

Sistemi Operativi
Unità 5: I processi
Operazioni sui processi

Martino Trevisan
Università di Trieste
Dipartimento di Ingegneria e Architettura

Argomenti

1. Creazione di un processo
2. Funzione `fork`
3. Funzione `wait`
4. Funzione `exec`
5. Funzione `system`
6. Funzione `exit`
7. Altre funzioni
8. Comandi Bash per Processi

Creazione di un processo

Creazione di un processo

In un SO, la manipolazione dei processi è effettuata tramite System Call

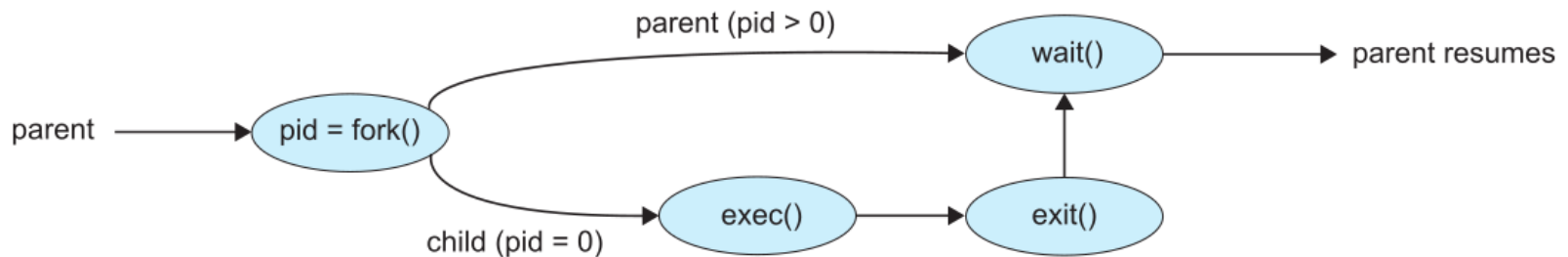
In Windows:

```
BOOL CreateProcess(  
    LPCSTR                lpApplicationName,  
    LPSTR                 lpCommandLine,  
    LPSECURITY_ATTRIBUTES lpProcessAttributes,  
    LPSECURITY_ATTRIBUTES lpThreadAttributes,  
    BOOL                  bInheritHandles,  
    DWORD                 dwCreationFlags,  
    LPVOID                lpEnvironment,  
    LPCSTR                lpCurrentDirectory,  
    LPSTARTUPINFOA        lpStartupInfo,  
    LPPROCESS_INFORMATION lpProcessInformation  
);
```

Creazione di un processo

In Linux, esistono 6 System Call principali

- `fork` : crea un processo duplicato
- `exec` : carica un codice eseguibile
- `wait` : aspetta la terminazione di un figlio
- `kill` : invia un segnale
- `signal` : cattura un segnale
- `exit` : termina il processo corrente



Creazione di un processo

Windows vs Linux:

Windows ha una System Call complessa (`CreateProcessA`)

- Molto verboso
- Molti parametri
- Molto tipizzata

Linux preferisce System Call semplici:

- `fork` clona un processo
- `exec` permette di eseguire un file eseguibile nel processo corrente

Funzione `fork`

Funzione `fork`

```
#include <unistd.h>
pid_t fork (void);
```

Crea un nuovo processo figlio, copiando completamente l'immagine di memoria del processo padre (data, heap, stack)

- I due processi evolvono indipendentemente
- La memoria è completamente indipendente tra padre e figlio
- Il codice viene generalmente condiviso tra padre e figlio
 - Codice copy-on-write (copiato quando viene modificato)

Nota: `pid_t` è un alias per un `int`, come `size_t`

Funzione **fork**

```
#include <unistd.h>
pid_t fork (void);
```

- Tutti i descrittori dei file aperti nel processo padre sono duplicati nel processo figlio
- Sia il processo child che il processo parent continuano ad eseguire **l'istruzione successiva alla fork**
- Valore di ritorno:
 - Processo figlio: 0
 - Processo padre: PID del processo figlio
 - Errore della fork: PID negativo (solo padre)

Funzione **fork**

Esempio di utilizzo:

```
#include <stdio.h>
#include <unistd.h>
int main()
{
    pid_t  pid;
    pid = fork();
    if (pid == 0){
        printf("Sono il figlio!\n");
    }
    else{
        printf("Sono il Padre!\n");
    }
    return 0;
}
```

Funzione fork

```
#include <stdio.h>
#include <sys/types.h>
#include <unistd.h>
void Figlio(void);
void Padre(void);
int main()
{
    pid_t pid;
    pid = fork();
    if (pid == 0)
        Figlio();
    else
        Padre();
}
void Figlio(void)
{
    int i=0;
    for(i=0;i<10;i++){
        usleep(200);
        printf("\tSono il figlio. i= %d\n",i);
    }
}
void Padre(void)
{
    int i=1;
    for(i=0;i<10;i++){
        usleep(250);
        printf("Sono il padre. i= %d\n",i);
    }
}
```

Funzione `fork`

Osservazioni:

- Il valore di ritorno della `fork` è fondamentale
- Un programma scritto in termini di `fork` non è immediatamente comprensibile
 - Operazione atomica, ma effetti complessi
 - E' possibile creare alberi di processi complessi, con codice complesso

Funzione `fork`

Fork Bomb: un programma che chiama la `fork` in un ciclo infinito, blocca la macchina a causa dei troppi processi

```
#include <unistd.h>
int main(void)
{
    while(1)
        fork();
}
```

Funzione **fork**

Fork Bomb in Bash:

```
:(){ :|:& };:
```

che equivale a:

```
myfork() {  
    myfork | myfork &  
}  
myfork
```

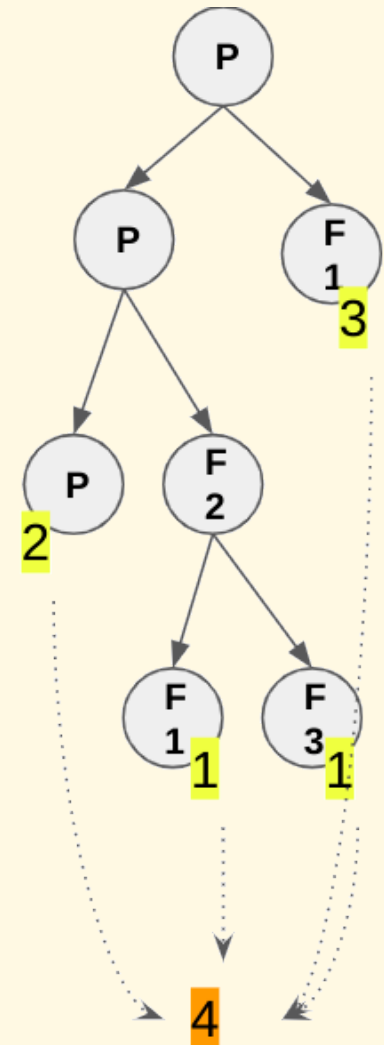
Funzione fork

Esercizio: si determini l'albero di processi generato dal seguente codice e l'output generato

```
#include <stdio.h>
#include <unistd.h>
int main(){
    if (fork()){
        if (!fork()){
            fork();
            printf("1 ");
        }
        else
            printf("2 ");
    }
    else
        printf("3 ");
    printf("4 ");
    return 0;
}
```

Output:

2 4 3 4 1 4 1 4



Funzione fork

Esercizio: si determini l'albero di processi generato dal seguente codice e l'output generato

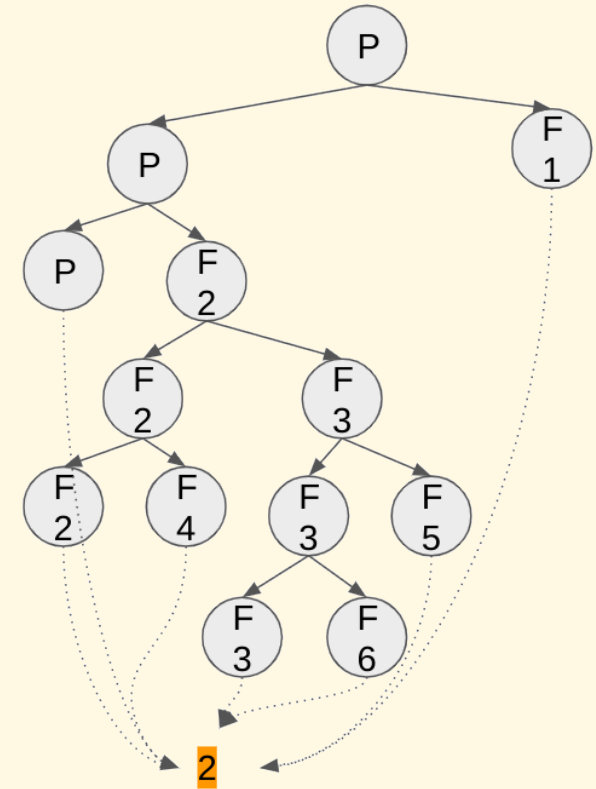
```
#include <stdio.h>
#include <unistd.h>

int main(){
    printf("\n");
    if (fork() && (!fork())) {
        if (fork() || fork()) {
            fork();
        }
    }

    printf("2 ");
    return 0;
}
```

Output:

2 2 2 2



Funzione `fork`

Esercizio: si determini l'output generato dal seguente programma

```
#include <stdio.h>
#include <unistd.h>
int main(int argc, char *argv[]){
    printf("A\n");
    fork();
    printf("B\n");
    fork();
    printf("C\n");
    return 0;
}
```

Output:

```
A
B
B
C
C
C
C
```

Funzione `fork`

Esercizio: si determini l'output generato dal seguente programma

Nota: non ci sono i `\n` nelle `printf`

```
#include <stdio.h>
#include <unistd.h>
int main(int argc, char *argv[]){
    printf("A ");
    fork();
    printf("B ");
    fork();
    printf("C ");
    return 0;
}
```

Output:

```
A B C A B C A B C A B C
```

Perchè?

Dipende dalla duplicazione della memoria dopo la `fork` e dall'I/O bufferizzato della `printf`

Funzione `wait`

Funzione `wait`

```
#include <sys/wait.h>
pid_t wait (int *status);
```

Attende la prima terminazione di **un** figlio

Argomento `status` :

- Puntatore ad un intero;
- Se non è NULL specifica lo stato di uscita del processo figlio (valore restituito dal figlio)

Valore di ritorno:

- Il PID del figlio terminato
- **0** in caso di errore

Funzione `wait`

Casistica:

- Se il processo non ha figli: Errore
- Se il processo ha dei figli che sono già terminati: ritorna istantaneamente
- Se il processo ha dei figli non ancora terminati: blocca il chiamante finchè non termina un figlio

Funzione `wait`

La funzione `wait` *consuma* un figlio per volta.

Dopo che un figlio è stato *ritornato* al padre tramite una `wait` :

- Il SO rilascia le risorse del processo figlio
 - Il SO mantiene informazioni su processi terminati di cui non è ancora stata effettuata una `wait`
 - Traccia che il processo è esistito
 - Valore di ritorno e informazioni su esecuzione
- Non verrà ritornato in successive invocazioni

Funzione `wait`

Processi Zombie: processo terminato il cui padre non ha ancora effettuato una `wait`

- Dopo che viene effettuata, il processo è morto definitivamente e non ne rimane traccia

Processi Orfani: processi in cui padre è morto.

- Se il padre muore, i figli continuano l'esecuzione
- Diventano figli del processo *init* (*PID* = 1)
- Periodicamente, *init* esegue delle `wait` per consumare gli orfani morti

Funzione `wait`

```
#include <sys/wait.h>
pid_t waitpid(pid_t pid, int *status, int options);
```

Attende la prima terminazione di:

- Un qualsiasi figlio se `pid == -1` (come `wait` classica)
- Un figlio con PID `pid` se `pid > 0`
- Se `pid <= 0` altro comportamento (non coperto nel corso)

Valore di ritorno: `pid` del figlio

Funzione `wait`

```
#include <sys/wait.h>
pid_t waitpid(pid_t pid, int *status, int options);
```

Altri argomenti di `waitpid` :

- `status` come nella `wait`
- `options` : controlla se la funzione è bloccante. E' una bitmask.
 - `0` bloccante
 - `WNOHANG` : non blocca in caso di assenza di figlio già morto
 - Altri flag per intercettare solo figli morti in condizioni particolari

Funzione `wait`

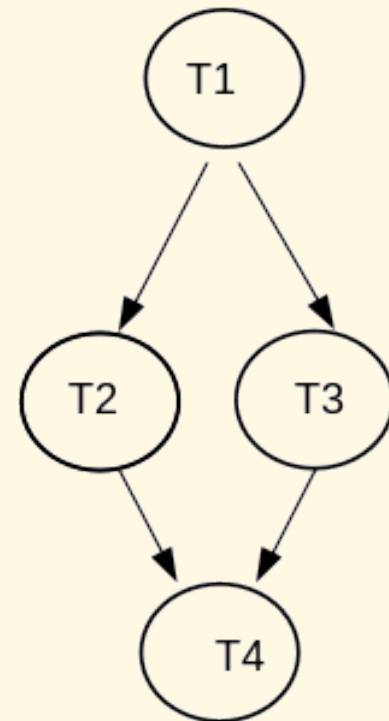
Esercizio: si scriva un programma che implementa il seguente grafo di precedenza con `fork` e `wait`.

Nota:

Ogni biforcazione si implementa tramite una `fork` e ogni ricongiungimento tramite una `wait`

Importante: questi esercizi permettono di scrivere codice che parallelizza diverse operazioni

Fondamentale per programmazione parallela



Funzione `wait`

```
#include <stdio.h>
#include <unistd.h>
#include <sys/types.h>
#include <sys/wait.h>
int main() {
    pid_t pid;
    printf ("T1\n");
    pid = fork();
    if (pid == 0) {
        printf ("T3\n");
        return 0;
    } else {
        printf ("T2\n");
        wait ((int *) 0);
    }
    printf ("T4\n");
    return 0;
}
```

Funzione `wait`

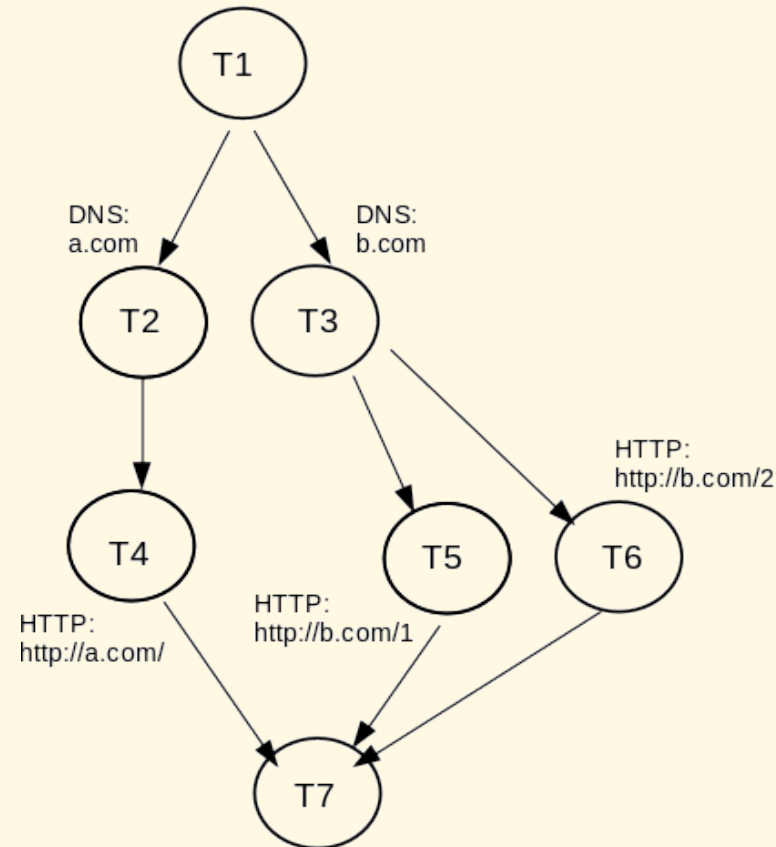
Esercizio: si scriva un programma che implementa il seguente grafo di precedenza con `fork` e `wait`.

Nota: questo è il grafo per eseguire in maniera efficiente 3 richieste HTTP alle URL.

- `http://a.com/`
- `http://b.com/1`
- `http://b.com/2`

Prima di ogni richiesta, è necessario effettuare la risoluzione DNS. Due URL hanno lo stesso dominio.

Nota: nei casi reali, il programmatore deve risolvere il problema efficientemente. Deve costruire da solo il grafo di precedenza.



Funzione `wait`

```
#include <stdio.h>
#include <unistd.h>
#include <sys/types.h>
#include <sys/wait.h>
int main() {
    pid_t pid;
    printf ("T1 - Start\n");
    pid = fork();
    if (pid == 0) {
        printf ("T3 - DNS b.com\n");
        pid_t pid2;
        pid2=fork();
        if (pid2==0){
            printf ("T6 - HTTP http://b.com/1\n");
            return 0;
        }
        else{
            printf ("T5 - HTTP http://b.com/2\n");
            wait ((int *) 0); /* Attende T6 */
            return 0;
        }
    } else {
        printf ("T2 - DNS a.com\n");
        printf ("T4 - HTTP http://a.com/\n");
        wait ((int *) 0); /* Attende T3 - T5 */
    }
    printf ("T7 - Utilizzo i risultati\n");
    return 0;
}
```

Nota: T5 aspetta T6 che è suo figlio. T7 non può *aspettare* T6, in quanto non è suo figlio

La `wait` *aspetta* solo sui figli, **NON** sui nipoti

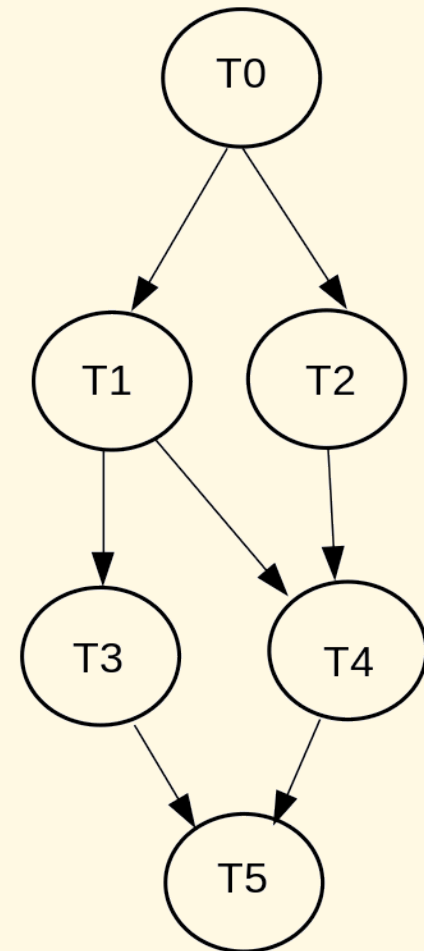
Funzione `wait`

Esercizio: si scriva un programma che implementa il seguente grafo di precedenza con `fork` e `wait`.

Questo grafo è **molto difficile** da realizzare mediante sole `fork` e `wait`

T4 non può *attendere* T1. Non è suo figlio!
In generale:

- Si possono *attendere* solo i figli
- Ogni figlio può essere atteso una volta sola



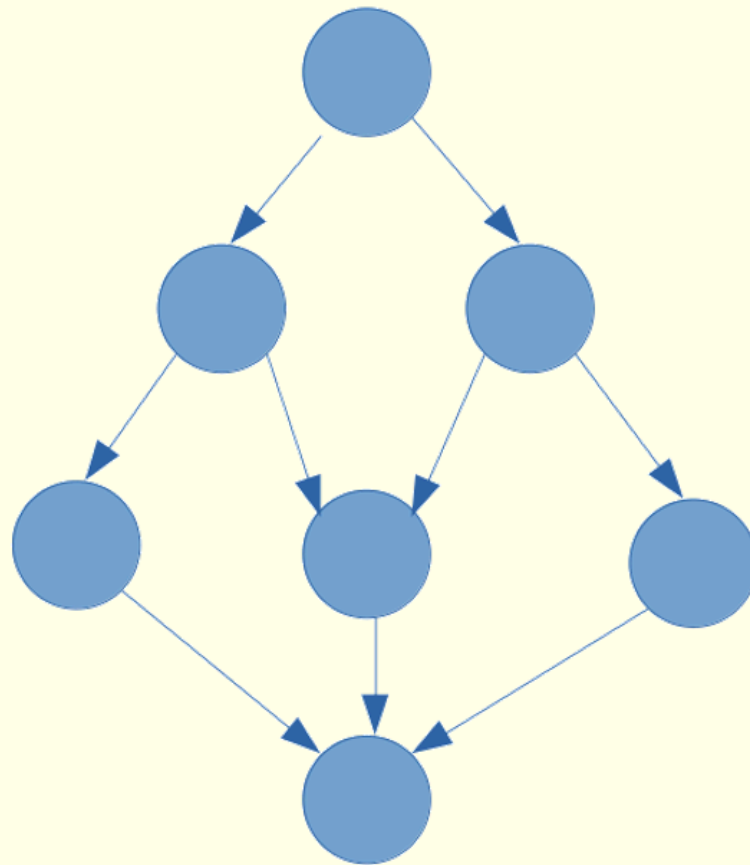
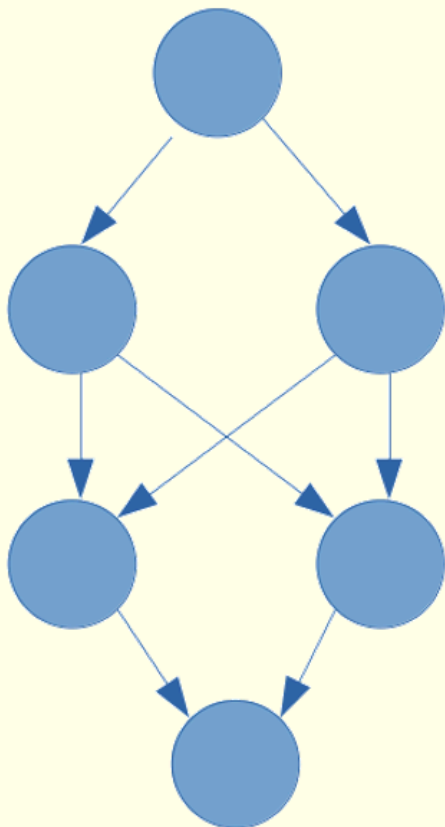
Funzione `wait`

```
#include <stdio.h>
#include <unistd.h>
#include <sys/types.h>
#include <sys/wait.h>
int main() {
    pid_t pid;
    printf ("T0\n");
    pid = fork();
    if (pid == 0) {
        printf ("T2\n");
        wait ( ??? ) /* <----- IMPOSSIBILE! */
        printf ("T4\n");
    } else {
        printf ("T1 -\n");
        printf ("T3 -\n");
        wait ((int *) 0); /* Attende T4 */
    }
    printf ("T7 - Utilizzo i risultati\n");
    return 0;
}
```

Come si può implementare questo grafo?

Funzione `wait`

Grafi impossibili:



Funzione **exec**

Funzione `exec`

La `fork` permette di duplicare un processo

- Usata quando il figlio deve eseguire lo stesso programma del padre
- In programmi paralleli: web server, database

La `exec` permette di cambiare la natura di un processo corrente

- Caricando ed eseguendo un programma diverso
- Usata ogniqualvolta bisogna avviare un nuovo programma

Funzione `exec`

Quando un processo chiama una `exec` :

- Il processo viene rimpiazzato **completamente** dal codice contenuto nel file specificato (text, data, heap, stack vengono sostituiti)
- Il nuovo programma inizia a partire dalla sua funzione `main`
- Il PID non cambia

Funzione `exec`

Cosa mantiene il processo dopo una `exec` :

- **Variabili d'ambiente**: le variabili definite nel terminale
 - Accessibili tramite la `char *getenv(const char *name)`
- PID e PPID (PID del padre)
- Privilegi, current working directory, root e home directory

Cosa non viene ereditato:

- File aperti se hanno il flag `close-on-exec`
- Altrimenti lasciati aperti

Funzione `exec`

Esistono 7 versioni della `exec`.

Hanno la stessa funzione, varia il modo in cui ricevono gli argomenti.

```
#include <unistd.h>

int execl(const char *pathname, const char *arg, ...);
int execlp(const char *file, const char *arg, ...);
int execlx(const char *pathname, const char *arg, ..., char *const envp[]);
int execv(const char *pathname, char *const argv[]);
int execvp(const char *file, char *const argv[]);
int execve(char *pathname, char *argv[], char* envp[]);
int execvpe(const char *file, char *const argv[], char *const envp[]);
```

Funzione `exec`

Le funzioni con `p` ricevono il nome dell'eseguibile e non il path.

- Il SO rintraccia l'eseguibile nelle cartelle dei programmi installati nel sistema
- Che sono definite nella variabile d'ambiente `PATH`

Esempio: si equivalgono

```
execvp("cp", ...);  
execv("/usr/bin/cp", ...);
```

Perchè, sul mio PC:

```
$ echo $PATH  
/usr/local/sbin:/usr/local/bin:/usr/sbin:/usr/bin:/sbin
```

Funzione `exec`

- Le funzioni con `l` specificano gli **argomenti** del nuovo programma tramite una lista di argomenti. Simile a `printf`.
 - **Esempio:** `execlp("cp", "cp", "file1", "file2");`
Non dimenticare `argv[0]` !
- Le funzioni con `v` specificano gli **argomenti** del nuovo programma tramite un unico vettore di puntatori a `char`.
Equivalente a `argv` nel `main`
 - Il primo argomento deve contenere il nome del file associato all'eseguibile che viene caricato (`argv[0]`)
 - L'array di puntatori deve essere terminato da un puntatore NULL
 - Mancando `argc`, questo serve a comunicare la lunghezza del vettore

Funzione `exec`

Esempio:

```
// Semplice
execvp("cp", "cp", "file1", "file2");

// Generico
const char *args[4];
args[0] = "cp";
args[1] = "file1";
args[2] = "file2";
args[3] = NULL;
execvp("cp", args);
```


Funzione `exec`

Le funzioni con `e` ricevono un vettore di variabili d'ambiente. Quindi esse **non** vengono eridate dal processo esistente.

- Le variabili d'ambiente sono specificate nell'ultimo argomento tramite un vettore di puntatori a `char`
 - Terminato da puntatore `NULL`
 - Ogni elemento è una stringa nella forma `nome=valore`

```
char *const args[] = {"ls", "/tmp", NULL};  
execv("/usr/bin/ls", args);
```

```
char *const envs[] = {"a=1", "b=2", NULL};  
execve("/usr/bin/ls", args, envs);
```

Funzione `exec`

Osservazione:

- La funzione `execve` è una System Call.
- Le altre funzioni sono di libreria, e invocano la `execve` dopo aver correttamente gestito e aggiustato i parametri

Funzione `exec`

Esercizio: si scriva una semplice shell usando le funzioni `fork`, `wait` e `exec`

```
#include <stdio.h>
#include <unistd.h>
#include <sys/types.h>
#include <sys/wait.h>
#define MAXLINE 128
int main() {
    char    buf[MAXLINE];
    pid_t   pid;
    int     status;
    printf("%% "); /* prompt */
    while (fgets(buf, MAXLINE, stdin) != NULL) {
        if (buf[strlen(buf) - 1] == '\n')
            buf[strlen(buf) - 1] = 0;
        if ((pid = fork()) < 0) {
            printf("errore di fork "); exit(1);
        } else if (pid == 0) { /*figlio */
            execlp(buf, buf, NULL);
            printf("non posso eseguire: %s\n", buf);
            exit(127);
        } else
            if ((pid = waitpid(pid, &status, 0)) < 0) /* padre */
                {printf("errore di waitpid"); exit(1);}
            printf("%% ");
    }
    exit(0);
}
```

Nota: per gestire gli argomenti dei comandi invocati, bisognerebbe manipolare le stringhe

Funzione `exec`

Esercizio: si consideri il seguente programma.

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <unistd.h>
int main (int argc, char ** argv) {
    char str[10];
    int n;
    n = atoi(argv[1]) - 1;
    printf ("%d\n", n);
    if (n>0) {
        sprintf (str, "%d", n);
        execl (argv[0], argv[0], str, NULL);
    }
    printf ("End!\n");
    return 1;
}
```

Funzione `exec`

Cosa viene stampato eseguendo `./prog 5` ?

```
4
3
2
1
0
End!
```

Funzione **system**

Funzione `system`

E' una funzione di libreria che invoca un comando Bash e ne attende la conclusione

- Utile per usare programmi esterni in un programma
- Internamente usa: `fork` , `exec` e `wait`

```
#include <stdlib.h>

int system(const char *command);
```

Equivale a una `fork` il cui figlio esegue:

```
execl("/bin/sh", "sh", "-c", command, (char *) NULL);
```

Valore di ritorno: il valore di ritorno del comando eseguito

Funzione `system`

Implementazione semplice:

```
int system(const char *cmd)
{
    int stat;
    pid_t pid;
    if (cmd == NULL)
        return(1);
    if ((pid = fork()) == 0) { /* Son */
        execl("/bin/sh", "sh", "-c", cmd, (char *)0);
        _exit(127);
    }
    if (pid == -1) {
        stat = -1; /* Error */
    } else { /* Father */
        while (waitpid(pid, &stat, 0) == -1) {
            if (errno != EINTR){
                stat = -1;
                break;
            }
        }
    }
    return(stat);
}
```


Funzione `system`

Esercizio: Si scriva un programma che fa il listing dettagliato di una cartella.

- La cartella è passata come argomento
 - Se non ci sono argomenti, lista la directory corrente
- Usando `ls -lh cartella`

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

int main (int argc, char * argv[1]) {
    char command[50] = "ls -lh ";

    if (argc == 2)
        strcat(command, argv[1]);

    system(command);

    return(0);
}
```

Funzione `exit`

Funzione `exit`

Ci sono diversi modi per terminare un processo:

1. Modo Standard

- Dal `main` avviene una `return`

```
return status;
```

- Viene chiamata la funzione `exit`

```
#include <stdlib.h>  
void exit(int status);
```

Tutti i buffer (di console e file) vengono *flushed*

L'argomento `status` è ritornato al SO

Funzione `exit`

Per permettere queste operazioni di pulizia, vengono chiamate tutte le funzioni di chiusura:

- Della libreria standard
- Definite dall'utente tramite la funzione:

```
int atexit(void (*function)(void));
```

```
void fun(void) { printf("Exiting\n"); }

int main()
{
    atexit(fun);
    exit(10);
}
```

Viene stampato `Exiting`

Funzione `exit`

2. System Call `_exit`

```
#include <unistd.h>
void _exit(int status);
```

Termina immediatamente senza invocare nessuna funzione di pulizia.

Invocata nei processi **figli** che potrebbero leggere *buffer* in stato intermedio dei padri

Usata specialmente dopo `exec` fallite

- Il figlio non dovrebbe eseguire nessuna istruzione dopo la `exec` !
- I buffer possono contenere dati del padre che non devono essere scritti dai figli

Funzione `exit`

Nota:

- La `_exit` è una System Call
- La `exit` è una funzione di libreria. Fa pulizia e poi invoca la `_exit`

3. Terminazione Anomala:

- Viene ricevuto un **segnale** non gestito (vedremo)
- Il programma chiama la `abort`.

```
#include <stdlib.h>
void abort(void);
```

Funzione `exit`

In qualunque modo termini il processo, il kernel compie le seguenti azioni:

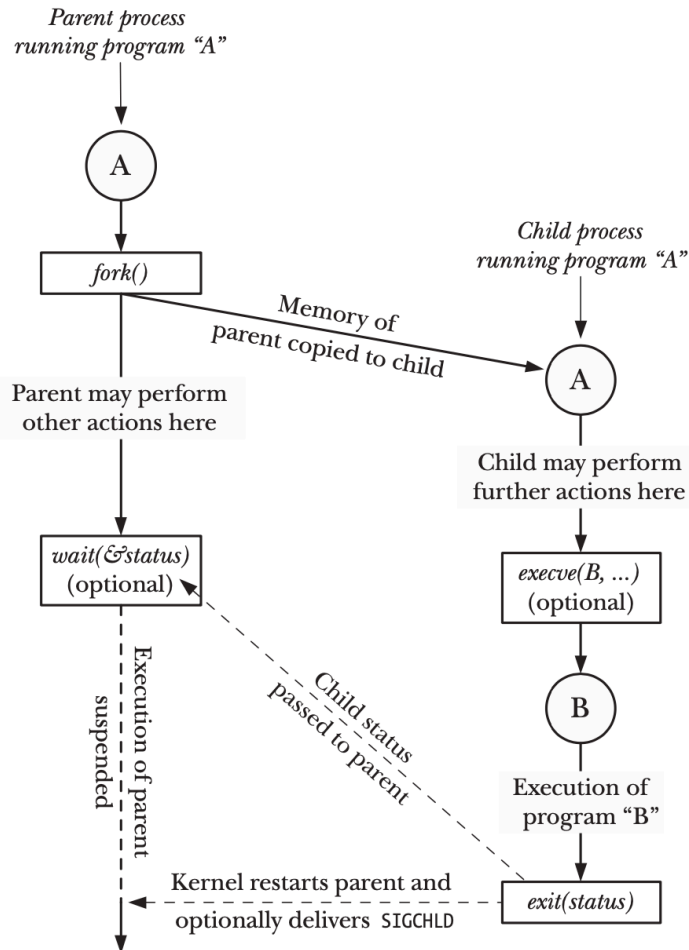
- Rimozione della memoria utilizzata dal processo
- Chiusura dei descrittori aperti

Stato di un processo: raccolto con `wait()`, `waitpid()`

Funzione `exit`

Per riassumere

- `fork` duplica il processo corrente
- `execve` tramuta il processo corrente in un altro programma
- `exit` termina il processo corrente (uguale a `return` dal `main`)
- `wait` blocca finchè un processo figlio non termina



Altre funzioni

Altre funzioni

```
#include <unistd.h>

pid_t getpid(void);
pid_t getppid(void);
```

La `getpid()` ritorna il PID del processo chiamante

La `getppid()` ritorna il PID del **padre** del processo chiamante

Comandi Bash per Processi

Comandi Bash per Processi

- `ps` : lista i processi del sistema
 - Di default mostra solo processi figli del terminale corrente.
Con l'opzione `a` mostra tutto
 - Di default, mostra solo processi che sono in foreground (hanno una shell)
Con opzione `x` mostra anche quelli in background
 - Opzioni utili: `u` mostra utente proprietario. `f` rende graficamente gerarchia padre-figlio
- `top` : mostra i processi in maniera interattiva
- `htop` : come `top` ma grafica migliorata

Comandi Bash per Processi

- `which` : fornisce il path assoluto di un programma di sistema

```
$ which ls  
/usr/bin/ls
```

- I comandi di sistema vengono cercati nelle cartelle indicate nella variabile d'ambiente `$PATH`

- Solitamente:

```
/usr/local/sbin:/usr/local/bin:/usr/sbin:/usr/bin:/sbin
```

- `pgrep` : stampa il PID di tutti i processi di un programma

```
$ pgrep chrome  
480492  
480498  
480505
```

Comandi Bash per Processi

Esecuzione di processi figli da script bash:

- Un comando che termina con `&` viene eseguito in background
 - Viene eseguita una `fork` e una `exec` per eseguire il comando
 - Non esegue la `wait`. Lo script e il programma eseguono in parallelo
- Il PID del processo appena creato può essere ottenuto con `$!`
 - Sovrascritto a ogni processo creato!
- Si può usare il comando `wait [PID]`
Attende il figlio `PID` se specificato, altrimenti un figlio qualsiasi

Comandi Bash per Processi

Esempio: Quanto ci mette a eseguire questo codice?

```
sleep 4 &      # Sleep viene eseguito in background
PID=$!        # Lo script recupera il PID
sleep 2
wait $PID      # Lo script attende che sleep termini
```

Ci mette 4 secondi, non 6

Comandi Bash per Processi

II `/proc` file system

I sistemi Linux/POSIX espongono informazioni sui processi correnti tramite uno **Pseudo File System** detto `procfs`

- File System Virtuale
- Montato in `/proc` in automatico
- Permette a chiunque di conoscere lo stato dei processi in esecuzione
- Tramite normali letture da file

Comandi Bash per Processi

Il `/proc` file system

Le informazioni su un processo *PID* si trovano nella directory `/proc/PID`

Il file `/proc/PID/status` contiene varie informazioni:

```
$ cat /proc/1566/status
Name:      grep
State:     R (running)
Tgid:      1566
Pid:       1566
PPid:      743
...
VmPeak:    5004 kB
VmSize:    5004 kB
VmLck:      0 kB
VmHWM:     476 kB
VmRSS:     476 kB
```

Comandi Bash per Processi

Il `/proc` file system

La **subdirectory** `/proc/PID/fd` contiene un link per ogni file aperto dal processo

- Il nome di questi link è il numero del descrittore usato nel processo
- Ricordare: ogni file aperto identificato da un numero

Esempio:

```
/proc/1968/fd/1
```

Rappresenta lo `stdout` del processo **1968**.

- Ricorda: **0** è `stdin`, **1** è `stdout`, **3** è `stderr`

Comandi Bash per Processi

II `/proc` file system

Altri **file/subdirectory** del processo *PID* sotto `/proc/PID`

File	Description (process attribute)
cmdline	Command-line arguments delimited by \0
cwd	Symbolic link to current working directory
environ	Environment list <i>NAME=value</i> pairs, delimited by \0
exe	Symbolic link to file being executed
fd	Directory containing symbolic links to files opened by this process
maps	Memory mappings
mem	Process virtual memory (must <i>lseek()</i> to valid offset before I/O)
mounts	Mount points for this process
root	Symbolic link to root directory
status	Various information (e.g., process IDs, credentials, memory usage, signals)
task	Contains one subdirectory for each thread in process (Linux 2.6)

Comandi Bash per Processi

II `/proc` file system

Il file system `/proc` fornisce anche molte informazioni sul sistema e possibilità di configurazione

- `/proc/cpuinfo` : informazioni su CPU
- `/proc/meminfo` : informazioni su memoria

Directory	Information exposed by files in this directory
<code>/proc</code>	Various system information
<code>/proc/net</code>	Status information about networking and sockets
<code>/proc/sys/fs</code>	Settings related to file systems
<code>/proc/sys/kernel</code>	Various general kernel settings
<code>/proc/sys/net</code>	Networking and sockets settings
<code>/proc/sys/vm</code>	Memory-management settings
<code>/proc/sysvipc</code>	Information about System V IPC objects

Comandi Bash per Processi

Altri Pseudo File System

- `sysfs` : montato in `/sys` , contiene informazioni sullo **stato del kernel** e sulle periferiche
 - Complementare a `/proc`
- `/dev` : contiene i file speciali che rappresentano le **periferiche**
 - Dispositivi a blocchi:
 - Dischi: `/dev/sda1` , `/dev/hda2`
 - CDROM: `/dev/cdrom` ; Floppy: `/dev/fd0`
 - Dispositivi a carattere: tastiera, mouse
 - Quando si legge/scrive a questi file speciali, viene invocato il **driver** della periferica corrispondente

Domande

L'esecuzione del seguente codice quanti processi genera (incluso il processo che esegue il `main`) ?

```
#include <stdio.h>
#include <unistd.h>
int main(){
    int N = 2;
    for (i=0; i<N; i++)
        fork();
}
```

- 2
- 3
- 4
- 6

Un processo il cui processo padre muore:

- Viene terminato dal SO
- Riceve un segnale dal SO
- Viene ereditato (diventa figlio) dal processo `init`

Domande

Cosa stampa il seguente codice?

```
#include <stdio.h>
#include <unistd.h>
int main(){
    if ( fork() ){
        printf("A\n");
    }else{
        fork();
        printf("B\n");
    }
}
```

- A
B
B
- A
A
A
- A
B
- A
A
B

La System Call `execve` crea un nuovo processo?

- Sempre
- Mai
- Dipende da come viene invocata

La funzione `system` crea un nuovo processo?

- Sempre
- Mai
- Dipende da come viene invocata