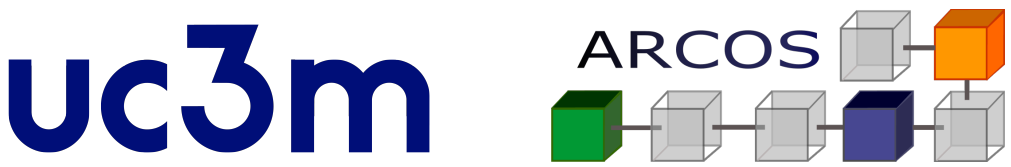


Área de Arquitectura y Tecnología de Computadores

Universidad Carlos III de Madrid

SISTEMAS OPERATIVOS
Práctica 2. Intérprete de mandatos (Minishell)

Grado de Ingeniería en Informática
Grado en Matemática Aplicada y Computación
Doble Grado en Ingeniería Informática y Administración de Empresas

Curso 2023-2024

Índice

Índice

Introducción

- Desarrollo de un intérprete de mandatos (minishell) en UNIX/Linux en lenguaje C.
- Debe permitir:
  - Ejecución de mandatos simples

    `ls, cp, mv, rm, [...].`
  - Ejecución de secuencias de mandatos

    `ls | wc -l`

    `ls | sort | wc -l`
  - Ejecución de mandatos simples o secuencias en *background* (&)

    `ls &`
  - Ejecución de mandatos simples o secuencias con redirección de entrada, salida o salida de error:

    `cat | more < fichero`

    `ls > fichero`

    `ls | grep mio > mis_entradas`

    `make install !> salida_error`

Proceso de desarrollo

1. Soporte para mandatos simples: `ls, cp, mv, [...]`.
2. Soporte para ejecución de mandatos simples en *background* (&).
3. Soporte para secuencias de mandatos: `ls | wc -l, [...]`.
4. Soporte para secuencias de mandatos en *background* (&).
5. Soporte para redirecciones sobre mandatos simples y secuencias de mandatos (<, >, !>).
6. Mandatos internos:
   - `mycalc`
   - `myhistory`

Índice

Código Fuente de Apoyo

- Para el desarrollo de la práctica se proporciona código inicial que se puede descargar de Aula Global.

- Los ficheros proporcionados son:

```
1    p2_minishell_23_24/
2        Makefile
3        libparser.so
4        probador_ssoo_p2.sh
5        msh.c
6        autores.txt
```

- Para compilar la práctica simplemente ejecutar el comando `make`, y exportar el *path* para la librería dinámica.

```
export LD_LIBRARY_PATH=/home/username/path:$LD_LIBRARY_PATH
```

- El alumno solo debe **modificar el fichero msh.c para incluir la funcionalidad pedida.**

Índice

Obtención de mandatos

- Para la recuperación de los mandatos se utiliza un analizador sintáctico. Comprueba si la secuencia de mandatos tiene una estructura correcta y permite recuperar el contenido a través de la función:

```
int read_command(char ***argvv, char **filev, int *bg);
```

- Devuelve:
  - 0 $\longrightarrow$ En caso de EOF (CTRL + C).
  - -1 $\longrightarrow$ En caso de error.
  - n $\longrightarrow$ Número de mandatos introducidos.
- Ejemplos:
  - `ls | sort` $\longrightarrow$ Devuelve 2.
  - `ls | sort > fich` $\longrightarrow$ Devuelve 2.
  - `ls | sort &` $\longrightarrow$ Devuelve 2.
  - `cat < input_file` $\longrightarrow$ Devuelve 1.

Función read_command

- La función `read_command` retorna como primer parámetro:

char ***argvv

- Es una estructura que contiene los mandatos introducidos por el usuario
- Ejemplo:
  - Imprimir el mandato i:

printf("Mandato i: %s \n", argvv[i][0]);

  - Imprimir su primer elemento:

printf("Arg 1 de i: %s \n", argvv[i][1]);

Función read_command

- La función `read_command` retorna como segundo parámetro:

char **filev

- Es una estructura que contiene los nombres de los ficheros usados en las redirecciones o, si no existe, cadena con un cero ("0").
  - **filev[0]** Cadena que contiene el nombre del fichero usado para la redirección de entrada (<)
  - **filev[1]** Cadena que contiene el nombre del fichero usado para la redirección de salida (>)
  - **filev[2]** Cadena que contiene el nombre del fichero usado para la redirección de salida de error (! >)

Función read_command

- La función `read_command` retorna como tercer parámetro:

int *in_background

- Es una variable que indica si se ejecutan los mandatos en *background*
- Sus valores son:
  - **in_background = 0** $\longrightarrow$ Si no se ejecuta en *background*
  - **in_background = 1** $\longrightarrow$ Si se ejecuta en *background* (&)

Función read_command

- ls -l | sort < fichero

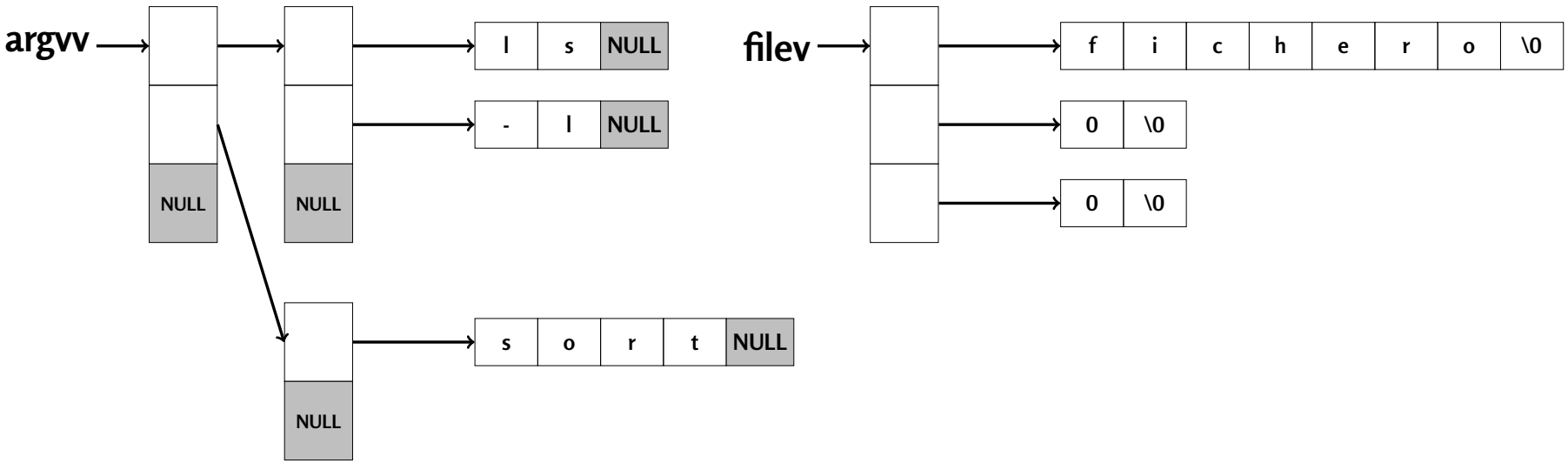


Figura: *Estructura de datos generada por el parser.*

Descriptores de fichero de un proceso

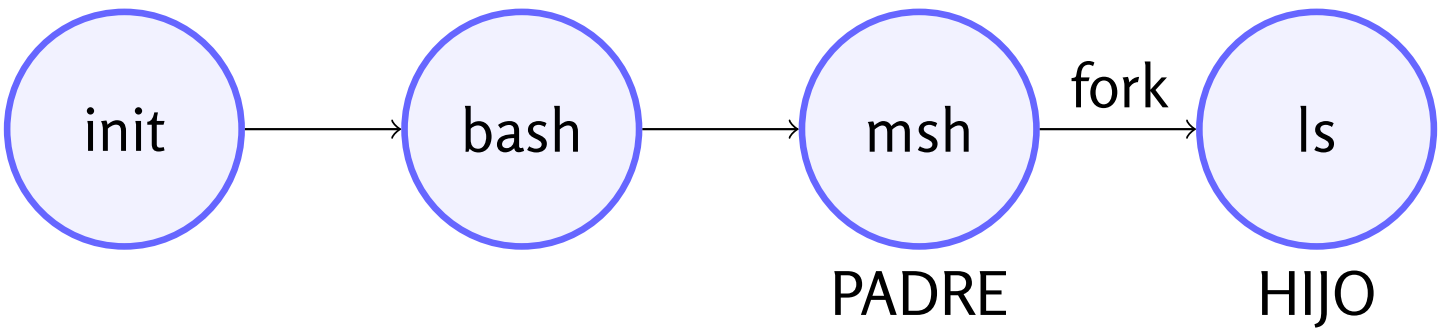
- En UNIX/Linux todo proceso tiene abiertos tres descriptores de fichero por defecto:
  1. Entrada estándar (`STDIN_FILENO`): Valor = 0
  2. Salida estándar (`STDOUT_FILENO`): Valor = 1
  3. Salida de error estándar (`STDERR_FILENO`): Valor = 2
- Los mandatos que se ejecutan en una shell están programados para leer y escribir de la entrada/salida estándar.
- Es posible redireccionar la entrada/salida estándar para leer/escribir de otros ficheros, o para leer/escribir en una tubería.
- Tabla de descriptores de un proceso cuando se crea:

0	**STD_IN**
1	**STD_OUT**
2	**STD_ERR**

Procesos necesarios en el minishell

- En el minishell toda la creación de procesos se hace a partir del proceso del propio minishell
- Ejemplo de ejecución de la orden `ls`.

```
1 bash> ./msh      #Ejecucion del minishell
2 msh> ls          #Ejecución de ls dentro del msh
```



- Cada mandato (por ejemplo `ls`) será ejecutado en un proceso hijo del minishell

Creación de procesos con fork()

- Permite generar un nuevo proceso o proceso hijo que es una copia exacta del proceso padre `pid_t fork()`, devuelve:
  - **0** si es el hijo
  - **pid** si es el padre
- El proceso hijo hereda:
  - Los valores de manipulación de señales.
  - La clase del proceso.
  - Los segmentos de memoria compartida.
  - La máscara de creación de ficheros, etc.
- El proceso hijo **difiere** en:
  - El hijo tiene un ID de proceso único
  - **Dispone de una copia privada de los descriptores de ficheros abiertos por el padre.**
  - El conjunto de señales pendientes del proceso hijo es vaciado.
  - El hijo no hereda los bloqueos establecidos por el padre.

Ejemplo de creación de procesos con fork()

```
1  #include <sys/type.h>
2  #include <unistd.h>
3  #include <stdio.h>
4
5  int main(){
6      int pid, estado;
7      pid = fork();
8      switch(pid){
9          case -1: /* error */
10             perror ("Error en el fork");
11             return -1;
12         case 0: /* hijo */
13             printf("El proceso HIJO se duerme 10 segundos\n");
14             sleep(10);
15             printf("Fin del proceso HIJO\n");
16             break;
17         default: /* padre */
18             if (wait(&estado) == -1) //El padre espera por el hijo
19                 perror ("Error en el wait");
20             printf ("Fin del proceso PADRE\n");
21     }
22     exit(0);
23 }
```

Ejecución de procesos con execvp()

- La función `execvp` reemplaza la imagen del proceso que la invoca con una nueva. Esta imagen nueva corresponderá al mandato que desea ejecutar.

```
int execvp (const char *file, char *const argv[]);
```

- Argumentos:
  - `file`: Ruta del fichero que contiene el comando que va a ser ejecutado. Si no hay ruta busca dentro del `PATH`.
  - `argv[]`: Lista de argumentos disponibles para el nuevo programa. **El primer argumento por convenio debe apuntar al nombre del fichero que se va a ejecutar.**

- Retorno:
  - Si la función retorna algo es porque ha ocurrido un error.
  - Devuelve **-1** y el código de error está en la variable global `errno`.
  - La función no devuelve nada si la ejecución ha sido correcta.

Ejemplo de creación de procesos con execvp()

```
1  #include <sys/type.h>
2  #include <unistd.h>
3  #include <stdio.h>
4
5  int main(){
6      int pid;
7      char *argumentos[3] = {"ls", "-l", "NULL"};
8      pid = fork();
9      switch(pid){
10         case -1: /* error */
11             perror ("Error en el fork");
12             return -1;
13         case 0: /* hijo */
14             execvp(argumentos[0], argumentos);
15             perror ("Error en el exec. Si todo ha ido bien, NO debería ejecutarse");
16             break;
17         default: /* padre */
18             printf ("Soy el proceso PADRE\n");
19     }
20     exit(0);
21 }
```

Finalización y espera de procesos

- La finalización de un proceso puede hacerse con las sentencias:

```
return status;
void exit(int status);
void abort(void); //Finalización anormal del proceso.
```

- Los procesos pueden esperar a la finalización de otros proceso.

```
pid_t waitpid(pid_t pid, int *status, int options);
```

- Normalmente los procesos padres siempre esperan a que finalicen los hijos

```
pid_t wait(int *status);
```

- Si un proceso finaliza y su proceso padre no ha hecho wait esperando por él, pasa a estado ZOMBIE.

`ps -axf` $\longrightarrow$ Permite visualizar los procesos zombie.

`kill -9` <pid> $\longrightarrow$ Permite matar un proceso.

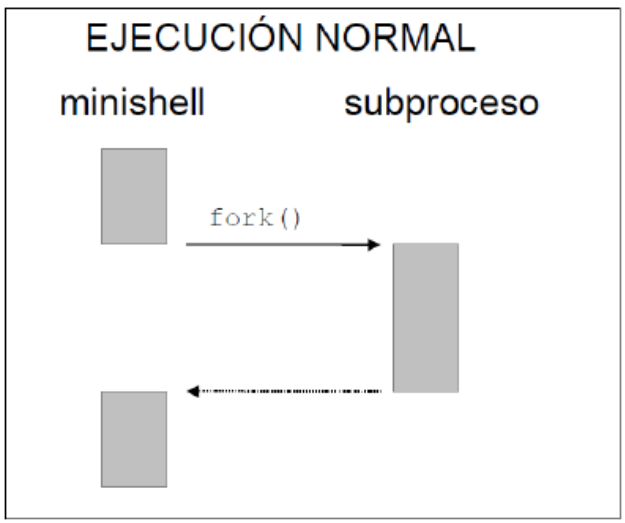
Ejemplo de finalización y espera de procesos

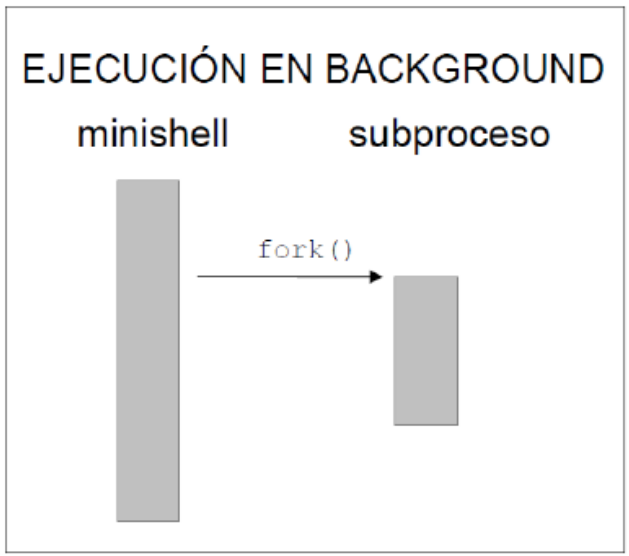
```c
#include <sys/type.h>
#include <unistd.h>
#include <stdio.h>
#include <sys/wait.h>

int main(){
    int pid, status;
    char *argumentos[3] = {"ls", "-l", "NULL"};
    pid = fork();
    switch(pid){
        case -1: /* error */
            perror ("Error en el fork");
            return -1;
        case 0: /* hijo */
            execvp(argumentos[0], argumentos);
            perror ("Error en el exec. Si todo ha ido bien, NO debería ejecutarse");
            break;
        default: /* padre */
            while (wait(&status) != pid);
            if ( status == 0 ) printf ("Ejecución normal del hijo\n");
            else printf ("Ejecución anormal del hijo\n");
    }
    exit(0);
}
```

Ejecución en *background*

1. Un mandato puede ser ejecutado en *background* desde la línea de comandos indicando al final un &. Por ejemplo: `sleep 10 &`
2. En este caso el proceso padre no se bloquea esperando la finalización del proceso hijo.
3. La orden `fg <job_id>` permite recuperar un proceso en background. Recibe un id de trabajo, no un pid.





Identificadores de procesos

- Un proceso es un *programa en ejecución*
- Todos los procesos tienen un identificador único. Dos primitivas permiten recuperar el identificador de un proceso:

```
pid_t getpid(void);
pid_t getppid(void);
```

- Un ejemplo:

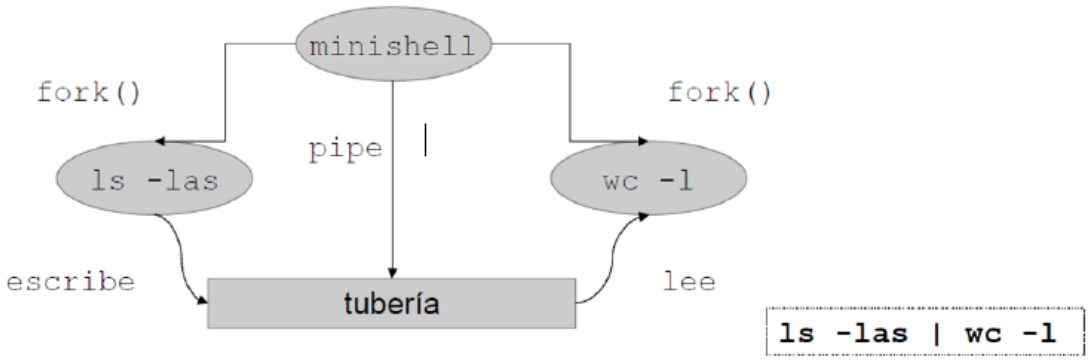
```
1 #include <sys/type.h>
2 #include <stdio.h>
3
4 int main(){
5     printf("Identificador del proceso: %s\n", getpid());
6     printf("Identificador del proceso padre: %s\n", getppid());
7     return 0;
8 }
```

Secuencias de mandatos con tuberías

- Las secuencias de mandatos se separan por un pipe o tubería |. Por ejemplo:

```
ls -las | wc -l
```

- La salida estándar de cada mandato se conecta a la entrada estándar del siguiente.
- El primer mandato lee de la entrada estándar (teclado) si no existe redirección de entrada.
- El último mandato escribe en la salida estándar (pantalla) si no existe redirección de salida.

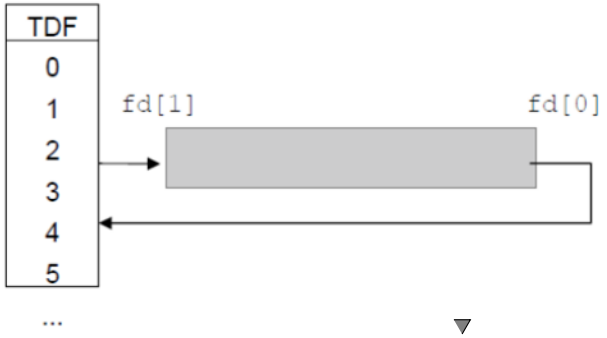


Creación de tuberías con pipe()

- Para la creación de tuberías sin nombre se utiliza la primitiva `pipe`.

```
#include <unistd.h>
int pipe(int descf[2])
```

- Devuelve:
  - -1 $\longrightarrow$ Si error.
  - 0 $\longrightarrow$ En cualquier otro caso.
- Recibe un array con los descriptores de fichero para entrada y salida.
  - `descf[0]` $\longrightarrow$ Descriptor de entrada del proceso (read).
  - `descf[1]` $\longrightarrow$ Descriptor de salida del proceso (write).

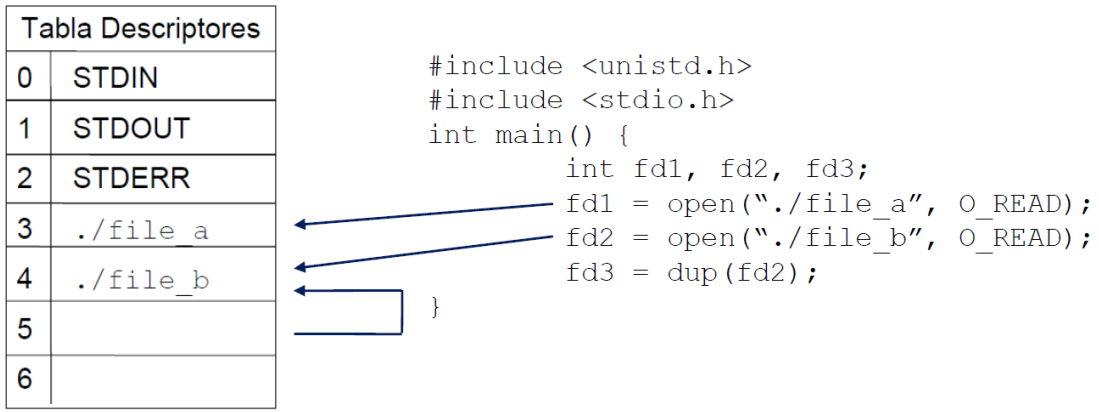


Primitivas dup y dup2

- Las primitivas `dup` y `dup2` permiten duplicar descriptores de ficheros.

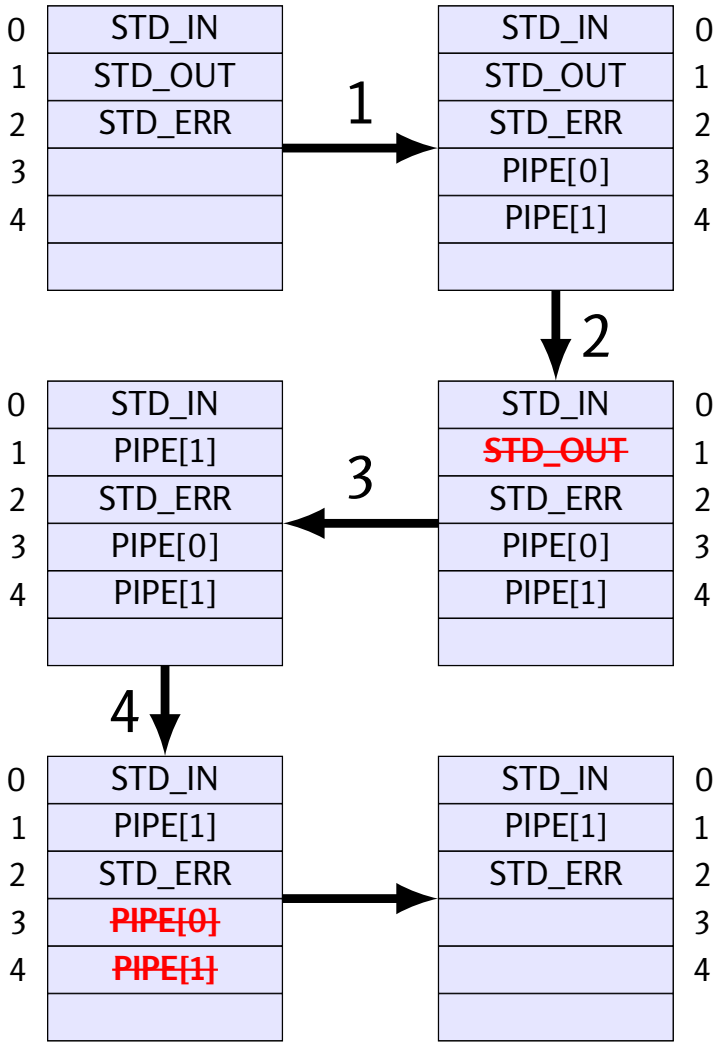
```
#include <unistd.h>
int dup(int oldfd);
int dup2(int oldfd, int newfd);
```

- La primitiva `dup` utiliza el primer descriptor disponible de la tabla un fichero.



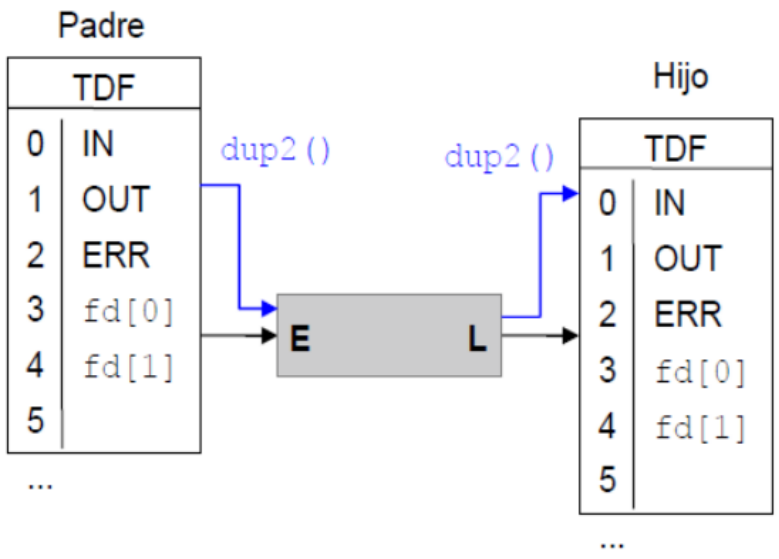
Uso de pipe + dup

1. pipe → `pipe(pipe)`
2. close → `close(STDOUT_FILENO)`
3. dup → `dup(pipe[1])`
4. close → `close(pipe[0])`
   `close(pipe[1])`



Ejemplo de uso de tuberías

```
1  int main(int argc, char *argv[])
2  {
3      int fd[2];
4      char *args1[2] = {"more", "NULL"};
5      char *args2[3] = {"ls", "NULL"};
6      pipe(fd);
7      if(fork() == 0)
8      {
9          close(STDIN_FILENO);
10         dup(fd[0]);
11         close(fd[1]);
12         execvp(args1[0], args1);
13     }else
14     {
15         close(STDOUT_FILENO);
16         dup(fd[1]);
17         close(fd[0]);
18         execvp(args2[0], args2);
19     }
20     printf("ERROR: %d\n", errno);
21 }
```



Redirecciones de entrada, salida y error

- La primitiva `open` utiliza el primer descriptor disponible de la tabla al abrir un fichero.
- Es posible redireccionar la entrada/salida estándar para escribir/leer de otros ficheros.
- La redirección de entrada (<) sólo afecta al primer mandato.
- Ejemplo: Abre un fichero en modo lectura y lo usa como entrada estándar.

```
close (STDIN_FILENO);
df = open ("./fichero_entrada", O_RDONLY);
```

Redirecciones de entrada, salida y error

- La redirección de salida (>) sólo afecta al último mandato.
- Ejemplo: Abre un fichero en modo escritura y lo usa como salida estándar.

```
close (STDOUT_FILENO);
df = open ("./fichero_salida", O_CREAT | O_WRONLY, 0666);
```

- La redirección de salida error (!>) afectan a cualquier mandato.
- Ejemplo: Abre un fichero en modo escritura y lo usa como salida de error.

```
close (STDERR_FILENO);
df = open ("./fichero_error", O_CREAT | O_WRONLY, 0666);
```

Control de errores

- Cuando una llamada al sistema falla devuelve **-1**. El código de error asociado se encuentra en la variable global `errno`.
- En el fichero `errno.h` se encuentran los posibles valores que puede tomar.
- Para acceder al código de error existen dos posibilidades:
  - Usar `errno` como índice para acceder a la cadena de `sys_errlist[]`.
  - Usar la función de librería `perror()`. Ver `man 3 perror`.
- `perror` imprime el mensaje recibido como parámetro y a continuación el mensaje asociado al código del último error ocurrido durante una llamada al sistema.

```
1    #include <stdio.h>
2    void perror (const char *s);
```

Índice

Mandatos internos

- Un mandato interno es aquel que o bien se corresponde con una llamada al sistema o bien es un complemento que ofrece el propio minishell.
- Su función ha de ser implementada dentro del propio minishell.
- Deberá analizarse la entrada de los mandatos. **El parser no lo hace**.
- Se ejecutarán en el proceso minishell.
- **No forman parte de secuencias de mandatos.**
- **No tienen redirecciones de fichero.**
- **No se ejecutan en *background*.**

mycalc

- El minishell debe proporcionar el comando interno `mycalc` cuya sintaxis es:

  `mycalc <operando_1> <add/mul/div> <operando_2>`

- Para ello debe:
  1. Comprobar que la sintaxis es correcta.
  2. Ejecutar la operación elegida: suma (add), multiplicación (mul) o división (div).
  3. Mostrar por pantalla los resultados.
     - Caso correcto por la **salida estándar de error**.
     - Error por la **salida estándar**.

- Operación "add" tiene una variable de entorno "Acc" que acumula los resultados de las sumas realizadas, pero no de las multiplicaciones y las divisiones.

mycalc

```
msh>> mycalc 3 add -8
[OK] 3 + -8 = -5; Acc -5
msh>> mycalc 5 add 13
[OK] 5 + 13 = 18; Acc 13
msh>> mycalc 4 mul 8
[OK] 4 * 8 = 32
msh>> mycalc 10 div 7
[OK] 10 / 7 = 1; Resto 3
msh>> mycalc 10 / 7
[ERROR] La estructura del comando es mycalc <operando_1> <add
    /mul/div> <operando_2>
msh>> mycalc 8 mas
[ERROR] La estructura del comando es mycalc <operando_1> <add
    /mul/div> <operando_2>
```

myhistory

- El minishell debe proporcionar el comando interno `myhistory` cuya sintaxis es:

```
myhistory
myhistory <N>
```

myhistory

- Para ello debe:
  1. Comprobar que la sintaxis es correcta.
  2. Si se ejecuta sin argumentos, se muestra por la **salida estándar de error** una lista con los últimos 20 mandatos introducidos con el siguiente formato:

     `<N> <comando>`
  3. Si se ejecuta con un argumento se ejecutará el mandato asociado en la lista y mostrará por la **salida estándar de error** el mensaje:

     `Ejecutando el comando <N>`
  4. Si el número de comando introducido no existe, se mostrará por la **salida estándar** el siguiente mensaje:

     `ERROR: Comando no encontrado`

myhistory

- Se proporciona:
  1. la variable `run_history` indica si el siguiente mandato a ejecutar proviene del mandato interno `myhistory`
  2. La estructura `command`
  3. La función `store_command`: copia el comando introducido
  4. La función `free_command`: libera los recursos utilizados por la estructura

myhistory

```
msh>> myhistory
0 ls
1 ls | grep a
2 ls | grep b &
3 ls | grep c > out.txt &
msh>> myhistory 0
Ejecutando el comando 0
file.txt file2.txt
msh>> myhistory 27
ERROR: Comando no encontrado
```

Índice

Probador

- Se proporciona a los alumnos el shell-script **probador_ssoo_p2.sh**
- El probador deberá ejecutarse en las máquinas virtuales con Ubuntu Linux o en la Aulas Virtuales del Laboratorio de Informática
- Para ejecutarlo se debe dar permisos de ejecución al archivo mediante:

```
chmod +x probador_ssoo_p2.sh
```

- Y ejecutar con:

```
./probador_ssoo_p2.sh <fichero_zip>
```

- Ejemplo:

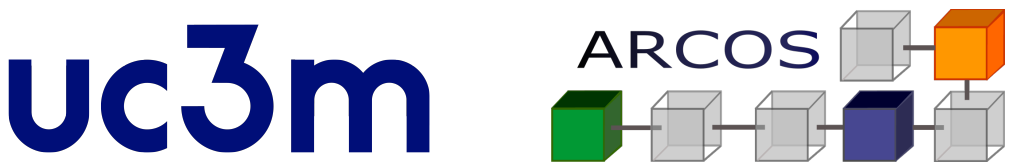
```
$ ./probador_ssoo_p2.sh
ssoo_p2_100254896_100047014.zip
```

Índice

Plazo de entrega y grupos

- Grupos de 3 personas máximo.
- Entrega de:
  - Código Fuente en un archivo comprimido
  - Memoria de práctica en PDF a través de entregador TURNITIN
  - Solamente podrá entregar un integrante del grupo
- Fecha de entrega:

12 de Abril de 2024 (hasta las 23:55h)



Área de Arquitectura y Tecnología de Computadores

Universidad Carlos III de Madrid

SISTEMAS OPERATIVOS
Práctica 2. Intérprete de mandatos (Minishell)

Grado de Ingeniería en Informática
Grado en Matemática Aplicada y Computación
Doble Grado en Ingeniería Informática y Administración de Empresas

Curso 2023-2024