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-211Б-23

Студент: Бачурин Н.В.

Преподаватель: Бахарев В.Д.

Оценка: _____

Дата: 20.11.24

Москва, 2024

Постановка задачи

Вариант 8.

Цель работы

Приобретение практических навыков в:

● Управление процессами в ОС

● Обеспечение обмена данных между процессами посредством каналов

Составить и отладить программу на языке Си, осуществляющую работу с процессами и взаимодействие между ними в одной из двух операционных систем. В результате работы программа (основной процесс) должен создать для решение задачи один или несколько дочерних процессов. Взаимодействие между процессами осуществляется через системные сигналы/события и/или каналы (pipe). Необходимо обрабатывать системные ошибки, которые могут возникнуть в результате работы.

В файле записаны команды вида: «число число число<endline>». Дочерний процесс производит деление первого числа команда, на последующие числа в команде, а результат выводит в стандартный поток вывода. Если происходит деление на 0, то тогда дочерний и родительский процесс завершают свою работу. Проверка деления на 0 должна осуществляться на стороне дочернего процесса. Числа имеют тип int. Количество чисел может быть произвольным.

Общий метод и алгоритм решения

Использованные системные вызовы:

- pid_t fork(void)
  Создает новый процесс, который является копией текущего процесса. Возвращает идентификатор процесса (PID): В родительском процессе — PID дочернего процесса.В дочернем процессе — 0. При ошибке возвращает -1. Используется для разделения программы на родительский и дочерний процесс.
- int pipe(int *fd)
  Создает канал (pipe) для межпроцессной связи, который представляет собой буфер в памяти. fd[0]: Конец для чтения. fd[1]: Конец для записи. Возвращает 0 при успешном выполнении, -1 при ошибке.
- int dup2(int oldfd, int newfd)
  Дублирует файловый дескриптор oldfd в указанный дескриптор newfd. Используется для перенаправления стандартного ввода или вывода. В данной работе используется для перенаправления конца канала pipe в стандартный ввод дочернего процесса.
- int execl(const char *path, const char *arg, ...)
  Заменяет текущий процесс на новый, исполняя файл по указанному пути. Все параметры после path передаются как аргументы в новый процесс. Используется для запуска программы child из дочернего процесса.
- int wait(int *wstatus)
  Ожидает завершения дочернего процесса. Возвращает PID завершившегося дочернего процесса.
- size_t write(int fd, const void *buf, size_t count)

Записывает count байт данных из буфера buf в файловый дескриптор fd.
Используется для вывода сообщений об ошибках и передачи данных через канал pipe.

- size_t read(int fd, void *buf, size_t count)
  читает до count байт из файла.
- FILE * open(const char *pathname, const char *mode)
  Открывает файл в указанном режиме (r — только чтение). Используется для чтения входного файла.
- void exit(int status)
  Завершение выполнения процесса с возвратом кода status.
- int close(int fd)
  закрытие файла, связанного с файловым дескриптором fd.

В рамках выполнения данной лабораторной работы была написана программа для работы с процессами, использующая межпроцессорное взаимодействие через каналы.

Работа программы:

Родительский процесс:

- Проверяет аргументы командной строки и открывает входной файл.
- Создает канал для связи с дочерним процессом.
- Создает дочерний процесс с помощью fork().
- В дочернем процессе перенаправляет ввод через канал и запускает программу child с помощью execl.
- Передает строки из файла в канал.
- Ожидает завершения дочернего процесса.

Дочерний процесс:

- Читает строки из стандартного ввода (перенаправленного из канала).
- Выполняет деление первого числа в строке на последующие.
- Проверяет ошибки, такие как деление на ноль и переполнение.
- Выводит результат или сообщение об ошибке в стандартный вывод.

Особенности реализации:

- Проверка ошибок реализована как в родительском, так и в дочернем процессе.
- Родительский процесс управляет передачей данных через канал.
- Дочерний процесс обрабатывает входные данные и выполняет вычисления.

Программа корректно выполняет межпроцессное взаимодействие.
Ошибки, такие как деление на ноль, неверный ввод или переполнение, обрабатываются и возвращаются с соответствующими сообщениями.

Код программы

parent.c

```c
#include <stdint.h>
#include <stdbool.h>
#include <stdio.h>
#include <unistd.h>
#include <sys/wait.h>
#include <stdlib.h>
#include <stdio.h>
#include <string.h>

void error_print(const char * str)
{

    if (str == NULL)
    {
        write(STDERR_FILENO, "ERROR", 6);
    }
    write(STDERR_FILENO, str, strlen(str));
     exit(EXIT_FAILURE);
}

int main(int args, char *argv[])
{

    if (args != 2)
    {
        error_print("wrong input, try one file\n");
    }

    FILE *file = fopen(argv[1], "r");
    if (!file)
    {
        error_print("file didnt opened\n");
    }
```

```
int fd[2];


if (pipe(fd) == -1)
{
    error_print("pipe failed\n");
}


pid_t pid = fork();




if (pid == 0)
{


    close(fd[1]);


    dup2(fd[0], STDIN_FILENO);
    close(fd[0]);


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


    error_print("execl failed \n");


}
 else if (pid < 0)
{
    error_print("fork failed\n");


}
else
{
    close(fd[0]);
```

```
        char file_buffer[BUFSIZ];
        while (fgets(file_buffer, sizeof(file_buffer), file) != NULL)
        {
            if (write(fd[1], file_buffer, strlen(file_buffer)) == -1)
            {
                close(fd[1]);
                error_print("write error\n");

            }
        }
        close(fd[1]);

        fclose(file);
        wait(NULL);
    }

    return 0;
}
```

child.c

```
#include <unistd.h>
#include <stdlib.h>
#include <string.h>
#include <limits.h>
#include <errno.h>
#include <stdio.h>

#define BUFFER_SIZE 512



typedef enum {
    SUCCESS = 0,
    INVALID_INPUT,
    DIVISION_BY_ZERO,
    INT_OVERFLOW,
} ERROR_CODES;



ERROR_CODES string_to_int(const char *str_number, int *int_result) {
    if (str_number == NULL || int_result == NULL)
        return INVALID_INPUT;

    char *endptr;
    errno = 0;
    long result = strtol(str_number, &endptr, 10);

    if ((result == LONG_MAX || result == LONG_MIN) && errno == ERANGE)
        return INT_OVERFLOW;
    else if (*endptr != '\0' || result > INT_MAX || result < INT_MIN)
        return INVALID_INPUT;
```

```
    *int_result = (int)result;
    return SUCCESS;
}


void error_print(const char *error_str) {
    if (error_str == NULL) {
        write(STDOUT_FILENO, "ERROR\n", 6);
    } else {
        write(STDOUT_FILENO, error_str, strlen(error_str));
    }
}


void print_division_result(int result) {
    char buffer[BUFFER_SIZE];
    int length = snprintf(buffer, sizeof(buffer), "Division result: %d\n", result);
    write(STDOUT_FILENO, buffer, length);
}

int main() {
    char buffer[BUFFER_SIZE];


    while (fgets(buffer, sizeof(buffer), stdin) != NULL) {
        int result = 0;
        int is_first_number = 1;
        buffer[strcspn(buffer, "\n")] = '\0';

        char *token = strtok(buffer, " ");

        while (token != NULL) {
            int current_value;
```

```
        ERROR_CODES error = string_to_int(token, &current_value);

        if (error == INT_OVERFLOW) {
            error_print("ERROR: Integer overflow\n");
            return INT_OVERFLOW;
        } else if (error == INVALID_INPUT) {
            error_print("ERROR: Invalid input\n");
            return INVALID_INPUT;
        } else if (error == SUCCESS) {

            if (current_value == 0) {
                error_print("ERROR: Division by zero\n");
                return DIVISION_BY_ZERO;
            }

            if (is_first_number) {
                result = current_value;
                is_first_number = 0;
            } else {

                if (result == INT_MIN && current_value == -1) {
                    error_print("ERROR: Integer overflow on division\n");
                    return INT_OVERFLOW;
                }
                result /= current_value;
            }
        }

        token = strtok(NULL, " ");
    }

    print_division_result(result);
}
```

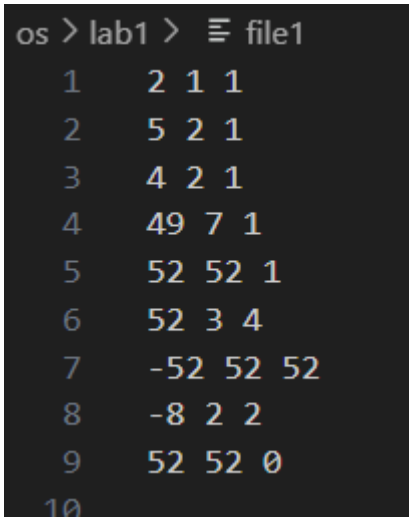
```
    return SUCCESS;
}
```

Makefile

```
CC = gcc

CFLAGS = -Wall -Wextra

TARGETS = parent child


all: $(TARGETS)


parent: parent.c
     $(CC) $(CFLAGS) -o parent parent.c -lm


child: child.c
     $(CC) $(CFLAGS) -o child child.c -lm


run: all
     @echo "Running parent program..."
     strace ./parent file1


clean:
     rm -f $(TARGETS)


.PHONY: all run clean
```

Протокол работы программы

Тест 1:



Тестирование:

lausniko@DESKTOP-MATHSNO:~/os/lab1$ make

gcc -Wall -Wextra -o parent parent.c -lm

gcc -Wall -Wextra -o child child.c -lm

lausniko@DESKTOP-MATHSNO:~/os/lab1$ ./parent file1

Division result: 2

Division result: 2

Division result: 2

Division result: 7

Division result: 1

Division result: 4

Division result: 0

Division result: -2

ERROR: Division by zero

lausniko@DESKTOP-MATHSNO:~/os/lab1$

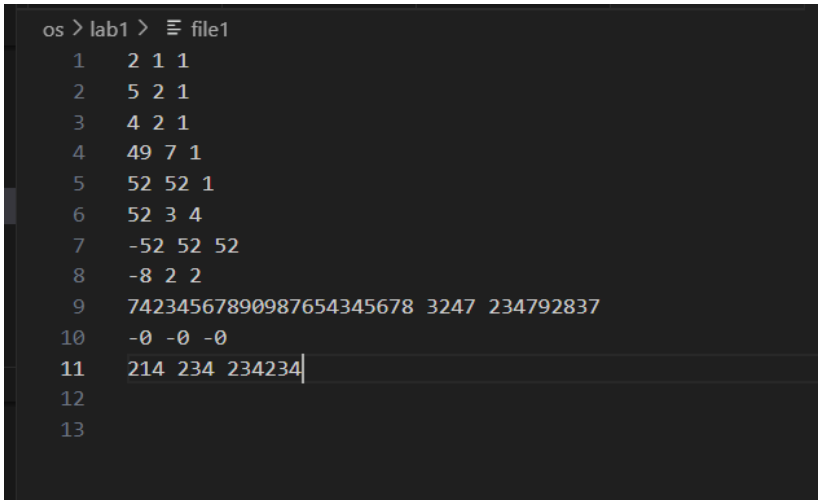
Strace:

```
lausniko@DESKTOP-MATHSNO:~/os/lab1$ make
gcc -Wall -Wextra  -o parent parent.c -lm
gcc -Wall -Wextra  -o child child.c -lm
lausniko@DESKTOP-MATHSNO:~/os/lab1$ make run
Running parent program...
strace ./parent file1
execve("./parent", ["./parent", "file1"], 0x7ffcb1838e38 /* 40 vars */) = 0
```

```
brk(NULL)                               = 0x556317ea5000

arch_prctl(0x3001 /* ARCH_??? */, 0x7fff958387b0) = -1 EINVAL (Invalid argument)

mmap(NULL, 8192, PROT_READ|PROT_WRITE, MAP_PRIVATE|MAP_ANONYMOUS, -1, 0) =
0x7f578f003000

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

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

newfstatat(3, "", {st_mode=S_IFREG|0644, st_size=36939, ...}, AT_EMPTY_PATH) = 0

mmap(NULL, 36939, PROT_READ, MAP_PRIVATE, 3, 0) = 0x7f578eff9000

close(3)                                = 0

openat(AT_FDCWD, "/lib/x86_64-linux-gnu/libc.so.6", O_RDONLY|O_CLOEXEC) = 3

read(3, "\177ELF\2\1\1\3\0\0\0\0\0\0\0\0\3\0>\0\1\0\0\0P\237\2\0\0\0\0"..., 832) =
832

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

pread64(3, "\4\0\0\0 \0\0\0\5\0\0\0GNU\0\2\0\0\300\4\0\0\0\3\0\0\0\0\0\0\0"..., 48,
848) = 48

pread64(3,
"\4\0\0\0\24\0\0\0\3\0\0\0GNU\0I\17\357\204\3$\f\221\2039x\324\224\323\236S"..., 68, 896) =
68

newfstatat(3, "", {st_mode=S_IFREG|0755, st_size=2220400, ...}, AT_EMPTY_PATH) = 0

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

mmap(NULL, 2264656, PROT_READ, MAP_PRIVATE|MAP_DENYWRITE, 3, 0) = 0x7f578edd0000

mprotect(0x7f578edf8000, 2023424, PROT_NONE) = 0

mmap(0x7f578edf8000, 1658880, PROT_READ|PROT_EXEC,
MAP_PRIVATE|MAP_FIXED|MAP_DENYWRITE, 3, 0x28000) = 0x7f578edf8000

mmap(0x7f578ef8d000, 360448, PROT_READ, MAP_PRIVATE|MAP_FIXED|MAP_DENYWRITE, 3,
0x1bd000) = 0x7f578ef8d000

mmap(0x7f578efe6000, 24576, PROT_READ|PROT_WRITE, MAP_PRIVATE|MAP_FIXED|MAP_DENYWRITE,
3, 0x215000) = 0x7f578efe6000

mmap(0x7f578efec000, 52816, PROT_READ|PROT_WRITE, MAP_PRIVATE|MAP_FIXED|MAP_ANONYMOUS,
-1, 0) = 0x7f578efec000

close(3)                                = 0

mmap(NULL, 12288, PROT_READ|PROT_WRITE, MAP_PRIVATE|MAP_ANONYMOUS, -1, 0) =
0x7f578edcd000

arch_prctl(ARCH_SET_FS, 0x7f578edcd740) = 0

set_tid_address(0x7f578edcda10)         = 36024

set_robust_list(0x7f578edcda20, 24)     = 0

rseq(0x7f578edce0e0, 0x20, 0, 0x53053053) = 0

mprotect(0x7f578efe6000, 16384, PROT_READ) = 0

mprotect(0x5562ec062000, 4096, PROT_READ) = 0
```

```
mprotect(0x7f578f03d000, 8192, PROT_READ) = 0
prlimit64(0, RLIMIT_STACK, NULL, {rlim_cur=8192*1024, rlim_max=RLIM64_INFINITY}) = 0
munmap(0x7f578eff9000, 36939)           = 0
getrandom("\x09\xa7\x15\x4c\xb3\xbb\x21\xd6", 8, GRND_NONBLOCK) = 8
brk(NULL)                               = 0x556317ea5000
brk(0x556317ec6000)                     = 0x556317ec6000
openat(AT_FDCWD, "file1", O_RDONLY)     = 3
pipe2([4, 5], 0)                        = 0
clone(child_stack=NULL, flags=CLONE_CHILD_CLEARTID|CLONE_CHILD_SETTID|SIGCHLD,
child_tidptr=0x7f578edcda10) = 36025
close(4)                                = 0
newfstatat(3, "", {st_mode=S_IFREG|0644, st_size=68, ...}, AT_EMPTY_PATH) = 0
read(3, "2 1 1\n5 2 1 \n4 2 1\n49 7 1\n52 52 "..., 4096) = 68
write(5, "2 1 1\n", 6Division result: 2
)                       = 6
write(5, "5 2 1 \n", 7)                 = 7
Division result: 2
write(5, "4 2 1\n", 6Division result: 2
)                       = 6
write(5, "49 7 1\n", 7Division result: 7
)                     = 7
write(5, "52 52 1\n", 8Division result: 1
)                    = 8
write(5, "52 3 4\n", 7Division result: 4
)                     = 7
write(5, "-52 52 52 \n", 11Division result: 0
)               = 11
write(5, "-8 2 2\n", 7Division result: -2
)                     = 7
write(5, "52 52 0\n", 8ERROR: Division by zero
)                    = 8
write(5, "\n", 1)                       = -1 EPIPE (Broken pipe)
--- SIGPIPE {si_signo=SIGPIPE, si_code=SI_USER, si_pid=36024, si_uid=1000} ---
+++ killed by SIGPIPE +++
make: *** [Makefile:15: run] Broken pipe
lausniko@DESKTOP-MATHSNO:~/os/lab1$
```

Тест 2




```
lausniko@DESKTOP-MATHSNO:~/os/lab1$ ./parent file1
Division result: 2
Division result: 2
Division result: 2
Division result: 7
Division result: 1
Division result: 4
Division result: 0
Division result: -2
ERROR: Division by zero
lausniko@DESKTOP-MATHSNO:~/os/lab1$ ./parent file1
Division result: 2
Division result: 2
Division result: 2
Division result: 7
Division result: 1
Division result: 4
Division result: 0
Division result: -2
ERROR: Integer overflow
lausniko@DESKTOP-MATHSNO:~/os/lab1$ strace ./parent file1
execve("./parent", ["./parent", "file1"], 0x7ffc962281c8 /* 35 vars */) = 0
brk(NULL)                               = 0x5618e4203000
arch_prctl(0x3001 /* ARCH_??? */, 0x7ffebd4c2360) = -1 EINVAL (Invalid argument)
```

```
     mmap(NULL, 8192, PROT_READ|PROT_WRITE, MAP_PRIVATE|MAP_ANONYMOUS, -1, 0) =
0x7f2221f15000

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

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

     newfstatat(3, "", {st_mode=S_IFREG|0644, st_size=36939, ...}, AT_EMPTY_PATH) = 0

     mmap(NULL, 36939, PROT_READ, MAP_PRIVATE, 3, 0) = 0x7f2221f0b000

     close(3)                                = 0

     openat(AT_FDCWD, "/lib/x86_64-linux-gnu/libc.so.6", O_RDONLY|O_CLOEXEC) = 3

     read(3, "\177ELF\2\1\1\3\0\0\0\0\0\0\0\0\3\0>\0\1\0\0\0P\237\2\0\0\0\0\0"..., 832) =
832

     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

     pread64(3, "\4\0\0\0 \0\0\0\5\0\0\0GNU\0\2\0\0\300\4\0\0\0\3\0\0\0\0\0\0\0"..., 48,
848) = 48

     pread64(3,
"\4\0\0\0\24\0\0\0\3\0\0\0GNU\0I\17\357\204\3$\f\221\2039x\324\224\323\236S"..., 68, 896) =
68

     newfstatat(3, "", {st_mode=S_IFREG|0755, st_size=2220400, ...}, AT_EMPTY_PATH) = 0

     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

     mmap(NULL, 2264656, PROT_READ, MAP_PRIVATE|MAP_DENYWRITE, 3, 0) = 0x7f2221ce2000

     mprotect(0x7f2221d0a000, 2023424, PROT_NONE) = 0

     mmap(0x7f2221d0a000, 1658880, PROT_READ|PROT_EXEC,
MAP_PRIVATE|MAP_FIXED|MAP_DENYWRITE, 3, 0x28000) = 0x7f2221d0a000

     mmap(0x7f2221e9f000, 360448, PROT_READ, MAP_PRIVATE|MAP_FIXED|MAP_DENYWRITE, 3,
0x1bd000) = 0x7f2221e9f000

     mmap(0x7f2221ef8000, 24576, PROT_READ|PROT_WRITE, MAP_PRIVATE|MAP_FIXED|MAP_DENYWRITE,
3, 0x215000) = 0x7f2221ef8000

     mmap(0x7f2221efe000, 52816, PROT_READ|PROT_WRITE, MAP_PRIVATE|MAP_FIXED|MAP_ANONYMOUS,
-1, 0) = 0x7f2221efe000

     close(3)                                = 0

     mmap(NULL, 12288, PROT_READ|PROT_WRITE, MAP_PRIVATE|MAP_ANONYMOUS, -1, 0) =
0x7f2221cdf000

     arch_prctl(ARCH_SET_FS, 0x7f2221cdf740) = 0

     set_tid_address(0x7f2221cdfa10)         = 51150

     set_robust_list(0x7f2221cdfa20, 24)     = 0

     rseq(0x7f2221ce00e0, 0x20, 0, 0x53053053) = 0

     mprotect(0x7f2221ef8000, 16384, PROT_READ) = 0

     mprotect(0x5618aa8e4000, 4096, PROT_READ) = 0

     mprotect(0x7f2221f4f000, 8192, PROT_READ) = 0

     prlimit64(0, RLIMIT_STACK, NULL, {rlim_cur=8192*1024, rlim_max=RLIM64_INFINITY}) = 0
```

```
munmap(0x7f2221f0b000, 36939)           = 0
getrandom("\x7e\xd3\x29\x94\x26\x62\x54\x91", 8, GRND_NONBLOCK) = 8
brk(NULL)                               = 0x5618e4203000
brk(0x5618e4224000)                     = 0x5618e4224000
openat(AT_FDCWD, "file1", O_RDONLY)     = 3
pipe2([4, 5], 0)                        = 0
clone(child_stack=NULL, flags=CLONE_CHILD_CLEARTID|CLONE_CHILD_SETTID|SIGCHLD,
child_tidptr=0x7f2221cdfa10) = 51151
close(4)                                = 0
newfstatat(3, "", {st_mode=S_IFREG|0644, st_size=123, ...}, AT_EMPTY_PATH) = 0
read(3, "2 1 1\n5 2 1 \n4 2 1\n49 7 1\n52 52 "..., 4096) = 123
write(5, "2 1 1\n", 6Division result: 2
)                    = 6
write(5, "5 2 1 \n", 7Division result: 2
)                   = 7
write(5, "4 2 1\n", 6Division result: 2
)                    = 6
write(5, "49 7 1\n", 7Division result: 7
)                   = 7
write(5, "52 52 1\n", 8Division result: 1
)                  = 8
write(5, "52 3 4\n", 7Division result: 4
)                   = 7
write(5, "-52 52 52 \n", 11Division result: 0
)             = 11
write(5, "-8 2 2\n", 7Division result: -2
)                   = 7
write(5, "74234567890987654345678 3247 234"..., 39ERROR: Integer overflow
) = 39
write(5, "-0 -0 -0\n", 9)                = -1 EPIPE (Broken pipe)
--- SIGPIPE {si_signo=SIGPIPE, si_code=SI_USER, si_pid=51150, si_uid=1000} ---
+++ killed by SIGPIPE +++
```

Вывод

В процессе выполнения лабораторной работы я научился управлять процессами в операционной системе и реализовывать обмен данными между ними с использованием каналов. В рамках работы была создана и отлажена программа на языке Си, обеспечивающая эффективное взаимодействие процессов путем передачи данных через pipe.