

SC che operano su processi

Fork, exec, etc...

Process identifier: getpid, getppid

- *pid* indice del processo all'interno della tabella dei processi
- *ppid* indice del processo padre all'interno della tabella dei processi
- si possono ottenere con
`#include <unistd.h>`

```
pid_t getpid(void)
```

```
/* returns process ID (no error return) */
```

```
pid_t getppid(void)
```

```
/* returns parent process ID (no error  
return) */
```

PID: getpid, getppid (2)

```
/* stampa il pid del processo in esecuzione e  
quello del padre */
```

```
...
```

```
fprintf(stdout, "Processo %d, mio padre e' /  
%d\n.", (int) getpid(), (int) getppid());
```

```
...
```

Creazione : fork()

```
#include <unistd.h>
```

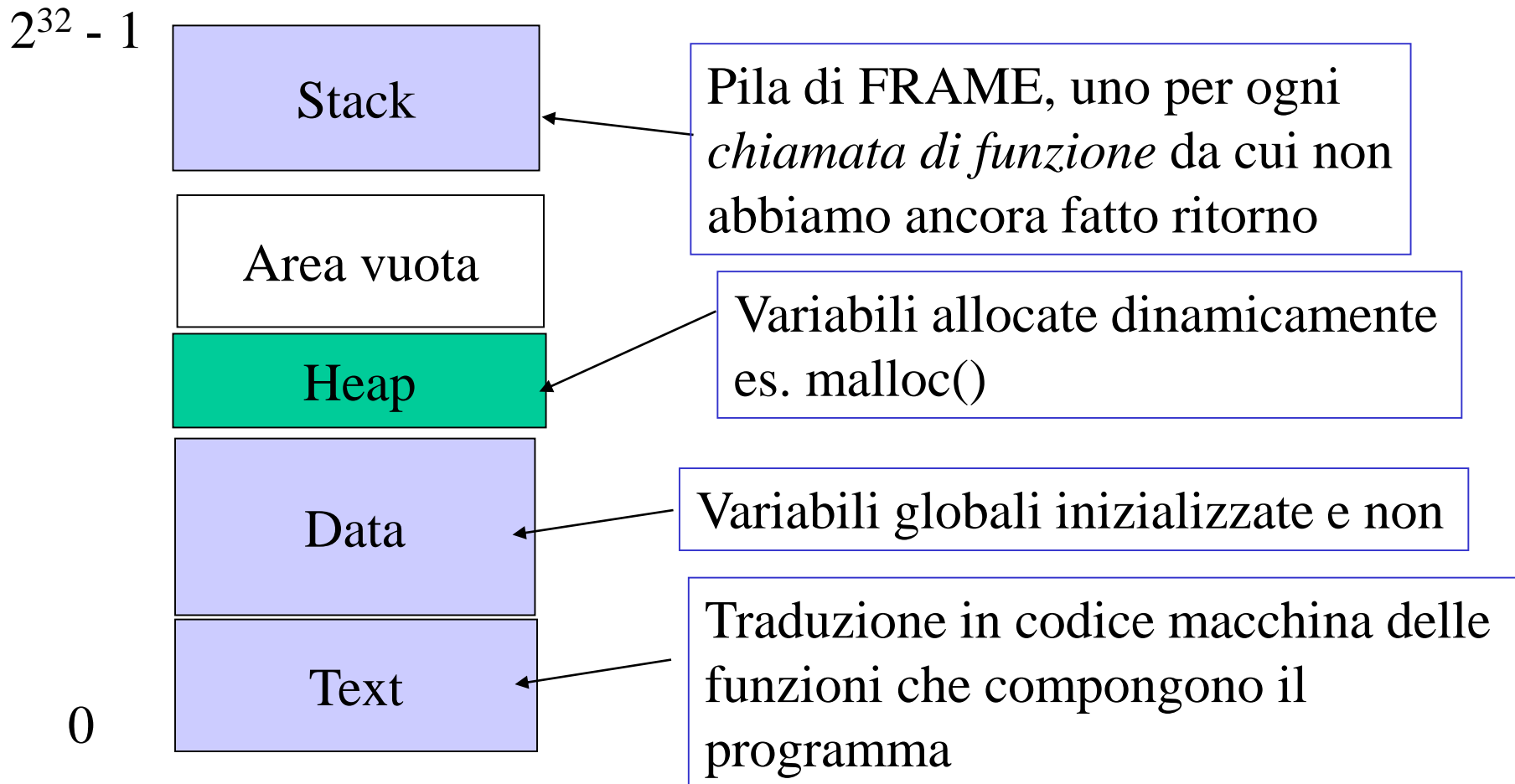
```
pid_t fork(void)
```

```
/* returns process ID (father) or 0 (child)  
   [on success] or -1 [on error, sets errno] */
```

- crea un nuovo processo
- lo spazio di indirizzamento del nuovo processo è un duplicato di quello del padre
- padre e figlio hanno due *tabelle dei descrittori di file* diverse (il figlio ha una copia)
- *condividono la tabella dei file aperti*
 - e quindi anche il puntatore alla locazione corrente di ogni file

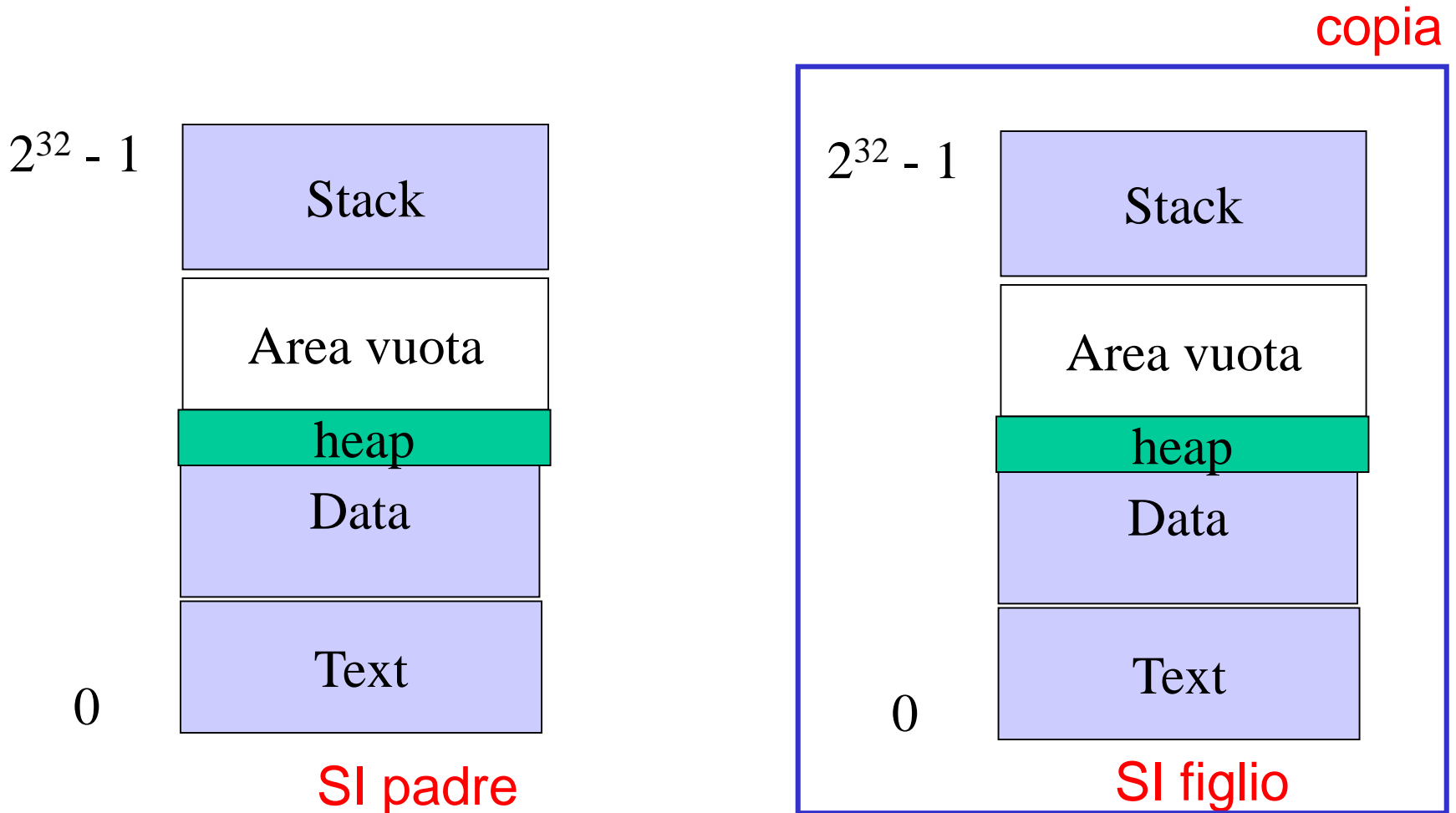
Spazio di indirizzamento

- Come vede la memoria un programma C in esecuzione



Creazione di processi (2)

- Spazio di indirizzamento di padre e figlio dopo una **fork** terminata con successo

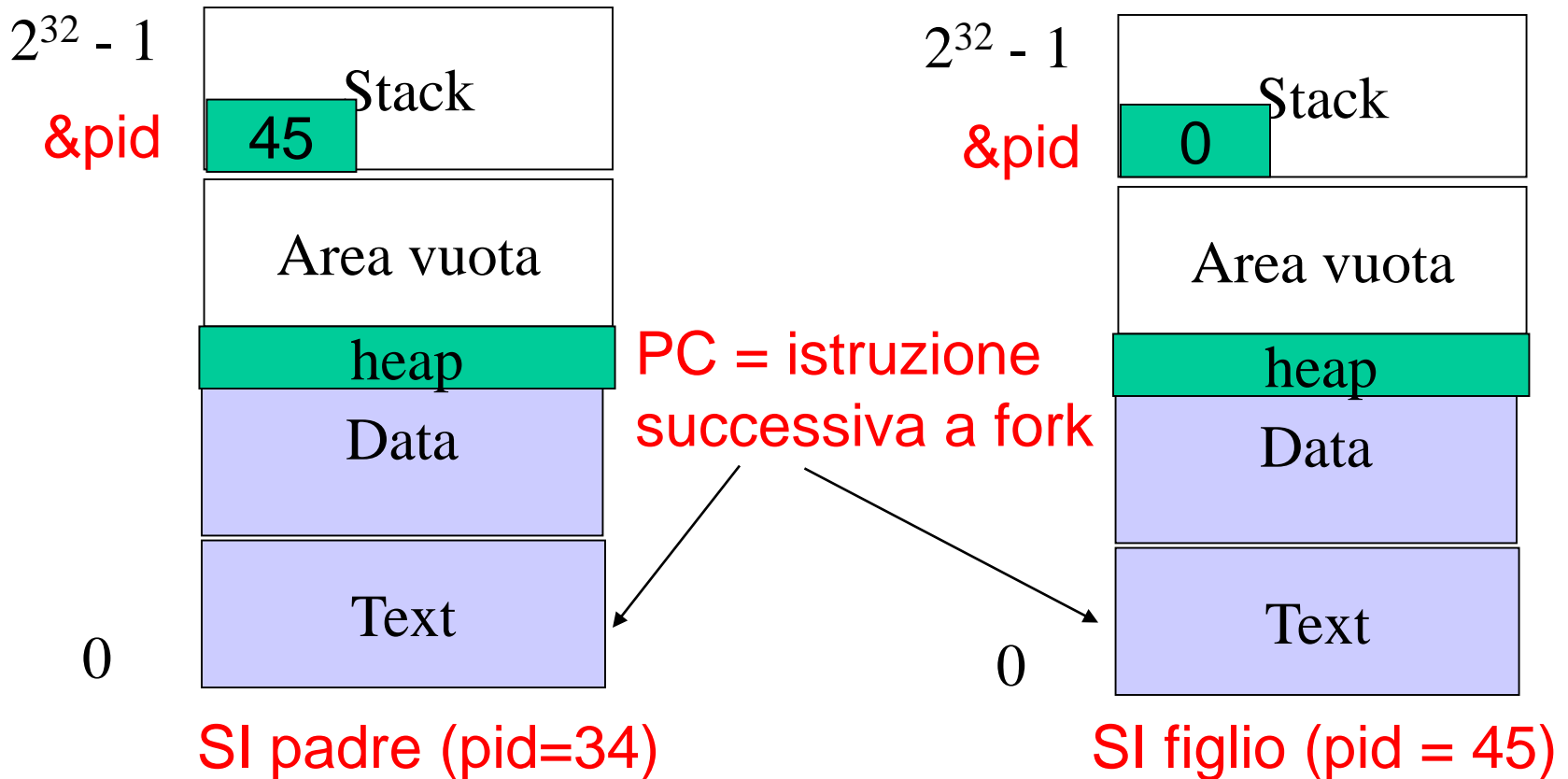


Creazione di processi (4)

```
/* un piccolo esempio: forktest */  
int main (void) {  
    int pid;  
    printf("Inizio\n");  
    pid = fork();  
    printf ("%d: Ho ricevuto: %d\n", getpid(), /  
pid);  
    return 0;  
}
```

Creazione di processi (3)

- Come prosegue l'esecuzione nei processi padre e figlio dopo l'esecuzione di `pid = fork()` ;



Creazione di processi (5)

```
/* esecuzione */
```

```
bash:~$ forktest
```

```
Inizio
```

```
45643: Ho ricevuto 0      -- stampato dal figlio
```

```
45642: Ho ricevuto 45643 -- stampato dal padre
```

```
/* non si può assumere nessun ordine di  
esecuzione! */
```

```
bash:~$ forktest
```

```
Inizio
```

```
45653: Ho ricevuto 45654 -- stampato dal padre
```

```
45654: Ho ricevuto 0      -- stampato dal figlio
```

```
bash:~$
```

Creazione di processi (6)

```
/* esecuzione */
```

```
bash:~$ forktest > out
```

```
bash:~$ more out
```

```
Inizio
```

```
45653: Ho ricevuto 45654 -- stampato dal padre
```

```
Inizio
```

```
45654: Ho ricevuto 0 -- stampato dal figlio
```

```
bash:~$
```

Perché due Inizio ????????????

fork() : alcuni commenti

- È costosa!
 - Il segmento TEXT non può essere modificato e quindi può essere condiviso
 - DATI, HEAP, STACK devono essere duplicati
- praticamente sempre implem. con *copy-on-write*
 - è necessaria memoria virtuale paginata
 - nel figlio si copia solo la tabella delle pagine
 - le pagine sono marcate in sola lettura
 - se il figlio tenta la scrittura sono duplicate al volo dal kernel
 - efficace perché spesso il figlio butta via tutto lo spazio di indirizzamento specializzandosi con un altro eseguibile (vedi **exec**)

fork() : alcuni commenti (2)

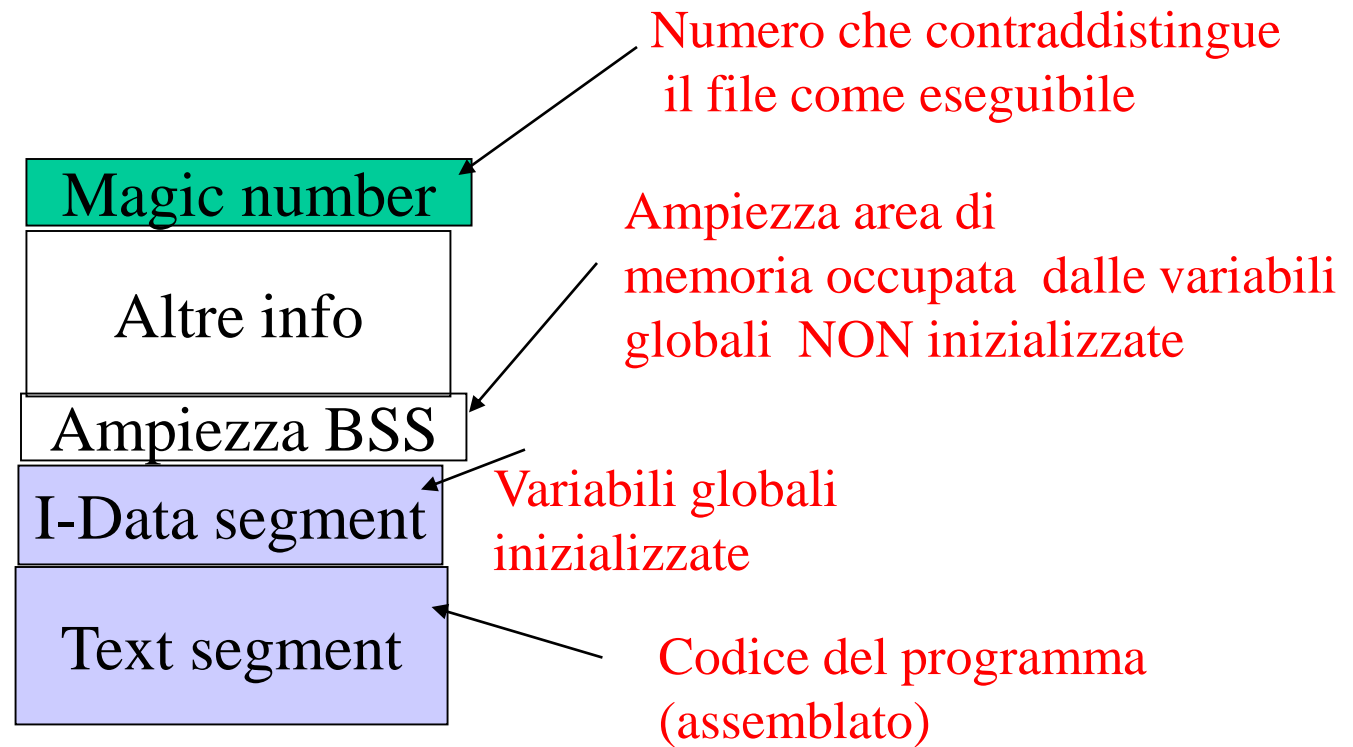
- **vfork()**
 - fa condividere la memoria a padre e figlio!
 - Era popolare prima della *copy-on-write*
 - Pericolosa, anche se più veloce di *copy-on-write*
 - da NON usare mai, ci possono essere race condition o effetti collaterali imprevisti

Differenziazione : le `exec* ()`

- Avere due processi uguali non sembra una buona idea!
 - Infatti `fork ()` viene quasi sempre combinata con una chiamata della famiglia `exec ()` per reinizializzare lo spazio di indirizzamento del processo corrente in base a un file *eseguibile*
- tutte le `exec* ()`
 - sono 6 funzioni di libreria con differenze sul tipo di parametri
 - alla fine invocano la `execve`

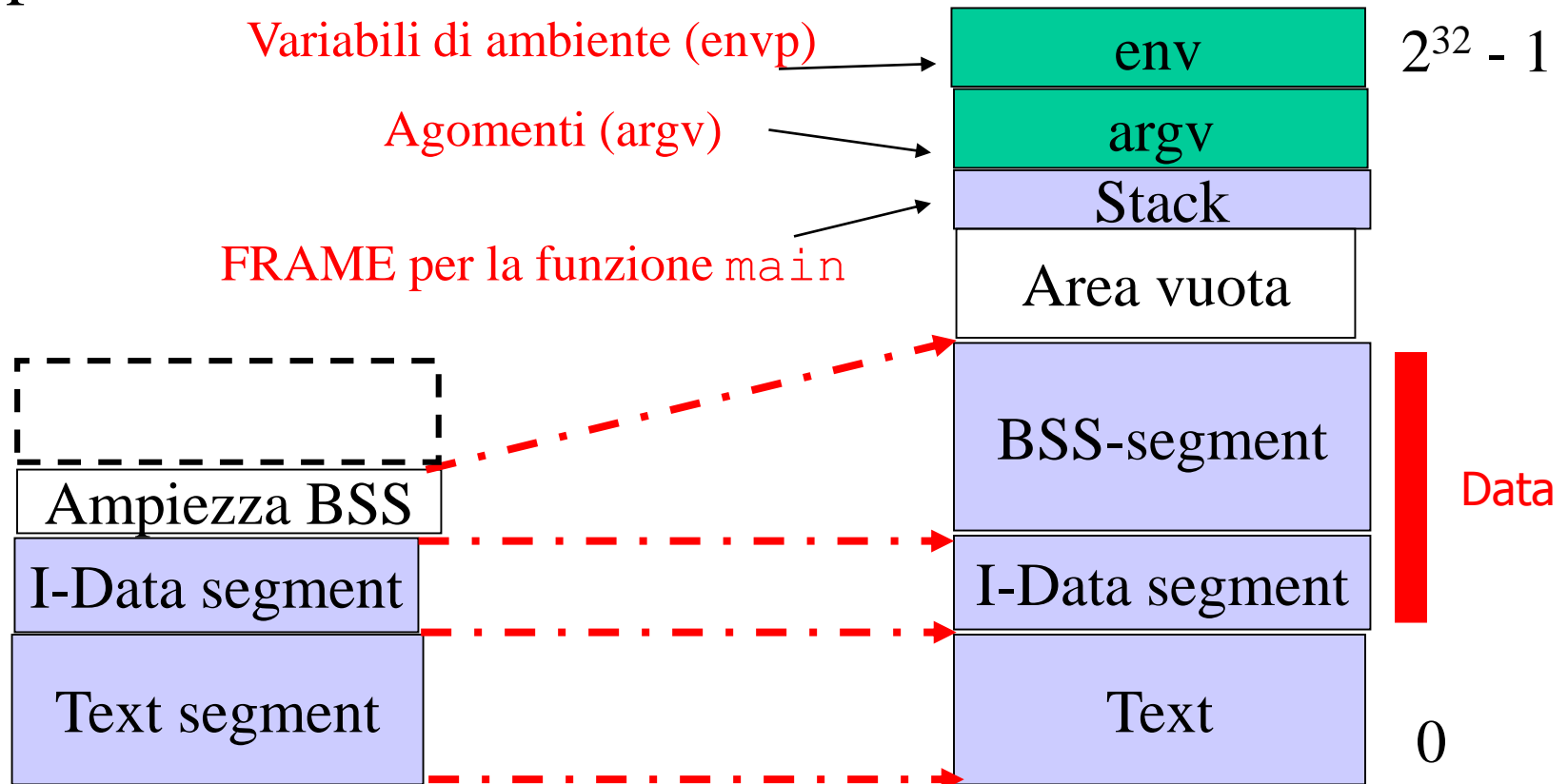
Differenziazione : le `exec* ()` (2)

- Formato di un file eseguibile
 - risultato di compilazione, linking etc ...



Differenziazione : le `exec* ()` (3)

- (1) il contenuto del file eseguibile viene usato per sovrascrivere lo spazio di indirizzamento del processo che la invoca

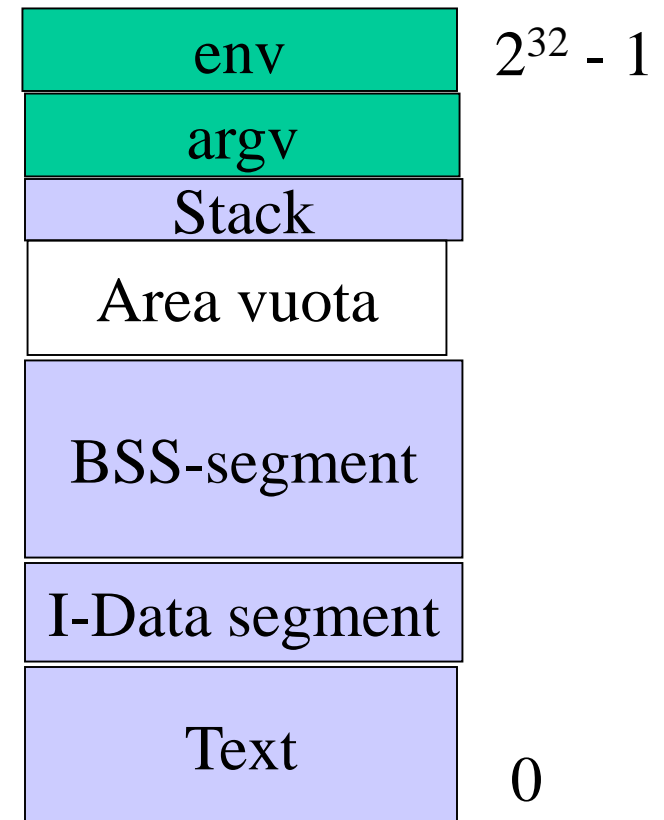
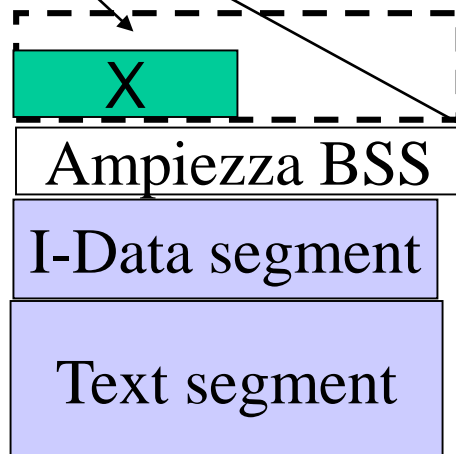


File eseguibile

Differenziazione : le `exec* ()` (4)

- (2) si carica in PC l'indirizzo iniziale X
- la DIFFERENZIAZIONE è terminata!

Indirizzo della prima istruzione compilata di `main()`



Differenziazione : `execl()`

```
#include <unistd.h>
```

```
int execl(  
    char* path,      /* eseguibile */  
    char* arg0,      /* primo arg (nome file) */  
    char* arg1,      /* secondo arg (se c'è) */  
    ..., /* altri arg (se ci sono) */  
    (char *) NULL /* termina la lista */  
)  
/* [on success] DOES NOT RETURN  
   [on error] returns -1, sets errno */
```

Differenziazione : `exec1 ()` (2)

- `exec1 ()`

- il path specificato deve essere un file eseguibile, e deve avere i permessi di esecuzione per l'effective-user-ID del processo che esegui la `exec1 ()`
- una `exec1 ()` che ha successo non può ritornare perché il contenuto del vecchio indirizzo di ritorno è stato sovrascritto nella reinizializzazione dello spazio di indirizzamento
- non è necessario testare il valore ritornato da `exec ()` perché se ritorna c'è stato sicuramente errore!
- Gli argomenti `arg0...argN`, saranno accessibili dal `main ()` del programma appena attivato

Differenziazione : `exec1()` (3)

- `exec1()`

- l'ambiente (**environ**) viene preservato (vedi poi)
- il processo rimane lo stesso, quindi quasi tutti gli attributi rimangono gli stessi
 - es. pid, ppid, session, controlling terminal, real user and groupID, cwd, open file descriptors
- gli attributi possono cambiare sono:
 - gestione dei segnali (viene resettata a default)
 - *effective-userID* e/o *effective-groupID* (se l'eseguibile ha settato i bit set-user-ID e/o set-group-ID)
 - funzioni registrate `at_exit()`, segmenti di memoria condivisa (unmapped), semafori POSIX (resettati)

Differenziazione : `execl()` (4)

```
/* un piccolo esempio: exectest */  
int main (void) {  
  
    printf("The quick brown fox jumped over");  
    execl("/bin/echo", "echo", "the", "lazy",  
          "dogs", (char*)NULL);  
  
/* se execl ritorna si è verificato un errore */  
    perror("execl");  
    return 1;  
}
```

Differenziazione : `exec1()` (5)

```
/* esecuzione */
```

```
bash:~$ exectest
```

```
the lazy dogs      -- what about fox???
```

```
bash:~$
```

Differenziazione : `exec1()` (5.1)

/ esecuzione */*

```
bash:~$ exectest
```

```
the lazy dogs      -- what about fox???
```

```
bash:~$
```

-- stdout not flushed as we did not exit!!!!

Differenziazione : `execl()` (6)

```
/* un piccolo esempio: exectest */
int main (void) {

    printf("The quick brown fox jumped over ");
    fflush(stdout);
    execl("/bin/echo", "echo", "the", "lazy",
          "dogs", (char*)NULL);
/* se execl ritorna si è verificato un errore */
    perror("execl");
    return 1;
}
```

Differenziazione : `exec1()` (7)

```
/* esecuzione */
```

```
bash:~$ exectest
```

```
The quick brown fox jumped over the lazy dogs
```

```
bash:~$
```


Differenziazione : le `exec*` ()

- `execl`, `execlp`, `execle`, `execv`, `execvp`, `execve`
 - è possibile richiedere che la `exec()` cerchi il file nelle directory specificate dalla variabile di ambiente `PATH` (**p** nel nome)
 - prova anche ad eseguire il file come script chiamando una shell come interprete (**es** `#!/bin/bash`)
 - è possibile passare un array di argomenti secondo il formato di `argv[]` (**v** nel nome)
 - è possibile passare un array di stringhe che descrivono l'environment (**e** nel nome)
 - è possibile passare gli argomenti come lista (terminato da **NULL**) (**l** nel nome)

Esempio : una *shell* semplificata

```
int main (void) {
    char * argv [MAXARG];    int argc;
    inizializza();
    while (TRUE) {          /*ciclo infinito*/
        type_prompt();      /* stampa prompt*/
        if (read_cmd_line(&argc,argv,MAXARG) != -1) {
            if (cmdexit(argc,argv))
                exit(EXIT_SUCCESS);
            execute(argc,argv); }
        else
            fprintf(stderr,"invalid command!\n");
    } /*end while */
    return 0; } /*end main */
```

Esempio : una *shell* semplificata (2)

```
int main (void) {
    char * argv [MAXARG];    int argc;
    inizializza();
    while (TRUE) {          /*ciclo infinito*/
        type_prompt();      /* stampa prompt*/
        if (read_cmd_line(&argc,argv,MAXARG) != -1) {
            if (cmdexit(argc,argv))
                exit(EXIT_SUCCESS);
            execute(argc,argv); }
        else
            fprintf(stderr,"invalid command!\n");
    } /*end while */
    return 0; } /*end main */
```

Esempio : una *shell* semplificata (3)

```
static void execute (int argc, char* argv []) {
    pid_t pid;
    switch( pid = fork() ) {
    case -1: /* padre errore */ {
        perror("Cannot fork");
        break; }
    case 0: /* figlio */ {
        execvp (argv[0], argv);
        perror("Cannot exec");
        exit(EXIT_FAILURE); }
    default: /* padre */ {
        /*attende il figlio o ritorna*/ }
    }
}
```

Terminazione

- Un processo può terminare solo in 4 modi:
 - Chiamando `exit()`
 - Chiamando `_exit()` (Unix) o `_Exit()` (standard C)
 - Ricevendo un segnale
 - per System crash: staccare la spina, bug nel SO etc
- Tratteremo i primi due (!) e il terzo più avanti, quando si parla dei segnali

Terminazione : `_exit()` `_Exit()`

```
#include <unistd.h>
void _exit(
    int status,    /* exit status */
)
/* DOES NOT RETURN */
```

```
#include <stdlib.h>
void _Exit(
    int status,    /* exit status */
)
/* DOES NOT RETURN */
```

Terminazione : `exit()`

```
#include <stdlib.h>
```

```
void exit(
```

```
    int status,    /* exit status */
```

```
)
```

```
/* DOES NOT RETURN */
```

- fa tutto quello che fa la `_exit()` più
 - chiama la funzione/i registrata/i con `atexit()` (se c'è)
 - esegue il flush dei buffer di I/O (con `fflush()` o `fclose()`)

Intermezzo : `atexit()`

```
#include <stdlib.h>
```

```
int atexit(
```

```
    void *function (void), /* exit status */
```

```
)
```

```
/* (0) success (!=0) fallimento (NON setta  
errno) */
```

- registra la funzione **function** in modo che sia chiamata quando il programma termina con **exit()** (o **return** dal main)
 - tipicamente usata per codice di pulizia (cancellare file temporanei, pipe, stampare messaggi sull'esito della computazione etc)

Intermezzo : atexit () (2)

- Esempio:

```
#include <stdlib.h>
static void cleanup (void) {
    unlink(tempfile); /* gest err */
    fprintf(stderr, "closing ... \n");
}
int main (void) {
    ...
    if (!atexit(cleanup)) { /* gest err */ }
    /* resto del codice */
}
```

Intermezzo : `atexit()` (3)

- Si possono registrare più funzioni
 - verranno chiamate in ordine inverso

Terminazione : `_exit()`

- `_exit(status) ;`
 - termina il processo
 - chiude tutti i file descriptor
 - libera lo spazio di indirizzamento,
 - invia un segnale **SIGCHLD** al padre
 - salva il byte meno significativo (0-255) di **status** nella tabella dei processi in attesa che il padre lo accetti (con la **wait()** , **waitpid()**)
 - i figli, diventati ‘orfani’ vengono adottati da **init** (cioè **ppid** viene settato a **1**)

Attesa del figlio : `waitpid()`

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

int waitpid(
    pid_t pid,      /* pid or proces group id */
    int* statusp,   /* punt status (o NULL) */
    int options,    /* opzioni (vedi sotto) */
)
/* [on success] PID o 0
   [on error] returns -1, sets errno */
```

Attesa del figlio: `waitpid()` (2)

- `waitpid(pid, &status, options)`
 - attende che un figlio cambi di stato (terminato, sospeso/stopped, riattivato/continued)
 - si possono attendere solo i figli direttamente attivati con `fork()`
 - `pid>0` : attende il figlio di PID '`pid`'
 - `pid=-1` : attende un qualsiasi figlio (ritorna il `pid` di quello che ha cambiato stato)
 - `pid=0` : attende un qualsiasi processo figlio nello stesso *process group*
 - `pid<-1` : attende un qualsiasi processo figlio nel gruppo `-pid`

Attesa del figlio: `waitpid()` (3)

- `waitpid(pid, &status, options)` (cont)
 - **status**, prende il codice di ritorno (1 byte, specificato nella `_exit()` o nella `exit()`) più un insieme di altre informazioni recuperabili tramite maschere. Es:
 - true se terminato con `*exit()`*
`WIFEXITED(status)`
 - if `WIFEXITED` lo stato si recupera con*
`WEXITSTATUS(status)`
 - true se terminato con segnale*
`WIFSIGNALED(status)`
 - if `WIFSIGNALED` il segnale si recupera con*
`WTERMSIG(status)`

Attesa del figlio: `waitpid()` (4)

- `waitpid(pid, &status, options)` (cont)
 - se almeno un figlio è già terminato, e il suo stato non è stato ancora letto con una `wait*()`, `waitpid()` termina subito altrimenti si blocca in attesa
 - **options**: uno o più flag combinati con OR (|) es:
 - **WNOHANG**: se lo stato non è disponibile non si blocca ma ritorna subito 0

Attesa del figlio: `waitpid()` (5)

- **Esempi:**

```
/*aspetta il figlio di PID 1235 */
```

```
if ( ( waitpid(1235,&status,0) ) == -1)
    { /* gestione errore */ }
```

```
/*aspetta la terminazione di un qualsiasi
figlio, senza memorizzare lo stato*/
```

```
if ( ( pid=waitpid(-1,NULL,0) ) == -1)
    { /* gestione errore */ }
```

```
/* come sopra senza mettersi in attesa */
```

```
if ( ( pid=waitpid(-1,NULL,WNOHANG) ) == 0)
    { /* stato non disponibile */ }
```


Esempio : wait() ed exit()

```
int status ; /* conterra' lo stato */
if ( ( pid = fork() ) == -1) {
    perror("main: fork"); exit(EXIT_FAILURE); }
if ( pid ) { /* padre */
    sleep(20);
    pid = waitpid(pid, &status, 0);
    if (WIFEXITED(status)) {
        /* il figlio terminato con exit o return */
        printf("stato %d\n", WEXITSTATUS(status)); }
else { /* figlio */
    printf("Processo %d, figlio.\n", getpid());
    exit(17); /* termina con stato 17 */ }
```

Esempio : wait() ed exit() (2)

- cosa accade se eseguiamo un main contenente il codice dell'esempio :

```
bash:~$ ./a.out & -- avvio l'esecuzione in bg  
Processo 1246, figlio. -- stampato dal figlio
```

Esempio : wait() ed exit() (3)

prima che i 20 secondi siano trascorsi ...

```
bash:~$ a.out &
```

```
Processo 1246, figlio.
```

```
bash:~$ ps -l
```

```
...  S  UID  PID  PPID  .....  CMD
...  Z  501  1246  1245  .....  a.out
```

- il figlio e' un processo zombie (Z)*
- è terminato ma nessuno ha fatto la*
- waitpid*
- occupa ancora la tabella dei processi*

Esempio : wait() ed exit() (4)

dopo i 20 secondi ...

```
bash:~$ a.out &
```

```
Processo 1246, figlio.
```

```
bash:~$ ps -l
```

...	S	UID	PID	PPID	CMD
...	Z	501	1246	1245	a.out

```
bash:~$
```

```
Stato 17.          -- stampato dal padre
```

```
bash:~$
```

Ancora attesa : `wait()`

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

int wait(
    int* statusp,    /* punt status (o NULL) */
)
/* [on success] PID
   [on error] returns -1, sets errno */
```

- corrisponde a `waitpid` con `pid=-1` e nessuna opzione
- quindi aspetta un qualsiasi figlio, bloccandosi se necessario

Ancora attesa : `wait()` (2)

- In realtà un figlio non può ritornare il suo stato più di una volta, quindi usare la `wait()` o `waitpid()` con `pid=-1` può generare confusione e malfunzionamenti in programmi complessi
 - ottengo lo stato del figlio sbagliato!
 - Lo stato non è più disponibile in altre parti del programma, che ne avrebbero bisogno!
- Inoltre ci sono casi in cui non è banale capire quale figlio aspettare prima (senza andare in deadlock!)
- Nuovi standard introducono `waitid()`, disponibile da Linux 2.6.9 per avere un controllo più preciso su questo aspetto

Esempio : una *shell* semplificata

```
int main (void) {
    char * argv [MAXARG];    int argc;
    inizializza();
    while (TRUE) {          /*ciclo infinito*/
        type_prompt();      /* stampa prompt*/
        if (read_cmd_line(&argc,argv,MAXARG) != -1) {
            if (cmdexit(argc,argv)
                exit(EXIT_SUCCESS);
            execute2(argc,argv); }
        else
            fprintf(stderr,"invalid command!\n");
    } /*end while */
    return 0; } /*end main */
```

Esempio : una *shell* semplificata (4)

```
static void execute2 (int argc, char* argv []) {
    pid_t pid;
    int status;
    switch( pid = fork() ) {
    case -1: /* padre errore */ {.....}
    case 0: /* figlio */ { execvp (argv[0], argv);
        perror("Cannot exec"); exit(EXIT_FAILURE); }
    default: /* padre */ {
        if ( waitpid(pid, &status, 0) = -1 ) {
            perror("waitpid:"); exit(EXIT_FAILURE); }
        print_status(pid, status);
    } /* end switch */
}
}
```


Esempio : una *shell* semplificata (5)

```
static void print_status (pid_t pid, int status) {
{
    printf("Process %d: ", (int)pid);
    if (WIFEXITED(status)) /* term normale */
        printf("Exit value: %d", WEXITSTATUS(status));
    if (WIFSIGNALED(status)) /* segnale */
        printf("Killed signal: %d", WTERMSIG(status));
    if (WCOREDUMP(status)) /* core file */
        printf("-- Core dumped");

    ...

    if (WIFSTOPPED(status)) printf("Stopped");
    printf("\n");
}
}
```