Consola, Ficheiros e Directórios

Objectivos

No final desta aula, os alunos deverão ser capazes de:

- **Explicar o que é um descritor de um ficheiro e quais são as principais estruturas de dados, usadas pelo sistema de ficheiros do UNIX/LINUX**
- **Identificar os 3 descritores *standard***
- **Manipular algumas características da consola (ex: eco)**
- **Manipular ficheiros (criar, abrir, ler, escrever, destruir, …), usando chamadas ao sistema**
- **Usar as chamadas dup() e dup2() e e explicar a sua utilização no redireccionamento de entradas/saídas**
- **Usar as principais chamadas ao sistema relativas à manipulação de directórios (criar, listar os ficheiros/sub-dir.s, obter as propriedades de um ficheiro/sub-dir., …)**
- **Explicar o conceito de *hard-link* e *symbolic link* entre ficheiros**

Desafios

Escrever programas para:

1.
Ler uma *password* sem ecoar os caracteres escritos pelo utilizador
```
> read_password
```

2.
Copiar um ficheiro para outro ou mostrá-lo o écran, dependendo do nº de argumentos da linha de comandos
```
> copy source                  // mostra no écran
> copy source destination      // copia p/outro ficheiro
```

3.
Listar os ficheiros regulares e sub-directórios de um directório e …
```
> listdir dirname
```

Ficheiros

As chamadas ao sistema relacionadas com ficheiros permitem manipular ficheiros simples, directórios e ficheiros especiais, incluindo:

- ficheiros em disco

- terminais

- impressoras

- facilidades para intercomunicação entre processos, tais como *pipes* e *sockets*.

Descritores de ficheiros

Para o *kernel* todos os ficheiros abertos são referidos através de descritores.

Quando se cria ou se abre um ficheiro já existente,
o *kernel* retorna um descritor ao processo que criou ou abriu o ficheiro.
Este descritor é um dos argumentos das chamadas que permitem ler ou escrever no ficheiro.

Um descritor é um número inteiro, não-negativo, geralmente pequeno.
Os descritores podem tomar valores entre `0` e `OPENMAX`.

Por convenção, as *shells* de Unix associam os 3 primeiros descritores a ficheiros especiais: 0 - *standard input*; 1- *standard output*; 2 - *standard error*

Estes descritores estão definidos em `unistd.h` através de constantes :
`STDIN_FILENO`, `STDOUT_FILENO` e `STDERR_FILENO`

Por exemplo, a função `printf()` escreve sempre usando o descritor 1
e a função `scanf()` lê sempre usando o descritor 0.

Quando se fecha um ficheiro, o descritor correspondente é libertado e
pode ser reutilizado quando se abre um novo ficheiro.

Um ficheiro pode ser aberto várias vezes e por isso
pode ter vários descritores a ele associados.

Descritores de ficheiros

Cada descritor de ficheiro tem um conjunto de propriedades associadas:

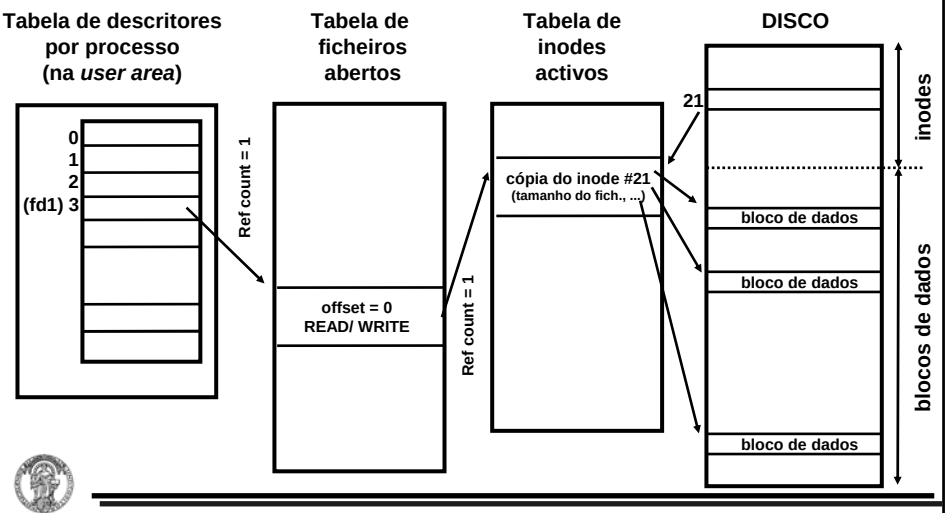
- um apontador (cursor) de ficheiro que indica a posição do ficheiro onde será executada a próxima operação de leitura/escrita
  - » colocado a 0 (zero) quando o descritor é criado
  - » avança automaticamente após cada operação de leitura/escrita
- uma *flag* que indica se o descritor deve ser automaticamente fechado se o processo invocar uma das funções `exec()`
- uma *flag* que indica se o que se escreve para o ficheiro deve ser acrescentado no fim do ficheiro

Existem outras propriedades que só se aplicam a ficheiros especiais, como *pipes* e *sockets*:

- uma *flag* que indica se um processo deve bloquear se tentar ler de um ficheiro quando ele está vazio.
- um número que indica o identificador de um processo ou de um grupo de processos a quem deve ser enviado o signal `SIGIO` se passarem a existir dados no ficheiro.

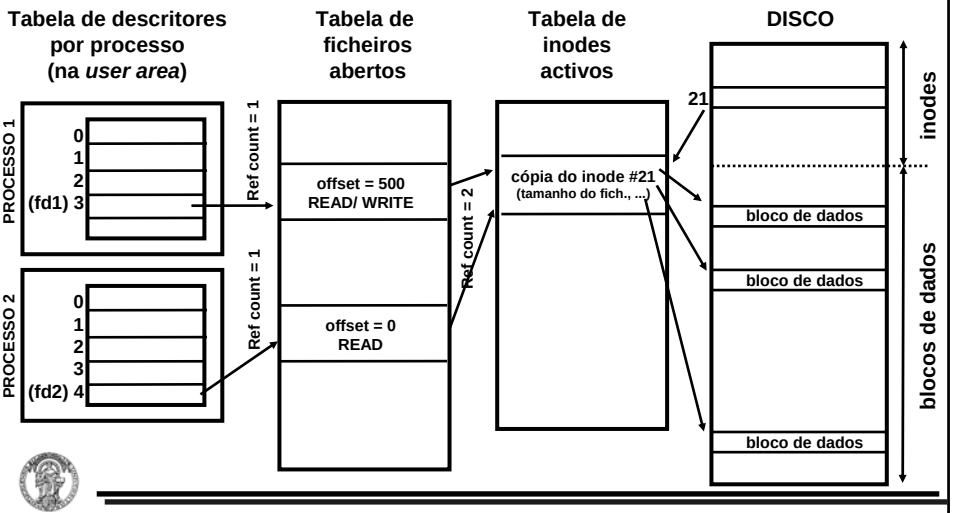
ESTRUTURAS DE DADOS DO S.O. RELATIVAS AO SISTEMA DE FICHEIROS

`fd1=open("/usr/John/doc1.txt",O_RDWR)`



ESTRUTURAS DE DADOS DO S.O. RELATIVAS AO SISTEMA DE FICHEIROS

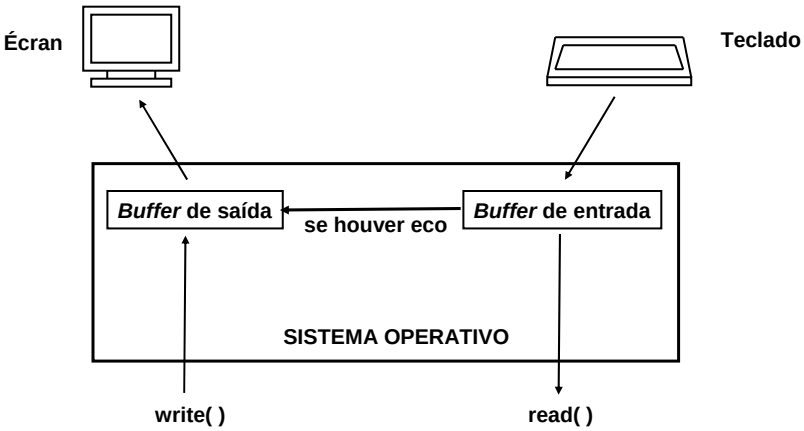
`2 processos diferentes abrem o mesmo ficheiro`



Consola

- A consola (teclado + écran) é vista pela generalidade dos S.O.'s como um ou mais ficheiros onde se pode ler ou escrever texto.
- Esses ficheiros são normalmente abertos pela rotina de C *startup*.
- A biblioteca standard de C inclui diversas funções de leitura e escrita directa nesses ficheiros:
  - » `printf(), scanf(), getchar(), putchar(), ...`
- Também é possível aceder àqueles periféricos através de serviços dos S.O.'s
  - » o Unix não define serviços especiais de leitura e escrita na consola
  - » deverão usar-se os serviços genéricos de leitura e escrita em ficheiros

Consola



Consola

Modos de funcionamento da consola em Unix:

- **modo canónico *(cooked*)**
  - **existe uma série de caracteres especiais de entrada que são processados pela consola e não são transmitidos ao programa que está a ler**
    - » **ex: `ctrl-U, ctrl-H, ctrl-S, ctrl-Q, ...`**
    - » **muitos destes caracteres são alteráveis programaticamente**
  - **a entrada só é passada ao programa quando se tecla `<Return>`**
- **modo primário (*raw*)**
  - **não há qualquer processamento prévio dos caracteres teclados**
  - **eles são passados um a um ao programa**

Consola

Alteração das características da consola em Unix:

```
#include <termios.h>

int tcgetattr(int filedes, struct termios *termptr);
int tcsetattr(int filedes, int opt, const struct termios *termptr);
```

`tcgetattr()` – preenche uma estrutura `termios` cujo endº é passado em `termptr` com as características do componente da consola cujo descritor é `filedes`

`tcsetattr()` – modifica as características da componente da consola cujo descritor é `filedes`, com os valores previamente colocados em `termios` cujo endº é passado em `termptr`

`opt` indica quando a modificação irá ocorrer:

- **`TCSANOW` -> imediatamente**
- **`TCSADRAIN` -> após *buffer* de saída se esgotar**
- **`TCSAFLUSH` -> após *buffer* de saída se esgotar; além disso, esvazia *buffer* de entrada**

Consola

```
struct termios {
    tcflag_t c_iflag; /* input flags */
    tcflag_t c_oflag; /* output flags */
    tcflag_t c_cflag; /* control flags */
    tcflag_t c_lflag; /* local flags */
    cc_t c_cc[NCCS];  /* control characters */
}
```

`c_iflag, c_oflag, c_cflag, c_lflag:`
campos constituídos por *flags* de 1 ou mais *bits*
que permitem controlar as características da consola

`c_cc[]:`
array onde se definem os caracteres especiais que são processados pela consola quando esta estiver a funcionar em modo canónico
ex:

```
mytermios.c_cc[VERASE]=8;    /* 8 = código ASCII de <ctrl-H> */
```

O comando da *shell* `stty -a` permite ver os *settings* da estrutura `termios`

Consola

Frequentemente, pretende-se apenas activar ou desactivar determinadas *flag* dos campos de `termios` sem alterar as outras

Exemplo:

```
struct termios oldterm, newterm;

...

tcgetattr(STDIN_FILENO, &oldterm);
newterm=oldterm;
newterm.c_lflag &= ~(ECHO | ECHOE | ECHOK | ECHONL | ICANON);
tcsetattr(STDIN_FILENO, TCSAFLUSH, &newterm);
... /* executar operações usando a "nova consola" */
tcsetattr(STDIN_FILENO, TCSANOW, &oldterm);
...
```

Consola

- Se acontecer algum erro que leve a que um programa que alterou as características da consola termine imprevistamente, pode acontecer que ela fique num estado que impossibilite a interacção com o utilizador.
- Para tentar repôr o estado "normal" existem várias alternativas:

1) `stty sane` seguido de <return> ou <ctrl-J>

2) `stty -g >save_stty` seguido de <return> ou <ctrl-J>

... (correr o programa)

`stty $(cat save_stty)` seguido de <return> ou <ctrl-J>

3) ou ...
fechar a consola actual e abrir outra

Criação/abertura de ficheiros

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/stat.h>
#include <fcntl.h>

int open(const char *pathname, int oflag, ... /*, mode_t mode */);

Retorna: descritor do ficheiro se OK, -1 se erro
```

`pathname` = nome do ficheiro

`oflag` = combinação de várias *flags* de abertura

`O_RDONLY`	- abertura só para leitura	<- só uma destas 3
`O_WRONLY`	- abertura só para escrita	
`O_RDWR`	- abertura para leitura e escrita	
`O_APPEND`	- p/ acrescentar no fim do ficheiro	
`O_CREAT`	- p/ criar o ficheiro se ele não existir; requer `mode`	
`O_EXCL`	- origina erro se o ficheiro existir e `O_CREAT` estiver activada	
`O_TRUNC`	- se o ficheiro existir fica com o comprimento 0	
`O_SYNC`	- só retorna depois de os dados terem sido fisicamente escritos no ficheiro	
`...`		

mode = permissões associadas ao ficheiro

- só devem ser indicadas quando se cria um novo ficheiro
- pode ser o *OR bit a bit* (|) de várias das seguintes constantes:

```
S_IRUSR - user read
S_IWUSR - user write
S_IXUSR - user execute
S_IRGRP - group read
S_IWGRP - group write
S_IXGRP - group execute
S_IROTH - others read
S_IWOTH - others write
S_IXOTH - others execute
```

Alternativa:

owner	group	other
rwx	rwx	rwx
111	101	000
7	5	0

mode (em octal)

```
#define MODE 0750
```

Nota:

- as permissões efectivas podem não ser exactamente as especificadas, consoante o valor da "*file creation mask*" (especificada c/ a chamada `umask`)
- o valor por omissão desta máscara é 022 (octal) o que significa anular as permissões de escrita excepto para o *owner*

Duplicação de um descritor

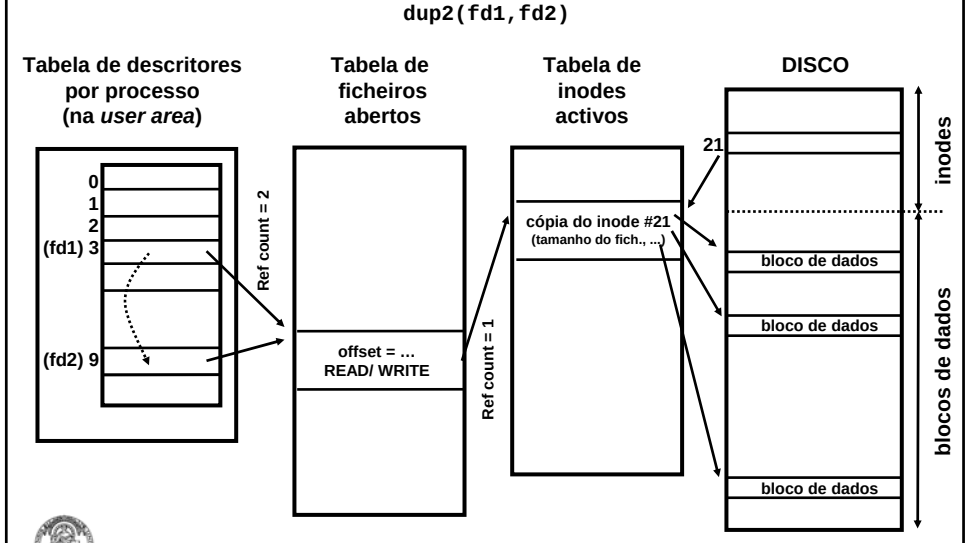
Pode ser feita c/ as funções *dup* ou *dup2*.

```
# include <unistd.h>

int dup (int filedes);
int dup2 (int filedes, int filedes2);

Retornam: novo descritor se OK, -1 se houve erro
```

- **dup**
  - procura o descritor livre c/ o número mais baixo e põe-no a apontar p/ o mesmo ficheiro que `filedes` .
- **dup2**
  - fecha `filedes2` se ele estiver actualmente aberto e põe `filedes2` a apontar p/ o mesmo ficheiro que `filedes`;
  - se `filedes=fildes2`, retorna `filedes2` sem fechá-lo .
  - exemplo: `dup2(fd,STDIN_FILENO)` redirecciona a entrada standard (teclado) para o ficheiro cujo descritor é `fd`.



Leitura de um ficheiro

```
#include <unistd.h>
ssize_t read(int filedes, void *buff, size_t nbytes);
Retorna: o nº de bytes lidos, 0 se fim do ficheiro, -1 se erro
```

`filedes` = descritor do ficheiro
`buff` = apontador p/o *buffer* onde serão colocados os valores lidos
`nbytes` = nº de *bytes* a ler

Esta função não tem nenhuma das capacidades de formatação de `scanf()`.

Escrita num ficheiro

```
#include <unistd.h>

ssize_t write(int filedes, const void *buff, size_t nbytes);

Retorna: o nº de bytes escritos, -1 se erro
```

`filedes` = descritor do ficheiro
`buff` = apontador p/o *buffer* onde devem ser colocados os valores a escrever
`nbytes` = nº de *bytes* a escrever

Se a *flag* `O_APPEND` tiver sido especificada ao abrir o ficheiro o apontador do ficheiro é posto a apontar para o fim do ficheiro antes de ser efectuada a operação de escrita.

Esta função não tem nenhuma das capacidades de formatação de `printf()`.

Deslocamento do apontador do ficheiro

```
#include <sys/types.h>
#include <unistd.h>

off_t lseek(int filedes, off_t offset, int whence);

Retorna: novo valor do apontador se OK, -1 se erro
```

`filedes` = descritor do ficheiro
`offset` = deslocamento (pode ser positivo ou negativo)
`whence` = a interpretação dada ao `offset` depende do valor deste argumento:

- `SEEK_SET` - o `offset` é contado a partir do ínicio do ficheiro
- `SEEK_CUR` - o `offset` é contado a partir da posição actual do apontador
- `SEEK_END` - o `offset` é contado a partir do fim do ficheiro

Para determinar a posição actual do apontador do ficheiro fazer

```
curr_pos = lseek(fd,0,SEEK_CUR)
```

Fecho de um ficheiro

```
#include <unistd.h>
int close(int filedes);
Retorna: 0 se OK, -1 se erro
```

`filedes` = descritor do ficheiro

Fechar um descritor que já tinha sido fechado resulta num erro.

Quando um processo termina,
todos os ficheiros abertos são automaticamente fechados pelo *kernel*.

Se `filedes` for o último descritor associado a um ficheiro aberto
o *kernel* liberta os recursos associados a esse ficheiro
quando se invoca `close()`.

Apagamento de um ficheiro

```
#include <unistd.h>
int unlink(const char *pathname);
Retorna: 0 se OK, -1 se erro
```

`pathname` = nome do ficheiro

Para se apagar um ficheiro é preciso ter permissão de escrita e execução
no directório onde o ficheiro se encontra.

O ficheiro só será, de facto, apagado
- quando for fechado, caso esteja aberto por ocasião da chamada *unlink*
- quando a contagem do nº de *links* do ficheiro atingir o valor 0.

Outras chamadas

`umask` – modifica a máscara (parâmetro `mode` da chamada `open`) de criação de ficheiros e directórios

`stat, fstat, lstat`

- retornam uma `struct` com diversas informações acerca de um ficheiro
  - » tipo, permissões, tamanho, nº de *links*, hora da última modificação, ...)
- existe um conjunto de macros (`S_ISREG(),S_ISDIR(), ...`) que permitem determinar qual o tipo de ficheiro, a partir de um campo dessa *struct*

`mkdir` - cria um novo directório

`rmdir` - apaga um directório

`opendir / closedir` - abre / fecha um directório

`readdir` - lê a entrada seguinte do directório e avança automaticam.

`rewinddir` - faz com que a próxima leitura seja a da 1ª entrada

`getcwd` - obtém o nome directório corrente

`chdir` - muda o directório corrente