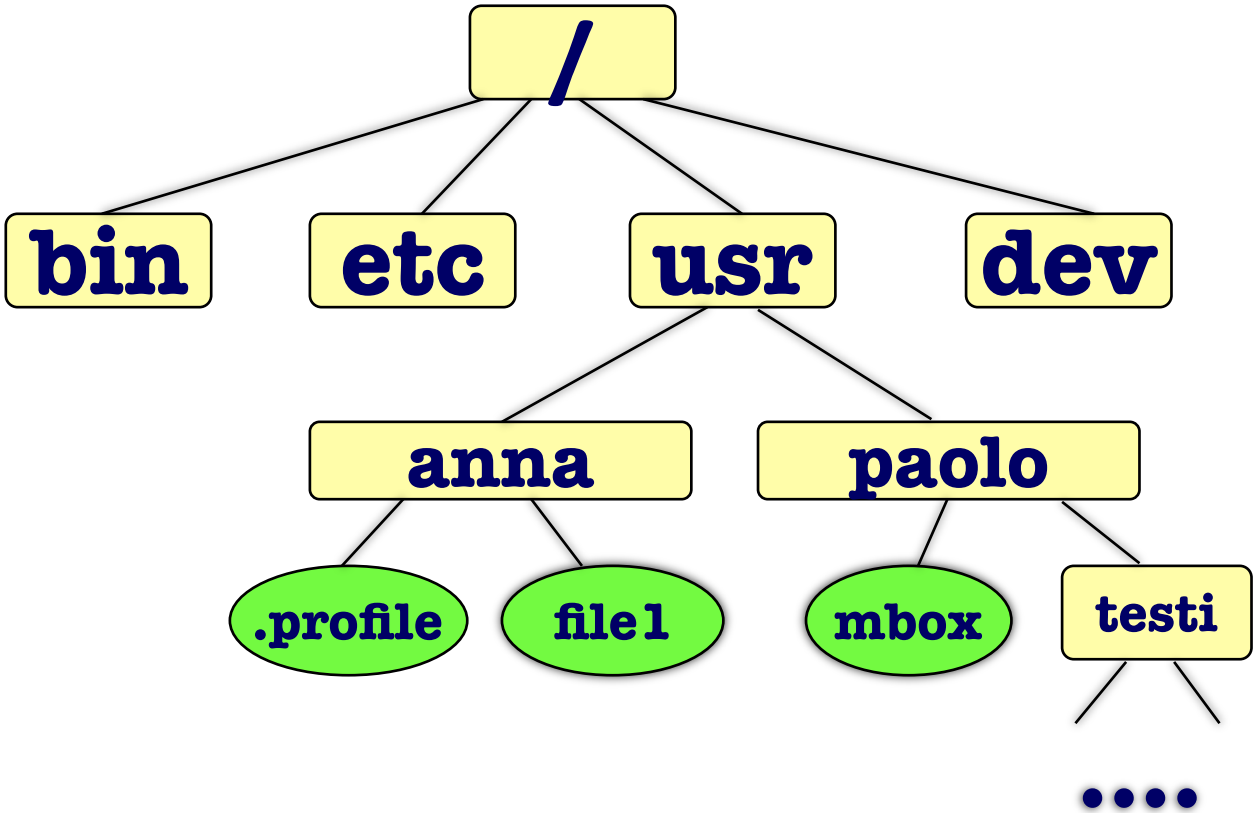
Il File System di Unix

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**

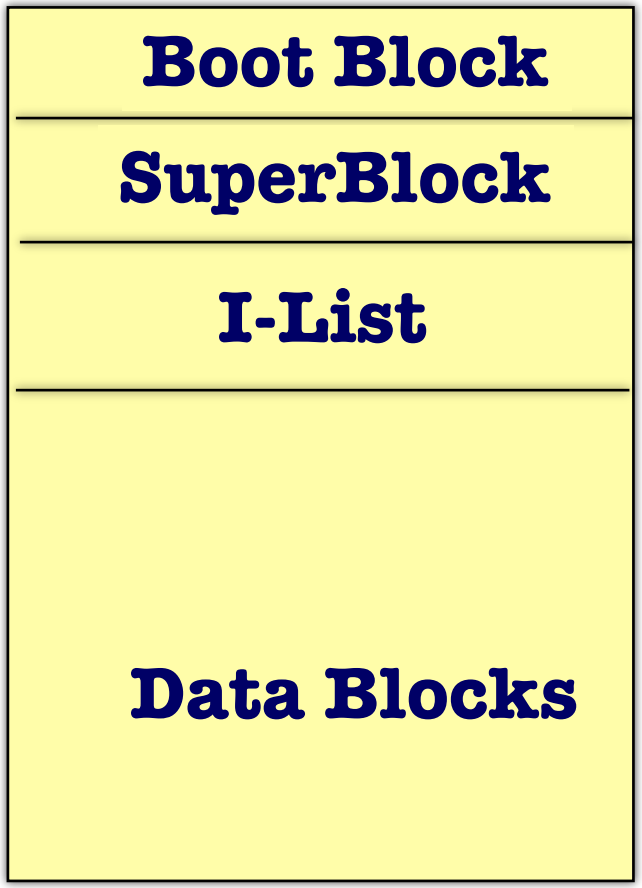
ma

- 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

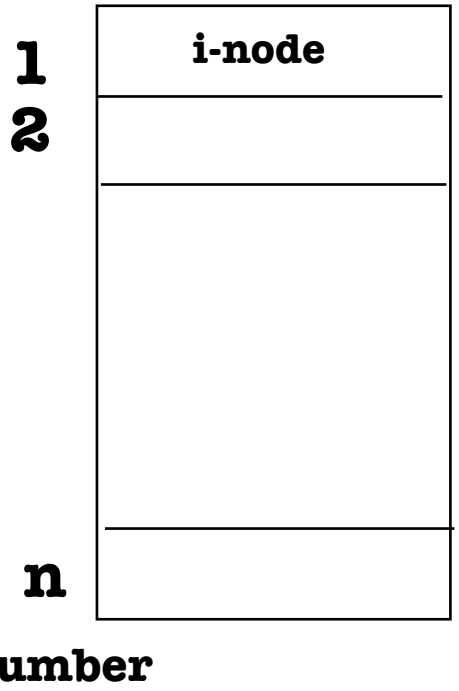


Il File System
Organizzazione Fisica

- **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.

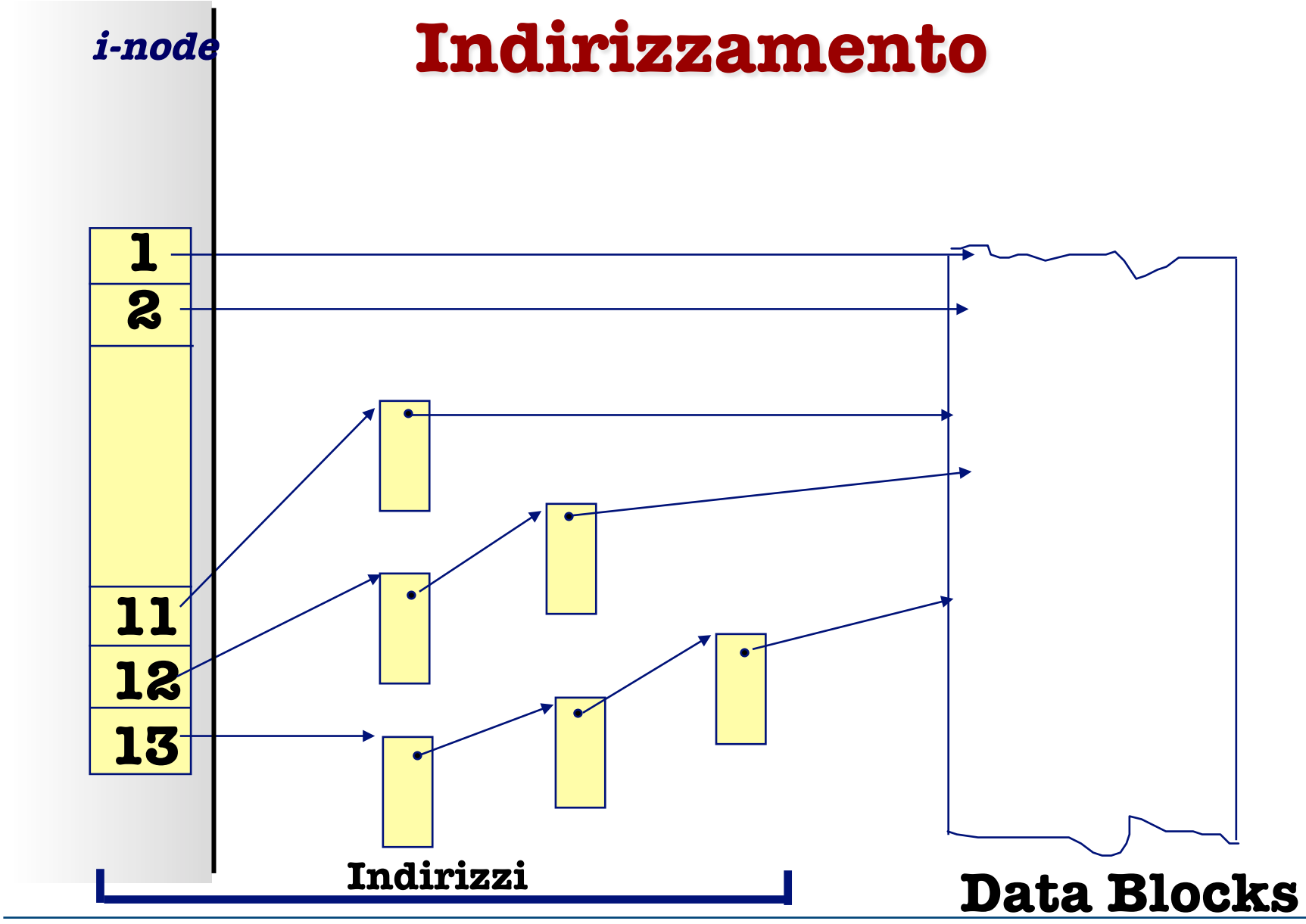
- Tra gli **attributi** contenuti nell'*i-node* vi sono:
  - **tipo** di file:
    - **ordinario**
    - **direttorio**
    - file **speciale**, per i dispositivi.
  - **proprietario, gruppo** (user-id, group-id)
  - **dimensione**
  - **data**
  - 12 bit di **protezione**
  - numero di **links**
  -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

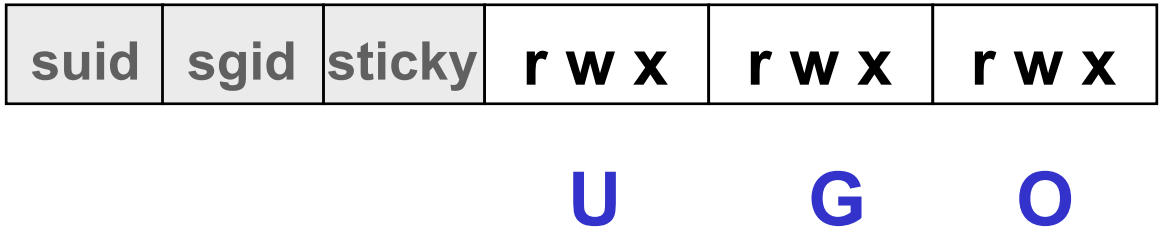
→ **l'accesso a file di piccole dimensioni è più veloce rispetto al caso di file grandi**

Protezione: controllo dell'accesso ai file

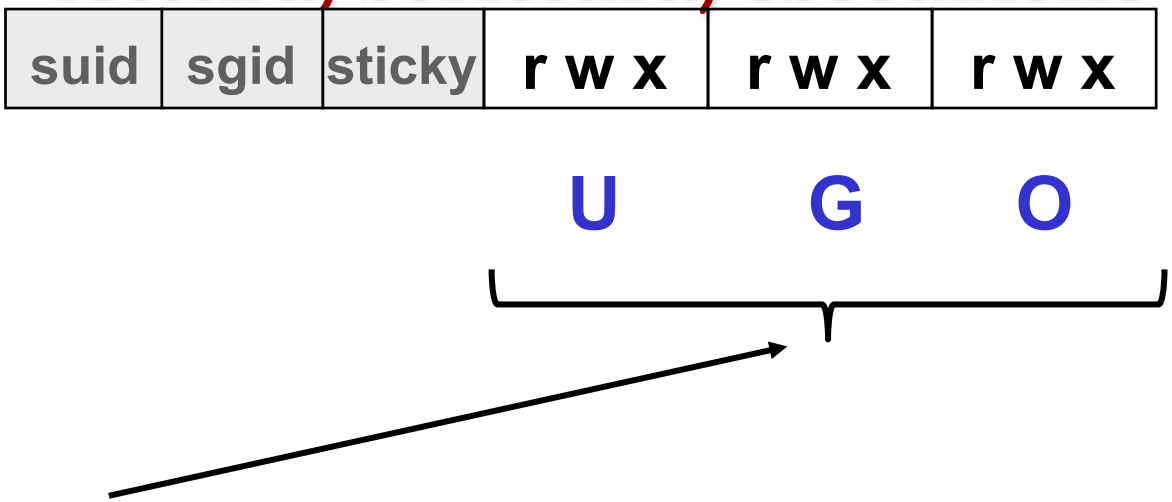
- esistono tre modalità di accesso ai file: ***lettura, scrittura, esecuzione***
- il proprietario può concedere o negare agli altri utenti il permesso di accedere ai propri file
- esiste un utente privilegiato (**`root`**) che ha accesso incondizionato ad ogni file del sistema

bit di protezione

- Ad ogni file sono associati **12 bit** di protezione (nell'i-node):



Bit di Protezione:
lettura, scrittura, esecuzione



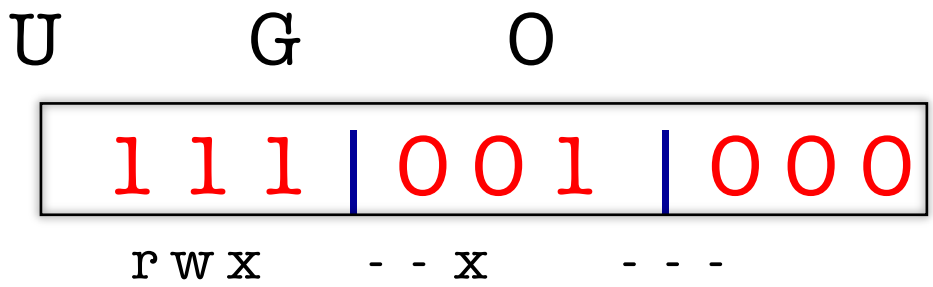
9 bit di lettura (**r**ead),scrittura (**w**rite), esecuzione(e**x**ecute) per:

- utente proprietario (**U**ser)
- utenti del gruppo (**G**roup)
- tutti gli altri utenti (**O**thers)

bit di protezione:
lettura, scrittura, esecuzione

Ad esempio, il file:

pippo



- è leggibile, scrivibile, eseguibile per il proprietario
- è solo eseguibile per gli utenti dello stesso gruppo
- nessun tipo di modalità per gli altri

- formato ottale: 111 => 7; 010 => 2; ... -rwx--x--- => 0710

bit di protezione
per file eseguibili

suid	sgid	sticky	r w x	r w x	r w x

3 bit di permessi per file eseguibili:

- Set-User-ID (SUID)
- Set-Group-ID (SGID)
- Save-Text-Image (Sticky)

SUID, SGID, Sticky

File eseguibili:

- al processo che esegue un file eseguibile è associato dinamicamente uno User-ID (e Group-ID)

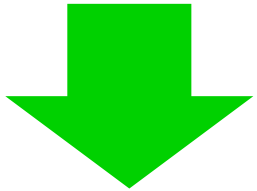
  ➔ **User-ID effettivo**

- **Default:** User-ID (e Group-ID) dell'utente che lancia il processo

  ➔ **User-ID reale**

SUID e SGID

- Set-User-ID (SUID): associa al processo che esegue il file lo User-Id del proprietario del file
- Set-Group-ID (SGID): associa al processo che esegue il file il Group-Id del proprietario del file



Chi lancia il processo assume temporaneamente l'identita' del proprietario

SUID, SGID , e file `/etc/passwd`

- in Unix tutte le informazioni relative alla amministrazione del sistema sono rappresentate da file (di **root**)

Esempio:

utenti, gruppi e password sono registrati nel file **`/etc/passwd:`**

```
root:Mz5DJvSXy:0:1:Operator:/:/bin/csh

paola:eLQZs:290:30:Paola Rossi:/home/paola:/bin/csh
```

SUID, SGID, e il file /etc/passwd

/etc/passwd è accessibile in scrittura solo dal proprietario:

```
$ ls -l /etc/passwd
-rw-r--r--  1 root  wheel  2888 23 Set  2007 /etc/passwd
```

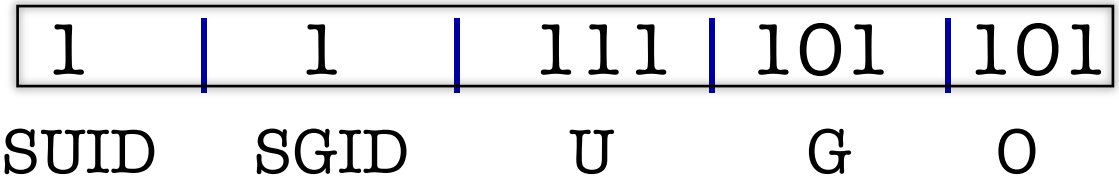
- necessità di concedere l'accesso in scrittura ad ogni utente solo per le modifiche relative al proprio username

attraverso il comando **/bin/passwd** (di **root**)

SUID, SGID, e il file /etc/passwd

il comando **/bin/passwd** modifica il file **etc/passwd:**

/bin/passwd



⇨chiunque lo esegue puo' accedere e modificare (in modo controllato) il file **/etc/passwd**, "impersonando" il superutente (**root**)

Bit di Protezione:
Sticky bit

- Save-Text-Image (Sticky): l'immagine del processo viene mantenuta in area di swap anche dopo che ha finito il proprio compito (il processo è terminato)

-> maggior velocità di (ri) avvio

Esempio:

i comandi utilizzati frequentemente

modifica dei bit di protezione

- Shell: comando **`chmod`**
- System Call: **`int chmod()`**

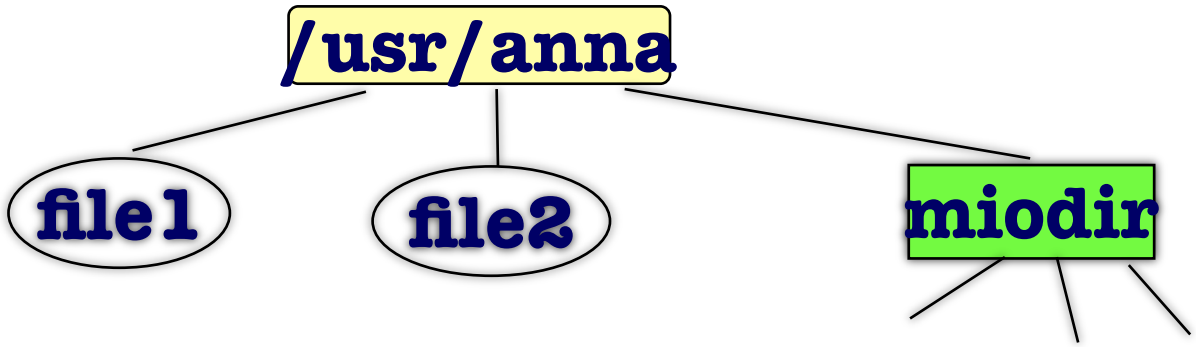
Il Direttorio

- 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**

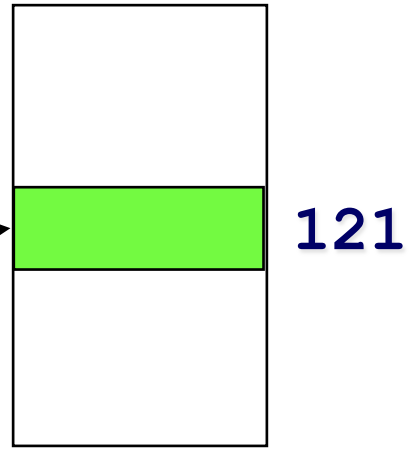
- ogni record rappresenta un file appartenente al direttorio:
  - per ogni file (o direttorio) appartenente al direttorio considerato, viene memorizzato il suo nome relativo, al quale viene associato il valore del suo ***i-number*** (che lo identifica univocamente)

Il Direttorio



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

file1	189
file2	133
miodir	121
.	110
..	89



File system Linux

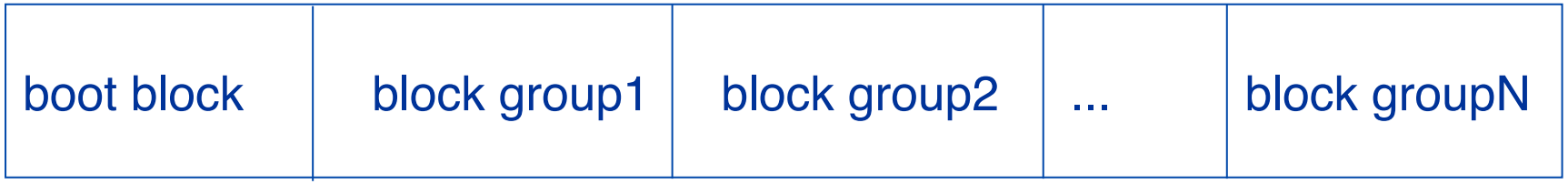
- Prime versioni: implementazione del file system di Minix (unix-like): limitazioni su:
  - indirizzabilita` (64 MB per file e per filesystem!)
  - nomi dei file (16 caratteri)
  - gestione dei blocchi inefficiente (bitmap dei blocchi liberi e di inode)

- **Ext FS (1992): indirizzabilita` 1GB/4GB,** gestione blocchi liberi con liste.

- **Ext 2 (1993): 16GB/4TB**
  - Flessibilita`: l'amministratore puo` decidere
    - dimensione del blocco (1024-4096 bytes)
    - dimensione i-list
  - Efficienza:
    - ***Gruppi di blocchi***: ogni gruppo include data blocks e inode memorizzati in tracce adiacenti e una **copia** delle strutture di controllo (superblock e descrittore filesystem) -> affidabilita`
    - ***fast symbolic links: il link e` memorizzato direttamente nell'i-node***
    - ***Preallocazione***: il filesystem prealloca blocchi a file prima che vengano effettivamente scritti
- **Ext 3 (2001), Ext4 : estensioni journaled di ext2 -> tolleranza ai guasti.**

EXT2 Block groups:

- il file system e` organizzato fisicamente in gruppi di blocchi :



- La struttura di ogni gruppo e` la seguente:

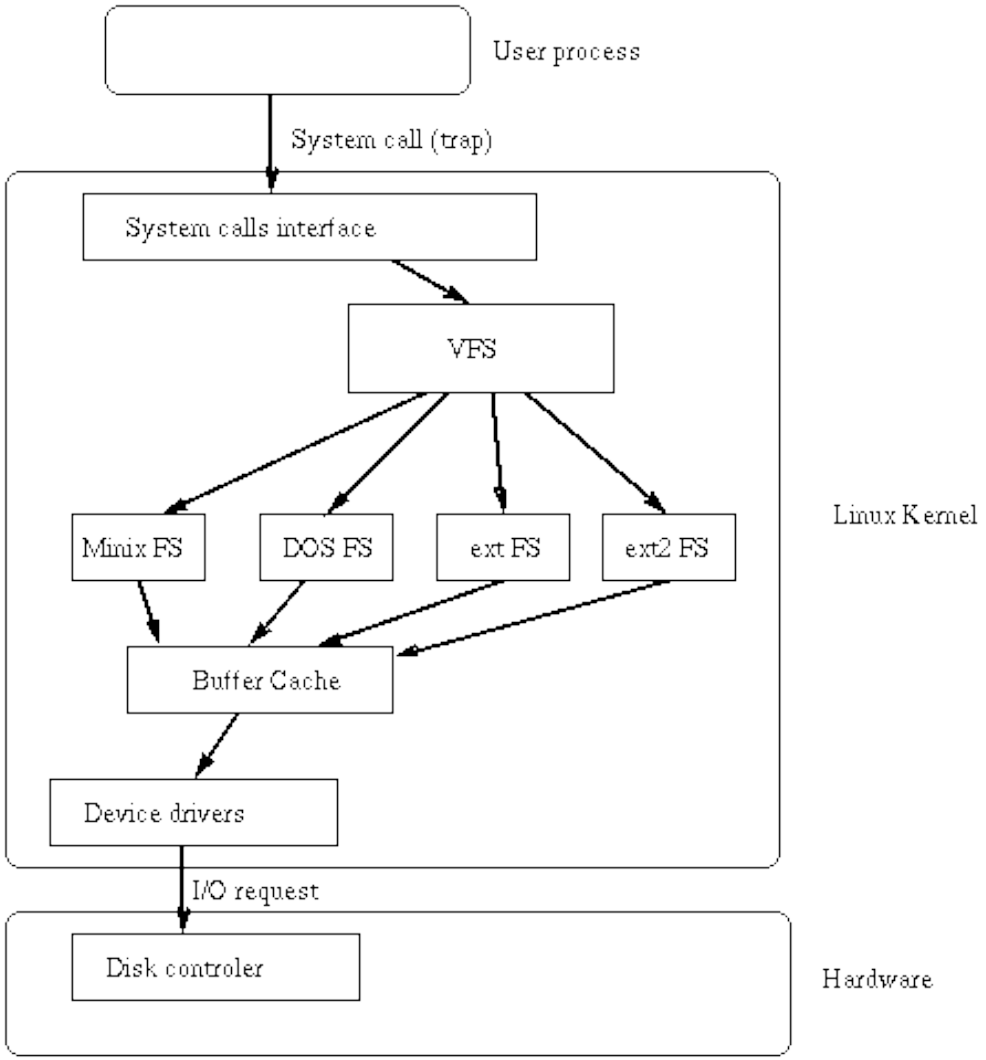
- localita` di inode e relativi file: tempi di accesso ridotti
- localita` dei blocchi allocati a uno stesso file
- Replicazione del superblock-> tolleranza ai guasti

Virtual File System

Linux prevede l'integrazione con filesystem diversi da Ext2, grazie al Virtual File System (VFS):

- intercetta ogni system call relativa all'accesso al file system e, all'occorrenza, provvede al collegamento con file system "esterni":
- file e filesystems sono mappati su *internal objects* nel kernel, ognuno dei quali include informazioni specifiche sulla risorsa che rappresenta:
  - superblock objects
  - i-node objects
  - file objects

VFS


User process
System call (trap)
System calls interface
VFS
Minix FS
DOS FS
ext FS
ext2 FS
Linux Kernel
Buffer Cache
Device drivers
I/O request
Disk controler
Hardware

VFS: file system supportati

- Disk File system:
  - unix-like FS: SystemV, BSD, ecc.
  - Microsoft-like: DOS, VFAT (Win98), NTFS..
  - HFS (Apple)
  - JFS (IBM)
  - ...
- Network file systems:
  - NFS
  - SMB (Microsoft)
  - NCP (Novell Net Ware Core Protocol)
  - ...

Accesso al file system

Accesso a File
in Unix

Quali sono i meccanismi di accesso al file system?

Come vengono realizzati ?

Vanno considerati:

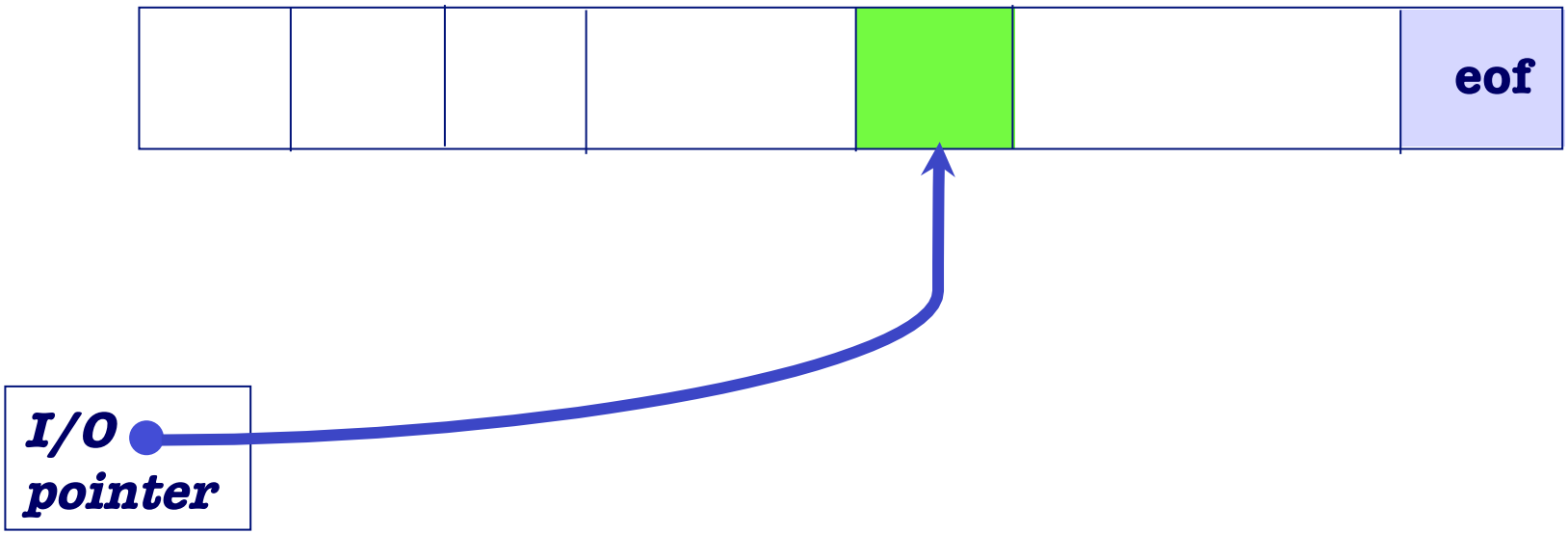
- **strutture dati** di sistema per il supporto all'accesso e alla gestione di file
- principali **system calls** per l'accesso e la gestione di file

Accesso a File

Concetti Generali

- accesso **sequenziale**
- il puntatore al file (**I/O Pointer**) registra la posizione corrente
- assenza di strutturazione:

file = sequenza di bytes (*stream*)



Accesso a File

Concetti Generali

- vari **modi** di accesso (***lettura, scrittura, lettura/scrittura***, etc.)

- accesso subordinato all'operazione di **apertura:**

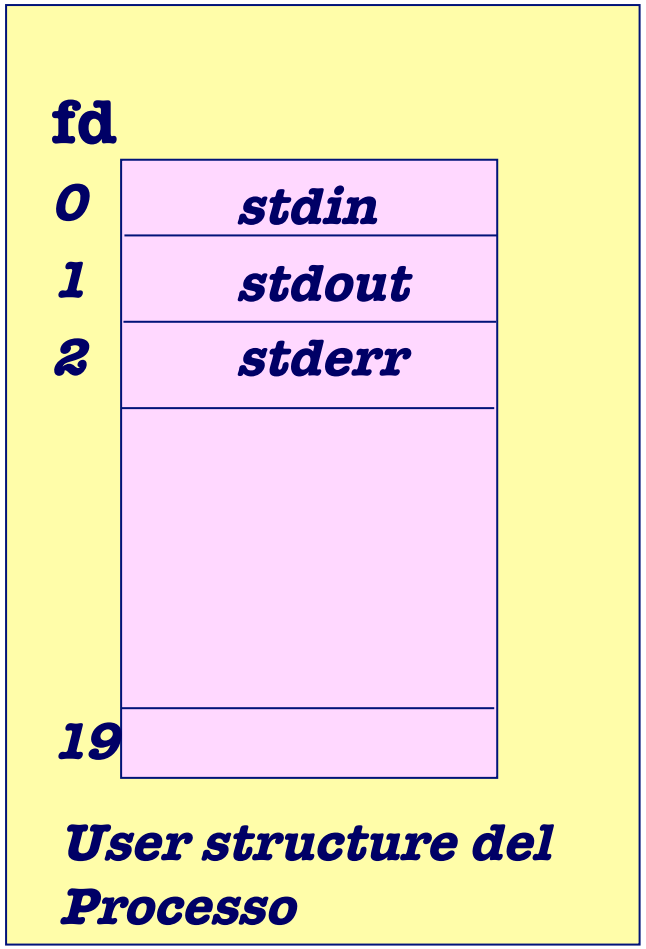
<apertura File>
<accesso al File>
<chiusura File>

Accesso a 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**



Accesso a 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*.

Accesso a File
Strutture dati

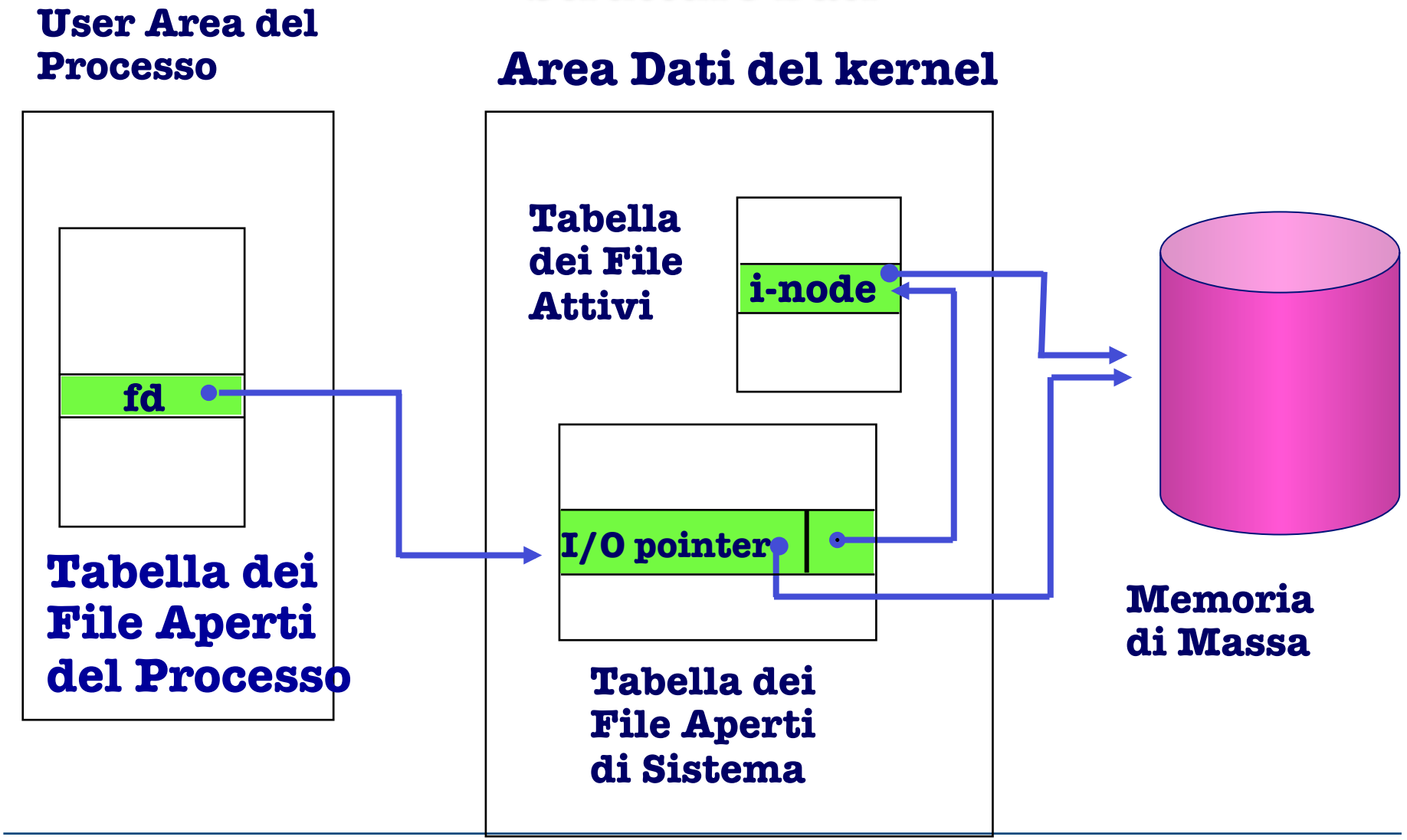
Riassumendo:

- **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



Accesso a 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)

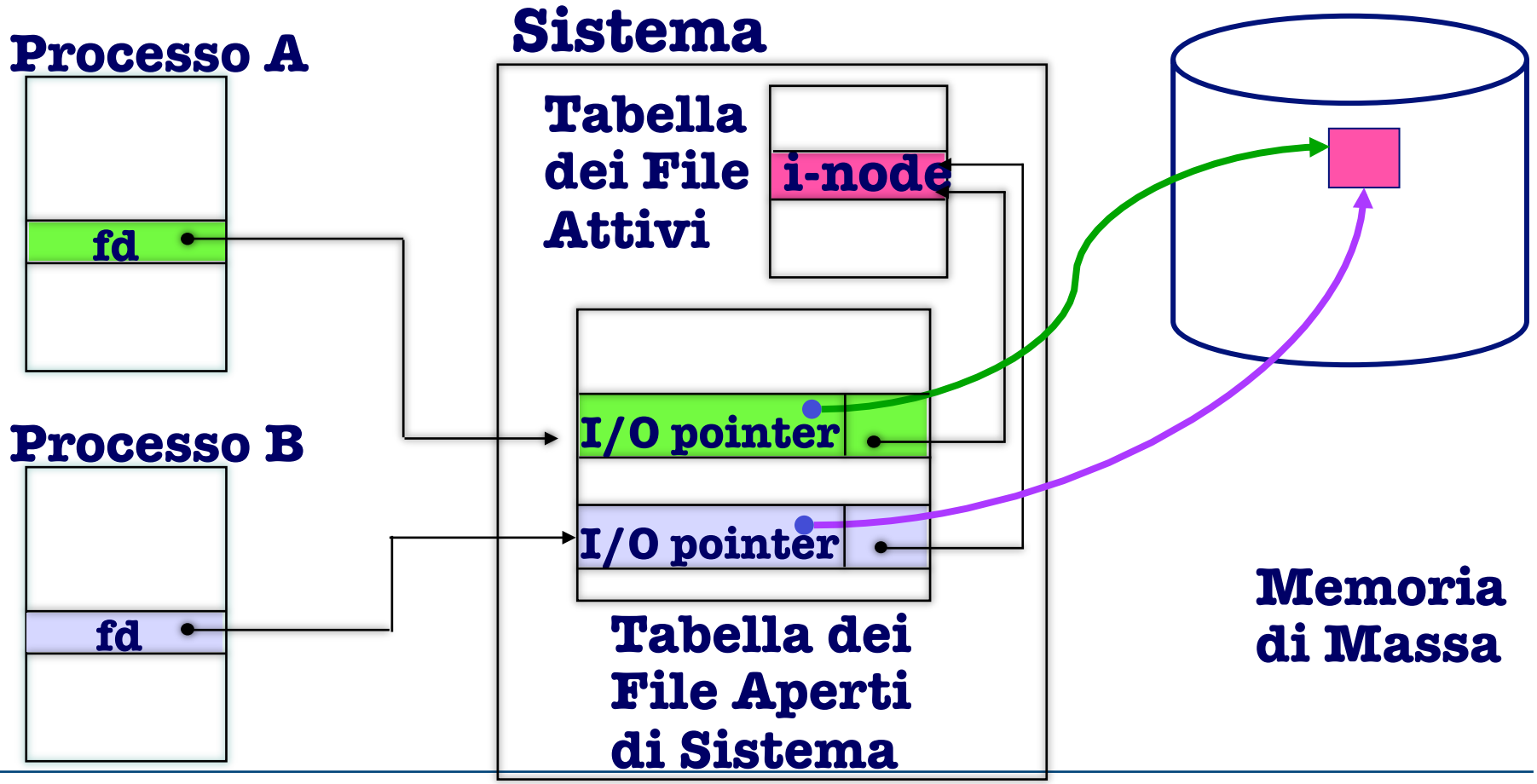
più processi possono accedere contemporaneamente allo stesso file, ma con **I/O pointer distinti** !

Accesso a File

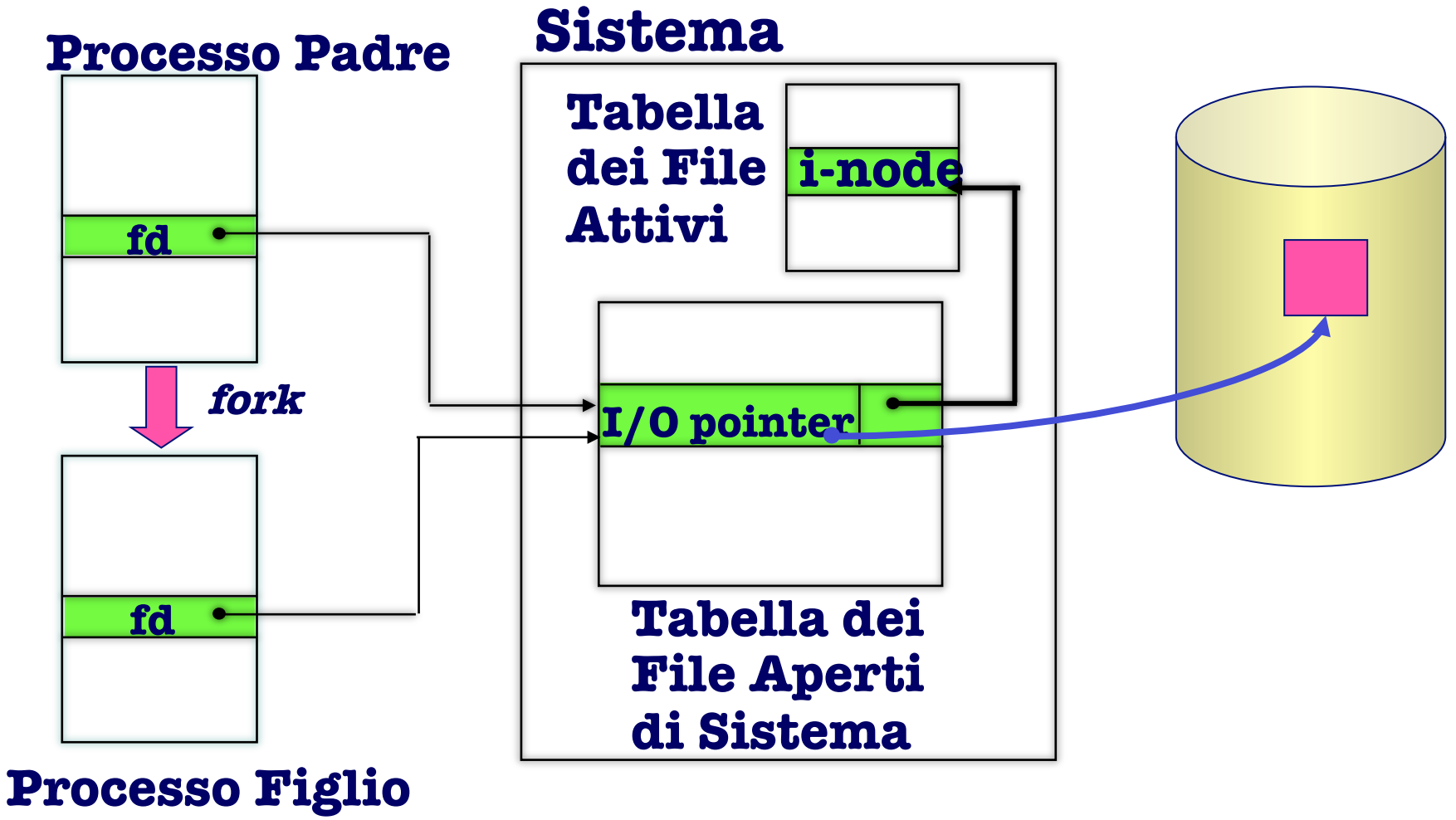
Tabella dei File Attivi

- 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.



Accesso a 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`**
  - ✓ 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'apertura determina la **creazione** del file (flag **O_CREAT**): 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, 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 (se non condivisi con altri processi) 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

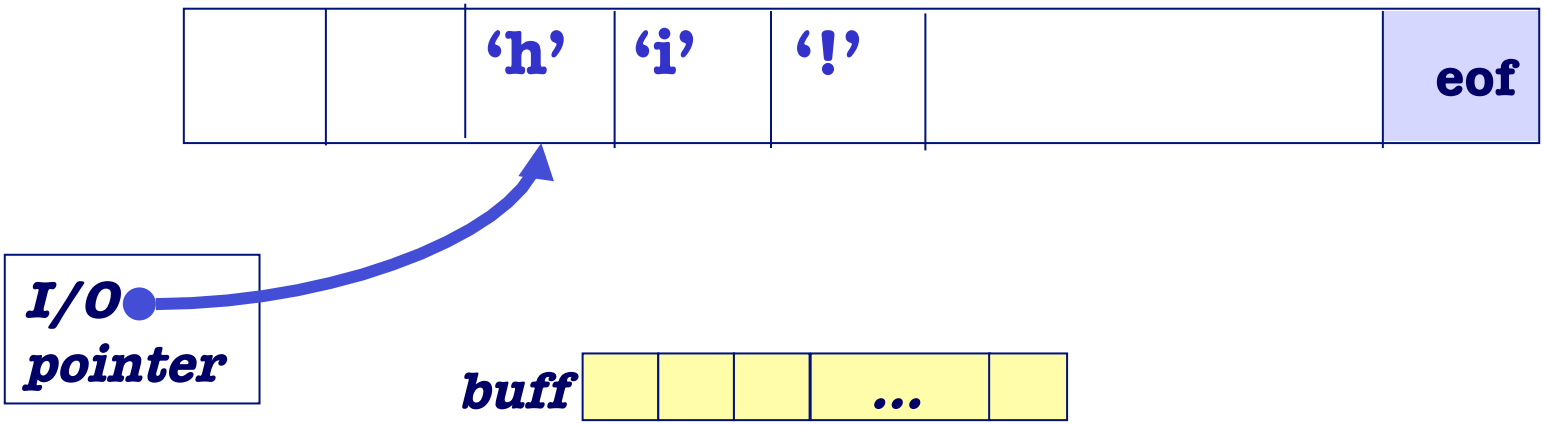
- in caso di successo, restituisce un intero positivo (<=n) che rappresenta il numero di caratteri effettivamente letti
- è previsto un carattere di *End-Of-File* che marca la fine del file (da tastiera: `^D`)

Lettura di File: `read`

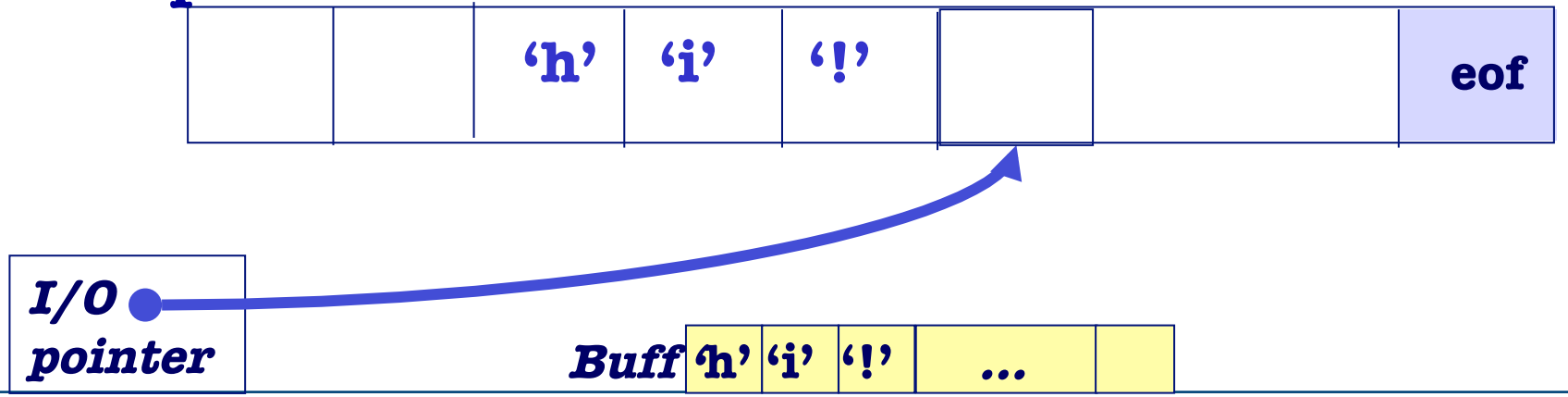
- Se **`read(fd, buff, n)`** ha successo:
  - a partire dal valore corrente dell'I/O pointer, vengono letti (al piu`) `n` bytes dal file **`fd`** e memorizzati all'indirizzo **`buff`**.
  - *L'I/O pointer* viene spostato avanti di **`n`** bytes

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);
```

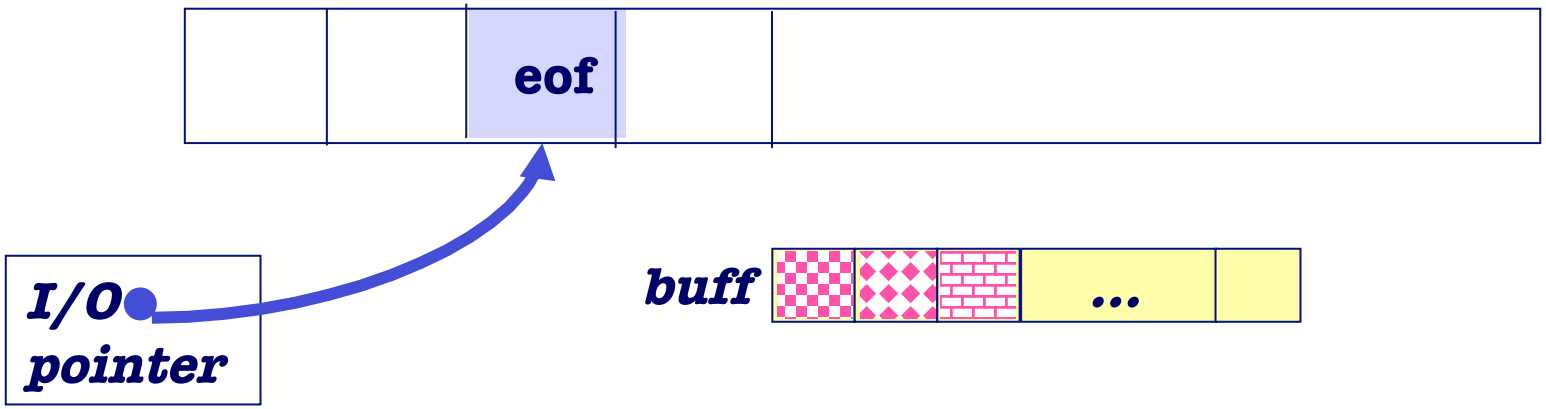
- **`fd`** è il file descriptor del file
- **`buf`** è l'area da cui trasferire i byte scritti
- **`n`** è il numero di caratteri da scrivere

- in caso di **successo**, restituisce un intero positivo

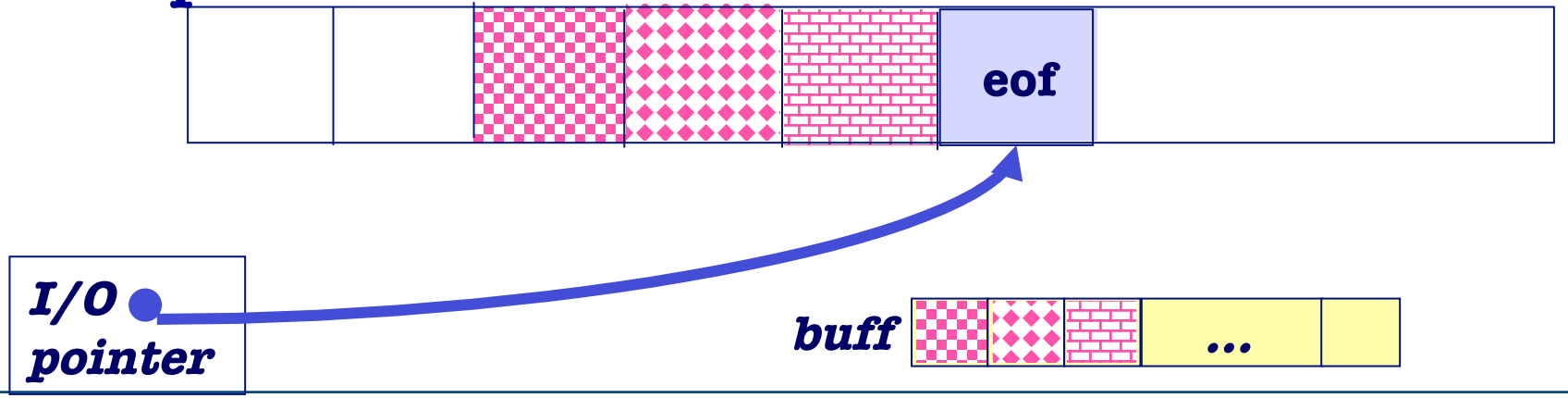
  (= = n) che rappresenta il numero di caratteri effettivamente scritti

Scrittura 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 su stdout */
 close(fd);
 }
```

Esempio: comando `mycp` (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);
```

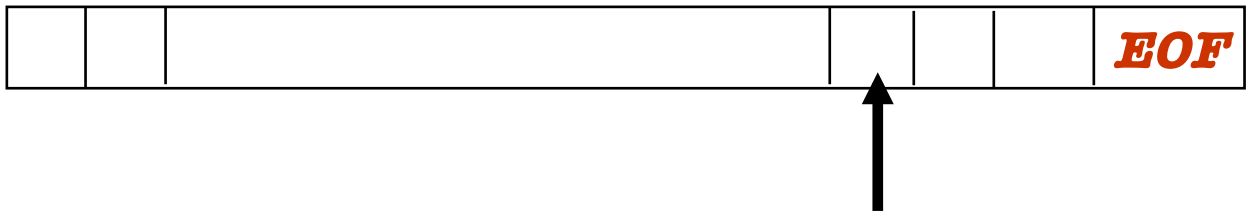
- **`fd`** è il file descriptor del file
- **`offset`** è lo spostamento (in byte) rispetto all'origine
- **`origine`** può valere:
  - ✓ 0: inizio file **(`SEEK_SET`)**
  - ✓ 1: posizione corrente **(`SEEK_CUR`)**
  - ✓ 2 :fine file **(`SEEK_END`)**

- 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 */

...
}
```



Gestione di file: *system call*

- *I processi possono gestire i file tramite alcune* ***system call***, tra le quali:
  - ✓ cancellazione: **`unlink`**
  - ✓ linking: **`link`**
  - ✓ Verifica dei diritti di accesso: **`access`**
  - ✓ Verifica degli attributi: **`stat`**
  - ✓ Modifica diritti di accesso: **`chmod`**
  - ✓ Modifica proprietario: **`chown`**

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), eliminando il nome specificato dalla struttura logica del file system; 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

Effetti:

- 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 (diritto verificato),
  altrimenti `-1`.

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

System call `stat`

Per leggere gli attributi di un file (v. **inode**):

```
int stat(const char *path, struct stat *buf);
```

- il parametro **`path`** rappresenta il nome del file.
- il parametro **`buf`** è il puntatore a una **struttura di tipo `stat`**, nella quale vengono restituiti gli attributi del file (definito nell'header file **<sys/stat.h>)**.

Ritorna 0, in caso di successo, -1 in caso di errore.

Struttura stat

```
struct stat {
    dev_t     st_dev;     /* ID of device containing file */
    ino_t     st_ino;     /* i-number */
    mode_t    st_mode;    /* protection & file type */
    nlink_t   st_nlink;   /* number of hard links */
    uid_t     st_uid;     /* user ID of owner */
    gid_t     st_gid;     /* group ID of owner */
    dev_t     st_rdev;    /* device ID (if special file) */
    off_t     st_size;    /* total size, in bytes */
    blksize_t st_blksize; /* blocksize for file system I/O */
    blkcnt_t  st_blocks;  /* number of blocks allocated */
    time_t    st_atime;   /* time of last access */
    time_t    st_mtime;   /* time of last modification */
    time_t    st_ctime;   /* time of last status change */
};
```

stat: st_mode

Per interpretare il valore di st_mode, sono disponibili alcune costanti e macro (**<sys/stat.h>**); ad esempio:

- S_ISREG(mode): è un file regolare? (flag S_IFREG)
- S_ISDIR(mode): è una directory? (flag S_IFDIR)
- S_ISCHR(mode): è un dispositivo a caratteri (file speciale)? (flag S_IFCHR)
- S_ISBLK(mode): è un dispositivo a blocchi (file speciale)? (flag S_IFBLK)
- Ecc.

stat: esempio

```
/* Invocazione: provastat nomefile
#include <sys/types.h>
#include <sys/stat.h>
#include <time.h>
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

main(int argc, char *argv[])
{  struct stat sb;
   if (argc != 2) {
        fprintf(stderr, "Usage: %s <pathname>\n", argv[0]);
        exit(1);
    }
   if (stat(argv[1], &sb) == -1) {
        perror("stat");
        exit(1);
    }
```

```
printf("Tipo del file:\t");
if (S_ISREG(sb.st_mode))  printf("file ordinario\n");
if (S_ISBLK(sb.st_mode))  printf("block device\n");
if (S_ISCHR(sb.st_mode))  printf("character device\n");
if (S_ISDIR(sb.st_mode))  printf("directory\n");
printf("I-number:\t%ld\n", (long) sb.st_ino);
printf("Mode:\t%lo (octal)\n", (unsigned long) sb.st_mode);
printf("numero di link:\t%ld\n", (long) sb.st_nlink);
printf("Proprietario:\tUID=%ld   GID=%ld\n", (long) sb.st_uid,
(long) sb.st_gid);
printf("I/O block size:\t %ld bytes\n", (long) sb.st_blksize);
printf("dimensione del file:\t%ld bytes\n", (long)
sb.st_size);
printf("Blocchi allocati: \t%ld\n”,(long ) sb.st_blocks);
exit(0);
}
```

Test:

```
$ ./provastat pippo.txt
Tipo del file: file ordinario
I-number: 13900906
Mode:     0644 (octal)
numero di link:     1
Proprietario:  UID=503   GID=503
I/O block size:      4096 bytes
dimensione del file:     1040 bytes
Blocchi allocati:   8
```

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`: solo il kernel 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; /* 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);}
```

La Comunicazione tra Processi in Unix

Interazione tra processi Unix

- I processi Unix non possono condividere memoria (**modello ad ambiente locale**)

- L'**interazione tra processi** può avvenire:
  - **mediante la condivisione di file:**
    - ✓ complessità : realizzazione della sincronizzazione tra i processi.
  - **attraverso specifici strumenti di *Inter Process Communication*:**
    - per la comunicazione tra processi **sulla stessa macchina**:
      - » `pipe` **(tra processi della stessa gerarchia)**
      - » `fifo` **(qualunque insieme di processi)**
    - per la comunicazione tra processi in nodi diversi della stessa **rete**:
      - » `socket`

pipe

La pipe è un canale di comunicazione tra processi:

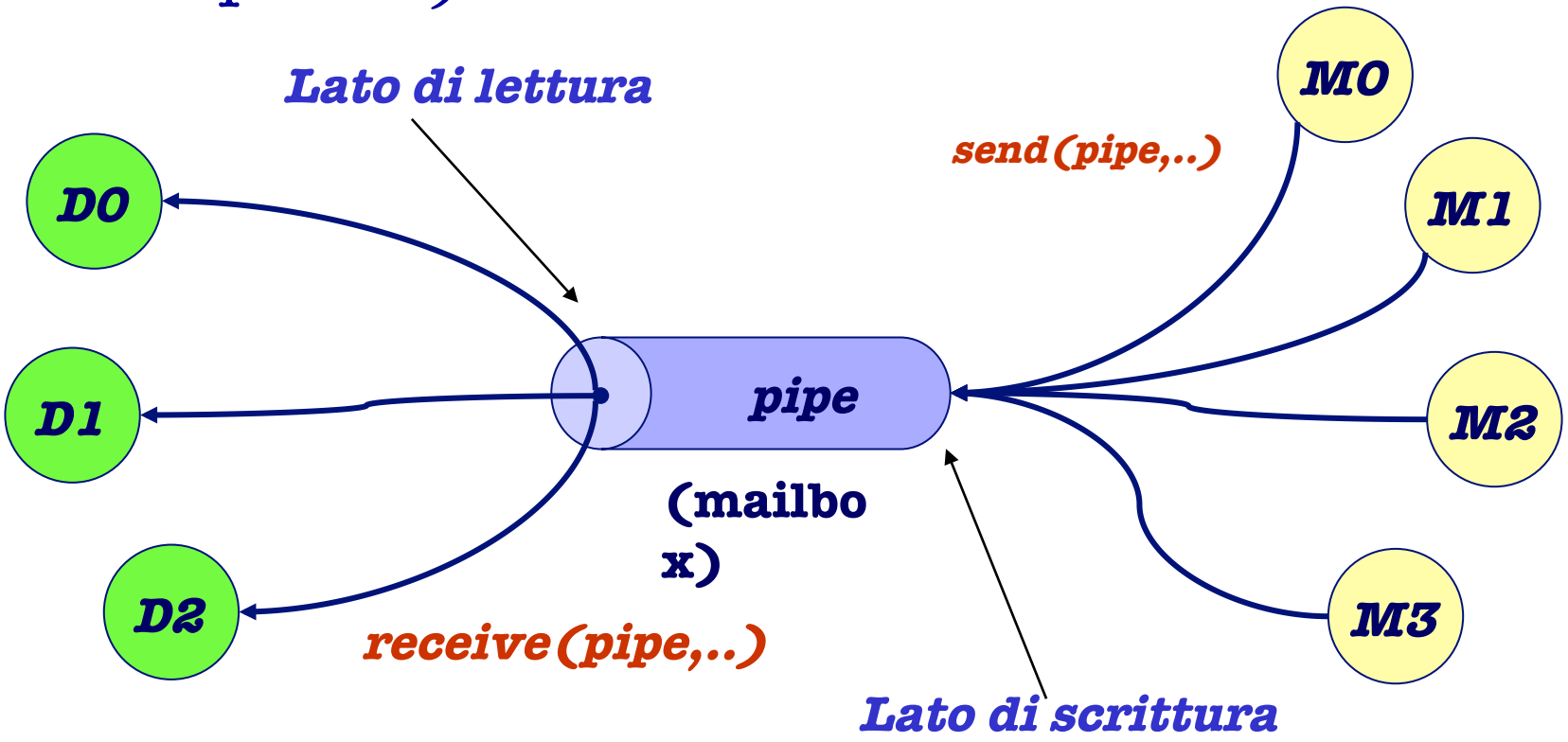
- ***unidirezionale***: accessibile ad un estremo in lettura ed all'altro in scrittura
- **molti-a-molti:**
  - più processi possono spedire messaggi attraverso la stessa pipe
  - più processi possono ricevere messaggi attraverso la stessa pipe
- **capacità limitata:**
  - la **pipe** è in grado di gestire l'**accodamento** di un numero limitato di messaggi, gestiti in modo FIFO: il limite è stabilito dalla **dimensione** della pipe (es.4096 bytes).

  ⇒**comunicazione asincrona**

- **OMOGENEITA' con i FILE: accesso con le stesse system call dei file.**

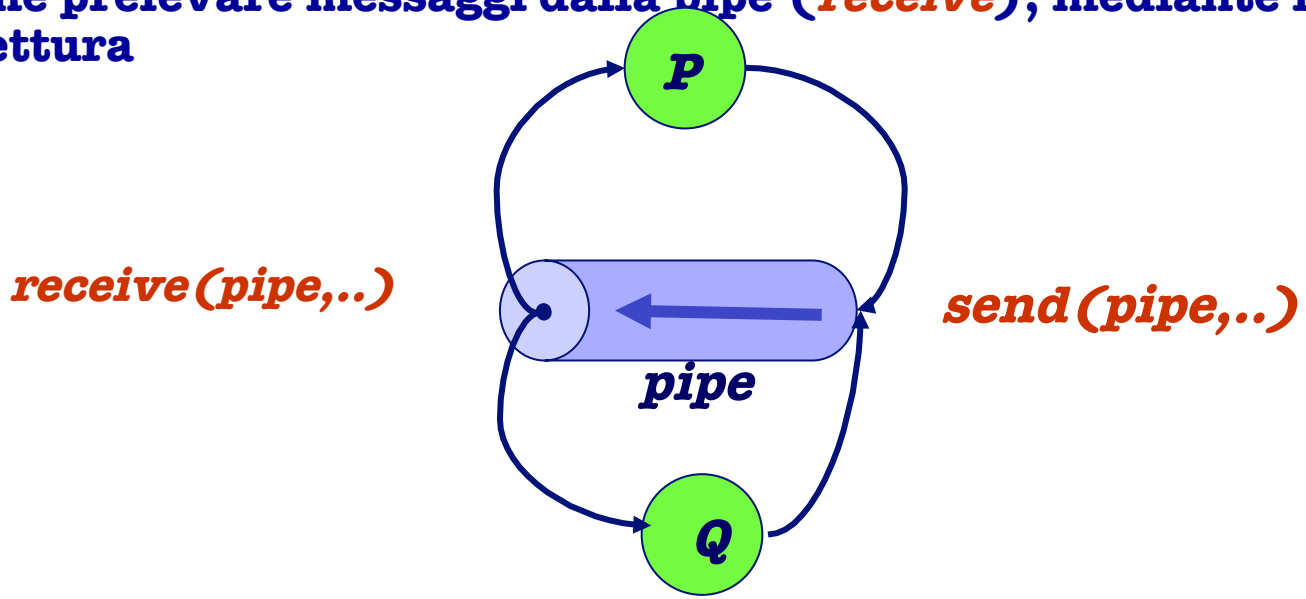
Comunicazione attraverso pipe

- Mediante la pipe, la comunicazione tra processi è **indiretta** (senza naming esplicito): ***mailbox***



Pipe: unidirezionalità/ bidirezionalità

- **Uno stesso processo può:**
  - **sia depositare messaggi nella pipe (*send*), mediante il lato di scrittura**
  - **che prelevare messaggi dalla pipe (*receive*), mediante il lato di lettura**



☞ **la pipe può anche consentire una comunicazione "*bidirezionale*" tra i processi P e Q (ma va rigidamente disciplinata !)**

System call `pipe`

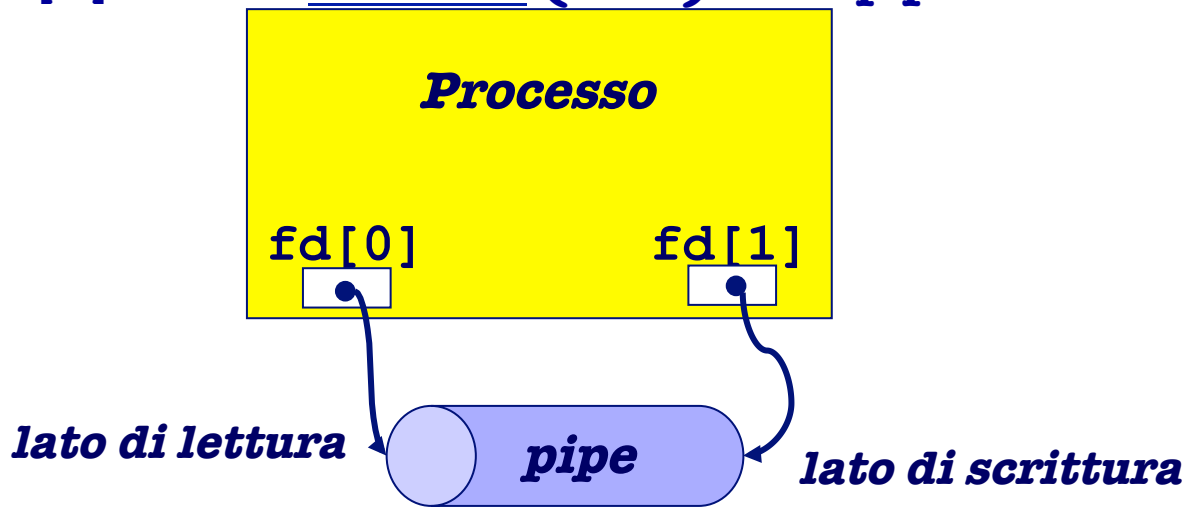
- **Per creare una pipe:**

```
int pipe(int fd[2]);
```

  - `fd` è il puntatore a un vettore di 2 **file descriptor**, che verranno inizializzati dalla system call in caso di successo:
    - ✓ `fd[0]` **rappresenta il lato di lettura della pipe**
    - ✓ `fd[1]` **è il lato di scrittura della pipe**
- **la system call pipe restituisce:**
  - **un valore negativo, in caso di fallimento**
  - **0, se ha successo**

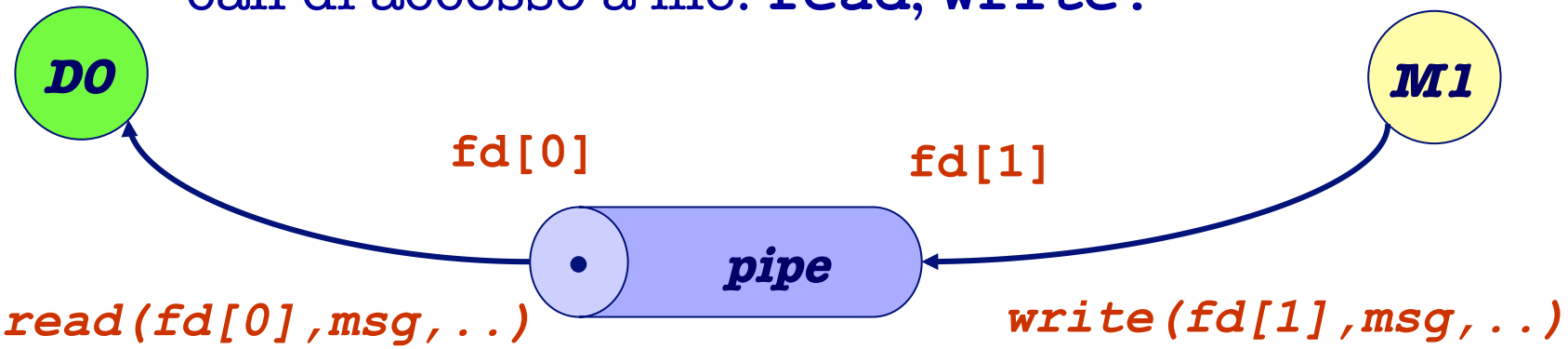
Creazione di una pipe

- **Se `pipe(fd)` ha successo:**
  - **vengono allocati due nuovi elementi nella tabella dei file aperti del processo e i rispettivi file descriptor vengono assegnati a `fd[0]` e `fd[1]`:**
    - ✓ **`fd[0]`: lato di lettura (*receive*) della pipe**
    - ✓ **`fd[1]`: lato di scrittura (*send*) della pipe**



Omogeneità con i file

- Ogni lato di accesso alla pipe è visto dal processo in modo **omogeneo** al file (file descriptor):
  - si può accedere alla pipe mediante le system call di accesso a file: **`read`**, **`write`**:



✓ **`read`**: realizza la ***receive***

✓ **`write`**: realizza la ***send***

Sincronizzazione dei processi comunicanti

- Il canale (la ***pipe***) ha capacità limitata: come nel caso di produttore/consumatore è necessario sincronizzare i processi:
  - **se la** *pipe* **è vuota: un processo che legge** si blocca
  - **se la** *pipe* **è piena: un processo che scrive** si blocca

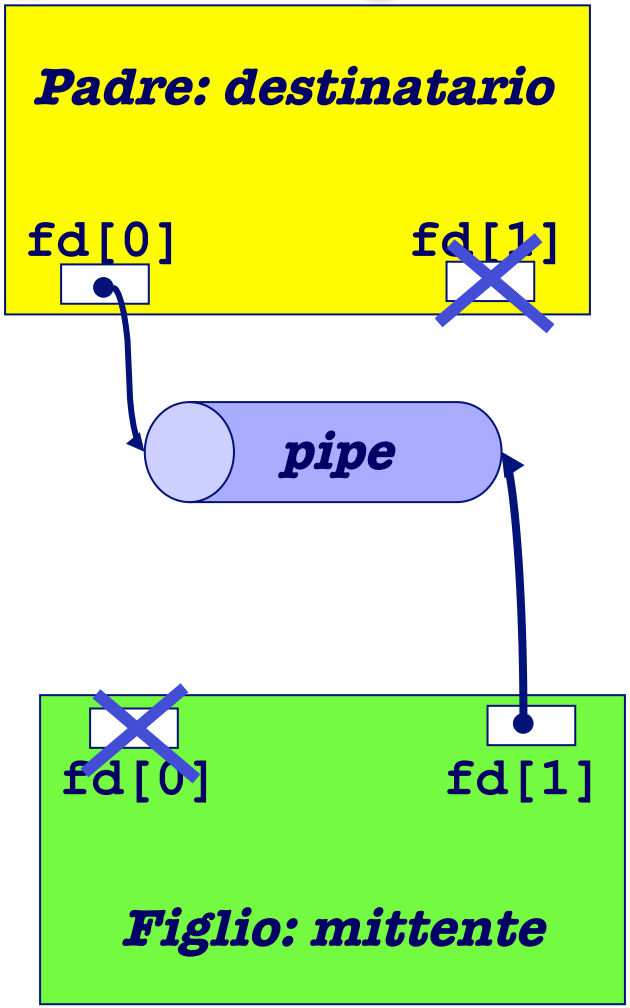
✦ **Sincronizzazione automatica: read e write da/verso pipe possono essere sospensive !**

Quali processi possono comunicare mediante pipe?

- **Per mittente e destinatario il riferimento al canale di comunicazione è un file descriptor:**
  - Soltanto i processi appartenenti a una stessa **gerarchia** (cioè, che hanno un ***antenato*** in comune) possono scambiarsi messaggi mediante pipe; ad esempio, possibilità di comunicazione:
    - **tra *processi fratelli* (**che **ereditano** la pipe dal processo padre**)**
    - **tra un processo *padre* e un processo *figlio*;**
    - **tra *nonno* e *nipote***
    - **etc.**

Esempio: comunicazione tra padre e figlio

```
main()
{int pid;
 char msg[]="ciao babbo";
 int fd[2];
 pipe(fd);
 pid=fork();
 if (pid==0)
{/* figlio */
   close(fd[0]);
   write(fd[1], msg, 10);
   ...}
else /* padre  */
{ close(fd[1]);
   read(fd[0], msg, 10);
   ...
}}
```



Ogni processo chiude il lato della pipe che non usa.

Chiusura di pipe

- Ogni processo può chiudere un estremo della pipe con una `close`.
- Un estremo della pipe viene ***effettivamente*** **chiuso** (cioè, la comunicazione non e` piu` possibile) quando tutti i processi che ne avevano visibilità hanno compiuto una `close`
- **Se un processo P:**
  - **tenta una lettura da una pipe vuota il cui *lato di scrittura* è *effettivamente* chiuso: `read` ritorna 0**
  - **tenta una scrittura da una pipe il cui *lato di lettura* è *effettivamente* chiuso: `write` ritorna -1, ed il segnale SIGPIPE viene inviato a P (*broken* pipe).**

Esempio

```
/* Sintassi: progr N
padre(destinatario) e figlio(mittente) si scambiano una
   sequenza di messaggi di dimensione (DIM) costante; la
   lunghezza della sequenza non  e` nota a priori; il
   destinatario decide di interrompere la sequenza di
   scambi di messaggi dopo N secondi */

#include <stdio.h>
#include <signal.h>
#define DIM 10

int fd[2];
void fine(int signo);
void timeout(int signo);
```

Esempio

```
main(int argc, char **argv)
{int pid, N;
 char messaggio[DIM]="ciao ciao ";
  if (argc!=2)
  {   printf("Errore di sintassi\n");
      exit(1);}
  N=atoi(argv[1]);
  pipe(fd);
  pid=fork();
  if (pid==0) /* figlio */
  {   signal(SIGPIPE, fine);
      close(fd[0]);
      for(;;)
            write(fd[1], messaggio, DIM);
  }
```

Esempio

```
else if (pid>0) /* padre */
 {              signal(SIGALRM, timeout);
                close(fd[1]);
                alarm(N);
                for(;;)
                {       read(fd[0], messaggio, DIM);
                        write(1, messaggio, DIM);
                }
  }
}/* fine main */
```

Esempio

```
/* definizione degli handler dei segnali */
void timeout(int signo)
{ int stato;
  close(fd[0]); /* chiusura effettiva del lato di
                   lettura*/
   wait(&stato);
   if ((char)stato!=0)
      printf("Term. inv. figlio (segnale %d)\n",
                  (char)stato);
   else printf("Term. Vol. Figlio (stato %d)\n",
                  stato>>8);
   exit(0);
}

void fine(int signo)
{ close(fd[1]);
  exit(0);
}
```

Ridirezione di comandi

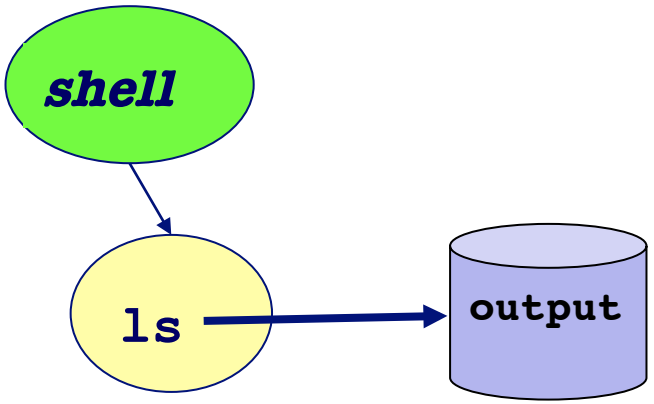
- Come realizzare la redirezione di comandi su file?

Ad esempio:

```
$ ls -lR > output
```

➡ Viene creato un processo che andrà ad eseguire (exec) il comando ls in modo tale che:

- Lo std. output di **`ls`** sia **ridiretto** nel file **`output`**



Esempio: ridirezione di un comando su file

```
/* sintassi: programma com f  significa:  com > f  */

main(int argc, char **argv)
{ int pid, fd, status;
  pid=fork();
   if (!pid) /* processo figlio: com1 */
   {   close(1);
       fd=open(argv[2], O_WRONLY); /* fd sostituisce il
                                      disp. di stdout */
       close(fd);
       execlp(argv[1], argv[1],(char *)0);
       exit(-1);
   }
wait(&status);
if((char)status!=0)
   printf("figlio term. per segnale%d\n",(char)status);
}
```

Piping di comandi

Piping di comandi

Come realizzare il *piping* di comandi?

Ad esempio:

```
$ ls -lR |grep Jun |more
```

-> I comandi ls, grep e more vengono eseguiti concorrentemente in modo tale che:

- l'output di ls venga fornito in input a grep
- l'output di grep venga dato in input a more

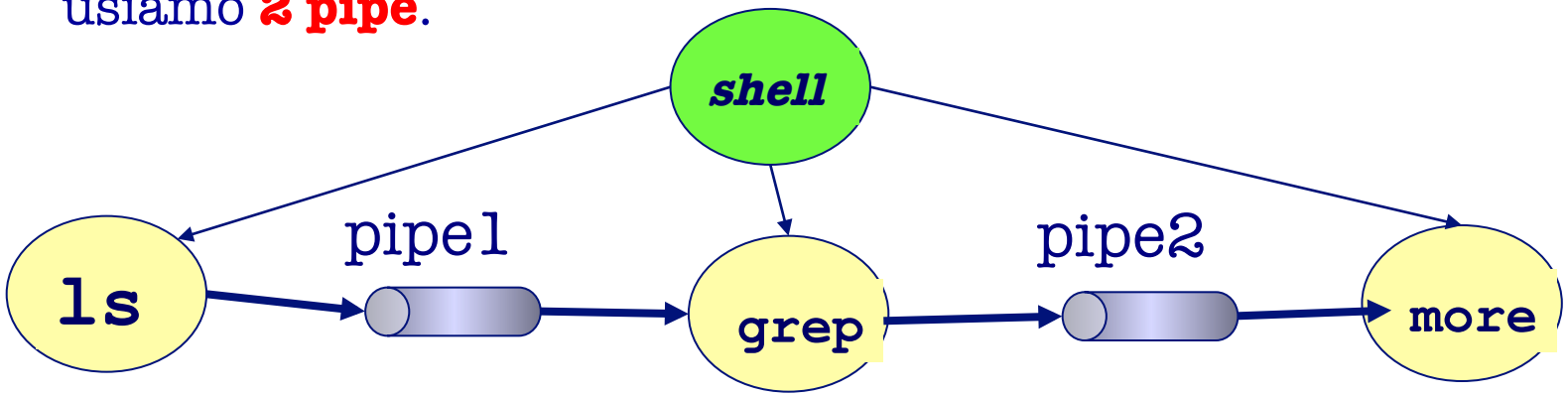
➡ Vengono creati 3 processi (uno per ogni comando), in modo che:

- Lo std. output di **`ls`** sia ridiretto nello std. input di **`grep`**
- Lo std. output di **`grep`** sia ridiretto nello std. input di **`more`**

Piping di comandi

- Vengono creati 3 processi (uno per ogni comando), in modo che:
  - Lo std. output di **`ls`** sia ridiretto nello std. input di **`grep`**
  - Lo std. output di **`grep`** sia ridiretto nello std. input di **`more`**

Dobbiamo quindi mettere in comunicazione i 3 processi: usiamo **2 pipe**.



Come realizzare la redirezione:

ls>pipe1, grep<pipe1, grep>pipe2, more<pipe2 ?

System call dup

- Per duplicare un elemento della tabella dei file aperti di processo:

```
int dup(int fd)
```

  - **fd è il file descriptor del file da duplicare**

  L'effetto di una **dup** è copiare l'elemento **fd** della tabella dei file aperti nella prima posizione libera (quella con l'indice minimo tra quelle disponibili).
- Restituisce il nuovo file descriptor (del file aperto copiato), oppure -1 (in caso di errore).

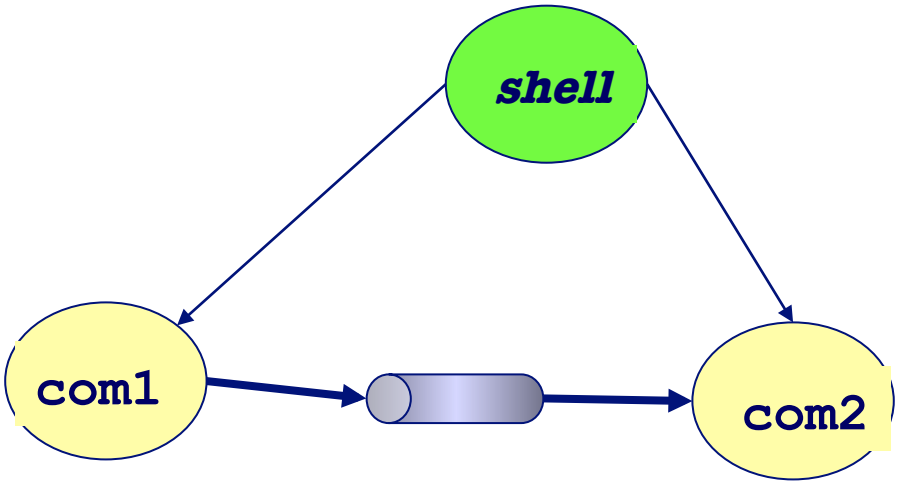
Esempio: mediante la dup è possibile ridirigere stdin e stdout su pipe

```
main()
{ int pid, fd[2]; char msg[3]="bye";
  pipe(fd);
  pid=fork();
  if (!pid) /* processo figlio */
  {   close(fd[0];
      close(1);
      dup(fd[1]); /* ridirigo stdout sulla pipe */
      close(fd[1]);
      write(1,msg, sizeof(msg)); /*scrivo su pipe*/
      close(1);
}else /*processo padre
{ close(fd[1]);
  read(fd[0], msg, 3);
  close(fd[0]);}}
```

Dup & piping

Mediante la dup realizziamo il ***piping*** di comandi; ad esempio:

```
$ com1 | com2
```



Esempio: piping di 2 comandi senza argomenti

```
/* sintassi: programma com1 com2  significa:
   com1|com2   */

main(int argc, char **argv)
{ int pid1, pid2, fd[2],i, status;
  pipe(fd);
  pid1=fork();
  if (!pid1) /* primo processo figlio: com2 */
  {   close(fd[1]);
      close(0);
      dup(fd[0]); /* ridirigo stdin sulla pipe */
      close(fd[0]);
      execlp(argv[2], argv[2],(char *)0);
      exit(-1);
}
```

```
else /*processo padre
{  pid2=fork();
   if (!pid2) /* secondo figlio: com1 */
   {    close(fd[0]);
        close(1);
        dup(fd[1]); /* ridirezione pipe-stdout */
        close(fd[1]);
        execlp(argv[1], argv[1], (char *)0);
        exit(-1);
   }
  for (i=0; i<2;i++)
   {    wait(&status);
        if((char)status!=0)
               printf("figlio terminato per segnale%d\n",
               (char)status);
   }
exit(0);
}
```

Pipe

- La pipe ha **due svantaggi:**
  - consente la comunicazione solo tra processi in relazione di parentela
  - non è persistente: viene distrutta quando terminano tutti i processi che la usano.

Per realizzare la comunicazione tra una coppia di processi non appartenenti alla stessa gerarchia?

FIFO

fifo

- **È una pipe con nome nel file system:**
  - **canale unidirezionale del tipo *first-in-first-out***
  - **è rappresentata da un file nel file system: persistenza, visibilità potenzialmente globale**
  - **ha un proprietario, un insieme di diritti ed una lunghezza**
  - **è creata dalla system call mkfifo**
  - **è aperta e acceduta con le stesse system call dei file**

Creazione di una fifo: `mkfifo`

Per creare una fifo:

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

- **`pathname`** è il nome della fifo
- **`mode`** esprime i permessi

Restituisce:

- 0, in caso di successo
- un valore negativo, in caso contrario

Apertura/Chiusura di fifo

- Una volta creata, una fifo può essere aperta (come tutti i file), mediante una **`open`**; ad esempio, un processo destinatario di messaggi:

```
int fd;
fd=open("myfifo", O_RDONLY);
```

- Per chiudere una fifo, si usa la close:

```
close(fd);
```

- Per eliminare una fifo, si usa la unlink:

```
unlink("myfifo");
```

Accesso a fifo

- Una volta aperta, la fifo può essere acceduta (come tutti i file), mediante **`read/write;`** ad esempio, un processo destinatario di messaggi:

```
int fd;
char msg[10];
fd=open(“myfifo”, O_RDONLY);
read(fd, msg,10);
```