

Московский Авиационный Институт
(Национальный Исследовательский Университет)
Институт №8 “Компьютерные науки и прикладная математика”
Кафедра №806 “Вычислительная математика и программирование”

Лабораторная работа №3 по курсу
«Операционные системы»

Группа: М8О-215Б-23

Студент: Кобзев К. А.

Преподаватель: Миронов Е.С.

Оценка: _____

Дата: 13.07.25

Москва, 2025

Постановка задачи

Вариант 2.

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 решения задачи один или несколько дочерних процессов. Взаимодействие между процессами осуществляется через системные сигналы/события и/или через отображаемые файлы (memory-mapped files). Необходимо обрабатывать системные ошибки, которые могут возникнуть в результате работы.

2 вариант) Пользователь вводит команды вида: «число число число<endline>». Далее эти числа передаются от родительского процесса в дочерний. Дочерний процесс считает их сумму и выводит её в файл. Числа имеют тип float. Количество чисел может быть произвольным.

Общий метод и алгоритм решения

Использованные системные вызовы:

- `pid_t fork(void)`; — создаёт дочерний процесс.
- `int execlp(const char* file, const char* arg, ...)`; — заменяет текущий образ процесса новым, ищет исполняемый файл в путях PATH.
- `pid_t wait(int* stat_loc)`; — ожидает завершения любого дочернего процесса.
- `int shm_open(const char *name, int oflag, mode_t mode)`; — создаёт или открывает объект разделяемой памяти POSIX.
- `int ftruncate(int fd, off_t length)`; — устанавливает размер файла (в данном случае, объекта разделяемой памяти).
- `void* mmap(void *addr, size_t length, int prot, int flags, int fd, off_t offset)`; — отображает файл или устройство в память, делая его доступным для процесса.
- `int munmap(void *addr, size_t length)`; — отключает отображение области памяти.
- `int shm_unlink(const char *name)`; — удаляет объект разделяемой памяти из системы.
- `sem_t* sem_open(const char *name, int oflag, ...)`; — создаёт или открывает именованный семафор POSIX для синхронизации.
- `int sem_wait(sem_t *sem)`; — блокирует семафор (ожидает, пока его значение не станет > 0 , а затем уменьшает его).
- `int sem_post(sem_t *sem)`; — освобождает семафор (увеличивает его значение), сигнализируя другому процессу.
- `int sem_close(sem_t *sem)`; — закрывает дескриптор именованного семафора.
- `int sem_unlink(const char *name)`; — удаляет именованный семафор из системы.

Алгоритм решения

Родитель (parent.c)

1. Получает от пользователя имя файла для вывода.
2. Создаёт и настраивает объект разделяемой памяти с помощью `shm_open()` и `ftruncate()`.
3. Отображает этот объект в своё адресное пространство вызовом `mmap()`.
4. Создаёт два именованных семафора с помощью `sem_open()`:
 - `sem_write` для контроля записи, с начальным значением 1 (запись разрешена).
 - `sem_read` для контроля чтения, с начальным значением 0 (читать нечего).
5. Создаёт дочерний процесс с помощью `fork()`.
6. В родительском процессе, в цикле:
 - Читает строку с числами от пользователя.

- Ожидает, пока дочерний процесс не освободит буфер, с помощью `sem_wait()` на семафоре `sem_write`.
 - Копирует введенную строку в разделяемую память.
 - Сигнализирует дочернему процессу о том, что данные готовы, с помощью `sem_post()` на семафоре `sem_read`.
7. При вводе пустой строки, записывает в разделяемую память пустую строку (как сигнал к завершению) и выходит из цикла.
 8. Ожидает завершения дочернего процесса с помощью `wait()`.
 9. Освобождает все ресурсы: закрывает и удаляет семафоры (`sem_close`, `sem_unlink`), отключает (`munmap`) и удаляет (`shm_unlink`) объект разделяемой памяти.

Ребёнок (`child.c`)

1. Открывает файл для записи, имя которого было получено как аргумент командной строки.
2. Открывает существующий объект разделяемой памяти (`shm_open()`) и отображает его в своё адресное пространство (`mmap()`).
3. Открывает существующие именованные семафоры `sem_write` и `sem_read` по их именам.
4. В бесконечном цикле:
 - Ожидает, пока родительский процесс не запишет данные, с помощью `sem_wait()` на семафоре `sem_read`.
 - Читает данные из общего буфера в разделяемой памяти.
 - Если строка пустая, выходит из цикла.
 - Если в строке есть данные, вычисляет сумму всех чисел с плавающей точкой.
 - Записывает полученную сумму в выходной файл.
 - Сигнализирует родительскому процессу, что буфер был обработан и свободен для новой записи, с помощью `sem_post()` на семафоре `sem_write`.
5. После выхода из цикла закрывает семафоры и выходной файл, отключает разделяемую память (`munmap`) и завершает работу.

Код программы

parent.c

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

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

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

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

```
#include <fcntl.h>
```

```
#include <sys/mman.h>
```

```
#include <sys/stat.h>
```

```
#include <sys/wait.h>
```

```
#include <semaphore.h>
```

```

#define SHM_NAME "/my_shared_memory"

#define SEM_WRITE_NAME "/my_sem_write"

#define SEM_READ_NAME "/my_sem_read"


#include "shared_struct.h"


int main()
{
    char filename[256];

    printf("Введите имя файла для вывода: ");
    if (!fgets(filename, sizeof(filename), stdin))
    {
        perror("fgets");
        exit(EXIT_FAILURE);
    }
    filename[strcspn(filename, "\n")] = 0;

    int shm_fd = shm_open(SHM_NAME, O_CREAT | O_RDWR, 0666);
    if (shm_fd == -1)
    {
        perror("shm_open");
        exit(EXIT_FAILURE);
    }
    if (ftruncate(shm_fd, sizeof(struct shared_data)) == -1)
    {
        perror("ftruncate");
        exit(EXIT_FAILURE);
    }
    struct shared_data *shared_mem = mmap(NULL, sizeof(struct shared_data),

```

```

        PROT_READ | PROT_WRITE, MAP_SHARED, shm_fd, 0);

if (shared_mem == MAP_FAILED)
{
    perror("mmap");
    exit(EXIT_FAILURE);
}

close(shm_fd);

// Удаляем старые семафоры, если они остались от предыдущего запуска
sem_unlink(SEM_WRITE_NAME);
sem_unlink(SEM_READ_NAME);

// Создаем семафор для записи
sem_t *sem_write = sem_open(SEM_WRITE_NAME, O_CREAT, 0666, 1);
if (sem_write == SEM_FAILED)
{
    perror("sem_open write");
    exit(EXIT_FAILURE);
}

// Создаем семафор для чтения
sem_t *sem_read = sem_open(SEM_READ_NAME, O_CREAT, 0666, 0);
if (sem_read == SEM_FAILED)
{
    perror("sem_open read");
    exit(EXIT_FAILURE);
}

pid_t pid = fork();
if (pid < 0)

```

```

{
    perror("fork");
    exit(EXIT_FAILURE);
}

if (pid == 0)
{
    execlp("./child", "child", filename, NULL);
    perror("execlp");
    exit(EXIT_FAILURE);
}
else
{
    printf("Введите строки с числами (float). Пустая строка — завершение.\n");
    while (1)
    {
        char buffer[BUFFER_SIZE];
        if (!fgets(buffer, sizeof(buffer), stdin) || buffer[0] == '\n')
        {
            sem_wait(sem_write);
            shared_mem->buffer[0] = '\0';
            sem_post(sem_read);
            break;
        }

        sem_wait(sem_write);
        strncpy(shared_mem->buffer, buffer, BUFFER_SIZE);
        sem_post(sem_read);
    }

    wait(NULL);
}

```

```

    }

    sem_close(sem_write);
    sem_close(sem_read);
    sem_unlink(SEM_WRITE_NAME);
    sem_unlink(SEM_READ_NAME);

    munmap(shared_mem, sizeof(struct shared_data));
    shm_unlink(SHM_NAME);

    return 0;
}

```

child.c

```

#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <unistd.h>
#include <string.h>
#include <fcntl.h>
#include <sys/mman.h>
#include <sys/stat.h>
#include <semaphore.h>

#define SHM_NAME "/my_shared_memory"
#define SEM_WRITE_NAME "/my_sem_write"
#define SEM_READ_NAME "/my_sem_read"

#include "shared_struct.h"

int main(int argc, char *argv[])

```

```

{
    if (argc != 2)
    {
        fprintf(stderr, "Использование: %s <имя_файла_для_вывода>\n", argv[0]);
        return 1;
    }

    FILE *outFile = fopen(argv[1], "w");

    if (!outFile)
    {
        perror("Ошибка открытия файла для записи");
        return 1;
    }

    int shm_fd = shm_open(SHM_NAME, O_RDWR, 0666);

    if (shm_fd == -1)
    {
        perror("shm_open child");
        fclose(outFile);
        exit(EXIT_FAILURE);
    }

    struct shared_data *shared_mem = mmap(NULL, sizeof(struct shared_data),
                                           PROT_READ | PROT_WRITE, MAP_SHARED, shm_fd, 0);

    if (shared_mem == MAP_FAILED)
    {
        perror("mmap child");
        fclose(outFile);
        close(shm_fd);
        exit(EXIT_FAILURE);
    }

```



```

close(shm_fd);

sem_t *sem_write = sem_open(SEM_WRITE_NAME, 0);
if (sem_write == SEM_FAILED)
{
    perror("sem_open write child");
    exit(EXIT_FAILURE);
}

sem_t *sem_read = sem_open(SEM_READ_NAME, 0);
if (sem_read == SEM_FAILED)
{
    perror("sem_open read child");
    exit(EXIT_FAILURE);
}

while (1)
{
    sem_wait(sem_read);

    if (shared_mem->buffer[0] == '\0')
    {
        sem_post(sem_write);
        break;
    }

    double sum = 0.0f;

    char *ptr = shared_mem->buffer;
    char *endptr;

    while (*ptr)
    {

```

```

float num = strtof(ptr, &endptr);

if (ptr == endptr)
{
    if (*ptr == '\0' || *ptr == '\n')
        break;

    ptr++;
}
else
{
    sum += num;

    ptr = endptr;
}
}

fprintf(outFile, "%f\n", sum);
fflush(outFile);

sem_post(sem_write);
}

sem_close(sem_write);
sem_close(sem_read);
fclose(outFile);
munmap(shared_mem, sizeof(struct shared_data));

return 0;
}

```

shared_struct.h

```

#define BUFFER_SIZE 1024

```

```

struct shared_data {

```

```
char buffer[BUFFER_SIZE];  
};
```

Протокол работы программы

Тестирование:

→ src ./parent

Введите имя файла для вывода: result.txt

Введите строки с числами (float). Пустая строка — завершение.

1.2 3.0

0.0 1.2 3.0

→ src cat result.txt

4.200000

4.200000

→ src ./parent

Введите имя файла для вывода: result.txt

Введите строки с числами (float). Пустая строка — завершение.

1 2.3 100

0 2.323 1212

→ src cat result.txt

103.300000

1214.323000

strace

execve("./parent", ["/parent"], 0xffffd75a0228 /* 12 vars */) = 0

brk(NULL) = 0x35959000

mmap(NULL, 8192, PROT_READ|PROT_WRITE, MAP_PRIVATE|MAP_ANONYMOUS, -1, 0) = 0xfffffa36f0000

faccessat(AT_FDCWD, "/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=25959, ...}, AT_EMPTY_PATH) = 0

mmap(NULL, 25959, PROT_READ, MAP_PRIVATE, 3, 0) = 0xfffffa36e9000

close(3) = 0

openat(AT_FDCWD, "/lib/aarch64-linux-gnu/libc.so.6", O_RDONLY|O_CLOEXEC) = 3

```

read(3, "\177ELF\2\1\1\3\0\0\0\0\0\0\3\0\267\0\1\0\0\0000y\2\0\0\0\0"..., 832) = 832
newfstatat(3, "", {st_mode=S_IFREG|0755, st_size=1651408, ...}, AT_EMPTY_PATH) = 0
mmap(NULL, 1826912, PROT_NONE, MAP_PRIVATE|MAP_ANONYMOUS, -1, 0) =
0xffffa34f8000
mmap(0xffffa3500000, 1761376, PROT_READ|PROT_EXEC,
MAP_PRIVATE|MAP_FIXED|MAP_DENYWRITE, 3, 0) = 0xffffa3500000
munmap(0xffffa34f8000, 32768) = 0
munmap(0xffffa36af000, 28768) = 0
mprotect(0xffffa3687000, 86016, PROT_NONE) = 0
mmap(0xffffa369c000, 24576, PROT_READ|PROT_WRITE,
MAP_PRIVATE|MAP_FIXED|MAP_DENYWRITE, 3, 0x18c000) = 0xffffa369c000
mmap(0xffffa36a2000, 49248, PROT_READ|PROT_WRITE,
MAP_PRIVATE|MAP_FIXED|MAP_ANONYMOUS, -1, 0) = 0xffffa36a2000
close(3) = 0
set_tid_address(0xffffa36f1050) = 31
set_robust_list(0xffffa36f1060, 24) = 0
rseq(0xffffa36f16a0, 0x20, 0, 0xd428bc00) = 0
mprotect(0xffffa369c000, 16384, PROT_READ) = 0
mprotect(0x41f000, 4096, PROT_READ) = 0
mprotect(0xffffa36f5000, 8192, PROT_READ) = 0
prlimit64(0, RLIMIT_STACK, NULL, {rlim_cur=8192*1024, rlim_max=RLIM64_INFINITY})
= 0
munmap(0xffffa36e9000, 25959) = 0
newfstatat(1, "", {st_mode=S_IFREG|0644, st_size=1819, ...}, AT_EMPTY_PATH) = 0
getrandom("\xac\x55\x86\x13\x2c\x2f\x48\x5a", 8, GRND_NONBLOCK) = 8
brk(NULL) = 0x35959000
brk(0x3597a000) = 0x3597a000
newfstatat(0, "", {st_mode=S_IFCHR|0620, st_rdev=makedev(0x88, 0), ...}, AT_EMPTY_PATH)
= 0
read(0, "result.txt\n", 1024) = 11
openat(AT_FDCWD, "/dev/shm/my_shared_memory",
O_RDWR|O_CREAT|O_NOFOLLOW|O_CLOEXEC, 0666) = 3
ftruncate(3, 1024) = 0
mmap(NULL, 1024, PROT_READ|PROT_WRITE, MAP_SHARED, 3, 0) = 0xffffa36ef000
close(3) = 0

```


[pid 32] brk(NULL) = 0x294dd000

[pid 32] mmap(NULL, 8192, PROT_READ|PROT_WRITE, MAP_PRIVATE|MAP_ANONYMOUS, -1, 0) = 0xffff9933d000

[pid 32] faccessat(AT_FDCWD, "/etc/ld.so.preload", R_OK) = -1 ENOENT (No such file or directory)

[pid 32] openat(AT_FDCWD, "/etc/ld.so.cache", O_RDONLY|O_CLOEXEC) = 3

[pid 32] newfstatat(3, "", {st_mode=S_IFREG|0644, st_size=25959, ...}, AT_EMPTY_PATH) = 0

[pid 32] mmap(NULL, 25959, PROT_READ, MAP_PRIVATE, 3, 0) = 0xffff99336000

[pid 32] close(3) = 0

[pid 32] openat(AT_FDCWD, "/lib/aarch64-linux-gnu/libc.so.6", O_RDONLY|O_CLOEXEC) = 3

[pid 32] read(3, "\177ELF\2\1\1\3\0\0\0\0\0\0\0\3\0\267\0\1\0\0\0000y\2\0\0\0\0\0"..., 832) = 832

[pid 32] newfstatat(3, "", {st_mode=S_IFREG|0755, st_size=1651408, ...}, AT_EMPTY_PATH) = 0

[pid 32] mmap(NULL, 1826912, PROT_NONE, MAP_PRIVATE|MAP_ANONYMOUS, -1, 0) = 0xffff99145000

[pid 32] mmap(0xffff99150000, 1761376, PROT_READ|PROT_EXEC, MAP_PRIVATE|MAP_FIXED|MAP_DENYWRITE, 3, 0) = 0xffff99150000

[pid 32] munmap(0xffff99145000, 45056) = 0

[pid 32] munmap(0xffff992ff000, 16480) = 0

[pid 32] mprotect(0xffff992d7000, 86016, PROT_NONE) = 0

[pid 32] mmap(0xffff992ec000, 24576, PROT_READ|PROT_WRITE, MAP_PRIVATE|MAP_FIXED|MAP_DENYWRITE, 3, 0x18c000) = 0xffff992ec000

[pid 32] mmap(0xffff992f2000, 49248, PROT_READ|PROT_WRITE, MAP_PRIVATE|MAP_FIXED|MAP_ANONYMOUS, -1, 0) = 0xffff992f2000

[pid 32] close(3) = 0

[pid 32] set_tid_address(0xffff9933e050) = 32

[pid 32] set_robust_list(0xffff9933e060, 24) = 0

[pid 32] rseq(0xffff9933e6a0, 0x20, 0, 0xd428bc00) = 0

[pid 32] mprotect(0xffff992ec000, 16384, PROT_READ) = 0

[pid 32] mprotect(0x41f000, 4096, PROT_READ) = 0

[pid 32] mprotect(0xffff99342000, 8192, PROT_READ) = 0

[pid 32] prlimit64(0, RLIMIT_STACK, NULL, {rlim_cur=8192*1024, rlim_max=RLIM64_INFINITY}) = 0

[pid 32] munmap(0xffff99336000, 25959) = 0

[pid 32] getRandom("\xf7\x50\xe0\x1a\x1f\x50\x15\x5e", 8, GRND_NONBLOCK) = 8

[pid 32] brk(NULL) = 0x294dd000

[pid 32] brk(0x294fe000) = 0x294fe000

[pid 32] openat(AT_FDCWD, "result.txt", O_WRONLY|O_CREAT|O_TRUNC, 0666) = 3

[pid 32] openat(AT_FDCWD, "/dev/shm/my_shared_memory",
O_RDWR|O_NOFOLLOW|O_CLOEXEC) = 4

[pid 32] mmap(NULL, 1024, PROT_READ|PROT_WRITE, MAP_SHARED, 4, 0) =
0xffff9933c000

[pid 32] close(4) = 0

[pid 32] openat(AT_FDCWD, "/dev/shm/sem.my_sem_write", O_RDWR|O_NOFOLLOW) = 4

[pid 32] newfstatat(4, "", {st_mode=S_IFREG|0644, st_size=32, ...}, AT_EMPTY_PATH) = 0

[pid 32] mmap(NULL, 32, PROT_READ|PROT_WRITE, MAP_SHARED, 4, 0) =
0xffff9933b000

[pid 32] close(4) = 0

[pid 32] openat(AT_FDCWD, "/dev/shm/sem.my_sem_read", O_RDWR|O_NOFOLLOW) = 4

[pid 32] newfstatat(4, "", {st_mode=S_IFREG|0644, st_size=32, ...}, AT_EMPTY_PATH) = 0

[pid 32] mmap(NULL, 32, PROT_READ|PROT_WRITE, MAP_SHARED, 4, 0) =
0xffff9933a000

[pid 32] close(4) = 0

[pid 32] futex(0xffff9933a000, FUTEX_WAIT_BITSET|FUTEX_CLOCK_REALTIME, 0,
NULL, FUTEX_BITSET_MATCH_ANY <unfinished ...>

[pid 31] <... read resumed>"1.0 2.0\n", 1024) = 8

[pid 31] futex(0xffffa36ed000, FUTEX_WAKE, 1) = 1

[pid 32] <... futex resumed>) = 0

[pid 31] read(0, <unfinished ...>

[pid 32] newfstatat(3, "", {st_mode=S_IFREG|0644, st_size=0, ...}, AT_EMPTY_PATH) = 0

[pid 32] write(3, "3.000000\n", 9) = 9

[pid 32] futex(0xffff9933a000, FUTEX_WAIT_BITSET|FUTEX_CLOCK_REALTIME, 0,
NULL, FUTEX_BITSET_MATCH_ANY <unfinished ...>

[pid 31] <... read resumed>"0.0\n", 1024) = 4

[pid 31] futex(0xffffa36ed000, FUTEX_WAKE, 1) = 1

[pid 31] read(0, <unfinished ...>

[pid 32] <... futex resumed>) = 0

[pid 32] write(3, "0.000000\n", 9) = 9

[pid 32] futex(0xffff9933a000, FUTEX_WAIT_BITSET|FUTEX_CLOCK_REALTIME, 0, NULL, FUTEX_BITSET_MATCH_ANY <unfinished ...>

[pid 31] <... read resumed>"\n", 1024) = 1

[pid 31] futex(0xffffa36ed000, FUTEX_WAKE, 1) = 1

[pid 31] wait4(-1, <unfinished ...>

[pid 32] <... futex resumed>) = 0

[pid 32] munmap(0xffff9933b000, 32) = 0

[pid 32] munmap(0xffff9933a000, 32) = 0

[pid 32] close(3) = 0

[pid 32] munmap(0xffff9933c000, 1024) = 0

[pid 32] exit_group(0) = ?

[pid 32] +++ exited with 0 +++

<... wait4 resumed>NULL, 0, NULL) = 32

--- SIGCHLD {si_signo=SIGCHLD, si_code=CLD_EXITED, si_pid=32, si_uid=0, si_status=0, si_etime=0, si_stime=0} ---

munmap(0xffffa36ee000, 32) = 0

munmap(0xffffa36ed000, 32) = 0

unlinkat(AT_FDCWD, "/dev/shm/sem.my_sem_write", 0) = 0

unlinkat(AT_FDCWD, "/dev/shm/sem.my_sem_read", 0) = 0

munmap(0xffffa36ef000, 1024) = 0

unlinkat(AT_FDCWD, "/dev/shm/my_shared_memory", 0) = 0

write(1, "\320\222\320\262\320\265\320\264\320\270\321\202\320\265 \320\270\320\274\321\217\321\204\320\260\320\271\320\273\320\260"..., 161Введите имя файла для вывода: Введите строки с числами (float). Пустая строка — завершение.

) = 161

exit_group(0) = ?

+++ exited with 0 +++

Вывод

В результате выполнения лабораторной работы была разработана и отлажена программа, демонстрирующая взаимодействие процессов посредством технологии отображаемых в память файлов (memory-mapped files). Для создания дочернего процесса использовался системный вызов fork(), а для организации области разделяемой памяти — функции shm_open(), ftruncate() и mmap().