

Lección 3

Señales, excepciones y pipes

Sistemas Operativos
Ingeniería Informática

A recordar...

Antes de clase

Clase

Después de clase

Preparar los pre-requisitos.

Estudiar el material asociado a la **bibliografía**:
las transparencias solo no son suficiente.
Preguntar dudas (especialmente tras estudio).

Ejercitar las competencias:

- ▶ Realizar todos los **ejercicios**.
- ▶ Realizar los **cuadernos de prácticas** y las **prácticas** de forma progresiva.

Lecturas recomendadas

Base



1. Carretero 2020:
 1. Cap. 5
2. Carretero 2007:
 1. Cap. 3.6 y 3.7
Cap. 3.9 y 3.13

Recomendada



1. Tanenbaum 2006:
 1. (es) Cap. 2.2
 2. (en) Cap.2.1.7
2. Stallings 2005:
 1. 4.1, 4.4, 4.5 y 4.6
3. Silberschatz 2006:
 1. 4

Contenidos

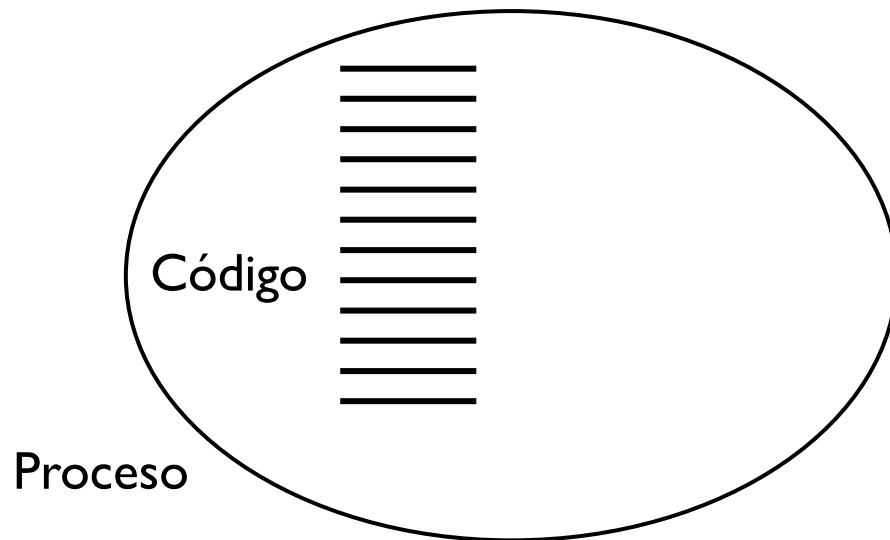
1. Señales y excepciones.
2. Temporizadores.
3. Entorno de un proceso.
4. Comunicación de procesos con tuberías (pipes).
 - ▶ Paso de mensajes local.

Contenidos

1. **Señales y excepciones.**
2. Temporizadores.
3. Entorno de un proceso.
4. Comunicación de procesos con tuberías (pipes).
 - ▶ Paso de mensajes local.

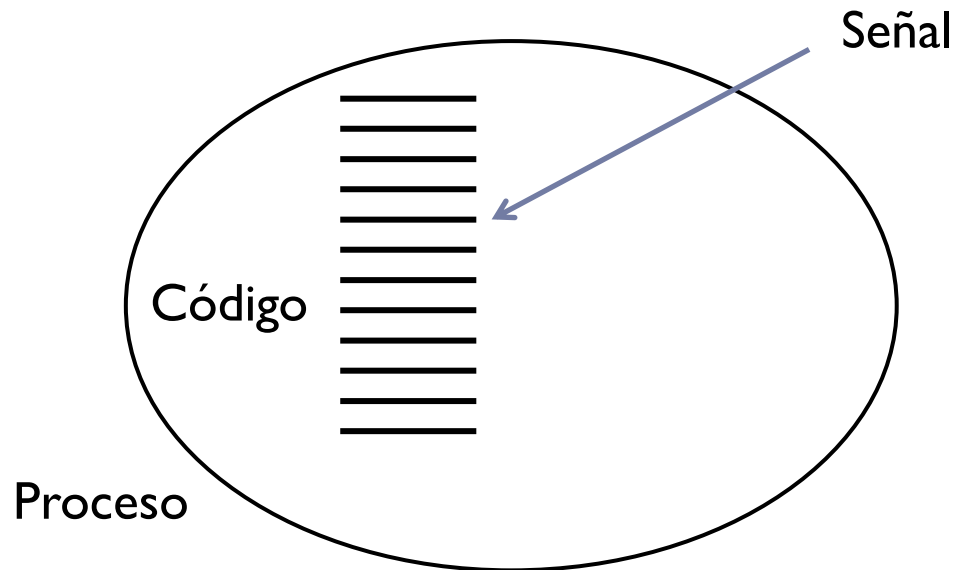
Señales: interrupciones al proceso

- ▶ Las señales son interrupciones al proceso.
 - ▶ Se ejecuta una función de tratamiento asociada.
- ▶ Envío o generación:
 - ▶ Proceso (dentro del grupo) con llamada *kill(...)*
 - ▶ Sistema Operativo



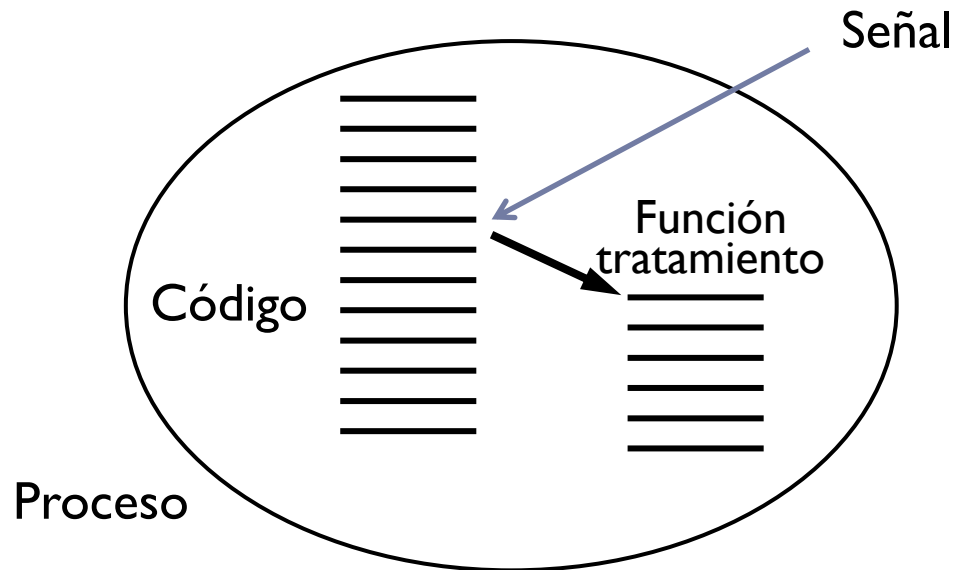
Señales: interrupciones al proceso

- ▶ Las señales son interrupciones al proceso.
 - ▶ Se ejecuta una función de tratamiento asociada.
- ▶ Envío o generación:
 - ▶ Proceso (dentro del grupo) con llamada *kill(...)*
 - ▶ Sistema Operativo



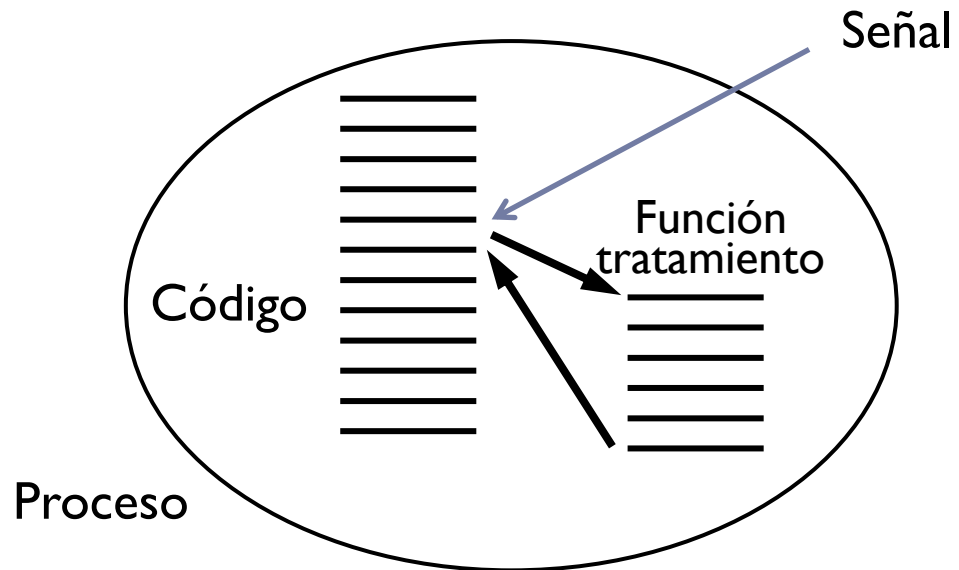
Señales: interrupciones al proceso

- ▶ Las señales son interrupciones al proceso.
 - ▶ Se ejecuta una función de tratamiento asociada.
- ▶ Envío o generación:
 - ▶ Proceso (dentro del grupo) con llamada *kill(...)*
 - ▶ Sistema Operativo



Señales: interrupciones al proceso

- ▶ Las señales son interrupciones al proceso.
 - ▶ Se ejecuta una función de tratamiento asociada.
- ▶ Envío o generación:
 - ▶ Proceso (dentro del grupo) con llamada *kill(...)*
 - ▶ Sistema Operativo



Señales: concepto

- ▶ Las **señales** son un **mecanismo** para **comunicar eventos a los procesos (de forma asíncrona)**.
 - ▶ Permite avisar a un proceso de la ocurrencia de un evento y reaccionar a dicho evento.
 - ▶ Son un mecanismo propio de los sistemas UNIX.
- ▶ Cuando un proceso recibe una señal, la procesa inmediatamente y puede:
 - ▶ Invocar la rutina de tratamiento por defecto.
 - ▶ Ignorar la señal (en el caso de ser “inmune” a la misma)
 - ▶ Invocar a una rutina de tratamiento propia.

Programación orientada a eventos

aspectos generales

```
int main ( ... )  
{  
    ...  
    On (event1, handler1) ;  
    ...  
}
```

1) Asociar el manejador
(handler1) al evento

Programación orientada a eventos

aspectos generales

```
void handler1 ( ... )
{
}
```

2) Codificar la función
manejador que tratará el evento

```
int main ( ... )
{
    ...
    On (event1, handler1);
    ...
}
```

1) Asociar el manejador
(handler1) al evento

Programación orientada a eventos

aspectos generales

```
int global1;  
...
```

3) Para comunicar funciones,
se usa variables globales

```
void handler1 ( ... )  
{  
}
```

2) Codificar la función
manejador que tratará el evento

```
int main ( ... )  
{  
    ...  
    On (event1, handler1) ;  
    ...  
}
```

1) Asociar el manejador
(handler1) al evento

Ejemplo: contar veces se pulsa Ctrl-C

API antiguo

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

int contador = 0 ;
int salir = 0 ; // false

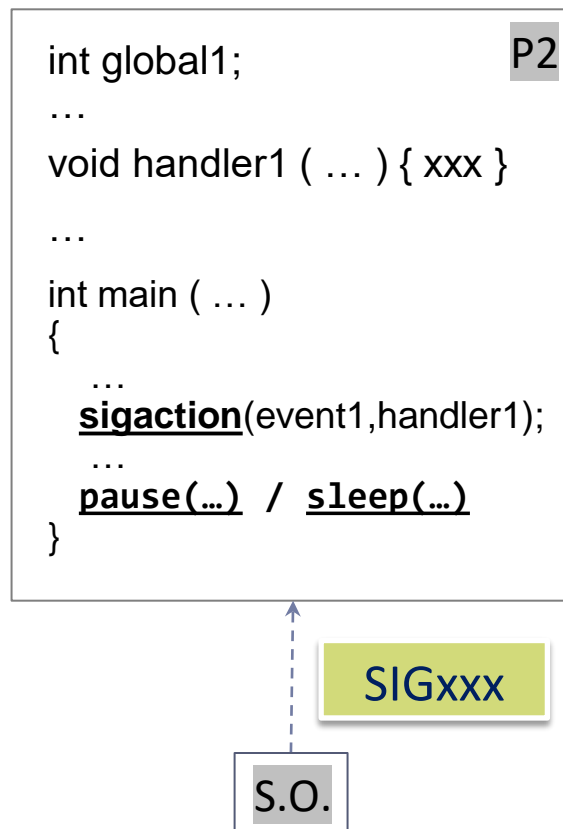
void sig_handler ( int signal_id )
{
    if (SIGINT == signal_id) {
        printf("contador = %d\n", contador);
        contador++ ;
    }
    if (SIGQUIT == signal_id) {
        salir = 1; // true
    }
}

int main ( int argc, char *argv[] )
{
    signal(SIGINT, sig_handler) ; // CTRL+c
    signal(SIGQUIT, sig_handler) ; // CTRL+\
    while(!salir) {}
    return 0 ;
}
```

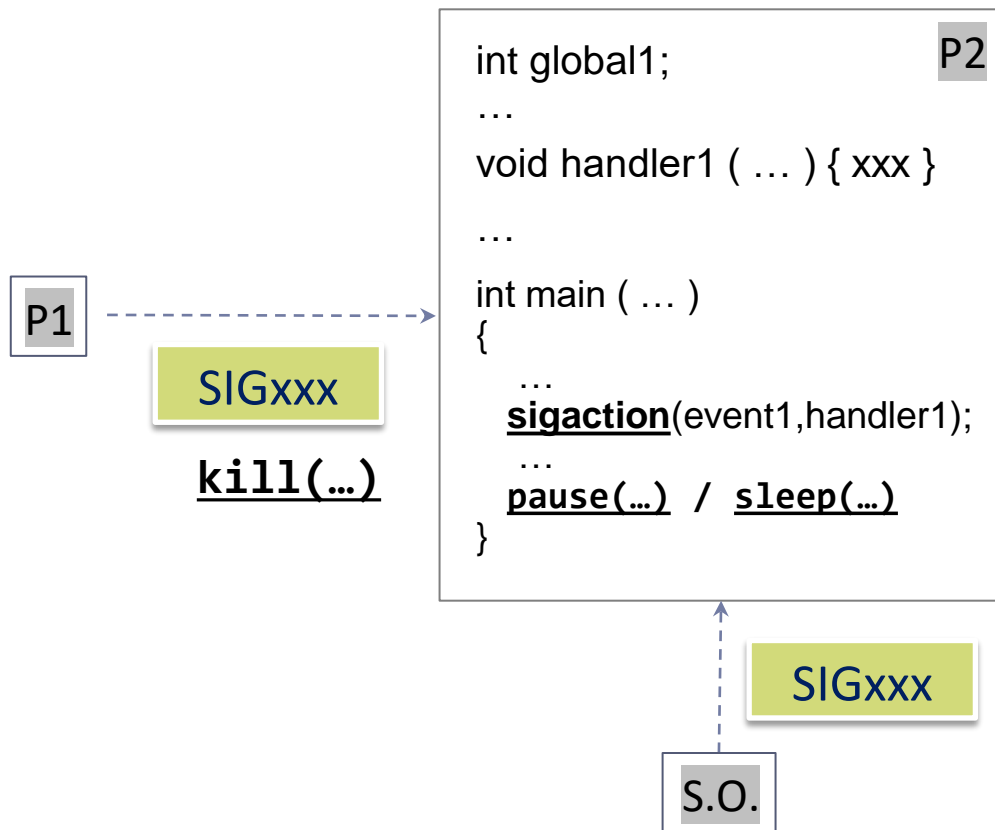
Señales: ejemplos

- ▶ Un proceso **recibe desde sistema operativo** la señal
 - ▶ SIGCHLD cuando termina un proceso hijo.
 - ▶ SIGILL cuando intenta ejecutar una instrucción máquina ilegal.
 - ▶ Un proceso cuando está ejecutando desde un terminal como tarea en primer plano y se pulsa las teclas:
 - Control y c simultáneamente recibe una señal SIGINT.
 - Control y z simultáneamente recibe una señal SIGSTOP.
- ▶ Un proceso **recibe desde otro proceso** la señal SIGUSR1 cuando el otro proceso ejecuta `kill(<pid>, SIGUSR1)` ;

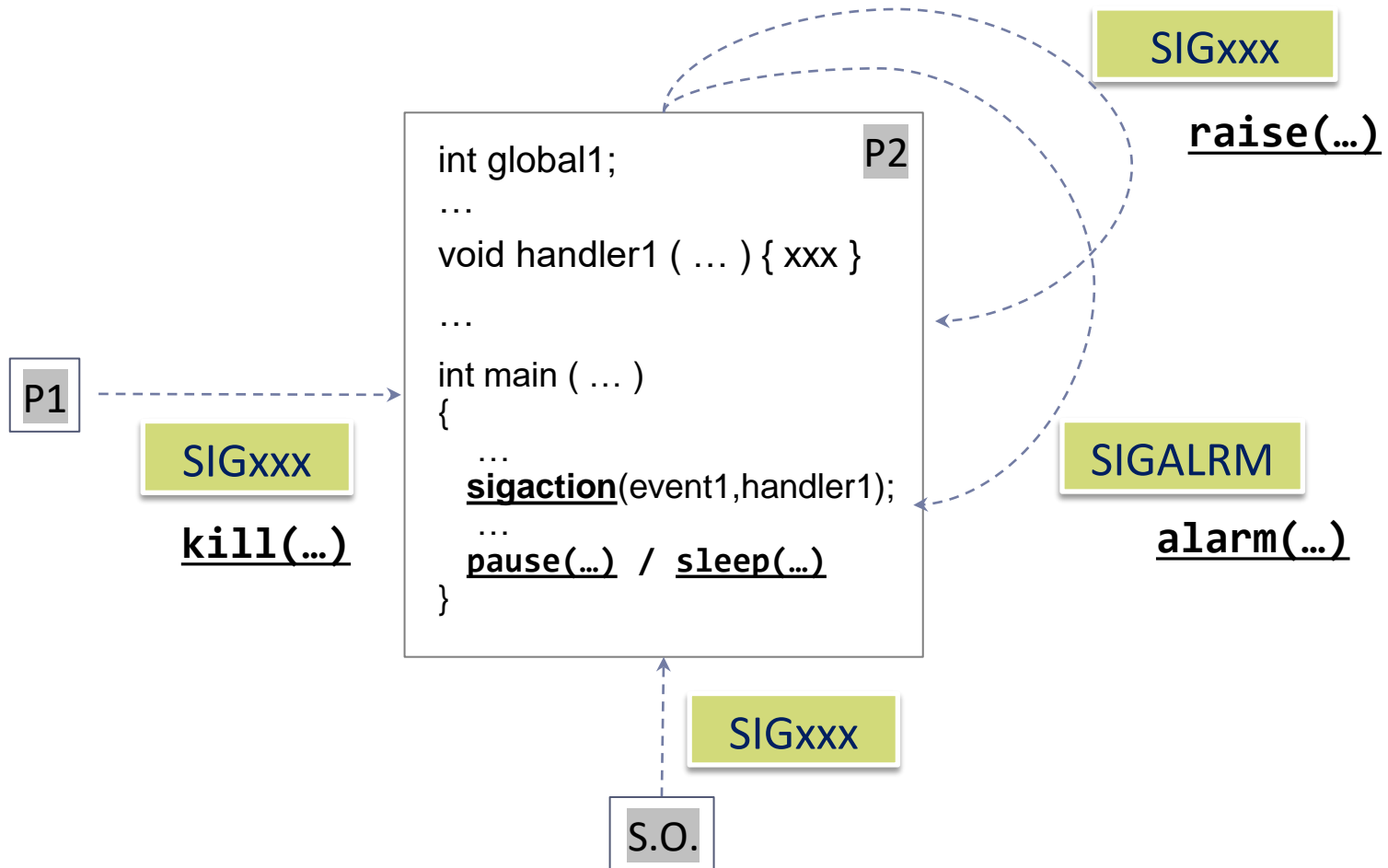
Señales: sistema operativo a proceso



Señales: proceso a proceso



Señales: proceso a sí mismo



signal.h

SIGILL_____instrucción ilegal
SIGALRM_____vence el temporizador
SIGKILL_____mata al proceso
SIGSEGV_____violación segmento memoria
SIGUSR1 y SIGUSR2__reservadas para el uso del programador

```
alex@patata:$ kill -l
```

1) SIGHUP	2) SIGINT	3) SIGQUIT	4) SIGILL	5) SIGTRAP
6) SIGABRT	7) SIGBUS	8) SIGFPE	9) SIGKILL	10) SIGUSR1
11) SIGSEGV	12) SIGUSR2	13) SIGPIPE	14) SIGALRM	15) SIGTERM
16) SIGSTKFLT	17) SIGCHLD	18) SIGCONT	19) SIGSTOP	20) SIGTSTP
21) SIGTTIN	22) SIGTTOU	23) SIGURG	24) SIGXCPU	25) SIGXFSZ
26) SIGVTALRM	27) SIGPROF	28) SIGWINCH	29) SIGIO	30) SIGPWR
31) SIGSYS	34) SIGRTMIN	35) SIGRTMIN+1	36) SIGRTMIN+2	37) SIGRTMIN+3
38) SIGRTMIN+4	39) SIGRTMIN+5	40) SIGRTMIN+6	41) SIGRTMIN+7	42) SIGRTMIN+8
43) SIGRTMIN+9	44) SIGRTMIN+10	45) SIGRTMIN+11	46) SIGRTMIN+12	47) SIGRTMIN+13
48) SIGRTMIN+14	49) SIGRTMIN+15	50) SIGRTMAX-14	51) SIGRTMAX-13	52) SIGRTMAX-12
53) SIGRTMAX-11	54) SIGRTMAX-10	55) SIGRTMAX-9	56) SIGRTMAX-8	57) SIGRTMAX-7
58) SIGRTMAX-6	59) SIGRTMAX-5	60) SIGRTMAX-4	61) SIGRTMAX-3	62) SIGRTMAX-2
63) SIGRTMAX-1	64) SIGRTMAX			

Ejemplo: contar veces se pulsa Ctrl-C

API nuevo

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

int contador = 0 ;
int salir = 0 ; // false

void sig_handler ( int signal_id )
{
    if (SIGINT == signal_id) {
        printf("contador = %d\n", contador);
        contador++ ;
    }
    if (SIGQUIT == signal_id) {
        salir = 1; // true
    }
}

int main ( int argc, char *argv[] )
{
    struct sigaction act ;

    act.sa_handler = sigint_handler ;
    act.sa_flags = 0 ; // por defecto
    sigaction(SIGINT, &act, NULL) ; // CTRL+c
    sigaction(SIGQUIT, &act, NULL) ; // CTRL+\
    while(!salir) {}
    return 0 ;
}
```

Servicios POSIX para la gestión de señales

kill

Servicio	<code>int kill (pid_t pid, int sig) ;</code>
Argumentos	<ul style="list-style-type: none">▣ pid: identificador de el/los proceso/s al/os que mandar la señal.▣ sig: identificador de la señal a mandar.
Devuelve	<ul style="list-style-type: none">▣ Cero si éxito (al menos una señal fue enviada).▣ -1 en caso de error.
Descripción	<ul style="list-style-type: none">▣ Envía al proceso "pid" la señal "sig".▣ Casos especiales:<ul style="list-style-type: none">▣ <code>pid > 0</code> -> proceso con identificador <pid>▣ <code>pid = 0</code> -> a todos los procesos con igual gid que el llamante a <code>kill()</code>.▣ <code>pid = -1</code> -> a todos los proceso que el llamante a <code>kill()</code> puede enviar.▣ <code>pid < -1</code> -> a todos los procesos del grupo de proceso con ID <pid>

Servicios POSIX para la gestión de señales

raise

Servicio	<code>int raise (int sig) ;</code>
Argumentos	<ul style="list-style-type: none">▣ sig: identificador de la señal a mandar.
Devuelve	<ul style="list-style-type: none">▣ Cero si éxito (al menos una señal fue enviada).▣ -1 en caso de error.
Descripción	<ul style="list-style-type: none">▣ Envía al propio proceso la señal "sig".▣ En uniproceto equivale a <code>kill(getpid(), sig);</code> En multihilo a <code>pthread_kill(pthread_self(), sig);</code>

Servicios POSIX para la gestión de señales

pause

Servicio	<code>int pause (void) ;</code>
Argumentos	<ul style="list-style-type: none">□ Ninguno.
Devuelve	<ul style="list-style-type: none">□ Tras llegar la señal y ejecutarse su manejador, <code>pause()</code> devuelve <code>-1</code>.
Descripción	<ul style="list-style-type: none">□ Bloquea al proceso hasta la recepción de una señal.□ Detalles a recordar:<ul style="list-style-type: none">□ No se puede especificar un plazo para desbloqueo.□ No permite indicar el tipo de señal que se espera.□ No desbloquea el proceso ante señales ignoradas.

Servicios POSIX para la gestión de señales

sigaction

Servicio	<pre>int sigaction (int sig, struct sigaction *act, struct sigaction *oact) ;</pre>
Argumentos	<ul style="list-style-type: none">▣ sig: identifica la señal.▣ act: puntero a estructura que describe el tratamiento a usar.▣ oact: (si != NULL) apuntará al antiguo tratamiento usado antes.
Devuelve	<ul style="list-style-type: none">▣ Cero si éxito.▣ -1 en caso de error.
Descripción	<ul style="list-style-type: none">▣ Permite especificar la acción a realizar como tratamiento de la señal “sig”.▣ La configuración anterior se guarda en “oact” si no es NULL.▣ La estructura sigaction:<ul style="list-style-type: none">▣ sa_handler: SIG_DFL (por defecto, en general muere pero algún caso ignora), SIG_IGN (ignorar) o puntero a función a usar.▣ sa_sigaction: alternativa a sa_handler (no usar a la vez o ninguna).▣ sa_mask: máscara de señales a bloquear durante el manejador.▣ sa_flags: cero por defecto (conjunto de <i>flags</i>).

Servicios POSIX para la gestión de señales

sigaction

Servicio	<pre>int sigaction (int sig, struct sigaction *act, struct sigaction *oact) ;</pre>
Argumentos	<ul style="list-style-type: none">❑ sig: identifica la señal.❑ act: puntero a estructura que describe el tratamiento a usar.❑ oact: (si != NULL) apuntará al antiguo tratamiento usado antes.
Devuelve	<ul style="list-style-type: none">❑ Cero si éxito.❑ -1 en caso de error.
Descripción	<ul style="list-style-type: none">❑ Permite especificar la acción a realizar como tratamiento de la señal “sig”.❑ La configuración anterior se guarda en “oact” si no es NULL.❑ La estructura sigaction:<ul style="list-style-type: none">❑ sa_handler: SIG_DFL (por defecto, en general muere pero algún caso ignora), SIG_IGN (ignorar) o puntero a función a usar.❑ sa_sigaction: alternativa a sa_handler (no usar a la vez o ninguna).❑ sa_mask: máscara de señales a bloquear durante el manejador.❑ sa_flags: cero por defecto (conjunto de <i>flags</i>).

API para conjuntos de señales

- ▶ `int sigemptyset (sigset_t * set) ;`
 - ▶ **Crea** un conjunto **vacío** de señales.
- ▶ `int sigfillset (sigset_t * set);`
 - ▶ **Crea** un conjunto **lleno** con todas la señales posibles.
- ▶ `int sigaddset (sigset_t * set, int signo);`
 - ▶ **Añade** una **señal** a un conjunto de señales.
- ▶ `int sigdelset (sigset_t * set, int signo);`
 - ▶ **Borra** una **señal** de un conjunto de señales.
- ▶ `int sigismember (sigset_t * set, int signo);`
 - ▶ **Comprueba si** una **señal pertenece a un conjunto**.

Servicios POSIX para la gestión de señales

sleep

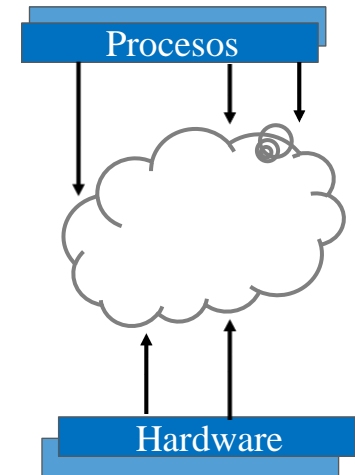
Servicio	<code>int sleep (unsigned int sec) ;</code>
Argumentos	<ul style="list-style-type: none">▣ sec: segundos a dormir el proceso (suspende su ejecución).
Devuelve	<ul style="list-style-type: none">▣ Cero si ha pasado todo el tiempo o el número de segundos que resta por dormir si el proceso ha sido interrumpido por una señal.
Descripción	<ul style="list-style-type: none">▣ Suspende un proceso hasta que vence un plazo o se recibe una señal

Contenidos

1. Señales y **excepciones**.
2. Temporizadores.
3. Entorno de un proceso.
4. Comunicación de procesos con tuberías (pipes).
 - ▶ Paso de mensajes local.

Eventos del S.O.: Excepciones

- Durante el arranque.
- **Tras el arranque, se ejecuta en respuesta a eventos:**
 - **Llamada al sistema.**
 - { Origen: “procesos”, Función: “Petición de servicios” }
 - Gestión de procesos
 - Gestión de memoria
 - Gestión de ficheros
 - Gestión de dispositivos
 - Comunicación
 - Mantenimiento
 - **Excepción.**
 - { Origen: “**procesos**”, Función: “**Tratar excepciones**” }
 - **Interrupción hardware.**
 - { Origen: “hardware”, Función: “Petición de atención del hw.” }
- En procesos de núcleo (firewall, etc.)



Excepciones

- El hardware detecta condiciones especiales:
 - ▣ División por cero, fallo de página, escritura a página de solo lectura, desbordamiento de pila, etc.
- Transfiere control al S.O. para su tratamiento.
 - ▣ Salva contexto del proceso.
 - ▣ Paso a modo protegido
 - ▣ Ejecución de manejador en el S.O.
 - ▣ La mayoría de las excepciones provoca que el S.O. envíe una señal al proceso indicando la excepción.
 - ▣ Muchos lenguajes de programación (Java, C++, Python, ...) usan un mecanismo de excepciones para manejar errores en tiempo de ejecución.

Ejemplo: excepciones en Java

```
public class JavaExceptionExample
{
    public static void main ( String args[] )
    {
        try
        {
            // array index
            int a[] = new int[2] ;
            a[5] = 20 ;

            // divide by cero
            int data=100 / 0 ;

            // ...
        }
        catch ( ArithmeticException e )
        {
            System.out.println(e);
        }

        System.out.println("After exception\n");
    }
}
```

- En Java hay una construcción para trabajar con excepciones:
Try { <código> } catch (<exception>) { <código> }

- Evitan código de comprobación en programas:
 - Mejora la claridad del código
 - Mejor rendimiento.

- En Java hay una clase para representar una excepción, con una jerarquía de subclases.

- Ejemplos: `ArrayIndexOutOfBoundsException`, `NullPointerException`, `FileNotFoundException`, `ArithmeticException`, `IllegalArgumentException`

Contenidos

1. Señales y excepciones.
2. **Temporizadores.**
3. Entorno de un proceso.
4. Comunicación de procesos con tuberías (pipes).
 - ▶ Paso de mensajes local.

Temporizadores

UNIX

- El S.O. mantiene un temporizador por proceso.
 - ▣ Se mantiene en el BCP del proceso un contador del tiempo que falta para que venza el temporizador.
- El S.O. envía una señal SIGALRM al proceso cuando vence el temporizador en curso.
 - ▣ Si un temporizador en el BCP llega a cero se ejecuta la función de tratamiento.
- El S.O. tiene un API para trabajar con temporizadores.
 - ▣ *alarm(segundos)* actualiza el contador en el BCP.

Servicios POSIX para temporización

alarm

Servicio	<code>int alarm (unsigned int sec) ;</code>
Argumentos	<ul style="list-style-type: none">▣ sec: número de segundos tras los que se enviará SIGALRM.
Devuelve	<ul style="list-style-type: none">▣ Si no había un temporizador activado entonces devuelve cero.▣ En caso contrario devuelve el número de segundos que quedaban para vencer el temporizador anterior.
Descripción	<ul style="list-style-type: none">▣ Establece un nuevo temporizador:<ul style="list-style-type: none">▣ Si había un temporizador en marcha entonces se elimina y se pone uno nuevo en su lugar.▣ Si el parámetro es cero se desactiva el temporizador.

Ejemplo: imprimir mensaje cada 5 seg.

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

void tratar_sigalarm ( int signal_id ) {
    printf("¡ALARMA!\n");
}

int main ( int argc, char *argv[] )
{
    struct sigaction act ;

    act.sa_handler = tratar_sigalarm ;
    act.sa_flags = 0 ; /* por defecto */
    sigaction(SIGALRM, &act, NULL) ;

    while(1) {
        alarm(5) ;
        pause() ;
    }

    return 0 ;
}
```

Ejemplo: finalización temporizada (1 / 2)

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

pid_t pid;
void tratar_alarma(void) {
    kill(pid, SIGKILL);
}

int main ( int argc, char **argv )
{
    int status;
    char **argumentos;
    struct sigaction act;
    argumentos = &argv[1];
    pid = fork();
    switch(pid) {
        case -1: /* error */
            perror ("fork");
            exit (-1);
        case 0: /* hijo */
            execvp(argumentos[0], argumentos);
            perror("exec");
            exit(-1)
        default: /* padre */
            act.sa_handler = tratar_alarma;
            act.sa_flags = 0;
            sigaction(SIGALRM, &act, NULL);
            alarm(5);
            wait(&status);
    }
    return 0;
}
```

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

```
pid_t pid;
```

```
void tratar_sigal(void)
{
    kill(pid, SIGKILL);
}
```

```
main(int argc, char **argv)
{
    int status;
    char **argumentos;
    struct sigaction act;

    argumentos = &argv[1];
    pid = fork();
```

Ejemplo: finalización temporizada (2/2)

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

pid_t pid;
void tratar_alarma(void) {
    kill(pid, SIGKILL);
}

int main ( int argc, char **argv )
{
    int status;
    char **argumentos;
    struct sigaction act;
    argumentos = &argv[1];
    pid = fork();
    switch(pid) {
        case -1: /* error */
            perror ("fork");
            exit (-1);
        case 0: /* hijo */
            execvp(argumentos[0], argumentos);
            perror("exec");
            exit(-1)
        default: /* padre */
            act.sa_handler = tratar_alarma;
            act.sa_flags = 0;
            sigaction(SIGALRM, &act, NULL);
            alarm(5);
            wait(&status);
    }
    return 0;
}
```

```
switch(pid) {
    case -1: /* error fork() */
        perror ("fork");
        exit(-1);
    case 0: /* hijo */
        execvp(argumentos[0],
            argumentos);
        perror("exec");
        exit(-1);
    default: /* padre */
        act.sa_handler = tratar_sigal;
        act.sa_flags = 0;
        sigaction(SIGALRM,&act,NULL);
        alarm(5);
        wait(&status);
}

exit(0);
}
```

Contenidos

1. Señales y excepciones.
2. Temporizadores.
3. **Entorno de un proceso.**
4. Comunicación de procesos con tuberías (pipes).
 - ▶ Paso de mensajes local.

Variables de entorno

- ▶ Las variables de entorno forman una información accesible a un proceso en forma de tuplas clave y valor.
- ▶ Es un mecanismo de paso de información a un proceso en ejecución.
 - ▶ Podría actualizarse la configuración sin tener que parar el proceso
 - ▶ El propio S.O. usa las variables de entorno (ej.: PATH)

Variables de entorno

- ▶ Las variables de entorno forman una información accesible a un proceso en forma de tuplas clave y valor.
- ▶ Es un mecanismo de paso de información a un proceso en ejecución.
 - ▶ Podría actualizarse la configuración sin tener que parar el proceso
 - ▶ El propio S.O. usa las variables de entorno (ej.: PATH)
- ▶ Es posible interactuar con variables de entorno desde:
 - ▶ **Mandatos (env, set, export)**
 - ▶ En algunos S.O. + lenguajes es accesible desde main
 - ▶ API del S.O. (getenv, setenv, putenv)

Ejemplo: mandatos para entorno

```
alex@patata:$ env
SHELL=/bin/bash
PWD=/mnt/c/Users/alex
LOGNAME=alex
MOTD_SHOWN=update-motd
TERM=xterm-256color
HOME=/home/alex
USER=alex
LANG=C.UTF-8
...
```

PATH_____lista directorios donde buscar binarios
PWD_____directorio actual de trabajo
TERM_____tipo de terminal a usar en consola

```
alex@patata:$ export KEY=value
alex@patata:$ env | grep KEY
KEY=value
```

Variables de entorno

- ▶ Las variables de entorno forman una información accesible a un proceso en forma de tuplas clave y valor.
- ▶ Es un mecanismo de paso de información a un proceso en ejecución.
 - ▶ Podría actualizarse la configuración sin tener que parar el proceso
 - ▶ El propio S.O. usa las variables de entorno (ej.: PATH)
- ▶ Es posible interactuar con variables de entorno desde:
 - ▶ Mandatos (env, set, export)
 - ▶ **En algunos S.O. + lenguajes es accesible desde main**
 - ▶ API del S.O. (getenv, setenv, putenv)

Ejemplo: main con envp

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

int main ( int argc, char** argv, char** envp )
{
    int i ;

    for (i=0; envp[i] != NULL; i++)
    {
        printf("%s\n", envp[i]);
    }

    return 0;
}
```

Variables de entorno

- ▶ Las variables de entorno forman una información accesible a un proceso en forma de tuplas clave y valor.
- ▶ Es un mecanismo de paso de información a un proceso en ejecución.
 - ▶ Podría actualizarse la configuración sin tener que parar el proceso
 - ▶ El propio S.O. usa las variables de entorno (ej.: PATH)
- ▶ Es posible interactuar con variables de entorno desde:
 - ▶ Mandatos (env, set, export)
 - ▶ En algunos S.O. + lenguajes es accesible desde main
 - ▶ **API del S.O. (getenv, setenv, putenv)**

API para trabajo con entorno

- ▶ `char *getenv (const char * var) ;`
 - ▶ **Obtiene** el valor de la variable de entorno 'var'.
- ▶ `int setenv (const char * name,
const char * value,
int overwrite) ;`
 - ▶ **Modifica/Añade** una variable 'name' con valor 'value'.
- ▶ `int putenv (const char * nombre) ;`
 - ▶ **Modifica/Añade** una variable de la forma "clave=valor"

Variables de entorno

- ▶ El entorno de un proceso hereda del padre lo siguiente:
 - ▶ Vector de argumentos con el que se invocó al programa.
 - ▶ Vector de entorno, es decir la lista de variables <nombre, valor> que el padre pasa a los hijos.
- ▶ El paso de variables de entorno entre padre e hijo:
 - ▶ Es una forma flexible de comunicar ambos y permite configurar aspectos de la ejecución del hijo (en modo usuario/a).
- ▶ El mecanismo de variables de entorno permite particularizar aspectos a nivel de cada proceso particular.
 - ▶ En lugar de tener una configuración común para todo el sistema.

Lección 3

Señales, excepciones y pipes

Sistemas Operativos
Ingeniería Informática