El processos

Sistemes Operatius 1

Lluís Garrido – lluis.garrido@ub.edu

Grau d'Enginyeria Informàtica

Organització de les transparències

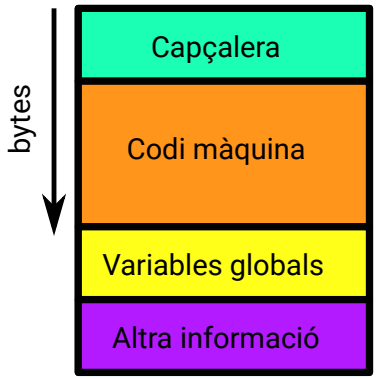
Organització

1. Què és un procés (recordatori)
2. Creació i gestió de processos
3. Entrada-sortida: redirecció i canonades

El concepte de procés

Aquest és el model de programació al qual estem acostumats

1. Es realitza un programa en un llenguatge d'alt nivell (per exemple, C).
2. S'utilitza un compilador per convertir el codi en instruccions màquina.
3. El compilador genera un codi executable del programa. El codi executable té una "estructura interna" coneguda pel sistema operatiu.

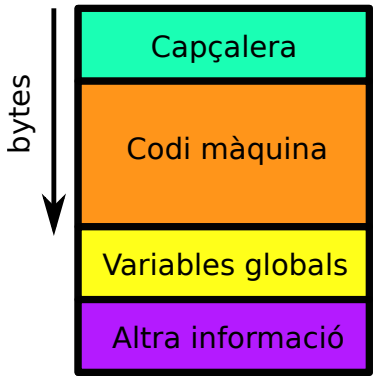


Estructura d'un programa

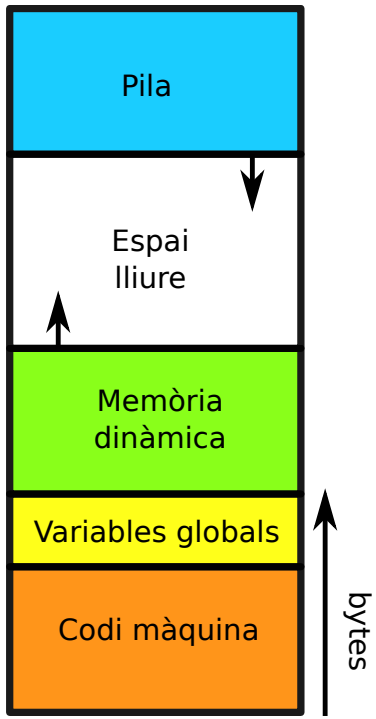
El concepte de procés

Què és un procés?

- Un procés és un programa en execució, una instància d'un programa, de la mateixa forma que un objecte és una instància d'una classe a programació orientada a objectes.



Estructura d'un programa

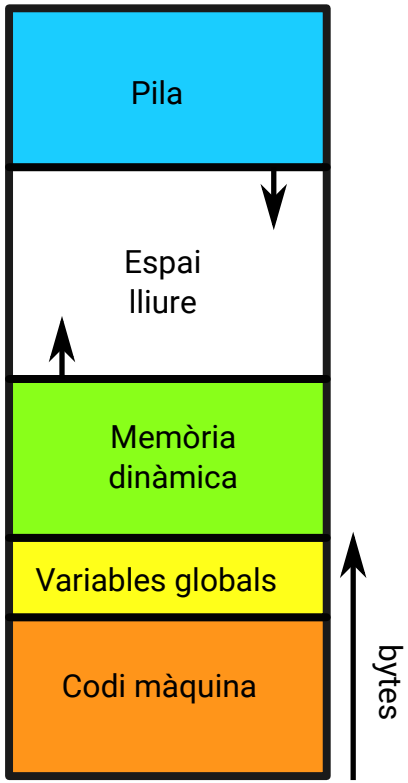


Estructura d'un procés a memòria

El concepte de procés

Internament, el sistema operatiu manté, mitjançant el Bloc de Control de Processos (BCP, en anglès Process Control Block), una llista dels processos que s'executen . El BCP emmagatzema, per a cada procés,

- En quina part de la memòria física resideix.
- Quin és el fitxer executable associat.
- Quin és l'usuari que l'executa.
- Quins privilegis té, etc.



Estructura d'un procés a memòria

El concepte de procés

Els ordinadors d'avui en dia poden fer moltes coses a la vegada

- Tot i que només hi hagi una única CPU, el sistema operatiu s'encarrega d'executar múltiples processos al mateix ordinador al mateix temps,
- El sistema operatiu ho aconsegueix executant cada procés només per unes desenes o centenars de milisegons. En acabar aquesta "llesca de temps" per al procés el sistema operatiu s'encarrega de canviar de procés.
- En cada instant de temps només s'executa un únic procés, però en un segon poden executar múltiples processos (inclús el mateix procés múltiples vegades), donant a l'usuari l'il·lusió de paral·lelisme.

El concepte de procés

Els ordinadors d'avui en dia poden fer moltes coses a la vegada

- En sistemes multiprocessador el paral·lelisme es real, tot i que el sistema operatiu hi aplica la mateixa idea: en un segon múltiples processos poden executar en una determinada CPU.
- El sistema operatiu utilitza algorismes específics per decidir quin procés s'ha d'executar en cada moment a cada CPU. És la base de la multiprogramació.

Veurem tots aquests detalls en el tema de planificació!

La interfície de programació

Ens preguntem quin tipus de interfície ha de proveir un sistema operatiu als processos. Entre altres coses,

- Gestió de processos: Pot un procés crear un altre procés? Pot un procés esperar que un altre procés acabi d'executar? Aturar o continuar l'execució d'un procés?
- Entrada-sortida: Com poden el processos comunicar-se amb dispositius connectats a l'ordinador? Poden els processos comunicar-se entre sí?
- Altres interfícies inclouen coses com la gestió de memòria, la gestió de la xarxa, etc. No hi entrarem en aquest tema.

La interfície de programació

Respecte els dos primers punts (la gestió de processos i l'entrada-sortida)

- La funcionalitat està implementada a nivell de nucli i els processos hi poden accedir mitjançant crides a sistema. En total hi ha una dotzena de crides associades.
- Pel que fa sistemes UNIX, la interfície pràcticament no ha canviat respecte el seu disseny inicial del 1973 i continua essent molt utilitzada avui en dia. La interfície UNIX és senzilla, potent i portable. No ha sigut necessari canviar la interfície del sistema operatiu i, per tant, els desenvolupadors s'han pogut concentrar en desenvolupar aplicacions d'usuari.

La interfície de programació

La interfície de programació ha de ser segura en front a qualsevol ús maliciós.

- Antigament, en els sistemes de processament per lots, el nucli s'encarregava de crear els processos. Realment no hi havia problemes de "seguretat" en crear processos ja que era el sistema operatiu mateix qui ho controlava tot.
- A l'actualitat els mateixos processos poden crear i gestionar altres processos. Això ha permès un munt d'innovació, essent una de les primeres aplicacions l'intèrpret de comandes. Altres aplicacions que creen i gestionen processos són els gestors gràfics de finestres, els servidors web, els navegadors web, les bases de dades, els compiladors, els editors de text, etc. Cal gestionar la seguretat!

La interfície de programació

Permetre que un procés pugui crear altres processos té beneficis importants

- En comptes de crear un únic programa que fa de tot, es creen múltiples programes petits i especialitzats per a cada tasca. L'usuari els pot combinar per aconseguir el que vol.
- A la línia de comandes existeixen un munt d'aplicacions especialitzades. Es poden combinar de forma molt senzilla per aconseguir funcionalitats molt potents.
- Un navegador web acostuma a fer servir aplicacions externes per tal de dibuixar una pàgina a pantalla. Això permet aconseguir funcionalitats molt complexes.
- El mateix passa amb el servidor web que és qui "entrega" la pàgina al navegador: abans d'entregar-la al navegador es poden invocar a processos externs per tal de formatar-la adequadament perquè pugui ser visualitzada al navegador.

La interfície de programació

Anem a veure a continuació les bases de la interfície de programació per a

1. La gestió de processos
2. L'entrada-sortida

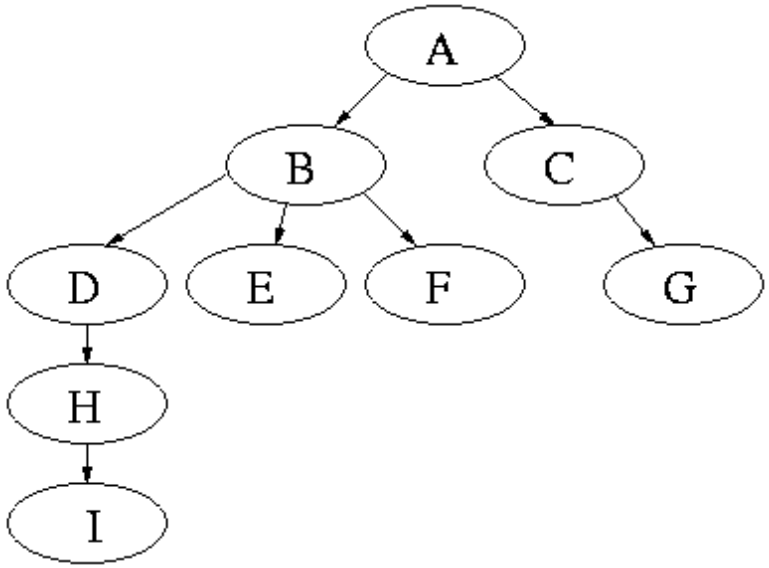
La gestió de processos

El procés que crea el procés s'anomena pare mentre que el procés que es crea s'anomena fill. Les tasques que ha de realitzar el nucli en crear un nou procés són:

1. Crear i inicialitzar el Bloc de Control de Processos
2. Crear i inicialitzar l'espai d'adreces a memòria
3. Carregar el programa a memòria
4. Avisar al nucli que hi ha un nou procés a la llista de processos a executar
5. Preparar el nucli per començar a executar al "main".

La gestió de processos

Atès que els processos poden crear altres processos es crea una jerarquia de processos. El sistema operatiu emmagatzema informació sobre aquesta jerarquia.



Podem veure la jerarquia de processos mitjançant aquesta instrucció a la línia de comandes

```
$ pstree
```

La gestió de processos

Un procés pare, en crear un procés fill, pot controlar el context del fill:

- Els privilegis
- Quin és el temps màxim d'execució
- Quina és la memòria màxima que pot ocupar
- Quina prioritat té per executar-se sobre la CPU respecte altres processos
- On s'envia tot el que s'imprimeix amb "printf" (i.e. la sortida)
- D'on rep el que es captura amb "scanf" (i.e. l'entrada)
- Etc.

La gestió de processos a Windows

A Windows la funció que permet crear un procés s'anomena CreateProcess

```
// Start the child process
if (!CreateProcess(NULL,   // No module name (use command line)
    argv[1],        // Command line
    NULL,           // Process handle not inheritable
    NULL,           // Thread handle not inheritable
    FALSE,          // Set handle inheritance to FALSE
    0,              // No creation flags
    NULL,           // Use parent's environment block
    NULL,           // Use parent's starting directory
    &si,            // Pointer to STARTUPINFO structure
    &pi )           // Pointer to PROCESS_INFORMATION structure
)
```

Els primers dos arguments permeten especificar el programa a executar i els arguments a passar al main. Tota la resta estan associats a restringir l'entorn en què s'executa el procés fill.

La gestió de processos a UNIX

Als sistemes UNIX s'utilitza un altre enfoc. En comptes d'utilitzar una única funció, s'utilitzen dues funcions: fork i exec

- La funció fork crea un nou procés, una còpia completa del procès pare. La funció fork retorna dues vegades, una pel pare i una altre pel fill. Pel pare, retorna el número que identifica al fill; pel fill retorna 0. Veure codi `fork.c`.

```
int main(void)
{
  int ret;

  ret = fork();

  if (ret == 0) {  // fill
     printf("Soc el fill i el meu id es %d\n", getpid());
     return 0;
  } else { // pare
     printf("Soc el pare del proces %d\n", ret);
     return 0;
  }
}
```

El procés fill creat amb fork és independent del procés pare. Proveu d'executar el codi `fork-variables.c`.

```c
int main(void)
{
  int ret, a;

  a = 1;

  ret = fork();

  if (ret == 0) {  // fill
     printf("Soc el fill i el meu id es %d\n", getpid());
     printf("Fill a = %d\n", a); // s'imprimeix a = 1!
     return 0;
  } else { // pare
     a = 2;
     printf("Soc el pare del proces %d\n", ret);
     printf("Pare a = %d\n", a); // s'imprimeix a = 2!
     return 0;
  }
}
```

La gestió de processos a UNIX

Un cop creat un procés fill amb fork, podem executar un nou programa amb exec.

- La (família de) funcions exec reemplaçen la imatge del procés amb l'especificada a exec. No es crea cap procés nou!
- La funció exec no retorna en acabar l'execució del programa especificat a exec.

```
int main(void)
{
  int ret;
  char *argv[3] = {"/usr/bin/ls", "-l", NULL};

  ret = fork();

  if (ret == 0) {  // fill
     printf("Soc el fill i el meu id es %d\n", getpid());
     execv(argv[0], argv);
  } else { // pare
     printf("Soc el pare del proces %d\n", ret);
     return 0;
  }
}
```

La gestió de processos a UNIX

Per què dues funcions en comptes d'una per crear processos?

1. En fer fork el procés fill hereta el context del pare (privilegis, fitxers oberts, ...).
2. Després del fork i abans de fer l'exec, es pot establir el nou context del programa a executar amb crides a sistema.
3. Fork no té arguments; exec només dos arguments. La funció CreateProcess de Windows té 10 arguments!

```
int main(void)
{
  int ret;
  char *argv[3] = {"/usr/bin/ls", "-l", NULL};

  ret = fork();

  if (ret == 0) {  // fill
     printf("Soc el fill i el meu id es %d\n", getpid());
     // Aqui s'estableix el nou context del proces fill!
     // Es fan les crides necessaries abans de fer exec
     execv(argv[0], argv);
  } else { // pare
     printf("Soc el pare del proces %d\n", ret);
     return 0;
  }
}
```

La gestió de processos a UNIX

Vegem un exemple en què establim el temps màxim d'execució del procés fill. La funció `setrlimit` permet fer-ho.

- Provar d'executar l'aplicació `while-infinit.c` directament des de línia de comandes. No s'aturarà mai!
- L'aplicació `fork-exec-setrlimit.c` executarà l'aplicació anterior limitant el temps màxim d'execució a 1 segon.

La funció `setrlimit` permet establir múltiples límits: temps de CPU, ús de memòria dinàmica, ús de la pila, nombre de fitxers que es poden obrir, etc.

La gestió de processos a UNIX

A més d'establir límits de privilegis sobre el procés fill, també es pot controlar

- On s'envia tot el que s'imprimeix amb "printf" (i.e. la sortida). A pantalla? A un altre procés? A un fitxer de disc? Per la xarxa?
- D'on rep el que es captura amb "scanf" (i.e. l'entrada). Del teclat? D'un altre procés? D'un fitxer de disc? De la xarxa?

Ho veurem en un moment a la part de redirecció i canonades. Continuem de moment amb algunes funcions interessants per a gestionar processos.

La gestió de processos a UNIX

Cal que el pare esperi que el procés fill finalitzi l'execució?

- A vegades és interessant que ho faci. Per exemple, és possible que el pare necessiti el resultat del fill per poder continuar l'execució. La funció wait permet fer-ho.

```
int main(void)
{
  int ret;
  char *argv[3] = {"/usr/bin/ls", "-l", NULL};

  ret = fork();

  if (ret == 0) {  // fill
     printf("Soc el fill i el meu id es %d\n", getpid());
     execv(argv[0], argv);
  } else { // pare
     printf("Soc el pare del proces %d\n", ret);
     wait(NULL);
     printf("Torno a ser el pare un cop el fill ha acabat\n");
     return 0;
  }
}
```

La gestió de processos a UNIX

Cal que el pare esperi que el procés fill finalitzi l'execució?

- En alguns contextos no és interessant. El fet de no posar wait permet que pare i fill s'executin "en paral·lel". Pel cas de la línia de comandes això es pot especificar mitjançant un "&" al final de la línia. Per exemple, proveu d'executar

  ```
  $ kwrite fork.c &
  $ kwrite while-infinit.c
  ```

  La primera instrucció s'executa en paral·lel amb la línia de comandes. El pare (la línia de comandes) no fa cap wait i la línia de comandes torna a aparèixer de seguida. La segona instrucció fa que el pare faci un wait perquè finalitzi el procés que s'executa. És per això que veurem que la línia de comandes no torna a aparèixer fins que sortim de l'aplicació executada.

La gestió de processos a UNIX

Usualment el fork i l'exec apareixen "en parella"... té algun interès fer un fork sense un exec?

Sí, i tant! Al Google Chrome cada pestanya és un procés creat amb un fork[1].

- Cada procés s'executa en paral·lel amb la resta de processos. Això fa que les pestanyes es "carreguin" en paral·lel.
- Si a una de les pàgines hi ha un problema (un virus, per exemple) només fallarà aquella pestanya però no tot el navegador ja que els processos són independents entre sí.

A altres navegadors com el Firefox s'utilitza un altre mecanisme per obtenir el paral·lelisme: els fils. Els veurem més endavant i tenen les seves avantatges i desavantatges respecte el fork.

[1] A Windows no existeix el fork i per això s'utilitza una cua de processos que "esperen" que el procés principal els doni enllaços per processar.

Una pregunta

Què passarà si s'executa la següent aplicació? Podeu dibuixar la jerarquia de processos que es crearan?

```
0 #include <stdio.h>
1 #include <unistd.h>
2
3 int main(void)
4 {
5     while (1) { fork(); }
6 }
7
```

La interfície de programació

Hem vist els principis bàsics de la gestió de processos. Anem pels principis bàsics del 2n punt.

1. La gestió de processos
2. L'entrada-sortida

Entrada-sortida

Un ordinador té una gran diversitat de dispositius d'entrada i sortida: teclat, ratolí, disc, port USB, ethernet, wifi, pantalla, micròfon, càmera, etc.

- Antigament hi havia una interfície de programació específica per a cada dispositiu. Però cada cop que s'inventava un nou dispositiu, calia actualitzar la interfície per ser capaç de gestionar-lo.

- Una gran innovació als sistemes UNIX va ser la unificació amb una única interfície: utilitza la mateixa interfície per escriure i llegir de disc que per enviar i llegir dades de la xarxa. Aquesta idea va tenir tan d'èxit que actualment és universal a la resta de sistemes operatius.

Entrada-sortida

Les característiques de la interfície entrada-sortida de UNIX són:

- Uniformitat: tots els dispositius d'entrada-sortida utilitzen el mateix conjunt de crides a sistema: open, close, read i write.
- Obrir abans d'utilitzar: abans d'utilitzar el dispositiu cal obrir-lo amb la crida a sistema open (inclús la impressora, per exemple). El sistema operatiu pot comprovar aleshores els permisos d'accés i mantenir un diari sobre els dispositius oberts.

  En obrir un dispositiu el sistema operatiu retorna al procés un sencer (integer) anomenat descriptor de fitxer (file descriptor)[2], associat al procès, que més endavant es pot utilitzar per llegir o escriure del dispositiu.
- Orientat a bytes: s'accedeix a tots els dispositius amb vectors de bytes, siguin fitxers de disc o un dispositiu de xarxa.

[2] No és un nom gaire adequat, ja que el "descriptor de fitxer" pot estar associat a qualsevol dispositiu i no necessàriament un fitxer de disc.

Entrada-sortida

Les característiques de la interfície entrada-sortida de UNIX són (continua...):

- Lectures amb buffer al nucli: totes les dades que el nucli llegeix s'emmagatzemen a un buffer intern del nucli, vinguin de xarxa o de disc. Això permet que es faci servir una única crida a sistema, read, per llegir les dades, i que el procés pugui llegir les dades quan les demana.
- Escriptures amb buffer al nucli: de forma similar, totes les dades a escriure al dispositiu s'emmagatzemen primer a un buffer intern del nucli. El procés només ha de fer servir la crida a sistema, write, per escriure dades. El nucli copia les dades a escriure al buffer intern i s'encarrega d'enviar les dades al dispositiu al ritme necessari.
- Tancament explícit: quan un procés ha finalitzat de fer servir un dispositiu ha d'utilitzar la crida a sistema close. Això allibera al nucli tots els recursos necessaris.

Entrada-sortida

Veiem a continuació tècniques bàsiques de comunicació interprocés a un mateix ordinador: la redirecció i la canonada.

- On s'envia tot el que s'imprimeix amb "printf" (i.e. la sortida). A pantalla? A un altre procés? A un fitxer de disc? Per la xarxa?
- D'on rep el que es captura amb "scanf" (i.e. l'entrada). Del teclat? D'un altre procés? D'un fitxer de disc? De la xarxa?

Entrada-sortida

Recordem primer la funció printf: és una crida a una llibreria de l'espai d'usuari

```
printf("El valor es %d\n", i);
```

Aquesta instrucció genera, a l'espai d'usuari, la cadena a imprimir. Un cop generada es fa la crida al sistema operatiu amb un `write`.

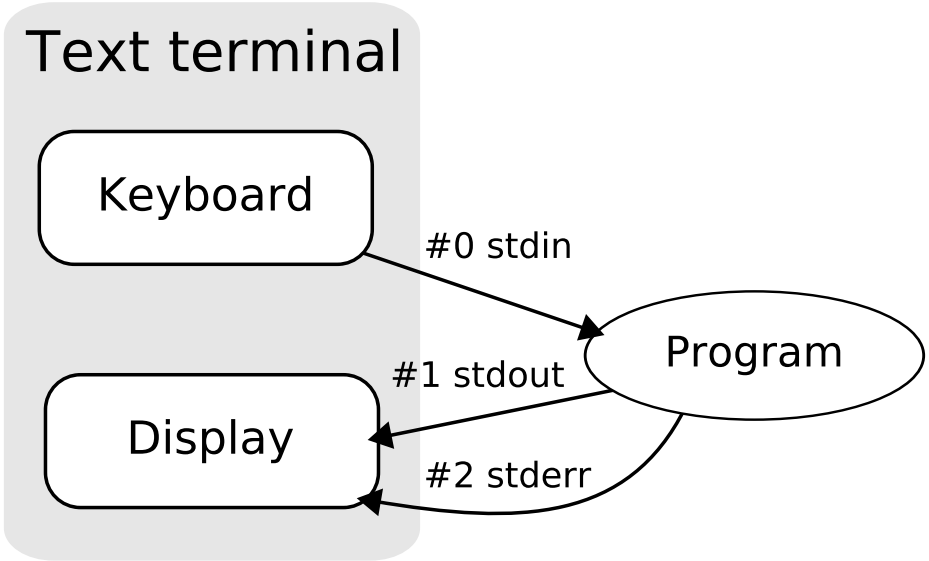
```
count = write(fd, vector, nbytes);
```

La funció `write`, disponible a una llibreria d'usuari, fa la crida a sistema. El primer paràmetre és el descriptor de fitxer (un sencer) i els altres dos fan referència al vector de bytes a escriure. Quin descriptor de fitxer s'utilitza en imprimir per pantalla?

Entrada-sortida

Tot procés, en crear-se pel sistema operatiu (sigui Unix o Windows), té creats 3 fitxers per defecte

- Descriptor 0: conegut com "entrada estàndard", està associat per defecte el teclat (es captura amb scanf)
- Descriptor 1: conegut com "sortida estàndard", està associat per defecte a la pantalla del terminal (s'imprimeix amb printf).
- Descriptor 2: conegut com "sortida d'error", està associat per defecte al terminal.



Entrada-sortida

Les instruccions

```
i = 25;
printf(“El valor es %d\n”, i);
```

Es converteix en la següent crida a sistema

```
char *vector = “El valor es 25\n”;
int nbytes = 15;
count = write(1, vector, nbytes);
```

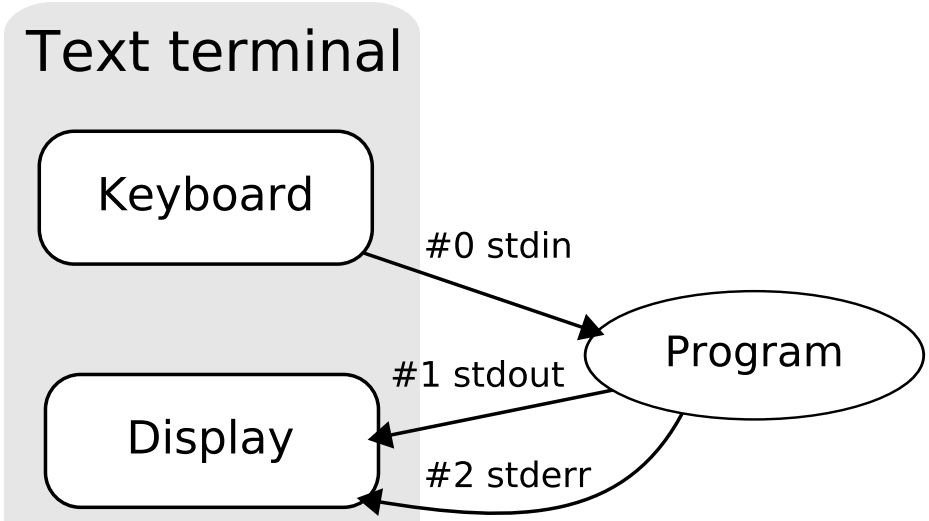
Proveu-ho amb el codi `stdstreams.c`.

Entrada-sortida: redirecció sortida estàndard a fitxer

Per defecte el descriptor 1 (printf) està associat al dispositiu "pantalla". Ara volem associar el descriptor 1 a un fitxer de disc.

Per això cal fer els següents passos

1. Fer un fork. Després de fer el fork la situació del procés fill és la que es mostra a la figura.
2. S'obre el fitxer on volem que es bolqui tot allò que s'escriu al descriptor 1 (printf).
3. Executem el programa. Tot el que aquest escriu al descriptor 1 (imprimeix amb printf) s'escriu a disc!



Entrada-sortida: redirecció sortida estàndard a fitxer

Aquest és el codi C que ho permet fer, veure `fork-redirect-1.c`.

```
int ret;
char *argv[3] = {"/usr/bin/ls", "-l", NULL};

ret = fork();

if (ret == 0) {  // fill
  // obrim fitxer
  int fd = open("fitxer.txt", O_RDWR | O_CREAT, S_IRUSR | S_IWUSR);
  dup2(fd, 1); // associem fd al descriptor 1
  close(fd);   // tanquem fd
  execv(argv[0], argv); // executem programa
} else { // pare
  ...
}
```

Tot el que s'imprimeixi al descriptor 1 estarà associat a fd, el fitxer de disc, en comptes de la pantalla. Típicament es diu que "es redirigeix la sortida estàndard de pantalla a un fitxer".

Proveu d'executar altres programes al fill, per exemple, `stdstreams.c`.

Entrada-sortida: redirecció sortida estàndard a fitxer

La línia de comandes permet redirigir la sortida estàndard a un fitxer

```
$ ls -l > fitxer.txt
```

La línia de comandes interpreta la línia anterior i executa el codi de la transparència anterior. Proveu també amb

```
$ ./stdstreams > fitxer.txt
```

Una cosa similar passa amb

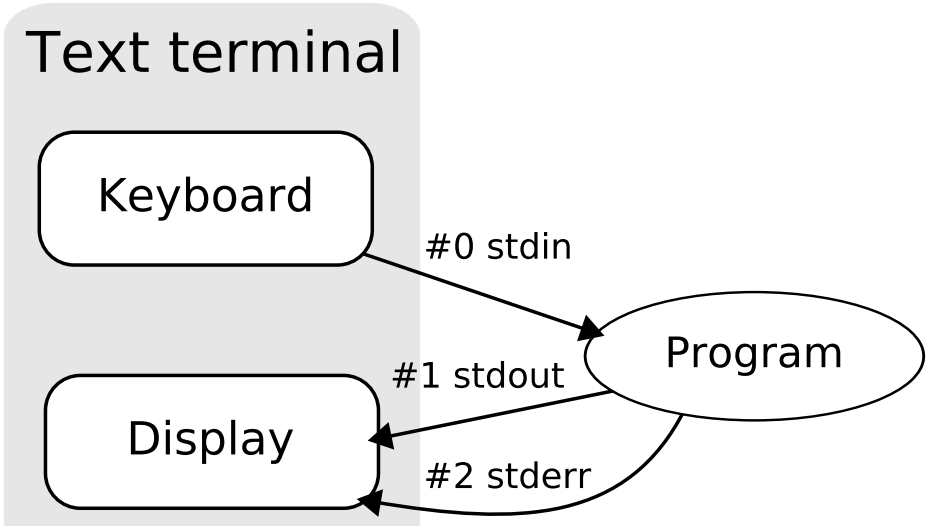
```
$ var=$(ls)
```

L'intèrpret de comandes redirigeix la sortida estàndard de la comanda `ls` (pex a un fitxer temporal) per després llegir-ho i assignar-ho a la variable `var`.

Entrada-sortida: redirecció entrada estàndard des d'un fitxer

De la mateixa forma que hem redirigit la sortida estàndard a un fitxer, podem redirigir un fitxer a l'entrada estàndard. Volem associar el descriptor 0 (scanf) a un fitxer de disc. Passos:

1. Fer un fork. Després de fer el fork la situació del procés fill és la que es mostra a la figura.
2. S'obre el fitxer d'on volem que el descriptor 0 (scanf) agafi les dades.
3. Executem el programa. La funció scanf agafarà les dades de disc!



Entrada-sortida: redirecció entrada estàndard des d'un fitxer

Aquest és el codi C que ho permet fer, veure `fork-redirect-0.c`.

```
int ret;
char *argv[2] = {"./scanf",  NULL};

ret = fork();

if (ret == 0) {  // fill
  // obrim fitxer
  int fd = open("linies.txt", O_RDONLY);
  dup2(fd, 0); // associem fd al descriptor 0
  close(fd);   // tanquem fd
  execv(argv[0], argv); // executem programa
} else { // pare
  ...
}
```

Proveu d'executar primer l'aplicació `scanf.c` directament des de terminal. Després executeu-ho fent servir `fork-redirect-0.c`.

Entrada-sortida: redirecció entrada estàndard des d'un fitxer

La línia de comandes permet redirigir un fitxer a l'entrada estàndard a un fitxer

```
$ ./scanf < linies.txt
```

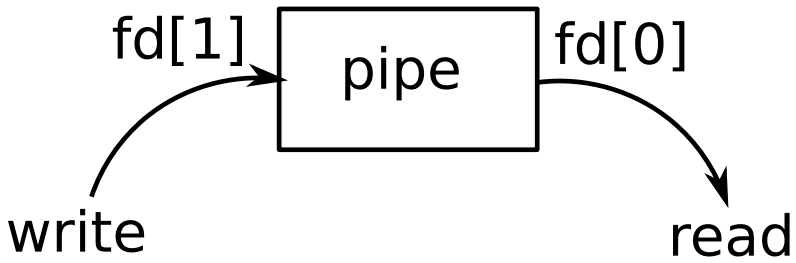
Inclús podem redirigir l'entrada i sortida estàndard de l'aplicació scanf. Què fa això?

```
$ ./scanf < linies.txt > output.txt
```

Entrada-sortida: canonades

La canonada es una forma bàsica de comunicació interprocés: l'objectiu és dirigir les dades que un procés A genera cap a un altre procés B. Com es fa això? Mitjançant una crida a sistema, pipe, que crea:

- Un buffer, al sistema operatiu, que gestiona la comunicació
- Dos descriptors de fitxers: un d'escriptura i un altre de lectura




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

int main(void)
{
  int fd[2];

  if (pipe(fd) == -1) {
    fprintf(stderr, "pipe not created");
    exit(1);
  }

  // fd[1] per escriptura
  // fd[0] per lectura

  return 0;
}
```

Entrada-sortida: canonades

Podem enviar qualsevol tipus dada per una canonada. Exemple codi pipe.c[3].

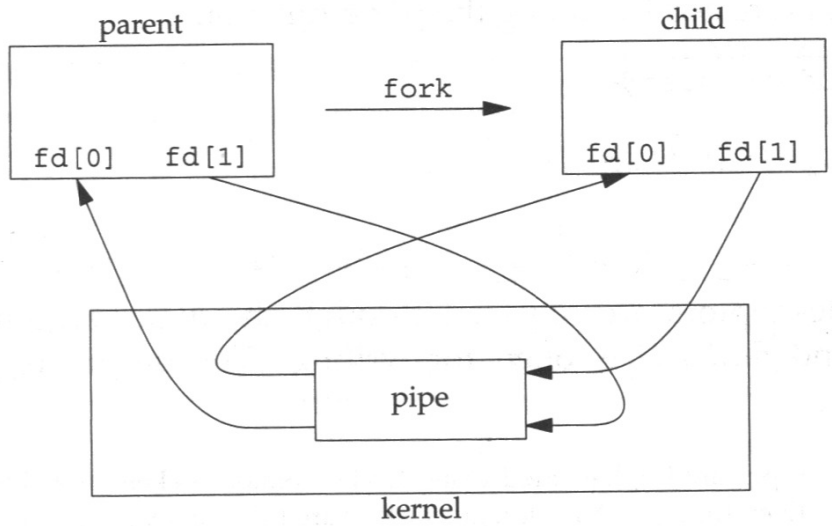
```
int main(void)
{
  int fd[2];
  char buf[30];

  if (pipe(fd) == -1) {
    fprintf(stderr, "pipe not created");
    exit(1);
  }

  printf("writing to file descriptor #%d\n", fd[1]);
  write(fd[1], "test", 4);
  printf("reading from file descriptor #%d\n", fd[0]);
  read(fd[0], buf, 4);
  buf[4] = 0;
  printf("read \"%s\"\n", buf);

  return 0;
}
```

[3] Atenció: en aquest exemple, abans d'imprimir la cadena rebuda cal posar un byte 0 al final de la cadena (al 5è byte) ja que printf imprimeix fins que troba el byte 0.

Entrada-sortida: canonades

Les canonades s'utilitzen per comunicar diferents processos. Els processos han de tenir una relació pare-fill.

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

int main(void)
{
  int fd[2];

  pipe(fd);

  if (fork() == 0) { // child
    ...
  } else { // parent
    ...
  }

  return 0;
}
```



Per exemple: si el pare escriu a fd[1], el fill ho pot llegir de fd[0].

Entrada-sortida: canonades

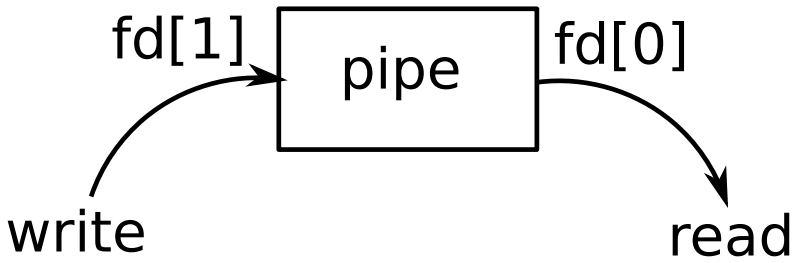
Veure codi `pipe2.c`. Es mostra el principi bàsic de funcionament (falten alguns detalls).

```c
int main(void)
{
  int fd[2];
  char buf[30];

  pipe(fd);

  if (fork() == 0) { // child
    printf("child writing to file descriptor #%d\n", fd[1]);
    write(fd[1], "test", 4);
    exit(0);
  } else { // parent
    printf("parent reading from file descriptor #%d\n", fd[0]);
    read(fd[0], buf, 4);
    buf[4] = 0;
    printf("parent read \"%s\"\n", buf);
    wait(NULL);
  }

  return 0;
}
```

Entrada-sortida: canonades

Alguns detalls sobre el funcionament de les canonades

- El buffer és un buffer intern del sistema operatiu. Totes les dades passen per aquest buffer.
- El buffer és relativament petit (al voltant de 1 a 4KBytes)
- Si en llegir del buffer no hi ha cap dada, el procés que fa la crida es bloqueja fins que hi ha dades disponibles.
- Si en escriure al buffer aquest és ple, el procés que fa la crida es bloqueja fins que un altre procés el comença a buidar.



Entrada-sortida: canonades

- Típicament les canonades s'utilitzen a la línia de comandes per combinar múltiples comandes "senzilles" i aconseguir una funcionalitat més complexa.

  ```
  $ ls | ./scanf
  ```

  la comanda anterior envia el que imprimeix "ls" per la sortida estàndard (descriptor 1) a l'entrada estàndard (descriptor 0) de l'aplicació scanf, veure codi `scanf.c`.

- Podem combinar les canonades i la redirecció com vulguem

  ```
  $ ls | ./scanf > out.txt
  ```

  la comanda anterior envia la sortida de `scanf` al fitxer `out.txt`.

- Què passaria si scanf no "accepta" dades per l'entrada estàndard?