Processi

Controllo avanzato

Stefano Quer
Dipartimento di Automatica e Informatica
Politecnico di Torino

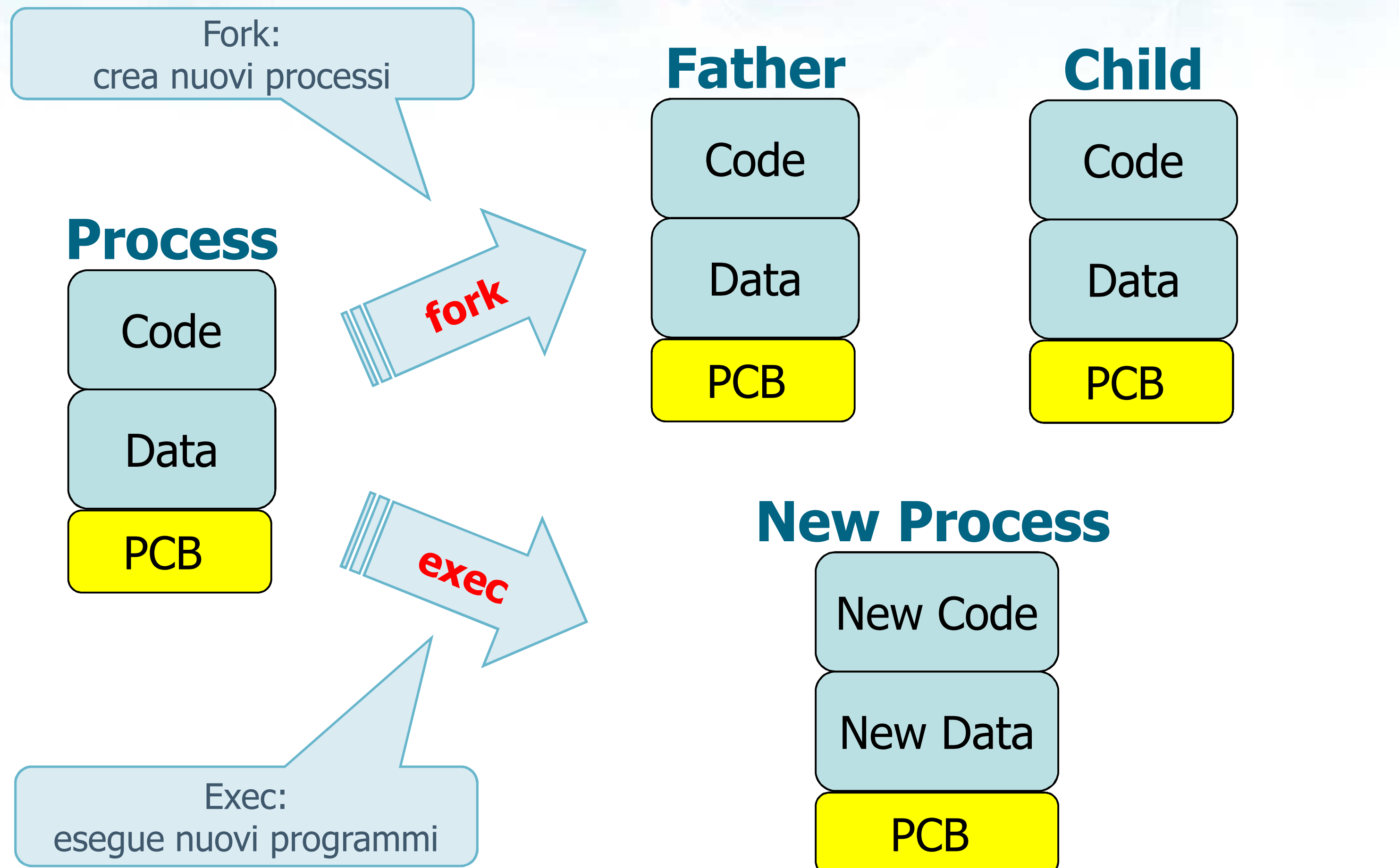
Fork e Exec

- La system call **fork** permette la duplicazione di un processo
- Esistono due principali applicazioni di tale meccanismo
  - Padre e figlio eseguono **sezioni diverse** di codice
    - Caso tipico dei server di rete: all'arrivo di una richiesta il server si duplica e il figlio gestisce la richiesta mentre il padre continua l'attesa
  - Padre e figlio eseguono codici **differenti**
    - Caso comune a tutte le shell
    - Richiede l'utilizzo della famiglia di comandi **exec**
      - Tale funzione viene utilizzata da moltissime altre system call

Sostituzione di un processo

- La system call **exec sostituisce** il processo con un nuovo programma
- Il nuovo programma incomincia l'esecuzione in maniera standard (dal main)
- In particolare la **exec**
  - Non crea un nuovo processo
  - Sostituisce l'immagine del processo corrente (i.e., il suo codice, i suoi dati, stack e heap) con quelli di un processo nuovo
  - Il PID del processo non cambia
    - fork → duplica un processo **esistente**
    - exec → esegue un **nuovo** programma

Spazio degli indirizzi



System call exec ()

- Esistono **6** versioni della system call exec
  - execl, execlp, execle
  - execv, execvp, execve

Tipo	Azione
l (list)	La funzione riceve una lista di argomenti
v (vector)	La funzione riceve un vettore di argomenti
p (path)	La funzione riceve solo il nome del file (non il suo path) e lo rintraccia tramite la variabile di ambiente PATH
e (environment)	La funzione riceve un vettore di environment che specifica le variabili di ambiente, invece di utilizzare l'environment corrente

System call exec ()

```
#include <unistd.h>

int execl (char *path, char *arg0, ..., (char *)0);
int execlp (char *name, char *arg0, ..., (char *)0);
int execle (char *path, char *arg0, ..., (char *)0,
  char *envp[]);

int execv (char *path, char *argv[]);
int execvp (char *name, char *argv[]);
int execve (char *path, char *argv[], char *envp[]);
```

- Valore di ritorno
  - **Nessuno**, in caso di successo
  - Il valore -1, in caso di errore

Il programma corrente non esiste più

System call exec ()

- Parametri
  - Il path (nome) del programma da eseguire
    - Tale nome può sempre specificare il nome di un file oppure il nome di un file con il relativo path
    - Nelle versioni "p" della exec è sufficiente (si dovrebbe) specificare il solo nome del file
      - Se il nome non contiene un path, questo è definito dalla variabile di sistema PATH (echo $PATH)
      - Se il nome contiene un path, la versione "p" di exec coincide con quella non-"p"

```
int execve (char *path, char *argv[], char *envp[]);
```

System call exec ()

- Nelle versioni non-"p" il nome dovrebbe includere il path
  - Se il path rimane ignoto l'eseguibile può risulare irrangiungbile
    - Il valore argv[i]==NULL indica la fine degli argomenti

```
int execve (char *path, char *argv[], char *envp[]);
```

System call exec ()

- La sua lista di argomenti
  - Nelle versioni "l" la exec riceve un elenco di parametri (come un main C)
    - Il primo argomento è il nome dell’eseguibile non l’eseguibile stesso
      - In pratica è la stringa argv[0] della sintassi C
    - I successivi sono i parametri dell’eseguibile
      - In pratica sono gli argv[i] con i>0 della sintassi C
  - Nelle versioni "v" l’argomento è un vettore di puntatori agli argomenti stessi
    - In pratica è una matrice dinamica simile a **argv
    - Simile, non identica, perché è "NULL terminated"
      - Il valore argv[i]==NULL indica la fine degli argomenti

```
int execve (char *path, char *argv[], char *envp[]);
```

System call exec ()

- Le eventuali variabili di ambiente
  - Nelle versioni non-"e" le variabili di ambiente sono ereditate dal processo chiamante
  - Nelle versioni "e" le variabili di ambiente sono specificate esplicitamente
    - Si indica una seconda matrice dinamica NULL-terminated, ovvero un vettore di puntatori a stringhe di caratteri
    - Tali stringhe specificano i valori delle variabili di ambiente desiderate (e.g., variabile=valore)

```
int execve (char *path, char *argv[], char *envp[]);
```

Esempi

OK — whereis cp: /bin/cp — Nome "fittizio"

```
execl("/bin/cp","cp","./file1","./file2",NULL);
```

OK — Terminazione diversa

```
execl("/bin/cp","cp","./file1","./file2",(char*)0);
```

NO — Manca il path

```
execl("cp","copioFile","./file1","./file2",(char*)0);
```

OK — Path di default ($PATH)

```
execlp("cp","copioFile","./file1","./file2",(char*)0);
```

Esempio

Scrivere un programma (**./pgrm)**
che richiama se stesso se riceve
come parametro 1 oppure 2

```
...
n = atoi (argv[1]);
switch (n) {
  case 1:
    printf("#1:PID=%d;PPID=%d\n", getpid(), getppid());
    sleep (n*10);
    execlp ("./pgrm", "./Pgrm", "2", (char *) 0);
    break;
  case 2:
    printf("#2:PID=%d;PPID=%d\n", getpid(), getppid());
    sleep (n*10);
    execlp ("./pgrm", "ilMioPgrm", "3", (char *) 0);
    break;
  default:
    printf("#3:PID=%d;PPID=%d\n", getpid(), getppid());
    sleep (n*10);
    break;
}
return (1);
```

Il path è lo stesso
arg0 (il suo nome) cambia

Esempio

Run con n=1

IL PID non cambia

Comandi di shell (in blu)

```
> ./pgrm 1 &
[2] 2471
#1: PID=2471; PPID=2045
> ps -aux | grep 2471
quer 2471 0.0 0.0 4192 352 pts/2 S 19:29 0:00 ./pgrm 1
#2: PID=2471; PPID=2045
> ps -aux | grep 2471
quer 2471 0.0 0.0 4192 356 pts/2 S 19:29 0:00 ./Pgrm 2
#3: PID=2471; PPID=2045
> ps -aux | grep 2471
quer 2471 0.0 0.0 4192 356 pts/2 S 19:29 0:00 ilMioPgrm 3
[2]+  Exit 1  ./pgrm 1
```

Il nome cambia

System call exec ()

- execv[p]
  - Utilizza come parametro un unico puntatore
    - Il puntatore individua un vettore di puntatori ai parametri
    - Il vettore va opportunamente inizializzato

```
char *cmd[] = {
  "ls",
  "-laR",
  ".",
  (char *) 0
};
...
execv ("/bin/ls", cmd);
```

L'ultimo argomento è indicato con un puntatore NULL

System call exec ()

- exec[lv]**e**
  - Specifica esplicitamente l'environment
    - Puntatore a un vettore di puntatori
    - Per le altre funzioni l'enviroment (del nuovo programma) è ereditato dal processo chiamante

```
char *env[] = {
  "USER=unknown",
  "PATH=/tmp",
  NULL
};
...
execle (path, arg0, ..., argn, NULL, env);
...
execve (path, argv, env);
```

Considerazioni

- Si osservi che durante la exec
  - Vengono mantenuti tutti i file descriptor esistenti (compresi stdin, stdout, stderr)
  - Questo comportamento è necessario per ereditare eventuali redirezioni impostate nei comandi di shell una volta eseguita la exec
- In molti SO
  - Solo una versione della exec (in genere la **execve**) è implementata come system call
  - Le altre versioni chiamano tale versione

Esercizio

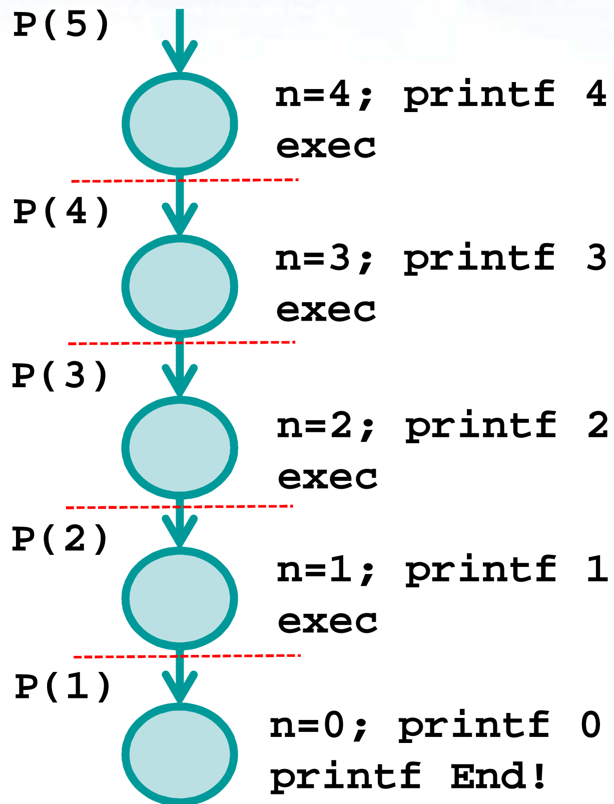
- Si riporti l'albero di generazione dei processi a seguito dell'esecuzione del seguente tratto di codice C
  - Si supponga che il programma venga eseguito con un unico parametro, il valore intero 5, sulla riga di comando
- Si indichi inoltre che cosa esso produce su video e per quale motivo

Esercizio

Run con n=5

```
#include <stdio.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;
}
```

Soluzione




```
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;
}
```

Output

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

Esercizio

- Si riporti l'albero di generazione dei processi a seguito dell'esecuzione del seguente tratto di codice C
- Si indichi inoltre che cosa esso produce su video e per quale motivo

Esercizio

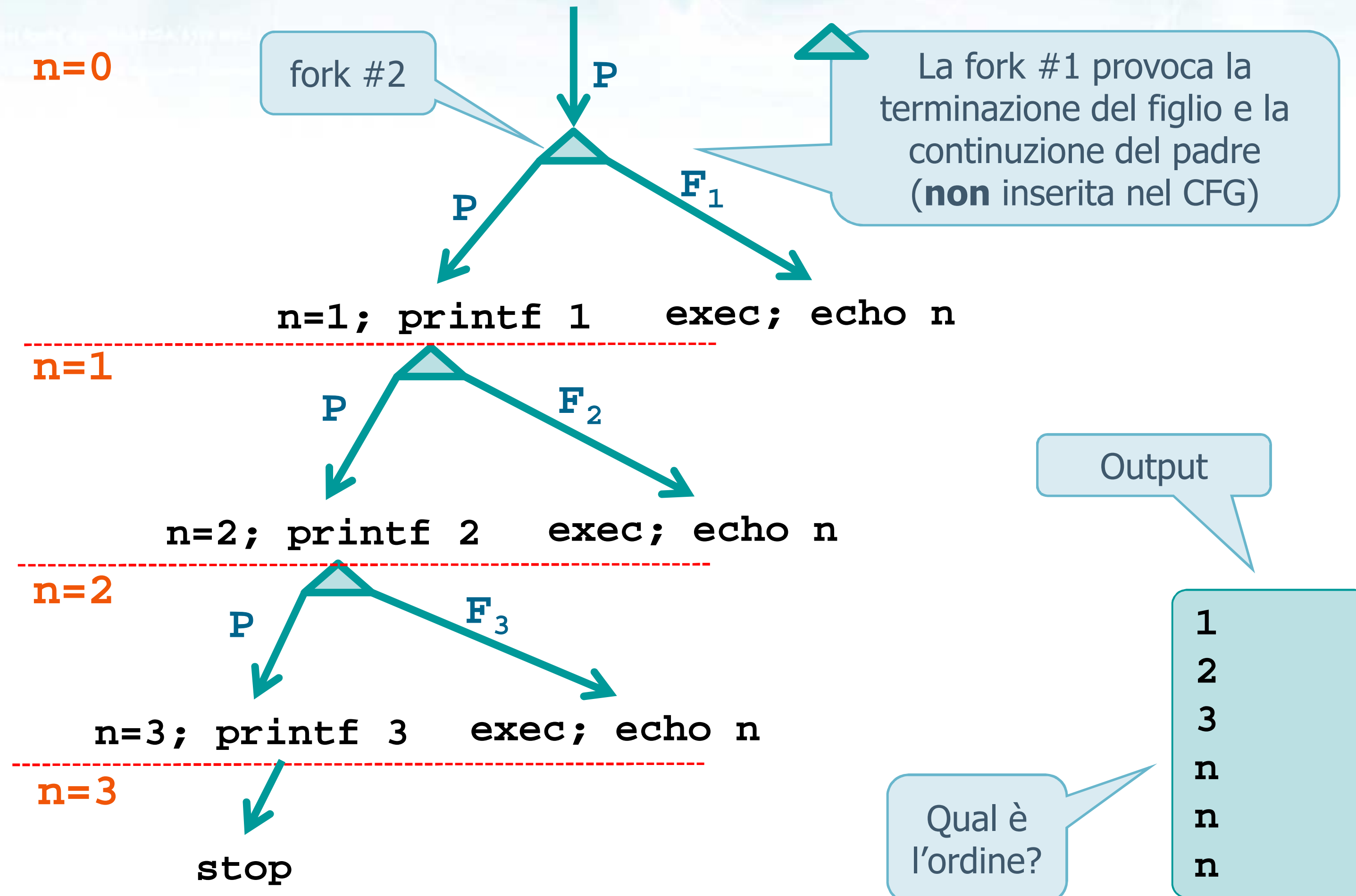
```
#include <stdio.h>
#include <unistd.h>

int main(){
  int n;
  n=0;
  while (n<3 && fork()){
    if (!fork())
      execlp ("echo", "n++", "n", NULL);
    n++;
    printf ("%d\n", n);
  }
  return (1);
}
```

fork #1
Se 0 siamo nel figlio; il figlio termina subito

fork #2
Se 0 siamo nel figlio; il figlio fa la exec

"printf" di shell

Soluzione



Scheletro di una shell UNIX

- Comando eseguito in foreground
  - <comando>

```
while (TRUE) {
  write_prompt ();
  read_command (command, parameters);
  if (fork() == 0)
    /* Child: Execute Command */
    execve (command, parameters);
  else
    /* Father: Wait Child */
    wait (&status);
}
```

Il programma cambia il processo no. Il padre rimane tale e può fare la wait.

Scheletro di una shell UNIX

- Comando eseguito in background
  - <comando> **&**

```
while (TRUE) {
  write_prompt ();
  read_command (command, parameters);
  if (fork() == 0)
    /* Child: Execute Command */
    execve (command, parameters);
#if 0
    else
    /* Padre: NON Attende */
    wait (&status);
#endif
}
```

Esecuzione di un comando

- Può essere conveniente eseguire una **stringa di comando** dall'interno di un programma in esecuzione
  - Ad esempio può essere utile inserire data o ora nel nome o nel contenuto di un file
- A tale scopo è nata la funzione **system**
  - Definita dallo standard ISO C e POSIX
    - Anche se definita dallo standard C, è fortemente implementation-dependent
    - Risulta sempre presente nei sistemi UNIX-like

System call system ( )

```
#include <stdlib.h>

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

- La system call **system**
  - Passa il comando **string** all’ambiente host afficnhè questo lo esegua
    - In pratica, invoca il comando string all’interno di una shell
  - Il controllo viene restituito al processo chiamante una volta che l’esecuzione del comando è terminata

System call system ( )

- Parametri
  - Il comando da eseguire
- Valore di ritorno
  - -1, se fallisce la fork o la waitpid usata per realizzarla
  - 127, se fallisce la exec usata per realizzarla
  - Il valore di terminazione della shell che esegue il comando (con formato specificato dalla waitpid)

Essendo implementata con fork, exec e wait ha diverse condizioni di terminazione

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

Esempi

```
...
system ("date");
...
system ("date > file");
...
```

Ridirezione ...
vedere sezione u04s07

```
...
system ("ls -laR");
...
```

```
char str[L];
...
strcpy (str, "ls -la");
system (str);
...
```

Implementazione della system ( )

- Le versioni iniziali di UNIX
  - Implementavano la system call system tramite
    - fork, exec e wait
  - Erano inefficienti a causa del polling

```
while ( (lastpid=wait(&status)) != pid
  && lastpid!=-1 );
```

- Le versioni attuali
  - Utilizzano solitamente le system call fork, exec e waitpid

Implementazione della system ( )

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

Errore nella fork

La shell deve leggere da riga di comando non da stdin

Interrupted function call

Options: WNOHANG

Esercizio

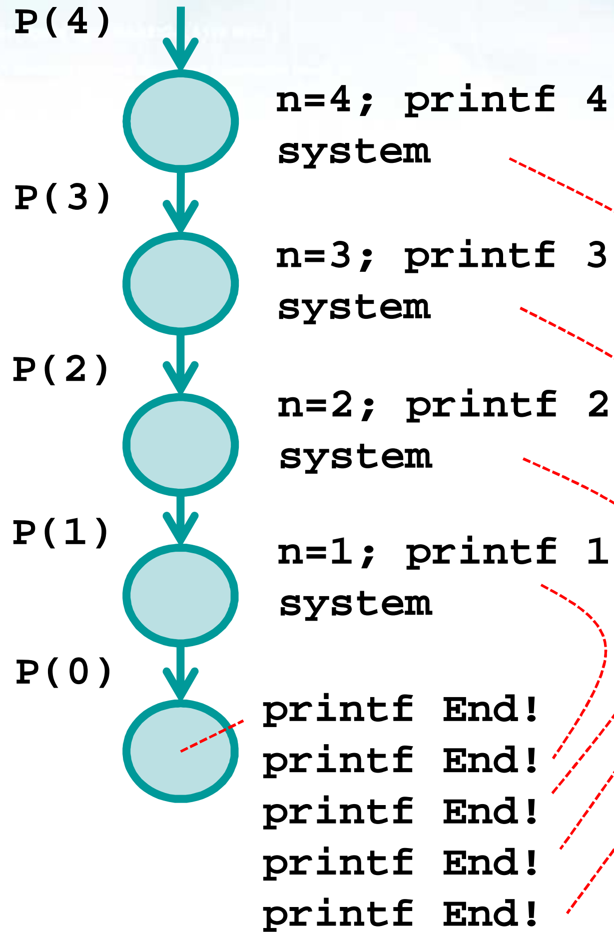
- Si riporti l'albero di generazione dei processi a seguito dell'esecuzione del seguente tratto di codice C
  - Si supponga che il programma venga eseguito con un unico parametro, il valore intero 4, sulla riga di comando
- Si indichi inoltre che cosa esso produce su video e per quale motivo

Esercizio

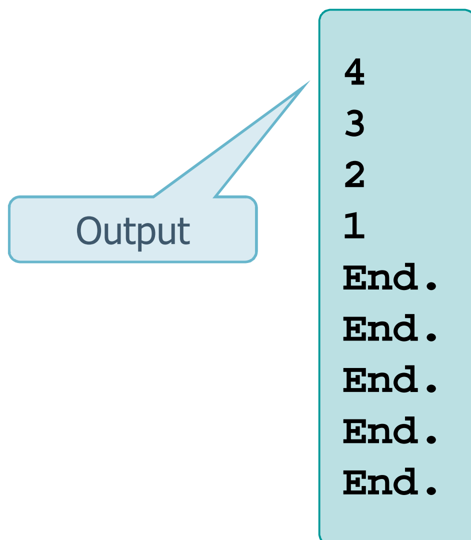
Run con n=4

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

int main(int argc, char ** argv){
  int n;
  char str[10];
  n = atoi (argv[1]);
  if (n>0) {
    printf ("%d\n", n);
    sprintf (str, "%s %d", argv[0], n-1);
    system (str);
  }
  printf("End!\n");
  return (1);
}
```

Soluzione




```
n = atoi (argv[1]);
if (n>0) {
  printf ("%d\n", n);
  sprintf (str, "%s %d", argv[0], n-1);
  system (str);
}
printf("End!\n");
```



Esercizio

- Si riporti l'albero di generazione dei processi a seguito dell'esecuzione del seguente tratto di codice C
- Si indichi inoltre che cosa esso produce su video e per quale motivo

Esercizio

```
#include ...
int main () {
  char str[100];
  int i;
  for (i=0; i<2; i++){
    if (fork()!=0) {
      sprintf (str, "echo system with i=%d", i);
      system (str);
    } else {
      if (fork()==0) {
        sprintf (str, "exec with i=%d", i);
        execlp ("echo", "myPgrm", str, NULL);
      }
    }
  }
  return (0);
}
```

Soluzione