Grupo ARCOS
Universidad Carlos III de Madrid

# 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:

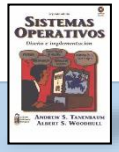
- Realizar todos los **ejercicios**.
- Realizar **laboratorios** y **prácticas** de forma progresiva.

# 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

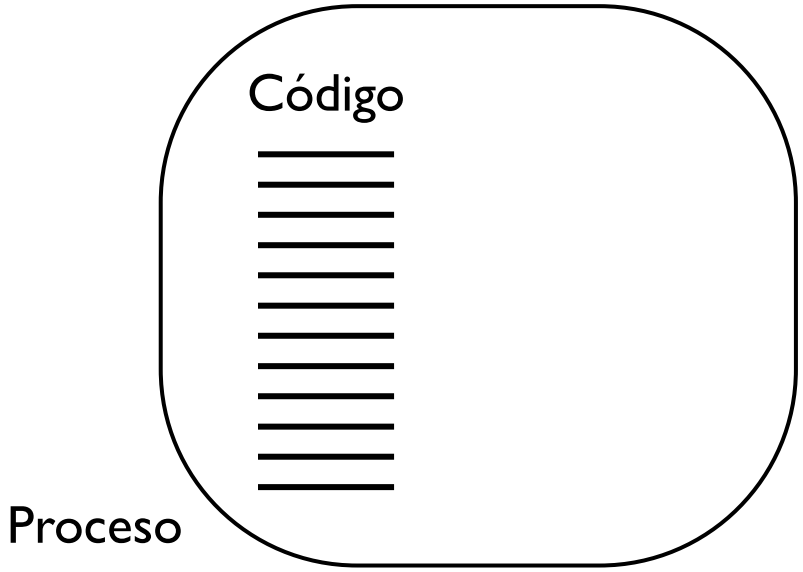
1. Señales y excepciones.
2. Temporizadores.
3. Entorno de un proceso.
4. Comunicación de procesos con tuberías (pipes).
   - Paso de mensajes local.

# Contenidos

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

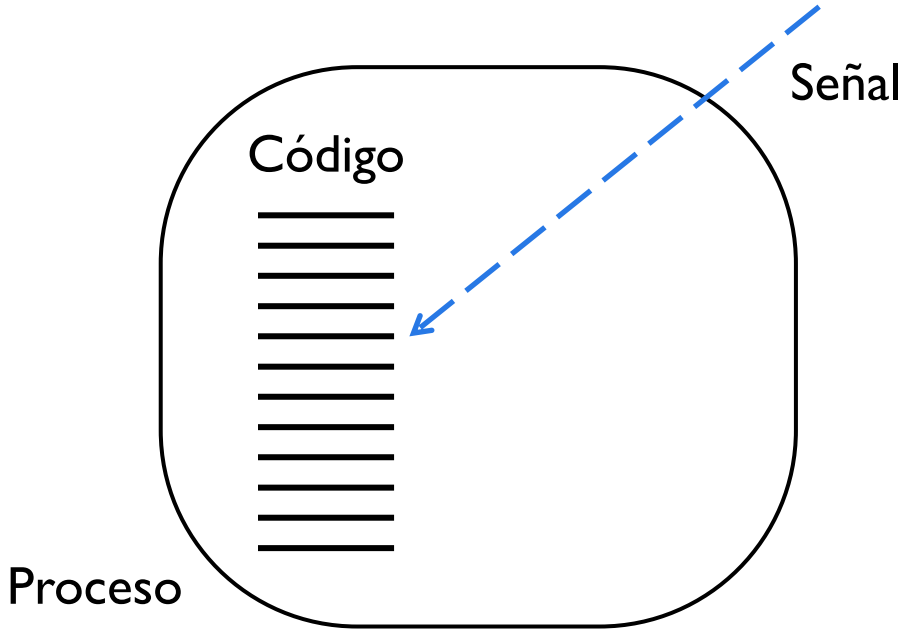
# Señales: interrupciones al proceso

- Mecanismo para comunicar a un proceso la ocurrencia de un evento de forma asíncrona y permitir reaccionar a dicho evento.
  - Las señales son interrupciones al proceso.
  - Se ejecuta una función de tratamiento asociada de inmediato:



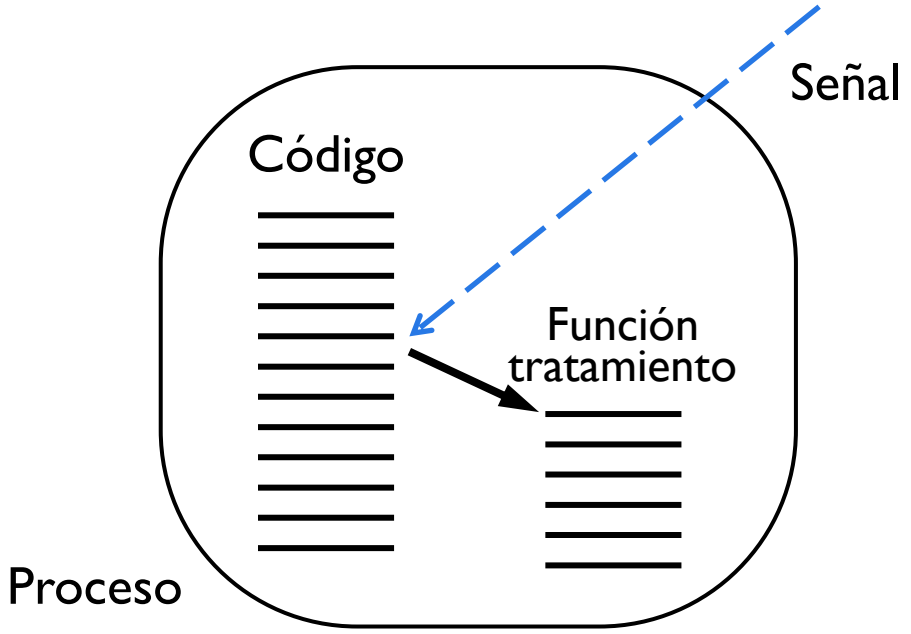
# Señales: interrupciones al proceso

- Mecanismo para comunicar a un proceso la ocurrencia de un evento de forma asíncrona y permitir reaccionar a dicho evento.
  - Las señales son interrupciones al proceso.
  - Se ejecuta una función de tratamiento asociada de inmediato:



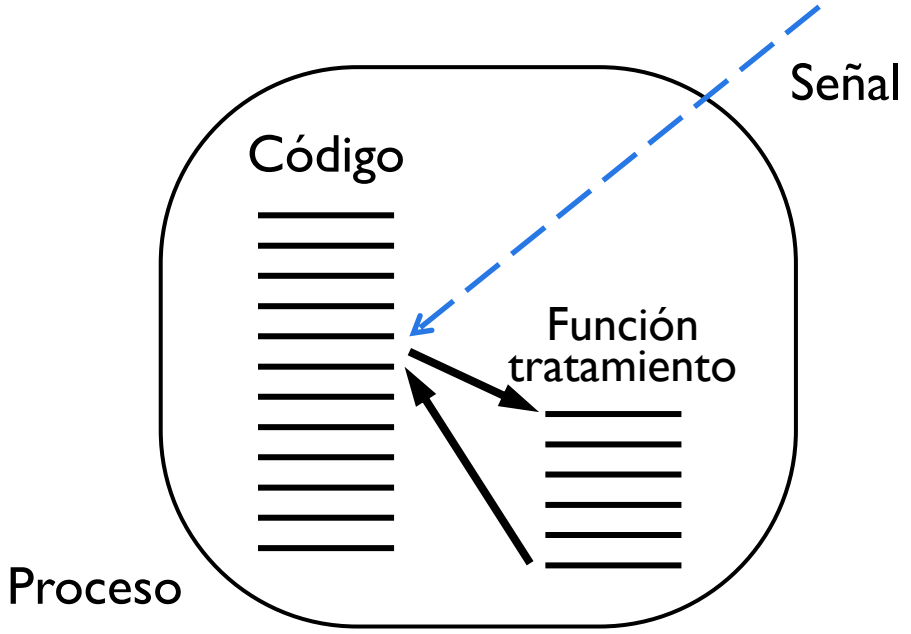
# Señales: interrupciones al proceso

- Mecanismo para comunicar a un proceso la ocurrencia de un evento de forma asíncrona y permitir reaccionar a dicho evento.
  - Las señales son interrupciones al proceso.
  - Se ejecuta una función de tratamiento asociada de inmediato:



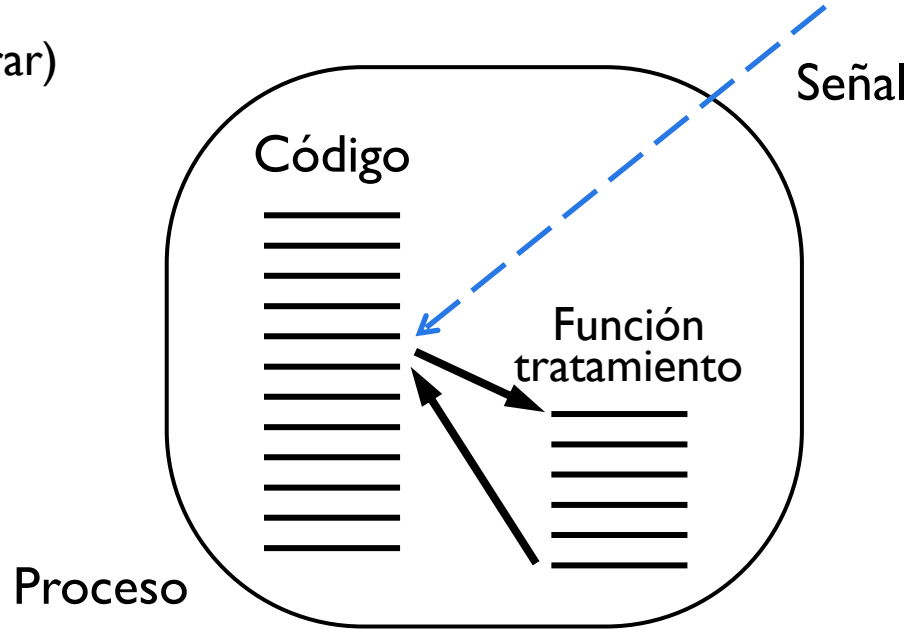
# Señales: interrupciones al proceso

- Mecanismo para comunicar a un proceso la ocurrencia de un evento de forma asíncrona y permitir reaccionar a dicho evento.
  - Las señales son interrupciones al proceso.
  - Se ejecuta una función de tratamiento asociada de inmediato:



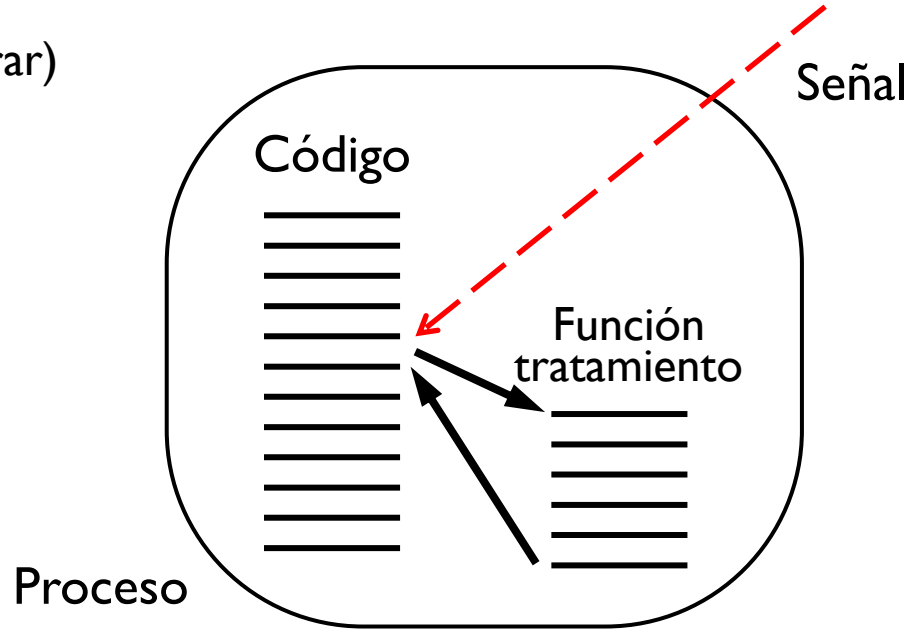
# Señales: interrupciones al proceso

- Mecanismo para comunicar a un proceso la ocurrencia de un evento de forma asíncrona y permitir reaccionar a dicho evento.
  - Las señales son interrupciones al proceso.
  - Se ejecuta una función de tratamiento asociada de inmediato:
    - Ignorar la señal (ser "inmune)
    - Tratar por defecto (matar/ignorar)
    - Invocar a una rutina propia.



# Señales: interrupciones al proceso

- Mecanismo para comunicar a un proceso la ocurrencia de un evento de forma asíncrona y permitir reaccionar a dicho evento.
  - Las señales son interrupciones al proceso.
  - Se ejecuta una función de tratamiento asociada de inmediato:
    - Ignorar la señal (ser "inmune)
    - Tratar por defecto (matar/ignorar)
    - Invocar a una rutina propia.
- Envío o generación desde:
  - Sistema operativo
  - Proceso



REPASO

# Programación orientada a eventos

## aspectos generales

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

1) Asociar el manejador (handler1) al evento

REPASO

# Programación orientada a eventos

## aspectos generales

```
void handler1 ( … )
{
}

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

2) Codificar la función manejador que tratará el evento

1) Asociar el manejador (handler1) al evento

REPASO

# Programación orientada a eventos

## aspectos generales

```
int global1;
…

void handler1 ( … )
{
}

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

3) Para comunicar funciones, se usa variables globales

2) Codificar la función manejador que tratará el evento

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 ;
}
```

3) Para comunicar funciones, se usa variables globales

2) Codificar la función manejador que tratará el evento

1) Asociar el manejador (handler1) al evento

# signal.h

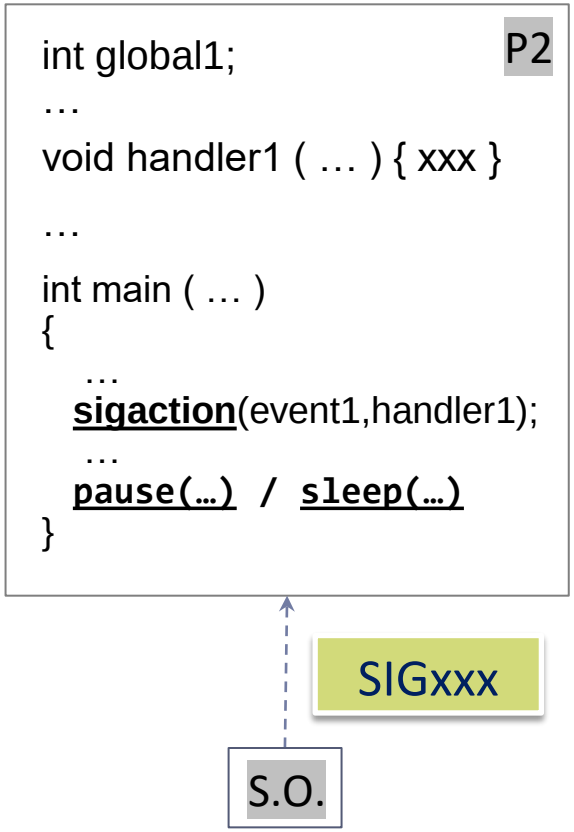
SIGILL_____instrucción ilegal
SIGALRM_____vence el temporizador
SIGKILL_____mata al proceso
SIGSEGV_____violación segmento memoria
SIGUSR1 y SIGUSR2__reservadas para el uso del programador

```
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
```

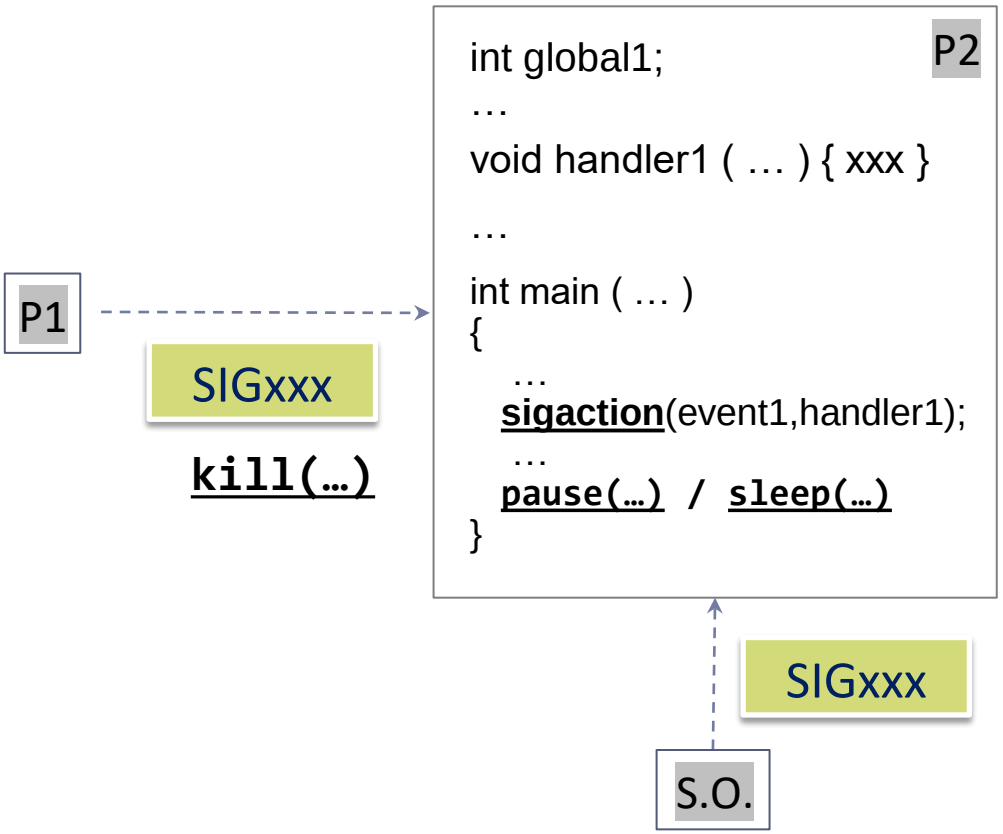
# Señales: ejemplos

- 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) ;`

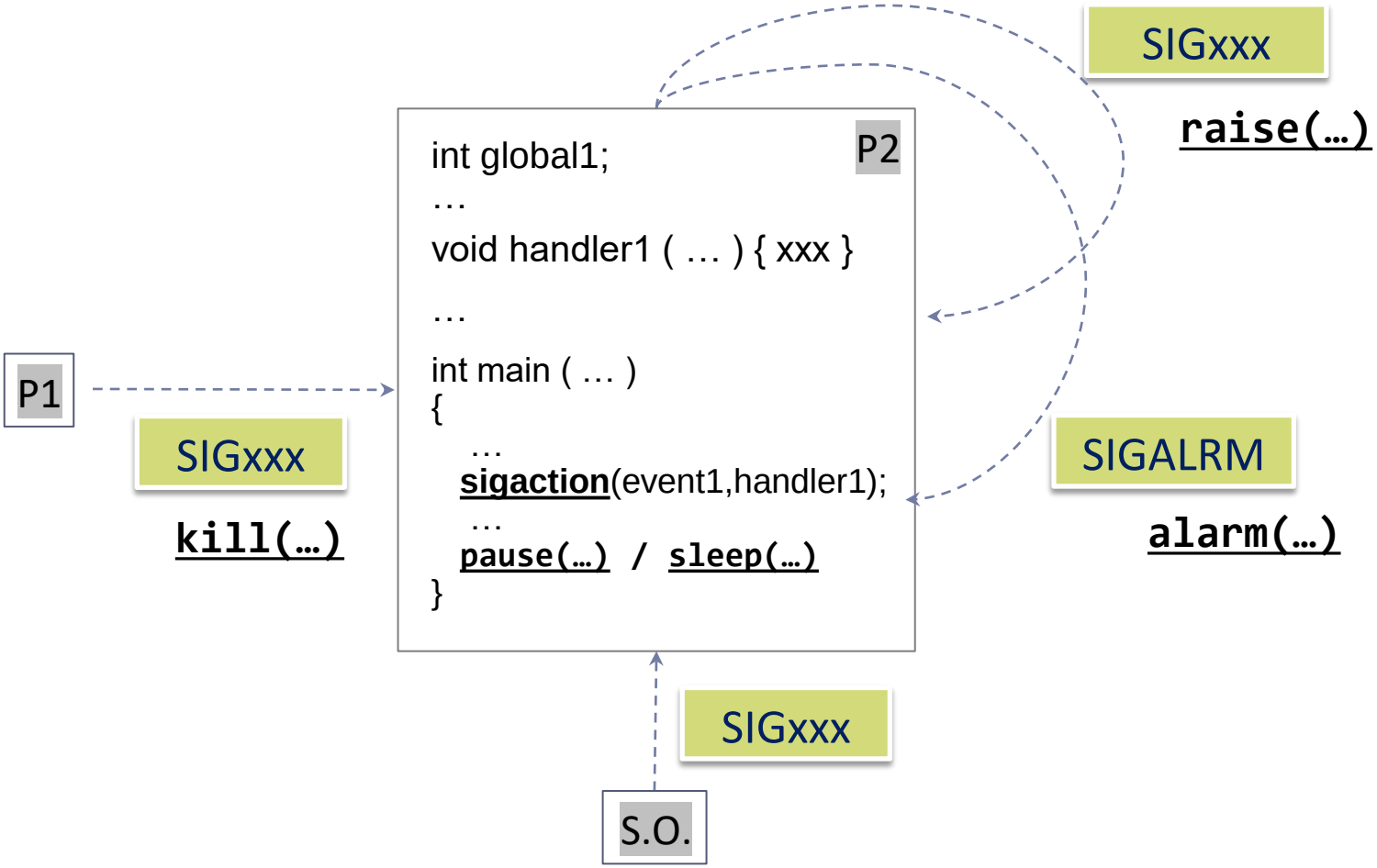
# Señales: sistema operativo a proceso



# Señales: proceso a proceso



# Señales: proceso a sí mismo



# 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 | `int kill ( pid_t pid, int sig ) ;` |
| Argumentos | ▫ **pid**: identificador de el/los proceso/s al/os que mandar la señal.<br>▫ **sig**: identificador de la señal a mandar. |
| Devuelve | ▫ Cero si éxito (al menos una señal fue enviada).<br>▫ -1 en caso de error. |
| Descripción | ▫ Envía al proceso "pid" la señal "sig".<br>▫ Casos especiales:<br>  ▫ pid > 0 -> proceso con identificador <pid><br>  ▫ pid = 0 -> a todos los procesos con igual gid que el llamante a kill().<br>  ▫ pid = -1 -> a todos los proceso que el llamante a kill() puede enviar.<br>  ▫ pid < -1 -> a todos los procesos del grupo de proceso con ID <pid> |

# Servicios POSIX para la gestión de señales
## raise

| | |
|---|---|
| Servicio | `int raise (int sig ) ;` |
| Argumentos | ▫ **sig**: identificador de la señal a mandar. |
| Devuelve | ▫ Cero si éxito (al menos una señal fue enviada).<br>▫ -1 en caso de error. |
| Descripción | ▫ Envía al propio proceso la señal "sig".<br>▫ En uniproceso equivale a `kill(getpid(), sig);`<br>En multihilo a `pthread_kill(pthread_self(), sig);` |

# Servicios POSIX para la gestión de señales
## pause

| | |
|---|---|
| Servicio | `int pause ( void ) ;` |
| Argumentos | ▫ Ninguno. |
| Devuelve | ▫ Tras llegar la señal y ejecutarse su manejador, pause() devuelve -1. |
| Descripción | ▫ Bloquea al proceso hasta la recepción de una señal.<br>▫ Detalles a recordar:<br>  ▫ No se puede especificar un plazo para desbloqueo.<br>  ▫ No permite indicar el tipo de señal que se espera.<br>  ▫ No desbloquea el proceso ante señales ignoradas. |

# Servicios POSIX para la gestión de señales
## sigaction

| | |
|---|---|
| Servicio | `int sigaction ( int sig,`<br>`  struct sigaction *act,`<br>`  struct sigaction *oact ) ;` |
| Argumentos | ▫ **sig**: identifica la señal.<br>▫ **act**: puntero a estructura que describe el tratamiento a usar.<br>▫ **oact**: (si != NULL) apuntará al antiguo tratamiento usado antes. |
| Devuelve | ▫ Cero si éxito.<br>▫ -1 en caso de error. |
| Descripción | ▫ Permite especificar la acción a realizar como tratamiento de la señal "sig".<br>▫ La configuración anterior se guarda en "oact" si no es NULL.<br>▫ La estructura sigaction:<br>  ▫ **sa_handler**: SIG_DFL (por defecto, en general muere pero algún caso ignora), SIG_IGN (ignorar) o puntero a función a usar.<br>  ▫ **sa_sigaction**: alternativa a sa_handler (no usar a la vez o ninguna).<br>  ▫ **sa_mask**: máscara de señales a bloquear durante el manejador.<br>  ▫ **sa_flags**: cero por defecto (conjunto de *flags*). |

# Servicios POSIX para la gestión de señales
## sigaction

| | |
|---|---|
| Servicio | `int sigaction ( int sig,`<br>`  struct sigaction *act,`<br>`  struct sigaction *oact ) ;` |
| Argumentos | ▫ **sig**: identifica la señal.<br>▫ **act**: puntero a estructura que describe el tratamiento a usar.<br>▫ **oact**: (si != NULL) apuntará al antiguo tratamiento usado antes. |
| Devuelve | ▫ Cero si éxito.<br>▫ -1 en caso de error. |
| Descripción | ▫ Permite especificar la acción a realizar como tratamiento de la señal "sig".<br>▫ La configuración anterior se guarda en "oact" si no es NULL.<br>▫ La estructura sigaction:<br>  ▫ **sa_handler**: SIG_DFL (por defecto, en general muere pero algún caso ignora), SIG_IGN (ignorar) o puntero a función a usar.<br>  ▫ **sa_sigaction**: alternativa a sa_handler (no usar a la vez o ninguna).<br>  ▫ **sa_mask**: máscara de señales a bloquear durante el manejador.<br>  ▫ **sa_flags**: cero por defecto (conjunto de *flags*). |

# 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
## sleep

| | |
|---|---|
| Servicio | `int sleep ( unsigned int sec ) ;` |
| Argumentos | ▫ **sec**: segundos a dormir el proceso (suspende su ejecución). |
| Devuelve | ▫ 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 | ▫ Suspende un proceso hasta que vence un plazo o se recibe una señal |

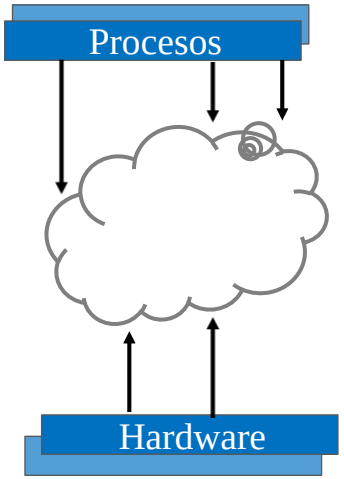
# Contenidos

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

REPASO

# 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 | `int alarm ( unsigned int sec ) ;` |
| Argumentos | ▫ **sec**: número de segundos tras los que se enviará SIGALRM. |
| Devuelve | ▫ Si no había un temporizador activado entonces devuelve cero.<br>▫ En caso contrario devuelve el número de segundos que quedaban para vencer el temporizador anterior. |
| Descripción | ▫ Establece un nuevo temporizador:<br>  ▫ Si había un temporizador en marcha entonces se elimina y se pone uno nuevo en su lugar.<br>  ▫ Si el parámetro es cero se desactiva el temporizador. |

# Ejemplo 1: 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 2: finalización temporizada (1/2)

```c
#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;
}
```

```c
#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 2: 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;
}
```

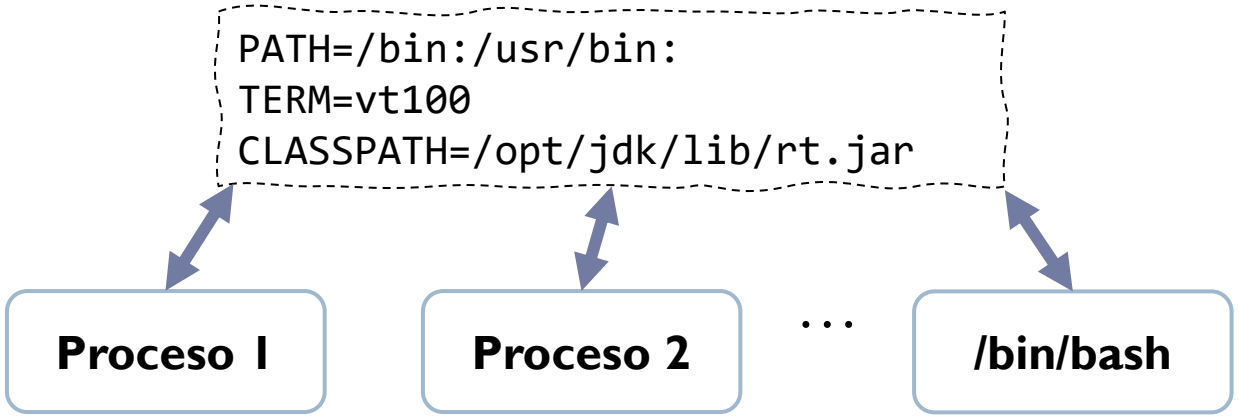
```
switch(pid) {
  case -1: /* error fork() */
           perror ("fork");
           exit(-1);
  case 0:  /* hijo */
           execvp(argumentos[0],
                  argumentos);
           perror("exec");
           exit(-1);
  default: /* padre */
        act.sa_handler = tratar_sigal;
        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.
- Mecanismo de paso de información a procesos en ejecución.
  - Puede actualizarse aspectos de configuración de los procesos
  - 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.
- Mecanismo de paso de información a procesos en ejecución.
  - Puede actualizarse aspectos de configuración de los procesos
  - 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
…

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

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

# Variables de entorno

- Las variables de entorno forman una información accesible a un proceso en forma de tuplas clave y valor.
- Mecanismo de paso de información a procesos en ejecución.
  - Puede actualizarse aspectos de configuración de los procesos
  - 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.
- Mecanismo de paso de información a procesos en ejecución.
  - Puede actualizarse aspectos de configuración de los procesos
  - 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 puntenv ( 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.

Grupo ARCOS
Universidad Carlos III de Madrid

# Lección 3
## Señales, excepciones y pipes

Sistemas Operativos
Ingeniería Informática