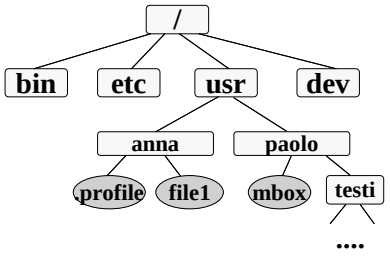
Il File System di Unix

Il File System di UNIX
Organizzazione logica



Il File System di UNIX

- **omogeneità**: tutto è file
- tre categorie di file:
  - file **ordinari**
  - **direttori**
  - **dispositivi** fisici: file speciali (nel direttorio `/dev`)

Nome, *i-number, i-node*

- ad ogni file possono essere associati **uno o più nomi simbolici**

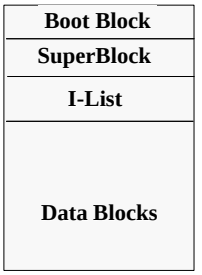
ma

- ad ogni file è associato **uno ed un solo descrittore** (***i-node)***, univocamente identificato da un **intero** (***i-number***)

Il File System
Organizzazione Fisica

- Il metodo di allocazione utilizzato in Unix è ad **indice (***a più livelli di indirizzamento***)**
- formattazione del disco in **blocchi fisici (dimensione del blocco**: 512- 4096 *Bytes*).
- La superficie del disco File System è partizionata in **4 regioni:**
  - **boot block**
  - **super block**
  - **i-list**
  - **data blocks**

Il File System
Organizzazione Fisica

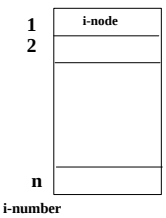


Il File System
Organizzazione Fisica

- **Boot Block**: contiene le procedure di inizializzazione del sistema (da eseguire al *bootstrap*)
- **SuperBlock:** fornisce
  - i limiti delle 4 regioni
  - il puntatore a una **lista dei blocchi liberi**
  - il puntatore a una **lista degli i-node liberi**
- **Data Blocks**: è l'area del disco effettivamente disponibile per la memorizzazione dei file; contiene:
  - i blocchi allocati
  - i blocchi liberi (organizzati in una lista collegata)

Il File System
Organizzazione Fisica

- ***i-List***: contiene la lista di tutti i descrittori (***i-node***) dei file, direttori e dispositivi presenti nel file system del file system (accesso con l'indice ***i-number***)



i-node

È il **descrittore** del file.

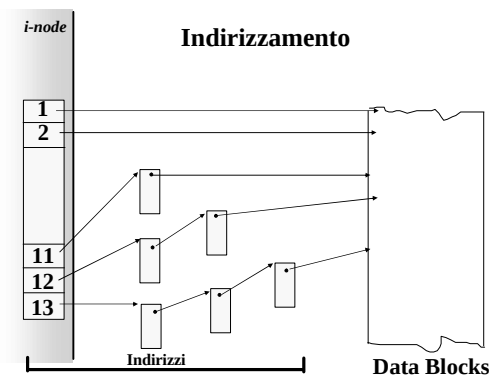
- Tra gli **attributi** contenuti nell'*i-node* vi sono:
  - **tipo** di file:
    - ✓ **ordinario**
    - ✓ **direttorio**
    - ✓ file **speciale**, per i dispositivi.
  - **proprietario, gruppo** (user-id, group-id)
  - **dimensione**
  - **data**
  - 12 bit di **protezione**
  - numero di **links**
  - **13 -15 indirizzi** di blocchi (a seconda della realizzazione)

Indirizzamento

L'allocazione del file **non è** su blocchi fisicamente contigui; nell'*i-node* sono contenuti **puntatori a blocchi** (ad esempio **13),** dei quali:

- **i primi 10 indirizzi**: riferiscono blocchi di dati (indirizzamento *diretto*)
- **11° indirizzo** : indirizzo di un blocco contenente a sua volta indirizzi di blocchi dati (1 livello di *indirettezza*)
- **12° indirizzo**: due livelli di *indirettezza*
- **13° indirzzo**: tre livelli di *indirettezza*

Indirizzamento



Indirizzamento

Hp: dimensione del blocco **512** byte=0,5 KB
indirizzi di 32 bit (4 byte)
↓ 1 blocco contiene **128** indirizzi

Quindi:

- 10 blocchi di dati sono accessibili **direttamente**
  - file di dimensioni minori di (10*512)byte=5120 byte =5 KB sono accessibili direttamente
- 128 blocchi di dati sono sono accessibili con ***indirezione singola*** (mediante il puntatore 11): **(128*512)byte = 65536 byte=64KB**
- 128*128 blocchi di dati sono accessibili con ***indirezione doppia*** (mediante il puntatore 12): **128*128*512 byte= 8MB**
- 128*128*128 blocchi di dati sono accessibili con ***indirezione tripla*** (mediante il puntatore 13): **128*128*128*512 byte= 1GB**

Indirizzamento

- la dimensione massima del file è dell'ordine del **Gigabyte** :

Dimensione massima = 1GB+ 8MB+64KB+5KB

➔ **l'accesso a file di piccole dimensioni è più veloce rispetto al caso di file grandi**

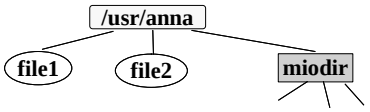
Il Direttorio

- Anche il direttorio è rappresentato nel *file system* da un file.
- Ogni file-direttorio contiene un insieme di record logici con la seguente struttura:

nomerelativo	**i-number**

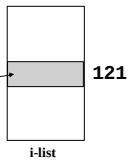
- ogni record rappresenta un file appartenente al direttorio:
  - per ogni file (o direttorio) appartenente al direttorio considerato, viene memorizzato il suo nome relativo, al quale viene associato il valore del suo ***i-number*** (che lo identifica univocamente)

Il Direttorio



il file (direttorio) **`/usr/anna`** contiene:

`file1`	`189`
`file2`	`133`
`miodir`	`121`
`.`	`110`
`..`	`89`



Gestione di File
in Unix

Quali sono i meccanismi di accesso al file system?

Come vengono realizzati ?

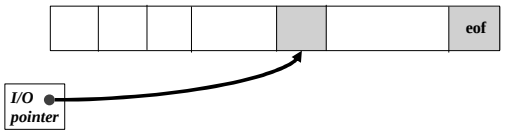
Vanno considerati:

- **strutture dati** di sistema per il supporto all'accesso e alla gestione di file
- principali **system calls** per l'accesso e la gestione di file

Gestione di File
Concetti Generali

- accesso sequenziale
- assenza di strutturazione:

  file = sequenza di bytes (*stream*)
- posizione corrente: **I/O Pointer**



Gestione di File
Concetti Generali

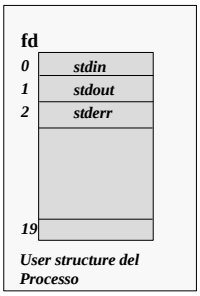
- vari **modi** di accesso (***lettura, scrittura, lettura/scrittura***, etc.)
- accesso subordinato all'operazione di **apertura:**

<apertura File>
<accesso al File>
<chiusura File>

Gestione di File
File Descriptor

- A ogni processo è associata una **tabella dei file aperti** di dimensione limitata (tipicamente, 20 elementi)
- ogni elemento della tabella rappresenta un file aperto dal processo ed è individuato da un indice intero:

  file descriptor
- i file descriptor **0,1,2** individuano rispettivamente standard input, output, error (aperti automaticamente)
- la tabella dei file aperti del processo è allocata nella sua **user structure**



Gestione di File
Strutture dati del Kernel

Per realizzare l'accesso ai file, il sistema operativo utilizza **due strutture dati** globali, allocate nell'area dati del kernel:

- la **tabella dei file attivi**: per ogni file aperto, contiene una copia del suo i-node:
  - in questo modo si rendono più efficienti le operazioni di accesso evitando accessi al disco per ottenere attributi dei file acceduti.
- la **tabella dei file aperti di sistema:** ha un elemento per ogni operazione di apertura relativa a file aperti (e non ancora chiusi); ogni elemento contiene:
  - ✓**l'I/O pointer**, che indica la posizione corrente all'interno del file
  - ✓un puntatore all'***i-node*** del file nella tabella dei file attivi
  - se due processi aprono separatamente lo stesso file *F*, la tabella conterrà due elementi distinti associati a *F*.

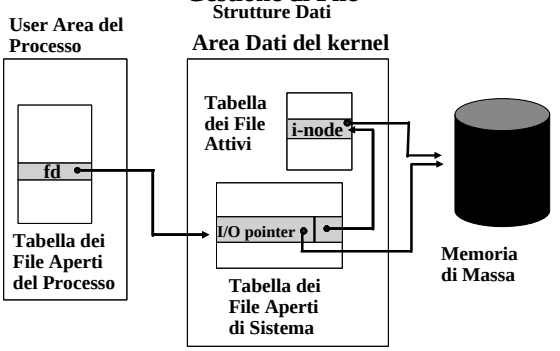
Gestione di File
Strutture dati

Riassumendo:

- **tabella dei file aperti di processo:** nella user area del processo, contiene un elemento per ogni file aperto dal processo
- **tabella dei file aperti di sistema:** contiene un elemento per ogni sessione di accesso a file nel sistema
- **tabella dei file attivi**: contiene un elemento per ogni file aperto nel sistema

Quali sono le relazioni tra queste strutture?

Gestione di File
Strutture Dati



Gestione di File
Tabella dei File Aperti di Sistema

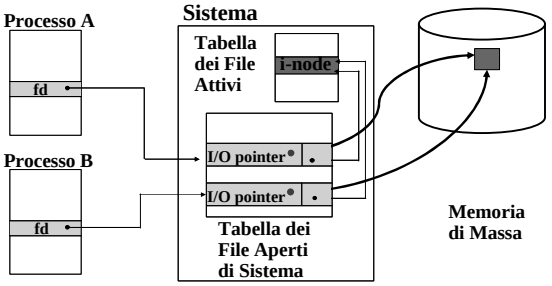
- un elemento per ogni "**apertura**" di file: a processi diversi che accedono allo stesso file, corrispondono entry distinte
- ogni elemento contiene il puntatore alla posizione corrente (I/O pointer)

più processi possono accedere contemporaneamente allo stesso file, ma con **I/O pointer distinti** !

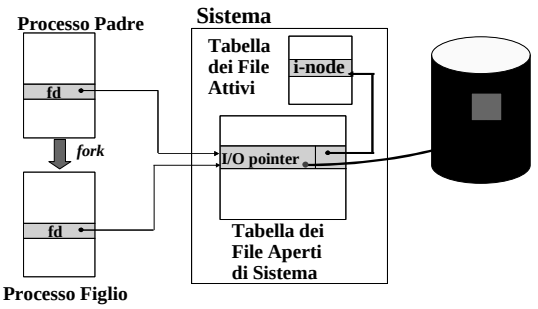
Gestione di File
Tabella dei File Attivi

- l'operazione di **apertura** provoca la **copia** dell'i-node in memoria centrale (se il file non è già in uso)
- la tabella dei file attivi contiene gli ***i-node*** di tutti i file aperti
- il numero degli elementi è pari al numero dei file aperti (anche da più di un processo)

Esempio: i processi A e B (indipendenti) accedono allo stesso file, ma con I/O pointer distinti



Esempio: processi *padre e figlio* condividono l'I/O pointer di file aperti prima della creazione.



Gestione di file: *system call*

- *Unix* permette ai processi di accedere a file, mediante un insieme di ***system call***, tra le quali:
  - apertura/creazione: **`open, creat`**
  - chiusura: **`close`**
  - lettura: **`read`**
  - scrittura: **`write`**
  - cancellazione: **`unlink`**
  - linking: **`link`**
  - accesso diretto: l**`seek`**

System Calls
Apertura di File

L'apertura di un file provoca:

- l'**inserimento di un elemento** (individuato da un file descriptor) nella prima posizione libera della **Tabella dei file aperti del processo**
- l'**inserimento** di un nuovo record nella **Tabella dei file aperti di sistema**
- la **copia** dell'***i-node*** nella **tabella dei file attivi** (se il file non è già in uso)

Apertura di File: `open`

Per aprire un file:

```
int open(char nomefile[],int flag, [int mode]);
```

- **`nomefile`** è il nome del file (relativo o assoluto)
- **`flag`** esprime il modo di accesso; ad esempio(**`O_RDONLY`**, per accesso in lettura,**`O_WRONLY`**, per accesso in scrittura)
- **`mode`** è un parametro richiesto soltanto se l'opzione di apertura determina la **creazione** del file: in tal caso, `mode` specifica i bit di protezione (ad esempio, codifica ottale).

❒ il valore restituito dalla **`open`** è il *file descriptor* associato al file, o -1 in caso di errore.

➢ Se la **`open`** ha successo, il file viene aperto nel modo richiesto, e ***l'I/O pointer*** posizionato sul primo elemento (tranne nel caso di O_APPEND)

Apertura di File: `open`

Modi di apertura (definiti in `<fcntl.h>`)

- **`O_RDONLY`** (= 0), accesso in lettura
- **`O_WRONLY`**(= 1), accesso in scrittura
- **`O_APPEND`** (= 2), accesso in scrittura, append

- Inoltre, è possibile **abbinare** ai tre modi precedenti, altri modi (mediante il connettore |); ad esempio:
  - **`O_CREAT,`** per accesso in scrittura: se il file non esiste, viene creato:
    - ➢ è necessario fornire il parametro **`mode,`** **per esprimere i bit di protezione.**
  - **`O_TRUNC,`** per accesso in scrittura: la lunghezza del file viene troncata a 0.

Apertura di File: `creat`

Per creare un file:

```
int creat(char nomefile[], int mode);
```

- **`nomefile`** è il nome del file (relativo o assoluto) da creare
- **`mode`** specifica i 12 bit di protezione per il nuovo file.

❒ il valore restituito dalla **`creat`** è il *file descriptor* associato al file, o -1 in caso di errore.

➢ Se la **`creat`** ha successo, il file viene aperto in scrittura, e l'I/O pointer posizionato sul primo elemento.

Apertura di File: `open, create`

Esempi:

```
#include <fcntl.h>
...
main()
{ int fd1, fd2, fd3;
  fd1=open("/home/anna/ff.txt", O_RDONLY);
  if (fd1<0) perror("open fallita");
  ...
 fd2=open("f2.new",O_WRONLY);
 if (fd2<0)
  {    perror("open in scrittura fallita:");
       fd2=open("f2.new",O_WRONLY|O_CREAT|O_TRUNC, 0777);
       /* è equivalente a:
  fd2=creat("f2.new", 0777); */}
 /*OMOGENEITA`: apertura dispositivo di output:*/
 fd3=open("/dev/prn", O_WRONLY);
  ... }
```

Chiusura di File: `close`

Per chiudere un file aperto:

```
int close(int fd);
```

- **`fd`** è il file descriptor del file da chiudere.

❒ Restituisce l'esito della operazione (0, in caso di successo, <0 in caso di insuccesso).

- Se la **`close`** ha successo:
  - il file viene memorizzato sul disco
  - viene eliminato l'elemento di indice **`fd`** dalla Tab. dei file aperti del processo.
  - Vengono ***eventualmente*** eliminati gli elementi corrispondenti dalla Tab. dei file aperti di sistema e dalla tabella dei file attivi

System Call: Lettura e Scrittura di File

Caratteristiche:

- accesso mediante il **file descriptor**
- ogni operazione di lettura (o scrittura) agisce **sequenzialmente** sul file, a partire dalla posizione corrente del puntatore (I/O pointer)
- possibilità di alternare operazioni di lettura e scrittura.
- **Atomicita`** della singola operazione.
- Operazioni **sincrone,** cioè con attesa del completamento dell'operazione.

Lettura di File: `read`

```
int read(int fd,char *buf,int n);
```

- **`fd`** è il file descriptor del file
- **`buf`** è l'area in cui trasferire i byte letti
- **`n`** è il numero di caratteri da leggere

❒ in caso di successo, restituisce un intero positivo (<=n) che rappresenta il numero di caratteri effettivamente letti

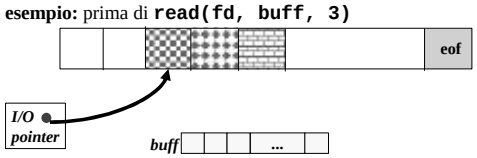
❒ è previsto un carattere di *End-Of-File* che marca la fine del file (da tastiera `:^D`)

Lettura di File: `read`

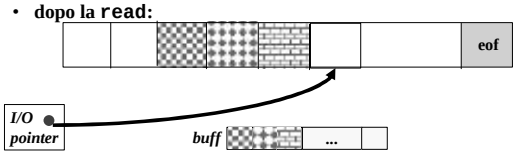
- Se **`read(fd, buff, n)`** ha successo:
  - a partire dal valore corrente dell'I/O pointer, vengono letti (al piu`) `n` bytes dal file **`fd`** e memorizzati all'indirizzo **`buff`**.
  - *L'I/O pointer* viene spostato avanti di **`n`** bytes

Lettura di File: `read`

Ad esempio: prima di **`read(fd, buff, 3)`**



- **dopo la `read`:**



Scrittura di File: `write`

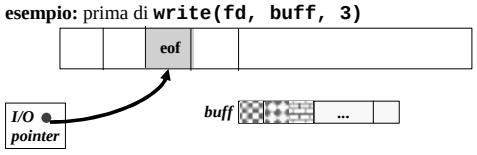
```
int write(int fd,char *buf,int n);
```

- **`fd`** è il file descriptor del file
- **`buf`** è l'area da cui trasferire i byte scritti
- **`n`** è il numero di caratteri da scrivere

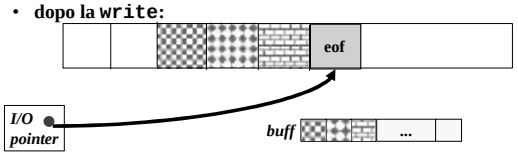
❒ in caso di **successo**, restituisce un intero positivo (= = n) che rappresenta il numero di caratteri effettivamente scritti

Lettura di File: `write`

Ad esempio: prima di **`write(fd, buff, 3)`**



- **dopo la `write`:**



Esempio: **`read`** & **`write`**

visualizzazione sullo standard output del contenuto di un file :

```
#include <fcntl.h>
 main()
 {int fd,n;
  char buf[10];
  if(fd=open("/home/miofile",O_RDONLY)<0)
    {perror("errore di apertura:");
     exit(-1);
    }
 while ((n=read(fd, buf,10))>0)
    write(1,buf,n); /*scrittura sullo
                      standard output */
 close(fd);
 }
```

Esempio: comando `cp` (copia argv[2] in argv[1])

```
#include <fcntl.h>
#include <stdio.h>
#define BUFDIM 1000
#define perm 0777
main (int argc, char **argv)
{ int status;
 int infile, outfile, nread;
 char buffer[BUFDIM];
 if (argc != 3)
 { printf (" errore \n"); exit (1); }
 if ((infile=open(argv[2], O_RDONLY)) <0)
 {perror("apertura sorgente: ");
  exit(1); }
 if ((outfile=creat(argv[1], perm )) <0)
 {perror("apertura destinazione:");
 close (infile); exit(1); }
```



```
while((nread=read(infile, buffer, BUFDIM)) >0 )
{ if(write(outfile, buffer, nread)< nread)
  {   close(infile);
      close(outfile);
      exit(1);}
}
close(infile);
close(outfile);
exit(0);
}
```


"Accesso Diretto": `lseek`

Per spostare l'I/O pointer:

```
lseek(int fd, int offset,int origine);
```

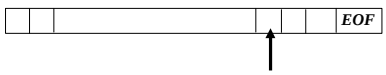
- **`fd`** è il file descriptor del file
- **`offset`** è lo spostamento (in byte) rispetto all'origine
- **`origine`** può valere:
  - ✓ 0: inizio file **(SEEK_SET)**
  - ✓ 1: posizione corrente **(SEEK_CUR)**
  - ✓ 2 :fine file **(SEEK_END)**

❒ in caso di successo, restituisce un intero positivo che rappresenta la nuova posizione.

Esempio: `lseek`

```
#include <fcntl.h>
main()
{int fd,n; char buf[100];
if(fd=open("/home/miofile",O_RDWR)<0)
   ...;
   lseek(fd,-3,2); /* posizionamento sul
                      terz'ultimo byte del
                      file */

...
}
```



unlink

Per cancellare un file, o decrementare il numero dei suoi link:

```
int unlink(char *name);
```

- **name** è il nome del file
- ritorna 0, se OK, altrimenti -1.

In generale, l'effetto della system call **unlink** è decrementare di 1 il numero di link del file dato (nell'i-node); nel caso in cui il numero dei link risulti 0, allora il file viene **cancellato**.

link

Per aggiungere un link a un file esistente:

```
int  link(char *oldname, char * newname);
```

- **oldname** è il nome del file esistente
- **newname** è il nome associato al nuovo link

La link:

- incrementa il numero dei link associato al file (nell'***i-node***)
- aggiorna il direttorio (aggiunta di un nuovo elemento)
- Ritorna 0, in caso di successo; -1 se **fallisce**.
- Fallisce (ad esempio), se:
  - **oldname** non esiste
  - **newname** esiste gia` (non viene sovrascritto!)
  - **oldname** e **newname** appartengono a file system diversi (in questo caso, usare softlinks mediante **symlink**).

Esempio

Realizzazione del comando mv :

```
main (int argc,char ** argv)
{ if (argc != 3)
{ printf ("Sintassi errata\n"); exit(1); }

if (link(argv[1], argv[2]) < 0)
{ perror ("Errore link"); exit(1);}

if (unlink(argv[1]) < 0)
{ perror("Errore unlink"); exit(1);}
exit(0);}
```


System call access

Per verificare i diritti di un utente di accedere a un file:

```
int  access (char * pathname,int amode);
```

- il parametro **pathname** rappresenta il nome del file.
- Il parametro **amode** esprime il diritto da verificare e può essere:
  - ✓ 04 read access
  - ✓ 02 write access
  - ✓ 01 execute access
  - ✓ 00 existence
- **access** restituisce il valore 0 in caso di successo, altrimenti -1.

NB: **access** verifica i diritti dell'utente, cioè fa uso del **real** uid del processo (non usa effective uid)

System Call per la protezione: chmod

Per modificare i bit di protezione di un **file**:

```
int  chmod (char *pathname, char *newmode);
```

- **pathname** è il nome del file
- **newmode** contiene i nuovi diritti

System Call per la protezione: chown

Per cambiare il proprietario e il gruppo di un **file**:

```
int  chown (char *pathname, int owner, int group);
```

- **pathname è il nome del file**
- **owner è l'uid del nuovo proprietario**
- **group è il gid del gruppo**

- **cambia proprietario/gruppo del file**

Gestione dei direttori

Vedremo alcune delle system call per la gestione dei direttori Unix. In particolare, analizzeremo:

- **chdir**: per cambiare direttorio (v. Comando cd)
- **opendir**, **closedir**: apertura e chiusura di direttori
- **readdir**: lettura di direttorio

Le primitive **opendir**, **readdir** e **closedir** fanno uso di tipi astratti e sono **indipendenti da** come il direttorio viene realizzato (Bsd, System V, Linux).

Gestione di Direttori: chdir

- Per effettuare un cambio di direttorio (v. comando cd)

```
int chdir (char *nomedir);
```

- **nomedir** è il nome del direttorio in cui entrare.
- Restituisce:
  - 0 in caso di **successo** (cioè il cambio di direttorio è avvenuto)
  - altrimenti restituisce -1 (in caso di **fallimento**)

Accesso a direttori:lettura, scrittura

- Analogamente al file, Lettura/scrittura di un direttorio può avvenire soltanto dopo l'operazione di apertura (`opendir`).
- Una volta aperto, un direttorio può essere acceduto:
  - **`lettura (readdir):` da tutti i processi con il diritto di lettura sul direttorio**
  - **`scrittura:` <u>solo il kernel</u> può scrivere sul direttorio**
- **L'operazione di apertura restituisce un puntatore a `DIR(v. FILE)`:**
  - DIR è un tipo di dato astratto predefinito (**`<dirent.h>`**) che consente di riferire (mediante puntatore) un direttorio aperto.

Apertura di Direttori: `opendir`

Per aprire un direttorio:

```
#include <dirent.h>
DIR  *opendir (char *nomedir);
```

- **`nomedir`** è il nome del direttorio da aprire
- la funzione restituisce un valore di tipo puntatore a **`DIR`**:
  - diverso da NULL se l'apertura ha successo: per gli accessi successivi, si impiegherà questo valore per riferire il direttorio.
  - altrimenti restituisce NULL (in caso di insuccesso)

Chiusura di un direttorio

Per chiudere un direttorio:

```
#include <dirent.h>
int closedir (DIR *dir);
```

- Questa primitiva effettua la chiusura del direttorio riferito dal puntatore **`dir`**.
- Ritorna:
  - 0 in caso di successo
  - -1 in caso di fallimento

Lettura di un direttorio

Un direttorio aperto può essere letto con **`readdir`**:

```
#include <sys/types.h>
#include <dirent.h>
struct dirent *descr;
descr = readdir (DIR *dir);
```

- **`dir`** è il puntatore al direttorio da leggere (valore restituito da **`opendir`**)

- La funzione **restituisce:**
  - un puntatore diverso da **NULL** se la lettura ha avuto **successo**
  - altrimenti **restituisce NULL** (in caso di **insuccesso**)
- In caso di successo, la **`readdir`** legge un elemento dal direttorio dato e lo memorizza all'indirizzo puntato da **`descr`**.
- **`descr`** punta ad una struttura di tipo **`dirent`** (dichiarato in **`dirent.h`**).

L'elemento del direttorio: `dirent`

Il generico elemento (file o direttorio) del direttorio è rappresentato da un record di tipo **`dirent`**:

```
struct dirent {
long d_ino; /* i-number */
off_t d_off; /* offset del prossimo */
unsigned short d_reclen; /* lunghezza del record */
unsigned short d_namelen; /* lunghezza del nome */
char d_name[1]; /* nome del file */
}
```

- la stringa che parte da **`d_name`** rappresenta il nome del file (o direttorio) nel direttorio aperto; **`d_namelen`** rappresenta la lunghezza del nome

  ➔ possibilità di nomi con lunghezza variabile

Gestione di Direttori: creazione

Creazione di un direttorio

```
int  mkdir (char *pathname, int mode);
```

- **`pathname`** è il nome del direttorio da creare
- **`mode`** esprime i bit di protezione

- `mkdir` restituisce il valore 0 in caso di successo, altrimenti un valore negativo.
- In caso di **successo**, crea e inizializza un direttorio con il nome e i diritti specificati; vengono sempre creati i file:
  - . (link al direttorio corrente)
  - .. (link al direttorio padre)

Esempio: realizzazione del comando ls

```
#include <stdlib.h>
#include <sys/types.h>
#include <dirent.h>
#include <fcntl.h>

void  miols(char name[])
{ DIR *dir; struct dirent * dd;
char buff[80];
dir = opendir (name);
while ((dd = readdir(dir)) != NULL)
{ sprintf(buff, "%s\n", dd->d_name);
  write(1, buff, strlen(buff));
}
closedir (dir);
return;}
```


Esempio:realizzazione del comando ls
(continua)

```
main (int argc, char **argv)
{ if (argc <= 1)
  {  printf("Errore\n");
     exit(1);
  }
  miols(argv[1]);
  exit(0);
}
```

Esempio: esplorazione di una gerarchia

- Si vuole operare in modo ricorsivo su una gerarchia di direttori alla ricerca di un file con nome specificato. Per esplorare la gerarchia utilizzeremo le funzioni per cambiare direttorio **`chdir`** e le funzioni **`opendir`**, **`readdir`** e **`closedir`**.
- Si preveda una sintassi del tipo:

```
ricerca radice file
```

  - **`radice:`** **nome del direttorio "radice" della gerarchia**
  - **`file:`** **nome del file da ricercare nella gerarchia (ad esempio, dato in modo assoluto)**

Esempio: esplorazione di una gerarchia

```
#include <stdlib.h>
#include <stdio.h>
#include <sys/types.h>
#include <dirent.h>

void esplora (char *d, char *n);

main (int argc, char **argv)
{if (argc != 3){printf("Errore par.\n"); exit (1);}
 if (chdir (argv[1])!=0)
{       perror("Errore in chdir");
        exit(1);
}
esplora (argv[1], argv[2]);
}
```



```
void esplora (char *d, char *f)
{ char nd [80]; DIR *dir;
  struct dirent *ff;
  dir = opendir(d);
  while ((ff = readdir(dir)) != NULL)
  {  if ((strcmp (ff -> d_name, ".") != 0) &&
    (strcmp (ff -> d_name, "..") !=0)) /*salto . e .. */
            if (chdir(ff -> d_name) != 0) /*è un file */
            { if ( strcmp ( f, ff-> d_name) == 0)
                  printf("file %s nel dir %s\n", f, d);
            } else /*abbiamo trovato un direttorio */
            {      strcpy(nd, d); strcat(nd, "/");
                   strcat(nd, ff-> d_name);
                   esplora ( nd, f);
                   chdir(".."); } /* salgo 1 livello */
            }
closedir(dir);}
```