutti i segnali possono essere gestiti esplicitamente dai processi: SIGKILL e SIGSTOP non sono nè intercettabili, nè 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

# signal

## Ad esempio:

```
#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:

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

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

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

## Struttura del programma:

```
#include <signal.h>
void handler(int signum)
{ <istruzioni per la gestione del segnale>
  return;
}

main()
{ ...
  signal(SIGxxx, handler);
  ...
}
```

# Gestione di segnali con handler

- Non sempre l'associazione *segnale/handler* è durevole:
  - alcune implementazioni di Unix (BSD, SystemV r.3 e seg.), prevedono che l'azione rimanga installata anche dopo la ricezione del segnale.
  - in alcune realizzazioni (SystemV, prime versioni), invece, dopo l'attivazione dell'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: parametro del gestore

```
/* file segnal1.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

```
anna@lab3-linux:~/esercizi$ vi segnal1.c
anna@lab3-linux:~/esercizi$ cc segnal1.c
anna@lab3-linux:~/esercizi$ a.out&
[1] 313
anna@lab3-linux:~/esercizi$ kill -SIGUSR1 313
anna@lab3-linux:~/esercizi$ ricevuto sigusr1

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

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

## Esempio: gestore del SIGCHLD

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

Sappiamo che:

- una `fork` copia la *User Area* del padre nella *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
    - i segnali a default del figlio sono gli stessi del padre
- successive `signal` del figlio non hanno effetto sulla gestione dei segnali del padre.

# Segnali & exec

## Sappiamo che:

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

quindi

- dopo un'`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);
}
```

**N.B.** Il comando: `sleep N`  
mette nello stato *sleeping* il processo per N secondi

# Esempio: esecuzione

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

# System call `kill`

I processi possono inviare segnali ad altri processi con la `kill`:

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

- `sig` è l'intero (o il nome simb.) che individua il segnale da gestire
- 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)

# kill: esempio:

```
#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 *prematamente*
- ritorna:
  - » 0, se la sospensione non è stata interrotta da segnali
  - » se il risveglio è stato causato da un segnale al tempo  $N_s$ , `sleep` restituisce in numero di secondi non utilizzati dell'intervallo di sospensione ( $N - N_s$ ).

# Esempio

```
/* 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);
}
```

# Esecuzione

```
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:** la `alarm` non è sospensiva;  
l'azione di *default* associata a `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**?
  - Se no: posso reinstallare all'interno dell'handler

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

Cosa succede se qui arriva un nuovo segnale?

- 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 perchè possono causare periodi di attesa (es: lettura da un dispositivo di I/O lento)
  - system call *non slow*.
- una *slow* system call è interrompibile da un segnale; 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)