Московский Авиационный Институт

(Национальный Исследовательский Университет)

Институт №8 “Компьютерные науки и прикладная математика”

Кафедра №806 “Вычислительная математика и программирование”

Лабораторная работа №1 по курсу

«Операционные системы»

Группа: М8О-216Б-23

Студент: Ермакова М. П.

Преподаватель: Бахарев В.Д.

Оценка: _____

Дата: 10.10.24

Москва, 2024

Постановка задачи

Вариант 10.

Родительский процесс создает дочерний процесс. Первой строчкой пользователь в консоль родительского процесса вводит имя файла, которое будет использовано для открытия файла с таким именем на чтение. Стандартный поток ввода дочернего процесса переопределяется открытым файлом. Дочерний процесс читает команды из стандартного потока ввода. Стандартный поток вывода дочернего процесса перенаправляется в pipe1. Родительский процесс читает из pipe1 и прочитанное выводит в свой стандартный поток вывода. Родительский и дочерний процесс должны быть представлены разными программами.

10 вариант) В файле записаны команды вида: «число<endline>». Дочерний процесс производит проверку этого числа на простоту. Если число составное, то дочерний процесс пишет это число в стандартный поток вывода. Если число отрицательное или простое, то тогда дочерний и родительский процессы завершаются. Количество чисел может быть произвольным.

Общий метод и алгоритм решения

Использованные системные вызовы:

- pid_t fork(void); – создает дочерний процесс.
- int pipe(int *fd); – создание неименованного канала для передачи данных между процессами
- void exit(int status) - завершения выполнения процесса и возвращение статуса
- int execl(const char *filename, char *const argv[], char *const envp[]) - замена образа памяти процесса
- int dup2(int oldfd, int newfd) - переназначение файлового дескриптора
- int open(const char *pathname, int flags, mode_t mode) - открытие\создание файла
- int close(int fd) - закрыть файл
- pid_t wait(int *status) - Ожидание завершения дочернего процесса

В рамках лабораторной работы была разработана многопроцессная система для обработки числовых данных из файла. Программа состоит из двух частей: родительского процесса, который управляет вводом-выводом и координацией, и дочернего процесса, выполняющего фильтрацию чисел.

Родительский процесс начинает работу с запроса имени файла у пользователя. После получения имени он открывает указанный файл для чтения и создает неименованный канал (pipe) для межпроцессного взаимодействия. Затем с помощью системного вызова fork() создается дочерний процесс. В дочернем процессе происходит перенаправление стандартных потоков ввода-вывода: стандартный ввод связывается с открытым файлом, а стандартный вывод - с записывающей стороной канала. После этого дочерний процесс заменяет свой образ на программу-обработчик с помощью execl().

Дочерний процесс представляет собой программу-фильтр, которая читает числа из стандартного ввода и проверяет их на простоту. Если число оказывается простым или отрицательным, дочерний процесс завершает работу. В противном случае число выводится в стандартный вывод, который перенаправлен в канал.

Родительский процесс тем временем читает данные из читающей стороны канала и выводит их пользователю. После завершения передачи данных родительский процесс ожидает завершения дочернего процесса с помощью wait() и корректно закрывает все файловые дескрипторы.

Код программы

parent.c

```
#include <unistd.h>
#include <stdlib.h>
#include <fcntl.h>
#include <sys/wait.h>

int main() {

   char file_name[200];

   const char message[] = "Enter name of file: ";
   write(STDOUT_FILENO, message, sizeof(message));

   size_t len_name  = read(STDIN_FILENO, file_name, sizeof(file_name) - 1);

   if (len_name <= 0) {

      const char mess[] = "Error reading the file\n";
      write(STDOUT_FILENO, mess, sizeof(mess));
      exit(EXIT_FAILURE);
   }

   if (file_name[len_name - 1] == '\n') {
         file_name[len_name - 1] = '\0';
```

```
} else file_name[len_name] = '\0';

int file = open(file_name, O_RDONLY);

if (file == -1) {
    const char mess[] = "Error opening file\n";
    write(STDOUT_FILENO, mess, sizeof(mess));
    exit(EXIT_FAILURE);
}

int child_to_parent[2];

if (pipe(child_to_parent) == -1) {
    const char mess[] = "Error create pipe\n";
    write(STDOUT_FILENO, mess, sizeof(mess));
    exit(EXIT_FAILURE);
}

const pid_t child = fork();

switch (child)
{
case -1:
{   const char msg[] = "error: failed to spawn new process\n";
    write(STDERR_FILENO, msg, sizeof(msg));
    exit(EXIT_FAILURE);
}
    break;

case 0:
{
    close(child_to_parent[0]);

    dup2(child_to_parent[1], STDOUT_FILENO);
    close(child_to_parent[1]);

    dup2(file, STDIN_FILENO);
    close(file);

    execl("./child", "child", NULL);

    const char mess[] = "Error executing child\n";
    write(STDERR_FILENO, mess, sizeof(mess) - 1);
    exit(EXIT_FAILURE);
}
```

```
    default:
    {
        close(file);
        close(child_to_parent[1]);

        char buf[100];
        size_t len;

        while((len = read(child_to_parent[0], buf, sizeof(buf))) > 0) {
            write(STDOUT_FILENO, buf, len);
        }

        close(child_to_parent[0]);
        wait(NULL);
    }

        break;
    }


    return 0;

}
```

child.c

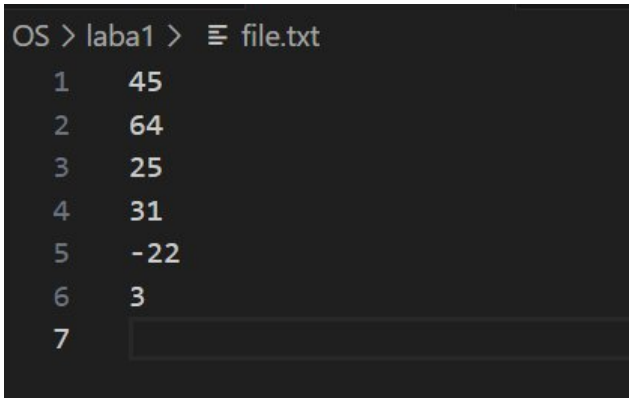
```
#include <stdbool.h>
#include <unistd.h>
#include <stdlib.h>
#include <stdio.h>

bool is_prime(int num) {

    if (num < 2) return false;
    if (num == 2) return true;

    for (int i = 2; i * i <= num; i++) {
        if (num % i == 0) {
            return false;
        }
    }
    return true;
}

int read_num() {
    int number = 0;
```

```
    bool start = false;
    char c;
    size_t len;
    char flag = 1;

    while((len = read(STDIN_FILENO, &c, 1)) > 0) {
        if (c == '-') {
            flag = -1;
        } else if (c >= '0' && c <= '9') {
            number = number * 10 + (c - '0');
            start = true;
        } else if (c == '\n' || c == ' ' || c == '\t' || c == '\r') {
            if (start) {
                return number * flag;
            }

        } else {
            printf("s = %c", c);
            const char mess[] = "Error: invalid character in input\n";
            write(STDERR_FILENO, mess, sizeof(mess) - 1);
            _exit(EXIT_FAILURE);
        }
    }

    if (len == 0 && start) {
        return number * flag;
    }

    return -1;
}

void write_num(int n) {
    char buffer[32];
    int len = snprintf(buffer, sizeof(buffer), "%d\n", n);
    write(STDOUT_FILENO, buffer, len);
    //write(STDOUT_FILENO, "\n", 1);
}

int main() {
    int number;

    while(1) {
        number = read_num();
        if (is_prime(number) || number < 0) {
            _exit(0);
        } else write_num(number);
```

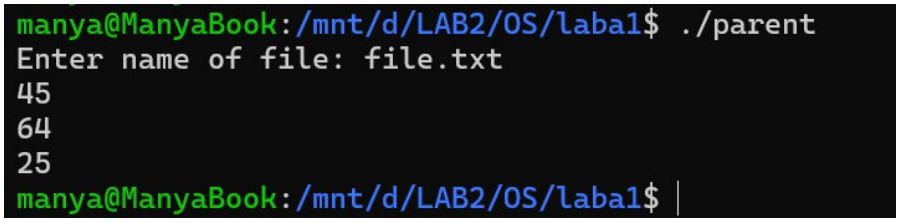
```
    }

    return 0;
}
```

Протокол работы программы

Содержимое файла file.txt:



Вывод программы:



Тестирование:

$ ./parent

File.txt

Strace:

$ strace -f -o trace.txt ./parent

pipe2([4, 5], 0) = 0

clone(child_stack=NULL, flags=CLONE_CHILD_CLEARTID|CLONE_CHILD_SETTID|SIGCHLD, child_tidptr=0x7f4e36201a10) = 5352

5351 execve("./parent", ["./parent"], 0x7ffd8635fb78 /* 27 vars */) = 0

5351 brk(NULL) = 0x55cf05906000

5351 mmap(NULL, 8192, PROT_READ|PROT_WRITE, MAP_PRIVATE|MAP_ANONYMOUS, -1, 0) = 0x7f4e3641b000

5351 access("/etc/ld.so.preload", R_OK) = -1 ENOENT (No such file or directory)

5351 openat(AT_FDCWD, "/etc/ld.so.cache", O_RDONLY|O_CLOEXEC) = 3

5351 fstat(3, {st_mode=S_IFREG|0644, st_size=19527, ...}) = 0

5351 mmap(NULL, 19527, PROT_READ, MAP_PRIVATE, 3, 0) = 0x7f4e36416000

```
5351  close(3)                          = 0
5351  openat(AT_FDCWD, "/lib/x86_64-linux-gnu/libc.so.6", O_RDONLY|O_CLOEXEC) = 3
5351  read(3, "\177ELF\2\1\1\3\0\0\0\0\0\0\0\0\3\0>\0\1\0\0\0\220\243\2\0\0\0\0\0"..., 832) = 832
5351  pread64(3, "\6\0\0\0\4\0\0\0@\0\0\0\0\0\0\0@\0\0\0\0\0\0\0@\0\0\0\0\0\0\0"..., 784, 64) = 784
5351  fstat(3, {st_mode=S_IFREG|0755, st_size=2125328, ...}) = 0
5351  pread64(3, "\6\0\0\0\4\0\0\0@\0\0\0\0\0\0\0@\0\0\0\0\0\0\0@\0\0\0\0\0\0\0"..., 784, 64) = 784
5351  mmap(NULL, 2170256, PROT_READ, MAP_PRIVATE|MAP_DENYWRITE, 3, 0) = 0x7f4e36204000
5351  mmap(0x7f4e3622c000, 1605632, PROT_READ|PROT_EXEC,
MAP_PRIVATE|MAP_FIXED|MAP_DENYWRITE, 3, 0x28000) = 0x7f4e3622c000
5351  mmap(0x7f4e363b4000, 323584, PROT_READ, MAP_PRIVATE|MAP_FIXED|MAP_DENYWRITE, 3,
0x1b0000) = 0x7f4e363b4000
5351  mmap(0x7f4e36403000, 24576, PROT_READ|PROT_WRITE,
MAP_PRIVATE|MAP_FIXED|MAP_DENYWRITE, 3, 0x1fe000) = 0x7f4e36403000
5351  mmap(0x7f4e36409000, 52624, PROT_READ|PROT_WRITE,
MAP_PRIVATE|MAP_FIXED|MAP_ANONYMOUS, -1, 0) = 0x7f4e36409000
5351  close(3)                          = 0
5351  mmap(NULL, 12288, PROT_READ|PROT_WRITE, MAP_PRIVATE|MAP_ANONYMOUS, -1, 0) =
0x7f4e36201000
5351  arch_prctl(ARCH_SET_FS, 0x7f4e36201740) = 0
5351  set_tid_address(0x7f4e36201a10)   = 5351
5351  set_robust_list(0x7f4e36201a20, 24) = 0
5351  rseq(0x7f4e36202060, 0x20, 0, 0x53053053) = 0
5351  mprotect(0x7f4e36403000, 16384, PROT_READ) = 0
5351  mprotect(0x55cf019d5000, 4096, PROT_READ) = 0
5351  mprotect(0x7f4e36453000, 8192, PROT_READ) = 0
5351  prlimit64(0, RLIMIT_STACK, NULL, {rlim_cur=8192*1024, rlim_max=RLIM64_INFINITY}) = 0
5351  munmap(0x7f4e36416000, 19527)     = 0
5351  write(1, "Enter name of file: \0", 21) = 21
5351  read(0, "file.txt\n", 199)        = 9
5351  openat(AT_FDCWD, "file.txt", O_RDONLY) = 3
5351  pipe2([4, 5], 0)                  = 0
5351  clone(child_stack=NULL, flags=CLONE_CHILD_CLEARTID|CLONE_CHILD_SETTID|SIGCHLD,
child_tidptr=0x7f4e36201a10) = 5352
5352  set_robust_list(0x7f4e36201a20, 24 <unfinished ...>
5351  close(3 <unfinished ...>
5352  <... set_robust_list resumed>)    = 0
5351  <... close resumed>)              = 0
5352  close(4 <unfinished ...>
5351  close(5 <unfinished ...>
5352  <... close resumed>)              = 0
5351  <... close resumed>)              = 0
5352  dup2(5, 1 <unfinished ...>
5351  read(4,  <unfinished ...>
5352  <... dup2 resumed>)               = 1
5352  close(5)                          = 0
5352  dup2(3, 0)                        = 0
5352  close(3)                          = 0
5352  execve("./child", ["child"], 0x7fff6eaeeb28 /* 27 vars */) = 0
5352  brk(NULL)                         = 0x55bf4518c000
```

```
5352  mmap(NULL, 8192, PROT_READ|PROT_WRITE, MAP_PRIVATE|MAP_ANONYMOUS, -1, 0) =
0x7fa683631000
5352  access("/etc/ld.so.preload", R_OK) = -1 ENOENT (No such file or directory)
5352  openat(AT_FDCWD, "/etc/ld.so.cache", O_RDONLY|O_CLOEXEC) = 3
5352  fstat(3, {st_mode=S_IFREG|0644, st_size=19527, ...}) = 0
5352  mmap(NULL, 19527, PROT_READ, MAP_PRIVATE, 3, 0) = 0x7fa68362c000
5352  close(3)                          = 0
5352  openat(AT_FDCWD, "/lib/x86_64-linux-gnu/libc.so.6", O_RDONLY|O_CLOEXEC) = 3
5352  read(3, "\177ELF\2\1\1\3\0\0\0\0\0\0\0\3\0>\0\1\0\0\0\220\243\2\0\0\0\0"..., 832) = 832
5352  pread64(3, "\6\0\0\0\4\0\0\0@\0\0\0\0\0\0\0@\0\0\0\0\0\0\0@\0\0\0\0\0\0\0"..., 784, 64) = 784
5352  fstat(3, {st_mode=S_IFREG|0755, st_size=2125328, ...}) = 0
5352  pread64(3, "\6\0\0\0\4\0\0\0@\0\0\0\0\0\0\0@\0\0\0\0\0\0\0@\0\0\0\0\0\0\0"..., 784, 64) = 784
5352  mmap(NULL, 2170256, PROT_READ, MAP_PRIVATE|MAP_DENYWRITE, 3, 0) = 0x7fa68341a000
5352  mmap(0x7fa683442000, 1605632, PROT_READ|PROT_EXEC,
MAP_PRIVATE|MAP_FIXED|MAP_DENYWRITE, 3, 0x28000) = 0x7fa683442000
5352  mmap(0x7fa6835ca000, 323584, PROT_READ, MAP_PRIVATE|MAP_FIXED|MAP_DENYWRITE, 3,
0x1b0000) = 0x7fa6835ca000
5352  mmap(0x7fa683619000, 24576, PROT_READ|PROT_WRITE,
MAP_PRIVATE|MAP_FIXED|MAP_DENYWRITE, 3, 0x1fe000) = 0x7fa683619000
5352  mmap(0x7fa68361f000, 52624, PROT_READ|PROT_WRITE,
MAP_PRIVATE|MAP_FIXED|MAP_ANONYMOUS, -1, 0) = 0x7fa68361f000
5352  close(3)                          = 0
5352  mmap(NULL, 12288, PROT_READ|PROT_WRITE, MAP_PRIVATE|MAP_ANONYMOUS, -1, 0) =
0x7fa683417000
5352  arch_prctl(ARCH_SET_FS, 0x7fa683417740) = 0
5352  set_tid_address(0x7fa683417a10)   = 5352
5352  set_robust_list(0x7fa683417a20, 24) = 0
5352  rseq(0x7fa683418060, 0x20, 0, 0x53053053) = 0
5352  mprotect(0x7fa683619000, 16384, PROT_READ) = 0
5352  mprotect(0x55bf15d6c000, 4096, PROT_READ) = 0
5352  mprotect(0x7fa683669000, 8192, PROT_READ) = 0
5352  prlimit64(0, RLIMIT_STACK, NULL, {rlim_cur=8192*1024, rlim_max=RLIM64_INFINITY}) = 0
5352  munmap(0x7fa68362c000, 19527)     = 0
5352  read(0, "4", 1)                   = 1
5352  read(0, "5", 1)                   = 1
5352  read(0, "\n", 1)                  = 1
5352  write(1, "45\n", 3 <unfinished ...>
5351  <... read resumed>"45\n", 100)    = 3
5352  <... write resumed>)              = 3
5351  write(1, "45\n", 3 <unfinished ...>
5352  read(0,  <unfinished ...>
5351  <... write resumed>)              = 3
5351  read(4,  <unfinished ...>
5352  <... read resumed>"6", 1)         = 1
5352  read(0, "4", 1)                   = 1
5352  read(0, "\n", 1)                  = 1
5352  write(1, "64\n", 3 <unfinished ...>
5351  <... read resumed>"64\n", 100)    = 3
5352  <... write resumed>)              = 3
```

```
5351  write(1, "64\n", 3 <unfinished ...>
5352  read(0,  <unfinished ...>
5351  <... write resumed>)            = 3
5352  <... read resumed>"2", 1)       = 1
5351  read(4,  <unfinished ...>
5352  read(0, "5", 1)                 = 1
5352  read(0, "\n", 1)                = 1
5352  write(1, "25\n", 3 <unfinished ...>
5351  <... read resumed>"25\n", 100)    = 3
5352  <... write resumed>)            = 3
5351  write(1, "25\n", 3 <unfinished ...>
5352  read(0,  <unfinished ...>
5351  <... write resumed>)            = 3
5352  <... read resumed>"3", 1)       = 1
5351  read(4,  <unfinished ...>
5352  read(0, "1", 1)                 = 1
5352  read(0, "\n", 1)                = 1
5352  exit_group(0)                   = ?
5351  <... read resumed>"", 100)      = 0
5351  close(4)                        = 0
5352  +++ exited with 0 +++
5351  --- SIGCHLD {si_signo=SIGCHLD, si_code=CLD_EXITED, si_pid=5352, si_uid=1000, si_status=0,
si_utime=0, si_stime=1 /* 0.01 s */} ---
5351  wait4(-1, NULL, 0, NULL)        = 5352
5351  exit_group(0)                   = ?
5351  +++ exited with 0 +++
```

Вывод

Программа корректно создает дочерний процесс и организует передачу данных между процессами с помощью pipe, что подтверждается анализом системных вызовов strace.

Основные проблемы при выполнении работы возникли с пониманием принципов работы с каналами pipe, особенно в области правильного закрытия файловых дескрипторов и организации двунаправленной коммуникации между процессами. Также сложности вызвало перенаправление стандартных потоков ввода-вывода и синхронизация работы родительского и дочернего процессов.