Laborator 03 - Procese

Materiale ajutătoare

- lab03-slides.pdf [http://elf.cs.pub.ro/so/res/laboratoare/lab03-slides.pdf]
- lab03-refcard.pdf [http://elf.cs.pub.ro/so/res/laboratoare/lab03-refcard.pdf]
- Video Procese [http://elf.cs.pub.ro/so/res/tutorial/lab-03-procese/]

Nice to read

- TLPI - Chapter 6, `Processes`, Chapter 26 `Monitoring Child Processes`
- WSP4 - Chapter 6, `Process Management`

Link-uri către secțiuni utile

Linux

- Crearea unui proces
- Înlocuirea imaginii unui proces
- Așteptarea terminării unui proces
- Terminarea unui proces
- Exemplu (my_system)
- Copierea descriptorilor de fișier
- Moștenirea descriptorilor de fișier după operații fork/exec
- Variabile de mediu în Linux
- Pipe-uri anonime în Linux
- Pipe-uri cu nume în Linux

Windows

- Crearea unui proces
- Așteptarea terminării unui proces
- Aflarea codului de terminare a procesului așteptat
- Terminarea unui proces
- Exemplu
- Moștenirea handle-urilor la CreateProcess
- Variabile de mediu în Windows
- Pipe-uri anonime în Windows
- Pipe-uri cu nume în Windows

Prezentare concepte

Un **proces** este un program în execuție. Procesele sunt unitatea primitivă prin care sistemul de operare alocă resurse utilizatorilor. Orice proces are un spațiu de adrese și unul sau mai multe fire de execuție. Putem avea mai multe procese ce execută același program, dar oricare două procese sunt complet independente.

Informațiile despre procese sunt ținute într-o structură numită `Process Control Block` (PCB [http://en.wikipedia.org/wiki/Process_control_block]), câte una pentru fiecare proces existent în sistem. Printre cele mai importante informații conținute de PCB regăsim:

- PID - identificatorul procesului
- spațiu de adresă
- registre generale, `PC` (contor program), `SP` (indicator stivă)
- tabela de fișiere deschise
- informații referitoare la semnale
  - lista de semnale blocate, ignorate sau care așteaptă să fie trimise procesului
  - handler-ele de semnale
- informațiile referitoare la sistemele de fișiere (directorul rădăcină, directorul curent)

În momentul lansării în execuție a unui program, în sistemul de operare se va crea un proces pentru alocarea resurselor necesare rulării programului respectiv. Fiecare sistem de operare pune la dispoziție apeluri de sistem pentru lucrul cu procese: creare, terminare, așteptarea terminării. Totodată există apeluri pentru duplicarea descriptorilor de resurse între procese, ori închiderea acestor descriptori.

Procesele pot avea o organizare:

- *ierarhică* - de exemplu pe Linux - există o structură arborescentă în care rădăcina este procesul `init` (pid = 1).
- *neierarhică* - de exemplu pe Windows.

În general, un proces rulează într-un mediu specificat printr-un set de **variabile de mediu**. O variabilă de mediu este o pereche `NUME = valoare`. Un proces poate să verifice sau să seteze valoarea unei variabile de mediu printr-o serie de apeluri de bibliotecă (Linux, Windows).

Pipe-urile (canalele de comunicație) sunt mecanisme primitive de comunicare între procese. Un pipe poate conține o cantitate limitată de date. Accesul la aceste date este de tip FIFO (datele se scriu la un capăt al pipe-ului pentru a fi citite de la celălalt capăt). Sistemul de operare garantează sincronizarea între operațiile de citire și scriere la cele două capete (Linux, Windows).

Există două tipuri de pipe-uri:

- pipe-uri **anonime**: pot fi folosite doar de procese **înrudite** (un proces părinte și un copil sau doi copii), deoarece sunt accesibile doar prin moștenire. Aceste pipe-uri nu mai există după ce procesele și-au terminat execuția.
- pipe-uri **cu nume**: au suport fizic - există ca fișiere cu drepturi de acces. Prin urmare, ele vor exista independent de procesul care le creează și pot fi folosite de procese neînrudite.

Procese în Linux

Lansarea în execuție a unui program presupune următorii pași:

- Se creează un nou proces cu `fork` - procesul copil are o copie a resurselor procesului părinte.
- Dacă se dorește înlocuirea imaginii procesului copil aceasta poate fi schimbată prin apelarea unei funcții din familia `exec*`.

Crearea unui proces în Linux

În UNIX un proces se creează folosind apelul de sistem fork [http://linux.die.net/man/2/fork]:

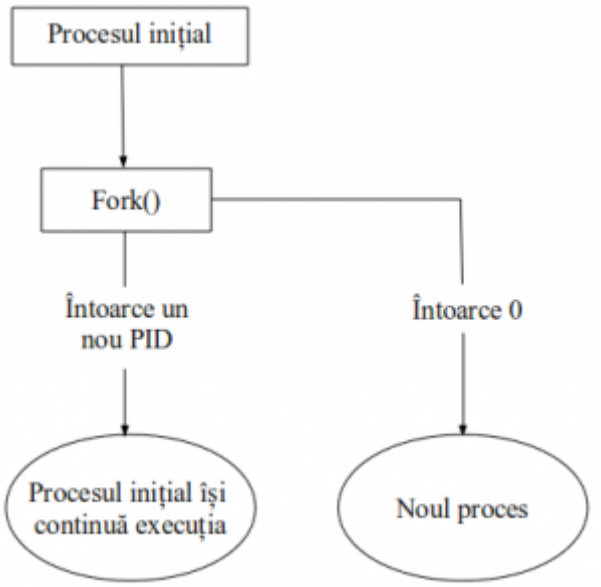
```
pid_t fork(void);
```

Efectul este crearea unui nou proces (procesul copil), copie a celui care a apelat `fork` (procesul părinte). Procesul copil primește un nou *process id* (`PID`) de la sistemul de operare.

Această funcție este apelată o dată și se întoarce (în caz de succes) de două ori:

- În părinte va întoarce pid-ul procesului nou creat (copil).
- În procesul copil apelul va întoarce 0.

Pentru aflarea PID-ului procesului curent și al procesului părinte se vor apela funcțiile de mai jos.



Funcția getpid [http://linux.die.net/man/3/getpid] întoarce PID-ul procesului apelant:

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

Funcția getppid [http://linux.die.net/man/3/getppid] întoarce PID-ul procesului părinte al procesului apelant:

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

Înlocuirea imaginii unui proces în Linux

Familia de funcții exec [http://linux.die.net/man/3/exec] va executa un nou program, înlocuind imaginea procesului curent, cu cea dintr-un fișier (executabil). Acest lucru înseamnă:

- Spațiul de adrese al procesului va fi înlocuit cu unul nou, creat special pentru execuția fișierului.
- Registrele PC (contorul program), SP (indicatorul stivă) și registrele generale vor fi reinițializate.
- Măștile de semnale ignorate și blocate sunt setate la valorile implicite, ca și handler-ele semnalelor.
- PID-ul și descriptorii de fișier care nu au setat flag-ul CLOSE_ON_EXEC rămân neschimbați (implicit, flag-ul CLOSE_ON_EXEC nu este setat).

```
int execl(const char *path, const char *arg, ...);
int execv(const char *path, char *const argv[]);
int execlp(const char *file, const char *arg, ...);
```

Exemplu de folosire a funcțiilor de mai sus:

```
execl("/bin/ls", "ls", "-la", NULL);

char *const argvec[] = {"ls", "-la", NULL};
execv("/bin/ls", argvec);

execlp("ls", "ls", "-la", NULL);
```

Primul argument este numele programului. Ultimul argument al listei de parametri trebuie să fie NULL, indiferent dacă lista este sub formă de vector (execv*) sau sub formă de argumente variabile (execl*).

execl și execv nu caută programul dat ca parametru în PATH, astfel că acesta trebuie însoțit de calea completă. Versiunile execlp și execvp caută programul și în PATH.

Toate funcțiile exec* sunt implementate prin apelul de sistem execve [http://linux.die.net/man/2/execve].

Așteptarea terminării unui proces în Linux

Familia de funcții wait [http://linux.die.net/man/3/waitpid] suspendă execuția procesului apelant până când procesul (procesele) specificat în argumente fie s-a terminat, fie a fost oprit (SIGSTOP).

```
pid_t waitpid(pid_t pid, int *status, int options);
```

Starea procesului interogat se poate afla examinând status cu macrodefiniții precum WEXITSTATUS [http://linux.die.net/man/3/waitpid], care întoarce codul de eroare cu care s-a încheiat procesul așteptat, evaluând cei mai nesemnificativi 8 biți.

Există o variantă simplificată, care așteaptă orice proces copil să se termine. Următoarele secvențe de cod sunt echivalente:

```
wait(&status);                  |  waitpid(-1, &status, 0);
```

În caz că se dorește doar așteptarea terminării procesului copil, nu și examinarea statusului, se poate folosi:

```
wait(NULL);
```

Terminarea unui proces în Linux

Pentru terminarea procesului curent, Linux pune la dispoziție apelul de sistem `exit`.

```
void exit(int status);
```

Dintr-un program `C` există trei moduri de invocare a acestui apel de sistem:

1. apelul _exit [http://linux.die.net/man/2/exit] (POSIX.1-2001 [http://linux.die.net/man/7/standards]):

```
void _exit(int status);
```

2. apelul _Exit [http://linux.die.net/man/2/exit] din biblioteca standard `C` (conform C99 [http://en.wikipedia.org/wiki/C99]):

```
void _Exit(int status);
```

3. apelul exit [http://linux.die.net/man/3/exit] din biblioteca standard `C` (conform `C89`, `C99`), cel prezentat mai sus.

`_exit(2)` și `_Exit(2)` sunt funcțional echivalente (doar că sunt definite de standarde diferite):

- procesul apelant se va termina imediat
- toți descriptorii de fișier ai procesului sunt închiși
- copiii procesului sunt "înfiați" de `init`
- un semnal `SIGCHLD` va fi trimis către părintele procesului. Tot acestuia îi va fi întoarsă valoarea `status`, ca rezultat al unei funcții de așteptare (`wait` sau `waitpid`).

În plus, `exit(3)`:

- va șterge toate fișierele create cu `tmpfile()`
- va scrie bufferele streamurilor deschise și le va închide

Conform `ISO C`, un program care se termină cu `return x` din `main()` va avea același comportament ca unul care apelează `exit(x)`.

Un proces al cărui părinte s-a terminat poartă numele de **proces orfan**. Acest proces este adoptat automat de către procesul `init`, dar poartă denumirea de orfan în continuare deoarece procesul care l-a creat inițial nu mai există. În acest context, procesul `init` implementează funcționalitatea de **child reaper**.

Pe distribuțiile de Linux recente, funcționalitatea de child reaper poate fi implementată și de alte procese din sistem, precum `systemd`.

Un proces finalizat al cărui părinte nu a citit (încă) statusul terminării acestuia poartă numele de **proces zombie**. Procesul intră într-o stare de terminare, iar informația continuă să existe în tabela de procese astfel încât să ofere părintelui posibilitatea de a verifica codul cu care s-a finalizat procesul. În momentul în care părintele apelează funcția `wait`, informația despre proces dispare. Orice proces copil o să treacă prin starea de proces zombie la terminare.

Pentru terminarea unui alt proces din sistem, se va trimite un semnal către procesul respectiv prin intermediul apelului de sistem kill [http://linux.die.net/man/2/kill]. Mai multe detalii despre `kill` și semnale în laboratorul de semnale.

Exemplu (my_system)

my_system.c

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

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

int my_system(const char *command)
{
        pid_t pid;
        int status;
        const char *argv[] = {command, NULL};

        pid = fork();
        switch (pid) {
        case -1:
                /* error forking */
                return EXIT_FAILURE;
        case 0:
                /* child process */
                execvp(command, (char *const *) argv);

                /* only if exec failed */
                exit(EXIT_FAILURE);
        default:
                /* parent process */
                break;
        }

        /* only parent process gets here */
        waitpid(pid, &status, 0);
        if (WIFEXITED(status))
                printf("Child %d terminated normally, with code %d\n",
                        pid, WEXITSTATUS(status));

        return status;
}

int main(void) {
        my_system("ls");
        return 0;
}
```

Copierea descriptorilor de fișier

dup [http://linux.die.net/man/2/dup] duplică descriptorul de fișier `oldfd` și întoarce noul descriptor de fișier, sau `-1` în caz de eroare:

```
int dup(int oldfd);
```

dup2 [http://linux.die.net/man/2/dup] duplică descriptorul de fișier `oldfd` în descriptorul de fișier `newfd`; dacă `newfd` există, mai întâi va fi închis. Întoarce noul descriptor de fișier, sau `-1` în caz de eroare:

```
int dup2(int oldfd, int newfd);
```

Descriptorii de fișier sunt, de fapt, indecși în tabela de fișiere deschise. Tabela este populată cu pointeri către structuri cu informațiile despre fișiere. Duplicarea unui descriptor de fișier înseamnă duplicarea intrării din tabela de fișiere deschise (adică 2 pointeri de la poziții diferite din tabelă vor indica spre aceeași structură din sistem, asociată fișierului). Din acest motiv, toate informațiile asociate unui fișier (lock-uri, cursor, flag-uri) sunt **partajate** de cei doi file descriptori. Aceasta înseamnă că operațiile ce modifică aceste informații pe unul dintre file descriptori (de ex. `lseek`) sunt vizibile și pentru celălalt file descriptor (duplicat).

Flag-ul `CLOSE_ON_EXEC` nu este partajat (acest flag nu este ținut în structura menționată mai sus).

Moștenirea descriptorilor de fișier după operații fork/exec

Descriptorii de fișier ai procesului părinte se **moștenesc** în procesul copil în urma apelului `fork`. După un apel `exec`, descriptorii de fișier sunt păstrați, excepție făcând cei care au flag-ul `CLOSE_ON_EXEC` setat.

fcntl

Pentru a seta flag-ul `CLOSE_ON_EXEC` se folosește funcția fcntl [http://linux.die.net/man/3/fcntl], cu un apel de forma:

```
fcntl(file_descriptor, F_SETFD, FD_CLOEXEC);
```

O_CLOEXEC

`fcntl` poate activa flag-ul `FD_CLOEXEC` doar pentru descriptori de fișier deja existenți. În aplicații cu mai multe fire de execuție, între crearea unui descriptor de fișier și un apel `fcntl` se poate interpune un apel `exec` pe un alt fir de execuție.

```
/ * THREAD 1 */                    |/ * THREAD 2 */
fd = op_creare_fd()                |
                                   | exec(...)
fcntl(fd, F_SETFD, FD_CLOEXEC);    |
```

Cum, implicit, descriptorii de fișiere sunt moșteniți după un apel `exec`, deși programatorul a dorit ca acesta să nu poată fi accesat după `exec`, nu poate preveni apariția unui apel `exec` între creare și `fcntl`.

Pentru a rezolva această condiție de cursă, s-au introdus în Linux 2.6.27 (2008) versiuni noi ale unor apeluri de sistem:

```
int dup3(int oldfd, int newfd, int flags);
int pipe2(int pipefd[2], int flags);
int accept4(int sockfd, struct sockaddr *addr, socklen_t *addrlen, int flags);
```

Aceste variante ale apelurilor de sistem adaugă câmpul `flags`, prin care se poate specifica `O_CLOEXEC`, pentru a crea și activa `CLOSE_ON_EXEC` în mod *atomic*. Numărul din numele apelului de sistem, specifică numărul de parametri ai apelului.

Apelurile de sistem care creează descriptori de fișiere care primeau deja un parametru `flags` (e.g. `open`) au fost doar extinse să accepte și `O_CLOEXEC`.

Variabile de mediu în Linux

În cadrul unui program se pot accesa variabilele de mediu, prin evidențierea celui de-al treilea parametru (opțional) al funcției `main`, ca în exemplul următor:

```
int main(int argc, char **argv, char **environ)
```

Acesta desemnează un vector de pointeri la șiruri de caractere, ce conțin variabilele de mediu și valorile lor. Șirurile de caractere sunt de forma `VARIABILA=VALOARE`. Vectorul e terminat cu `NULL`.

getenv [http://linux.die.net/man/3/getenv] întoarce valoarea variabilei de mediu denumite `name`, sau `NULL` dacă nu există o variabilă de mediu denumită astfel:

```
char* getenv(const char *name);
```

setenv [http://linux.die.net/man/3/setenv] adaugă în mediu variabila cu numele `name` (dacă nu există deja) și îi setează valoarea la `value`. Dacă variabila există și `replace` e `0`, acțiunea de setare a valorii variabilei e ignorată; dacă `replace` e diferit de `0`, valoarea variabilei devine `value`:

```
int setenv(const char *name, const char *value, int replace);
```

unsetenv [http://linux.die.net/man/3/unsetenv] șterge din mediu variabila denumită `name`:

```
int unsetenv(const char *name);
```

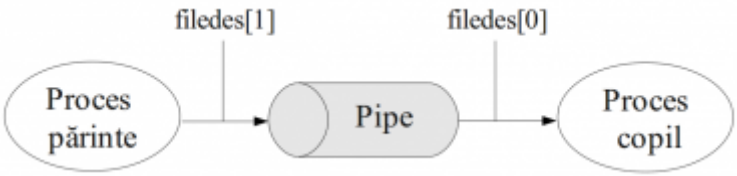
Pipe-uri în Linux

Pipe-uri anonime în Linux

Pipe-ul este un mecanism de comunicare unidirecțională între două procese. În majoritatea implementărilor de UNIX, un pipe apare ca o zonă de memorie de o anumită dimensiune în spațiul nucleului. Procesele care comunică printr-un pipe anonim trebuie să aibă un grad de rudenie; de obicei, un proces care creează un pipe va apela după aceea `fork`, iar pipe-ul se va folosi pentru comunicarea între părinte și fiu. În orice caz, procesele care comunică prin pipe-uri anonime nu pot fi create de utilizatori diferiți ai sistemului.

Apelul de sistem pentru creare este pipe [http://linux.die.net/man/2/pipe]:

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



Vectorul `filedes` conține după execuția funcției 2 descriptori de fișier:

- `filedes[0]`, deschis pentru citire;
- `filedes[1]`, deschis pentru scriere;

Mnemotehnică: `STDIN_FILENO` este 0 (citire), `STDOUT_FILENO` este 1 (scriere).

Observații:

- citirea/scrierea din/în pipe-uri este atomică dacă nu se citesc/scriu mai mult de `PIPE_BUF`[1)] octeți.
- citirea/scrierea din/în pipe-uri se realizează cu ajutorul funcțiilor `read`/`write`.

Majoritatea aplicațiilor care folosesc pipe-uri închid în fiecare dintre procese capătul de pipe **neutilizat** în comunicarea unidirecțională. Dacă unul dintre descriptori este închis se aplică regulile:

- o citire dintr-un pipe pentru care descriptorul de **scriere** a fost închis, după ce toate datele au fost citite, va returna `0`, ceea ce indică sfârșitul fișierului. Descriptorul de scriere poate fi duplicat astfel încât mai multe procese să poată scrie în pipe. De regulă, în cazul pipe-urilor anonime există doar două procese, unul care scrie și altul care citește, pe când în cazul fișierelor pipe cu nume (FIFO) pot exista mai multe procese care scriu date.
- o scriere într-un pipe pentru care descriptorul de **citire** a fost închis cauzează generarea semnalului `SIGPIPE`. Dacă semnalul este captat și se revine din rutina de tratare, funcția de sistem `write` returnează eroare și variabila `errno` are valoarea `EPIPE`.

Cea mai frecventă **greșeală**, relativ la lucrul cu pipe-urile, provine din neglijarea faptului că nu se trimite `EOF` prin pipe (citirea din pipe nu se termină) decât dacă sunt închise **TOATE** capetele de scriere din **TOATE** procesele care au deschis descriptorul de scriere în pipe (în cazul unui `fork`, nu uitați să închideți capetele pipe-ului în procesul părinte).

Alte funcții utile: popen [http://linux.die.net/man/3/popen], pclose [http://linux.die.net/man/3/pclose].

Pipe-uri cu nume în Linux

Elimină necesitatea ca procesele care comunică să fie înrudite. Astfel, fiecare proces își poate deschide pentru citire sau scriere fișierul pipe cu nume (FIFO), un tip de fișier special, care păstrează în spate caracteristicile unui pipe. Comunicația se face într-un sens sau în ambele sensuri. Fișierele de tip FIFO pot fi identificate prin litera `p` în primul câmp al drepturilor de acces (`ls -l`).

Apelul de bibliotecă pentru crearea pipe-urilor de tip FIFO este mkfifo [http://linux.die.net/man/3/mkfifo]:

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

După ce pipe-ul FIFO a fost creat, acestuia i se pot aplica toate funcțiile pentru operații obișnuite pentru lucrul cu fișiere: `open`, `close`, `read`, `write`.

Modul de comportare al unui pipe FIFO după deschidere este afectat de flagul `O_NONBLOCK`:

- dacă `O_NONBLOCK` nu este specificat (cazul normal), atunci un `open` pentru citire se va bloca până când un alt proces deschide același FIFO pentru scriere. Analog, dacă deschiderea este pentru scriere, se poate produce blocare până când un alt proces efectuează deschiderea pentru citire.
- dacă se specifică `O_NONBLOCK`, atunci deschiderea pentru citire revine imediat, dar o deschidere pentru scriere poate returna eroare cu `errno` având valoarea `ENXIO`, dacă nu există un alt proces care a deschis același FIFO pentru citire.

Atunci când se închide ultimul descriptor de fișier al capătului de scriere pentru un FIFO, se generează un „sfârșit de fișier” – `EOF` – pentru procesul care citește din FIFO.

Depanarea unui proces

Informații suplimentare legate de depanarea unui proces se găsesc aici

Procese în Windows

Crearea unui proces în Windows

În Windows, atât crearea unui nou proces, cât și înlocuirea imaginii lui cu cea dintr-un program executabil se realizează prin apelul funcției CreateProcess [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms682425.aspx].

```
BOOL CreateProcess(
     LPCTSTR               lpApplicationName,
     LPTSTR                lpCommandLine,
     LPSECURITY_ATTRIBUTES lpProcessAttributes,
     LPSECURITY_ATTRIBUTES lpThreadAttributes,
     BOOL                  bInheritHandles,
     DWORD                 dwCreationFlags,
     LPVOID                lpEnvironment,
     LPCTSTR               lpCurrentDirectory,
     LPSTARTUPINFO         lpStartupInfo,
     LPPROCESS_INFORMATION lpProcessInformation
);
```

```
BOOL bRes = CreateProcess(
     NULL,           // No module name
     "notepad.exe"  // Command line
     NULL,           // Process handle not inheritable
     NULL,           // Thread handle not inheritable
     FALSE,          // Set handle inheritance to false
     0,              // No creation flags
     NULL,           // Use parent's environment block
     NULL,           // Use parent's starting directory
     &si,            // Pointer to STARTUPINFO structure
     &pi             // Pointer to PROCESS_INFORMATION
);                   // structure
```

API-ul Windows mai pune la dispoziție câteva funcții înrudite precum CreateProcessAsUser [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms682429%28VS.85%29.aspx], CreateProcessWithLogonW [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms682431%28VS.85%29.aspx] ori CreateProcessWithTokenW [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms682434%28VS.85%29.aspx], care permit crearea unui proces într-un context de securitate diferit de cel al utilizatorului curent.

Pentru a se obține un handle al unui proces, cunoscându-se `PID`-ul procesului respectiv, se va apela funcția OpenProcess [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms684320(VS.85).aspx]:

```
HANDLE OpenProcess(
        DWORD dwDesiredAccess,
        BOOL  bInheritHandle,
        DWORD dwProcessId
);
```

iar pentru a obține un handle al procesului curent se va apela GetCurrentProcess [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms683179(VS.85).aspx]:

```
HANDLE GetCurrentProcess(void);
```

Pentru a obține `PID`-ul procesului curent se va apela GetCurrentProcessId [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms683180(VS.85).aspx]:

```
DWORD GetCurrentProcessId(void);
```

Spre deosebire de Linux, în Windows nu se impune o ierarhie a proceselor în sistem. Teoretic există o ierarhie implicită din modul cum sunt create procesele. Un proces deține handle-uri ale proceselor create de el, însă handle-urile pot fi duplicate între procese ceea ce duce la situația în care un proces deține handle-uri ale unor procese care nu sunt create de el, deci ierarhia implicită dispare.

Deoarece funcția CreateProcess [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms682425.aspx] se întoarce imediat, fără a aștepta ca procesul nou creat să-și termine inițializările, este nevoie de un mecanism prin care procesul părinte să se sincronizeze cu procesul copil înainte de a încerca să comunice cu acesta. Windows pune la dispoziție funcția de așteptare WaitForInputIdle [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms687022.aspx].

```
DWORD WaitForInputIdle(
        HANDLE hProcess,
        DWORD  dwMilliseconds
);
```

Funcția va cauza blocarea firului de execuție apelant până în momentul în care procesul `hProcess` și-a terminat inițializarea și așteaptă date de intrare. Funcția poate fi folosită oricând pentru a aștepta ca procesul `hProcess` să treacă în starea în care așteaptă date de intrare, nu doar la momentul creării sale. Funcției i se poate specifica o durată de așteptare prin intermediul parametrului `dwMilliseconds`.

Așteptarea terminării unui proces în Windows

Pentru a suspenda execuția procesului curent până când unul sau mai multe alte procese se termină, se va folosi una din funcțiile de așteptare WaitForSingleObject [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms687032.aspx] ori WaitForMultipleObjects [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms687025.aspx].

```
DWORD WaitForSingleObject(HANDLE hHandle, DWORD  dwMilliseconds);
```

Exemplul următor așteaptă nedefinit terminarea procesului reprezentat de `hProcess`.

```
DWORD dwRes = WaitForSingleObject(hProcess, INFINITE);
if (dwRes == WAIT_FAILED)
        // handle error
```

Funcțiile de așteptare sunt folosite în cadrul mai general al mecanismelor de sincronizare între procese. Mai multe detalii pot fi găsite aici.

Aflarea codului de terminare a procesului așteptat în Windows

Pentru a determina codul de eroare cu care s-a terminat un anumit proces, se va apela funcția GetExitCodeProcess [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms683189.aspx]:

```
BOOL GetExitCodeProcess(HANDLE  hProcess, LPDWORD lpExitCode);
```

Dacă procesul `hProcess` nu s-a terminat încă, funcția va întoarce în `lpExitCode` codul de terminare `STILL_ACTIVE`. Dacă procesul s-a terminat, se va întoarce codul său de terminare care poate fi:

- parametrul transmis uneia din funcțiile ExitProcess [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms682658(VS.85).aspx] sau TerminateProcess [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms686714(VS.85).aspx] (`exit` din `libc`)
- valoarea returnată de funcția `main` sau `WinMain` a procesului
- codul de eroare al unei excepții netratate care a cauzat terminarea procesului
- dacă procesul se termină cu succes valoarea întoarsă în `lpExitCode` va fi 0 sau 1 în caz de eroare.

Terminarea unui proces în Windows

Pentru terminarea procesului curent, Windows API pune la dispoziție funcția ExitProcess [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms682658(VS.85).aspx].

```
void ExitProcess(UINT uExitCode);
```

Consecinţele funcţiei `ExitProcess` sunt:

- Procesul apelant și toate firele sale de execuție se vor termina imediat.
- Toate `DLL`-urile de care era atașat procesul sunt notificate și se apelează metode de distrugere a resurselor alocate de acestea în spațiul de adresă al procesului.
- Toți descriptorii de resurse (handle) ai procesului sunt închiși.

`ExitProcess` nu se ocupă de eliberarea resurselor bibliotecii standard C. Pentru a asigura o finalizare corectă a programului trebuie apelat `exit`.

Pentru terminarea unui alt proces din sistem se va apela funcția TerminateProcess [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms686714(VS.85).aspx].

```
BOOL TerminateProcess(HANDLE hProcess, UINT uExitCode);
```

Funcţia `TerminateProcess` se ocupă de:

- A iniția terminarea procesului `hProcess` și a tuturor firelor sale de execuție. Se vor revoca operațiile de intrare/ieșire neterminate după care funcția TerminateProcess [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms686714(VS.85).aspx] va întoarce imediat.
- A închide toți descriptorii de resurse (handle) ai procesului.

Funcția TerminateProcess [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms686714(VS.85).aspx] este **periculoasă** și se recomandă folosirea ei doar în cazuri extreme, deoarece ea nu notifică `DLL`-urile de care este atașat procesul `hProcess` asupra detașării acestuia, lăsând astfel alocate eventualele date rezervate de `DLL` în spațiul de adrese al procesului.

Terminarea unui proces **nu** implică terminarea proceselor create de acesta.

Exemplu

exec.c

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

#include "utils.h"

void CloseProcess(LPPROCESS_INFORMATION lppi) {
    CloseHandle(lppi->hThread);
    CloseHandle(lppi->hProcess);
}

int main(void)
{
    STARTUPINFO si;
    PROCESS_INFORMATION pi;
    DWORD dwRes;
    BOOL bRes;
    CHAR cmdLine[] = "mspaint";

    ZeroMemory(&si, sizeof(si));
    si.cb = sizeof(si);
    ZeroMemory(&pi, sizeof(pi));

    /* Start child process */
    bRes =  CreateProcess(
                NULL,           /* No module name (use command line) */
                cmdLine,        /* Command line */
                NULL,           /* Process handle not inheritable */
                NULL,           /* Thread handle not inheritable */
                FALSE,          /* Set handle inheritance to FALSE */
                0,              /* No creation flags */
                NULL,           /* Use parent's environment block */
                NULL,           /* Use parent's starting directory */
                &si,            /* Pointer to STARTUPINFO structure */
```

```
                &pi             /* Pointer to PROCESS_INFORMATION structure */
        );
    DIE(bRes == FALSE, "CreateProcess");

    /* Wait for the child to finish */
    dwRes = WaitForSingleObject(pi.hProcess, INFINITE);
    DIE(dwRes == WAIT_FAILED, "WaitForSingleObject");

    bRes = GetExitCodeProcess(pi.hProcess, &dwRes);
    DIE(bRes == FALSE, "GetExitCode");

    CloseProcess(&pi);

    return 0;
}
```

Moștenirea handle-urilor la CreateProcess

După un apel CreateProcess [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms682425%28VS.85%29.aspx], handle-urile din procesul părinte pot fi **moștenite** în procesul copil.

Pentru ca un handle să poată fi moștenit în procesul creat, trebuie îndeplinite 2 condiții:

- membrul `bInheritHandle`, al structurii `SECURITY_ATTRIBUTES`, transmise lui CreateFile [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa363858%28VS.85%29.aspx], trebuie să fie `TRUE`
- parametrul `bInheritHandles`, al lui CreateProcess [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms682425%28VS.85%29.aspx], trebuie să fie `TRUE`.
- atunci când se doreşte moştenierea handler-elor în procesul copil, trebuie să ne asigurăm că acestea sunt valide deorece în procesul copil nu se fac validări suplimentare. Transmiterea unor handlere invalide poate duce la un comportament nedefinit în procesul copil.

Handle-urile moștenite sunt valide doar în contextul procesului copil.

Cei 3 descriptori speciali de fișier pot fi obținuți apelând funcția GetStdHandle [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms683231(VS.85).aspx]:

```
HANDLE GetStdHandle(DWORD nStdHandle);
```

cu unul din parametrii:

- `STD_INPUT_HANDLE`
- `STD_OUTPUT_HANDLE`
- `STD_ERROR_HANDLE`

Pentru **redirectarea** handle-urilor standard în procesul copil puteți folosi membrii `hStdInput`, `hStdOutput`, `hStdError` ai structurii STARTUPINFO [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms686331(v=VS.85).aspx], transmise lui CreateProcess [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms682425%28VS.85%29.aspx]. În acest caz, membrul `dwFlags` al aceleiași structuri trebuie setat la `STARTF_USESTDHANDLES`. Dacă se dorește ca anumite handle-uri să rămână implicite, li se poate atribui handle-ul întors de GetStdHandle [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms683231(VS.85).aspx].

```
STARTUPINFO si;
...
/* initialize process startup info structure */
ZeroMemory(&si, sizeof(si));
si.cb = sizeof(si);

/* setup flags to allow handle inheritence (redirection) */
si.dwFlags |= STARTF_USESTDHANDLES;
```

Pentru a realiza redirectarea in mod corespunzător, câmpurile `hStdInput`, `hStdOutput`, `hStdError` din structura `STARTUPINFO` trebuie inițializate.

Alte proprietăți ale procesului părinte care pot fi moștenite sunt variabilele de mediu și directorul curent. **Nu** vor fi moștenite handle-uri ale unor zone de memorie alocate de procesul părinte și nici pseudo-descriptori precum cei

întorși de funcția GetCurrentProcess [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms683179%28VS.85%29.aspx].

Handle-ul din procesul părinte și cel moștenit în procesul copil vor referi același obiect, exact ca în cazul duplicării. De asemenea, handle-ul moștenit în procesul copil are aceeași valoare și aceleași drepturi de acces ca și handle-ul din procesul părinte. Pentru a folosi handle-ul moștenit, procesul copil va trebui să-i cunoască valoarea și ce obiect referă. Aceste informații trebuie să fie pasate de părinte printr-un mecanism extern (IPC etc).

Variabile de mediu în Windows

Pentru a afla valoarea unei variabile de mediu se va apela funcția GetEnvironmentVariable [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms683188(VS.85).aspx]:

```
DWORD GetEnvironmentVariable(
        LPCTSTR lpName,
        LPTSTR  lpBuffer,
        DWORD   nSize
);
```

care va umple `lpBuffer`, de dimensiune `nSize`, cu valoarea variabilei `lpName`.

Pentru a seta o variabilă de mediu se va apela SetEnvironmentVariable [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms686206(VS.85).aspx]:

```
BOOL SetEnvironmentVariable(
        LPCTSTR lpName,
        LPCTSTR lpValue
);
```

care va seta variabila `lpName` la valoarea specificată de `lpValue`. Funcția se va folosi și pentru ștergerea unei variabile de mediu prin transmiterea unui parametru `lpValue = NULL`. SetEnvironmentVariable [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms686206(VS.85).aspx] are efect doar asupra variabilelor de mediu ale utilizatorului și nu poate modifica variabile de mediu globale.

În Windows există un set de variabile de mediu globale, valabile pentru toți utilizatorii. În plus, fiecare utilizator în parte are asociat un set propriu de variabile de mediu. Împreună, cele două seturi formează `Environment Block`-ul utilizatorului respectiv. Acest `Environment Block` este similar cu variabila `environ`, din Linux.

Un utilizator are acces la propriul `Environment Block` prin apelul funcției GetEnvironmentStrings [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms683187(VS.85).aspx]:

```
LPTCH GetEnvironmentStrings(void);
```

care îi va întoarce un pointer spre acesta, pe care îl poate elibera cu FreeEnvironmentStrings [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms683151(VS.85).aspx]:

```
BOOL FreeEnvironmentStrings(
        LPTSTR lpszEnvironmentBlock
);
```

Un proces copil va moșteni `Environment Block`-ul părintelui dacă acesta apelează `CreateProcess`, cu parametrul `lpEnvironment = NULL`.

Se poate obține `Environment Block`-ul unui alt utilizator prin intermediul funcției CreateEnvironmentBlock [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/bb762270(VS.85).aspx]:

```
BOOL CreateEnvironmentBlock(
        LPVOID* lpEnvironment,
        HANDLE  hToken,
        BOOL    bInherit
);
```

Trebuie să pasăm `hToken`, token-ul asociat utilizatorului al cărui bloc vrem să-l aflăm, pe care putem să-l obținem prin apelarea funcției LogonUser [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa378184.aspx]:

```
BOOL LogonUser(
        LPTSTR  lpszUsername,
        LPTSTR  lpszDomain,
        LPTSTR  lpszPassword,
        DWORD   dwLogonType,
        DWORD   dwLogonProvider,
        PHANDLE phToken
);
```

Și, bineînțeles, trebuie cunoscută parola utilizatorului respectiv.

`Environment Block`-ul, obținut prin `CreateEnvironmentBlock`, poate fi transmis ca parametru funcției CreateProcessAsUser [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms682429(VS.85).aspx], și se va distruge prin apelul funcției DestroyEnvironmentBlock [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/bb762274(VS.85).aspx]:

```
BOOL DestroyEnvironmentBlock(
        LPVOID lpEnvironment
);
```

Pipe-uri în Windows

Pipe-uri anonime în Windows

Ca și pe Linux, pipe-urile anonime de pe Windows sunt unidirecționale. Fiecare pipe are două capete reprezentate de câte un handle: un handle de citire și un handle de scriere. Funcția de creare a unui pipe este CreatePipe [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa365152(VS.85).aspx]:

```
BOOL CreatePipe(
     PHANDLE                hReadPipe,
     PHANDLE                hWritePipe,
     LPSECURITY_ATTRIBUTES lpPipeAttributes,
     DWORD                  nSize
);
```

```
CreatePipe(
    &hReadPipe,
    &hWritePipe,
    &sa,        //pentru moștenire sa.bInheritHandle=TRUE
    0           //dimensiunea default pentru pipe
);
```

Pentru a **moșteni** un pipe anonim, este nevoie ca parametrul `bInheritHandle` din structura LPSECURITY_ATTRIBUTES [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa379560%28v=VS.85%29.aspx] să fie setat pe TRUE.

`CreatePipe` creează atât pipe-ul, cât și handler-urile folosite pentru scriere/citire din/în pipe cu ajutorul funcțiilor ReadFile [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa914377.aspx] și WriteFile [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa910675.aspx].

ReadFile [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa914377.aspx] se termină în unul din cazurile:

- o operație de scriere a luat sfârșit la capătul de scriere în pipe
- numărul de octeți cerut a fost citit
- a apărut o eroare.

WriteFile [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa910675.aspx] se termină atunci când toți octeții au fost scriși. Dacă bufferul pipe-ului este plin înainte ca toți octeții să fie scriși, WriteFile [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa910675.aspx] rămâne blocat până când alt proces sau thread folosește ReadFile [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa914377.aspx] pentru a face loc în buffer.

Un pipe anonim este considerat închis doar când ambele capete ale sale, cel de citire și cel de scriere, sunt închise prin intermediul funcției CloseHandle [https://docs.microsoft.com/en-us/windows/desktop/api/handleapi/nf-handleapi-closehandle].

Pipe-urile anonime sunt implementate folosind un pipe cu nume unic. De aceea se poate pasa un handle al unui pipe anonim unei funcții care cere un handle al unui pipe cu nume.

Pipe-uri cu nume în Windows

În Windows, un pipe cu nume este un pipe *unidirecțional* (inbound ori outbound) sau *bidirecțional* ce realizează comunicația între un server pipe și unul sau mai mulți clienți pipe. Se numește *server pipe* procesul care creează un

pipe cu nume și *client pipe* procesul care se conectează la pipe. Pentru a face posibilă comunicarea între server și mai mulți clienți prin același pipe, se folosesc instanțe ale pipe-ului. O instanță a unui pipe folosește același nume, dar are propriile handle-uri și buffere.

Pipe-urile cu nume au următoarele caracteristici care le diferențiază de cele anonime:

- sunt orientate pe mesaje - se pot transmite mesaje de lungime variabilă (nu numai byte stream);
- sunt bidirecționale - două procese pot schimba mesaje pe același pipe;
- pot exista mai multe instanțe ale aceluiași pipe
- poate fi accesat din rețea - comunicația între două procese aflate pe mașini diferite este aceeași cu cea între procese aflate pe aceeași mașină.

Mod de lucru - Server Pipe

Serverul creează un pipe cu funcția CreateNamedPipe [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa365150%28VS.85%29.aspx].

```
HANDLE CreateNamedPipe(
   LPCTSTR               lpName,
   DWORD                 dwOpenMode,
   DWORD                 dwPipeMode,
   DWORD                 nMaxInstances,
   DWORD                 nOutBufferSize,
   DWORD                 nInBufferSize,
   DWORD                 nDefaultTimeOut,
   LPSECURITY_ATTRIBUTES lpSecurityAttributes
);
```

```
HANDLE hNamedPipe = CreateNamedPipe(
   "\\\\.\\pipe\\mypipe",     // name
   PIPE_ACCESS_DUPLEX,        // read/write access
   PIPE_TYPE_BYTE | PIPE_WAIT,// byte stream
   PIPE_UNLIMITED_INSTANCES,  // max. instances
   BUFSIZE,                   // output buffer size
   BUFSIZE,                   // input buffer size
   0,                         // default time out
   NULL                       // default security
);                            // attribute
```

Funcția returnează un handle către capătul serverului la pipe. Acest handle poate fi transmis funcției ConnectNamedPipe [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa365146(VS.85).aspx] pentru a aștepta conectarea unui proces client la o instanță a unui pipe.

```
BOOL ConnectNamedPipe(HANDLE hNamedPipe, LPOVERLAPPED lpOverlapped);
```

Mod de lucru - Client Pipe

Un client se conectează transmițând numele pipe-ului la una din funcțiile CreateFile [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa363858%28VS.85%29.aspx] sau CallNamedPipe [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa365144(VS.85).aspx] - ultima funcţie este mai utilă pentru transmiterea de mesaje.

Un exemplu funcțional folosind pipe-uri cu nume se află aici [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa365588%28v=VS.85%29.aspx]

Mai multe detalii despre moștenirea pipe-urilor se pot găsi aici [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/aa365782(v=vs.85).aspx].

Moduri de comunicare

Comunicația prin pipe-urile cu nume poate fi de tip:

- **mesaj**
  - se scriu/citesc date sub formă de mesaje;
  - este necesară cunoașterea lungimii mesajului;
  - se scriu/citesc doar *mesaje complete*;
  - creat cu `PIPE_TYPE_MESSAGE | PIPE_READMODE_MESSAGE`.
- **flux de octeți**
  - nu există nicio garanție asupra numărului de octeți care sunt citiți/scriși în orice moment;
  - se pot transmite date fără să se țină seama de conținut, pe când, prin pipe-urile de tip mesaj, comunicația are loc în unități discrete (mesaje);
  - creat cu `PIPE_TYPE_BYTE | PIPE_READMODE_BYTE` (implicit).

Numire

Crearea unui pipe cu nume se poate face numai pe mașina locală (reprezentată prin primul .) cu un string de forma:

```
\\.\pipe\[path]pipename
```

Accesarea unui pipe cu nume se poate face folosind ca parametru un string de forma:

```
\\servername\pipe\[path]pipename
```

Funcții utile

GetNamedPipeHandleState [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa365443%28VS.85%29.aspx] - întoarce informații despre anumite atribute cum ar fi: tipul de comunicare (mesaj sau byte-stream), numărul de instanțe, dacă a fost deschisă în mod blocant sau neblocant.

SetNamedPipeHandleState [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa365787%28VS.85%29.aspx] - permite modificarea atributelor unui pipe

Exerciții

În rezolvarea laboratorului folosiți arhiva de sarcini lab03-tasks.zip [http://elf.cs.pub.ro/so/res/laboratoare/lab03-tasks.zip]

Pentru a vă ajuta la implementarea exercițiilor din laborator, în directorul `utils` din arhivă există un fișier `utils.h` cu funcții utile.

Exercițiul -1 - GSOC

Google Summer of Code este un program de vară în care studenții (indiferent de anul de studiu) sunt implicați în proiecte Open Source pentru a își dezvolta skill-urile de programare, fiind răsplătiți cu o bursă a cărei valoare depinde de țară [https://developers.google.com/open-source/gsoc/help/student-stipends] (pagină principală GSOC [https://developers.google.com/open-source/gsoc]).

UPB se află în top ca număr de studenți acceptați; în fiecare an fiind undeva la aprox. 30-40 de studenți acceptați. Vă încurajăm să aplicați! Există și un grup de fb cu foști participanți unde puteti să îi contactați pentru sfaturi facebook page [https://www.facebook.com/groups/240794072931431/]

Exercițiul 0 - Joc interactiv

- Detalii desfășurare joc [http://ocw.cs.pub.ro/courses/so/meta/notare#joc_interactiv].

Linux

Exercițiul 1 - system

Intrați în directorul `1-system`. Programul `my_system.c` execută o comandă transmisă ca parametru, folosind funcția de bibliotecă system [http://linux.die.net/man/3/system]. Modul de funcționare al system [http://linux.die.net/man/3/system] este următorul:

- se creează un nou proces cu fork [http://linux.die.net/man/2/fork]
- procesul copil execută, folosind execve [http://linux.die.net/man/2/execve], programul **`sh`** cu argumentele -c “comanda”, timp în care procesul părinte așteaptă terminarea procesului copil.

Compilați (folosind `make`) și rulați programul dând ca parametru o comandă.

- Exemplu:

```
./my_system pwd
```

Cum procedați pentru a trimite mai mulți parametri unei comenzi? (ex: `ls -la`)

Pentru a vedea câte apeluri de sistem execve [http://linux.die.net/man/2/execve] se realizează, rulați:

```
strace -e execve,clone -ff -o output ./my_system ls
```

- **atenție!** nu este spațiu după virgulă în argumentul `execve,clone`
- argumentul `-ff` însoțit de `-o output` generează câte un fișier de output pentru fiecare proces.
    - citiți pagina de manual strace [http://linux.die.net/man/1/strace]

Revedeți secțiunea Înlocuirea imaginii unui proces în Linux și pagina de manual pentru execve [http://linux.die.net/man/2/execve].

Exercițiul 2 - orphan

Intrați în directorul `2-orphan` și inspectați sursa `orphan.c`.

Compilați programul (`make`) și apoi rulați-l folosind comanda:

```
./orphan
```

Deschideți alt terminal și rulați comanda:

```
watch -d '(ps -al | grep -e orphan -e PID)'
```

Observați că pentru procesul indicat de executabilul `orphan` (coloana `CMD`), pid-ul procesului părinte (coloana `PPID`) devine 1, întrucât procesul este adoptat de `init` după terminarea procesului său părinte.

Exercițiul 3 - Tiny-Shell

Intrați în directorul `3-tiny`.

Următoarele subpuncte au ca scop implementarea unui shell minimal, care oferă suport pentru execuția unei *singure* comenzi externe cu argumente multiple și redirectări. Shell-ul trebuie să ofere suport pentru folosirea și setarea variabilelor de mediu.

Observație: Pentru a ieși din tiny shell folosiți `exit` sau `CTRL+D`.

3a. Execuția unei comenzi simple

Creați un nou proces care să execute o comandă simplă.

Funcția `simple_cmd` primește ca argument un vector de șiruri ce conține comanda și parametrii acesteia.

Citiți exemplul my_system și urmăriți în cod comentariile cu `TODO 1`. Pentru testare puteți folosi comenzile:

```
 ./tiny
> pwd
> ls -al
> exit
```

3b. Adăugare suport pentru setarea și expandarea variabilelor de mediu

Trebuie să completați funcțiile `set_var` și `expand`; acestea sunt apelate deja atunci când se face parsarea liniei de comandă. Verificarea erorilor trebuie făcută în aceaste funcții.

- Urmăriți în cod comentariile cu `TODO 2`.
- Citiți secțiunea Variabile de mediu in Linux.
- Pentru testare puteți folosi comenzile:

```
 ./tiny
> echo $HOME
> name=Makefile
> echo $name
```

3c. Redirectarea ieșirii standard

Completați funcția `do_redirect` astfel încât tiny-shell trebuie să suporte redirectarea output-ului unei comenzi (stdout) într-un fișier.

Dacă fișierul indicat de `filename` nu există, va fi creat. Dacă există, trebuie trunchiat.

Citiți secțiunea Copierea descriptorilor de fișier și urmăriți în cod comentariile cu `TODO 3`. Pentru testare puteți folosi comenzile:

```
 ./tiny
> ls -al > out
> cat out
> pwd > out
> cat out
```

Windows

Pentru exercițiul **Tiny-Shell on Windows** compilarea se va realiza din Visual Studio sau din command-prompt-ul de Visual Studio, iar rularea executabilului `.\2-tiny.exe` se va realiza din **Cygwin**.

- Pentru a ajunge din Cygwin pe Desktop (atenție la folosirea apostrofurilor):

```
$ cd 'C:\Users\Student\Desktop'
```

Exercițiul 1 - Bomb

Deschideți proiectul (fișierul `.sln`) și compilați primul subproiect: `1-bomb`.

Inspectați sursa `1-bomb.c`. Ce credeți că face? Fork Bomb [https://en.wikipedia.org/wiki/Fork_bomb]

NU executați 1-bomb.exe

Exercițiul 2 - Tiny-Shell on Windows

Ne propunem să continuăm implementarea de **Tiny-Shell**.

Compilarea se va realiza din Visual Studio sau din command-prompt-ul de Visual Studio, iar rularea executabilului `./2-tiny.exe` se va realiza din **Cygwin**.

- Pentru a ajunge din Cygwin pe Desktop (atenție la folosirea apostrofurilor):

```
$ cd 'C:\Users\Student\Desktop'
```

2a. Execuția unei comenzi simple

Partea de execuție a unei comenzi simple și a variabilelor de mediu este deja implementată.

Deschideți fișierul tiny.c din subproiectul 2-tiny. Urmăriți în sursă funcția `RunSimpleCommand`. Testați funcționalitatea prin comenzi de tipul:

```
 ./2-tiny.exe
> ls -al
```

```
> exit
```

2b. Redirectare

Realizați redirectarea tuturor HANDLE-relor.

Completați funcția `RedirectHandle`.

- **Atenție!** Trebuie inițializate toate handle-rele structurii STARTUPINFO.
- Urmăriți în cod comentariile cu TODO 1.
- Revedeți secțiunea Moștenirea handle-urilor.
- Atenție la metoda de moștenire a handle-relor

Pentru testare puteți folosi comenzile:

```
 ./2-tiny.exe
> ls -al > out
> cat out
> exit
```

2c. Implementarea unei comenzi cu pipe-uri

Shell-ul vostru trebuie să ofere suport pentru o comandă de forma ' comanda_simpla | comanda_simpla '.

Urmăriți în cod comentariile cu TODO 2.

- Completați funcția `PipeCommands`.
- zeroizaţi structura `SECURITY_ATTRIBUTES sa`, respectiv structurile `PROCESS_INFO pi1, pi2`;
- **Atenție!** În procesul părinte, trebuie închise capetele pipe-urilor după ce nu mai sunt folosite.
- Pentru redirectari, folosiți-vă de funcția `RedirectHandle`.
- Revedeți secțiunea despre Pipe-uri anonime în Windows.

Pentru testare puteți folosi comenzile:

```
 ./2-tiny.exe
> cat Makefile | grep tiny
> exit
```

BONUS

Pipe-uri cu nume (Linux/Windows)

Realizați două programe, denumite `server` și `client`, care interacționează printr-un **pipe cu nume**.

FIFO−ul se numește `myfifo`. Dacă nu există, este creat de server.

- Serverul trebuie rulat înaintea clientului.
- Clientul citește de la intrarea standard un mesaj care va fi transmis serverului.
- Serverul va afișa mesajul primit la ieșirea standard.

Linux:

- Citiți secțiunea Pipe-uri cu nume în Linux.

Windows:

- Citiți secțiunea Pipe-uri cu nume în Windows.
- Puteți porni de la exemplul [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa365588.aspx] din documentația `CreateNamedPipe`.

- **Atenție**: Dacă `ReadFile` întoarce FALSE, iar mesajul de eroare (ce întoarce GetLastError()) este `ERROR_BROKEN_PIPE`, înseamnă că au fost închise toate capetele de scriere.

Magic (Linux)

Intrați în directorul `lin/5-magic` și deschideți sursa `magic.c`

Completați **doar** condiția instrucțiunii `if` pentru a obține la rulare mesajul “Hello World”. Încercați forțarea afișarea cuvântului “World” **înainte** de “Hello”. Nu sunt permise alte modificări în funcția `main`.

Pipe fără nume (Linux)

Intrați în directorul `lin/6-pipe` și deschideți sursa `pipe.c`

Programul este format din două procese, părinte și copil, care comunică prin intermediul unui pipe anonim. Părintele citește de la tastatură șiruri de caractere pe care apoi le pasează copilului printr-un capăt al unui pipe anonim. Copilul citește din celălalt capăt al pipe-ului anonim și afișează în consolă aceleași date. Practic, procesul copil scrie la consolă ce citește părintele de la tastatură.

Completați scheletul astfel încât să fie îndeplinită funcționalitatea de mai sus.

Revedeți secțiunea Pipe-uri anonime în Linux.

Testați folosind:

```
 ./pipe
> Salut
> portocala
> exit
```

Soluții

lab03-sol.zip [http://elf.cs.pub.ro/so/res/laboratoare/lab03-sol.zip]

Resurse utile

1. Fork - Wikipedia [http://en.wikipedia.org/wiki/Fork_(operating_system)]
2. About Fork and Exec [http://www-h.eng.cam.ac.uk/help/tpl/unix/fork.html]
3. Fork, Exec and Process Control - YoLinux Tutorial [http://www.yolinux.com/TUTORIALS/ForkExecProcesses.html]
4. Windows Handles and Data Types - Wikipedia [http://en.wikibooks.org/wiki/Windows_Programming/Handles_and_Data_Types]
5. MSDN: Processes and Threads [http://msdn.microsoft.com/library/default.asp?url=/library/en-us/dllproc/base/processes_and_threads.asp]
6. C++ CreateProcess example [http://www.goffconcepts.com/techarticles/development/cpp/createprocess.html]
7. Windows XP and 2003 Server Boot.ini options [http://support.microsoft.com/kb/833721]

[1] limită globală setată implicit pe Linux la 4096 bytes