



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Московский государственный технический университет
имени Н. Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»
(МГТУ им. Н. Э. Баумана)

ФАКУЛЬТЕТ «Информатика и системы управления»

КАФЕДРА «Программное обеспечение ЭВМ и информационные технологии»

ОТЧЕТ

по Лабораторной работе №5

по курсу «Операционные системы»

на тему: «Буферизованный и не буферизованный ввод-вывод»

Студент ИУ7-62Б
(Группа)

(Подпись, дата)

Пронин А. С.
(И. О. Фамилия)

Преподаватель

(Подпись, дата)

Рязанова Н. Ю.
(И. О. Фамилия)

2022 г.

1 Структура FILE

Описание структуры FILE приведено в Листинге 1.1

Листинг 1.1 – Файл /usr/include/bits/types/FILE.h

```
1 #ifndef __FILE_defined
2 #define __FILE_defined 1
3
4 struct _IO_FILE;
5
6 /* The opaque type of streams. This is the definition used elsewhere. */
7 typedef struct _IO_FILE FILE;
8
9 #endif
```

Описание структуры _IO_FILE приведено в Листингах 1.2 – 1.4

Листинг 1.2 – Файл /usr/include/bits/types/struct_FILE.h, Часть 1

```
1 /* Copyright (C) 1991-2020 Free Software Foundation, Inc.
2    This file is part of the GNU C Library.
3
4    The GNU C Library is free software; you can redistribute it and/or
5    modify it under the terms of the GNU Lesser General Public
6    License as published by the Free Software Foundation; either
7    version 2.1 of the License, or (at your option) any later version.
8
9    The GNU C Library is distributed in the hope that it will be useful,
10   but WITHOUT ANY WARRANTY; without even the implied warranty of
11   MERCHANTABILITY or FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. See the GNU
12   Lesser General Public License for more details.
13
14   You should have received a copy of the GNU Lesser General Public
15   License along with the GNU C Library; if not, see
16   <https://www.gnu.org/licenses/>. */
17
18 #ifndef __struct_FILE_defined
19 #define __struct_FILE_defined 1
20
21 /* Caution: The contents of this file are not part of the official
22    stdio.h API. However, much of it is part of the official *binary*
23    interface, and therefore cannot be changed. */
24
25 #if defined _IO_USE_OLD_IO_FILE && !defined _LIBC
26 # error "_IO_USE_OLD_IO_FILE should only be defined when building libc itself"
27 #endif
28
29 #if defined _IO_lock_t_defined && !defined _LIBC
30 # error "_IO_lock_t_defined should only be defined when building libc itself"
31 #endif
```

Листинг 1.3 – Файл /usr/include/bits/types/struct_FILE.h, Часть 2

```

33 #include <bits/types.h>
34
35 struct _IO_FILE;
36 struct _IO_marker;
37 struct _IO_codecvt;
38 struct _IO_wide_data;
39
40 /* During the build of glibc itself, _IO_lock_t will already have been
41    defined by internal headers.  */
42 #ifndef _IO_lock_t_defined
43 typedef void _IO_lock_t;
44 #endif
45
46 /* The tag name of this struct is _IO_FILE to preserve historic
47    C++ mangled names for functions taking FILE* arguments.
48    That name should not be used in new code.  */
49 struct _IO_FILE
50 {
51     int _flags;          /* High-order word is _IO_MAGIC; rest is flags.  */
52
53     /* The following pointers correspond to the C++ streambuf protocol.  */
54     char *_IO_read_ptr;  /* Current read pointer */
55     char *_IO_read_end;  /* End of get area.  */
56     char *_IO_read_base; /* Start of putback+get area.  */
57     char *_IO_write_base; /* Start of put area.  */
58     char *_IO_write_ptr; /* Current put pointer.  */
59     char *_IO_write_end; /* End of put area.  */
60     char *_IO_buf_base;  /* Start of reserve area.  */
61     char *_IO_buf_end;   /* End of reserve area.  */
62
63     /* The following fields are used to support backing up and undo.  */
64     char *_IO_save_base; /* Pointer to start of non-current get area.  */
65     char *_IO_backup_base; /* Pointer to first valid character of backup area */
66     char *_IO_save_end; /* Pointer to end of non-current get area.  */
67
68     struct _IO_marker *_markers;
69
70     struct _IO_FILE *_chain;
71
72     int _fileno;
73     int _flags2;
74     __off_t _old_offset; /* This used to be _offset but it's too small.  */
75
76     /* 1+column number of pbase(); 0 is unknown.  */
77     unsigned short _cur_column;
78     signed char _vtable_offset;
79     char _shortbuf[1];
80
81     _IO_lock_t *_lock;
82 #ifdef _IO_USE_OLD_IO_FILE
83 };
84
85 struct _IO_FILE_complete
86 {
87     struct _IO_FILE _file;
88 #endif

```

Листинг 1.4 – Файл /usr/include/bits/types/struct_FILE.h, Часть 3

```

89  __off64_t _offset;
90  /* Wide character stream stuff. */
91  struct _IO_codecvt *_codecvt;
92  struct _IO_wide_data *_wide_data;
93  struct _IO_FILE *_freeres_list;
94  void *_freeres_buf;
95  size_t __pad5;
96  int _mode;
97  /* Make sure we don't get into trouble again. */
98  char _unused2[15 * sizeof (int) - 4 * sizeof (void *) - sizeof (size_t)];
99  };
100
101  /* These macros are used by bits/stdio.h and internal headers. */
102  #define __getc_unlocked_body(_fp) \
103      (__glibc_unlikely ((_fp)->_IO_read_ptr >= (_fp)->_IO_read_end) \
104       ? __uflow (_fp) : *(unsigned char *) (_fp)->_IO_read_ptr++)
105
106  #define __putc_unlocked_body(_ch, _fp) \
107      (__glibc_unlikely ((_fp)->_IO_write_ptr >= (_fp)->_IO_write_end) \
108       ? __overflow (_fp, (unsigned char) (_ch)) \
109       : (unsigned char) (*( _fp)->_IO_write_ptr++ = (_ch)))
110
111  #define _IO_EOF_SEEN 0x0010
112  #define __feof_unlocked_body(_fp) (((_fp)->_flags & _IO_EOF_SEEN) != 0)
113
114  #define _IO_ERR_SEEN 0x0020
115  #define __ferror_unlocked_body(_fp) (((_fp)->_flags & _IO_ERR_SEEN) != 0)
116
117  #define _IO_USER_LOCK 0x8000
118  /* Many more flag bits are defined internally. */
119
120  #endif

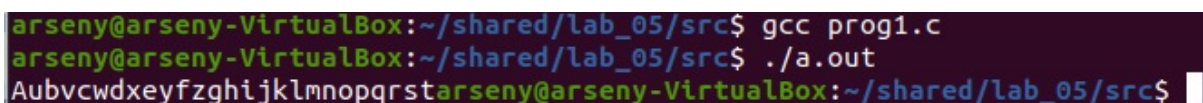
```

2 Первая программа

2.1 Коды программ

Листинг 2.1 – Открытие одного и того же файла несколько раз для чтения в одном процессе

```
1  #include <fcntl.h>
2  #include <stdio.h>
3
4  #define BUF_SIZE 20
5
6  int main(void)
7  {
8      int fd = open("data.txt", O_RDONLY);
9
10     FILE *fs1 = fdopen(fd, "r");
11     char buff1[BUF_SIZE];
12     setvbuf(fs1, buff1, _IOFBF, BUF_SIZE);
13
14     FILE *fs2 = fdopen(fd, "r");
15     char buff2[BUF_SIZE];
16     setvbuf(fs2, buff2, _IOFBF, BUF_SIZE);
17
18     int flag1 = 1, flag2 = 2;
19     while (flag1 == 1 || flag2 == 1)
20     {
21         char c;
22
23         if ((flag1 = fscanf(fs1, "%c", &c)) == 1)
24             fprintf(stdout, "%c", c);
25
26         if ((flag2 = fscanf(fs2, "%c", &c)) == 1)
27             fprintf(stdout, "%c", c);
28     }
29
30     return 0;
31 }
```



```
arseny@arseny-VirtualBox:~/shared/lab_05/src$ gcc prog1.c
arseny@arseny-VirtualBox:~/shared/lab_05/src$ ./a.out
Aubvcwdxeyfzghijklmnopqrstarseny@arseny-VirtualBox:~/shared/lab_05/src$
```

Рисунок 2.1 – Программа с одним процессом

Листинг 2.2 – Открытие одного и того же файла для чтения в нескольких потоках

```
1  #include <fcntl.h>
2  #include <pthread.h>
3  #include <stdio.h>
4  #include <unistd.h>
5
6  #define BUF_SIZE 20
7
8  void *read_buffer(void *args)
9  {
10     int fd = *(int*)args;
11     FILE *fs2 = fdopen(fd, "r");
12
13     char buff2[BUF_SIZE];
14     setvbuf(fs2, buff2, _IOFBF, BUF_SIZE);
15
16     int flag = 1;
17     char c;
18
19     while ((flag = fscanf(fs2, "%c", &c)) == 1)
20         fprintf(stdout, "thread 2: %c\n", c);
21
22     return NULL;
23 }
24
25 int main(void)
26 {
27     setbuf(stdout, NULL);
28
29     pthread_t thread;
30     int fd = open("data.txt", O_RDONLY);
31
32     FILE *fs1 = fdopen(fd, "r");
33     char buff1[BUF_SIZE];
34     setvbuf(fs1, buff1, _IOFBF, BUF_SIZE);
35
36     pthread_create(&thread, NULL, read_buffer, (void *)&fd);
37     usleep(1);
38
39     char c;
40     int flag;
41
42     while ((flag = fscanf(fs1, "%c", &c)) == 1)
43         fprintf(stdout, "thread 1: %c\n", c);
44
45     pthread_join(thread, NULL);
46
47     return 0;
48 }
```

```

arseny@arseny-VirtualBox:~/shared/lab_05/src$ gcc prog1_thread.c -pthread
arseny@arseny-VirtualBox:~/shared/lab_05/src$ ./a.out
thread 2: A
thread 2: b
thread 2: c
thread 2: d
thread 2: e
thread 2: f
thread 2: g
thread 2: h
thread 2: i
thread 2: j
thread 2: k
thread 2: l
thread 2: m
thread 2: n
thread 2: o
thread 2: p
thread 2: q
thread 2: r
thread 2: s
thread 2: t
thread 1: u
thread 1: v
thread 1: w
thread 1: x
thread 1: y
thread 1: z
arseny@arseny-VirtualBox:~/shared/lab_05/src$ s

```

Рисунок 2.2 – Открытие одного и того же файла для чтения в нескольких потоках

2.2 Схема взаимодействия структур

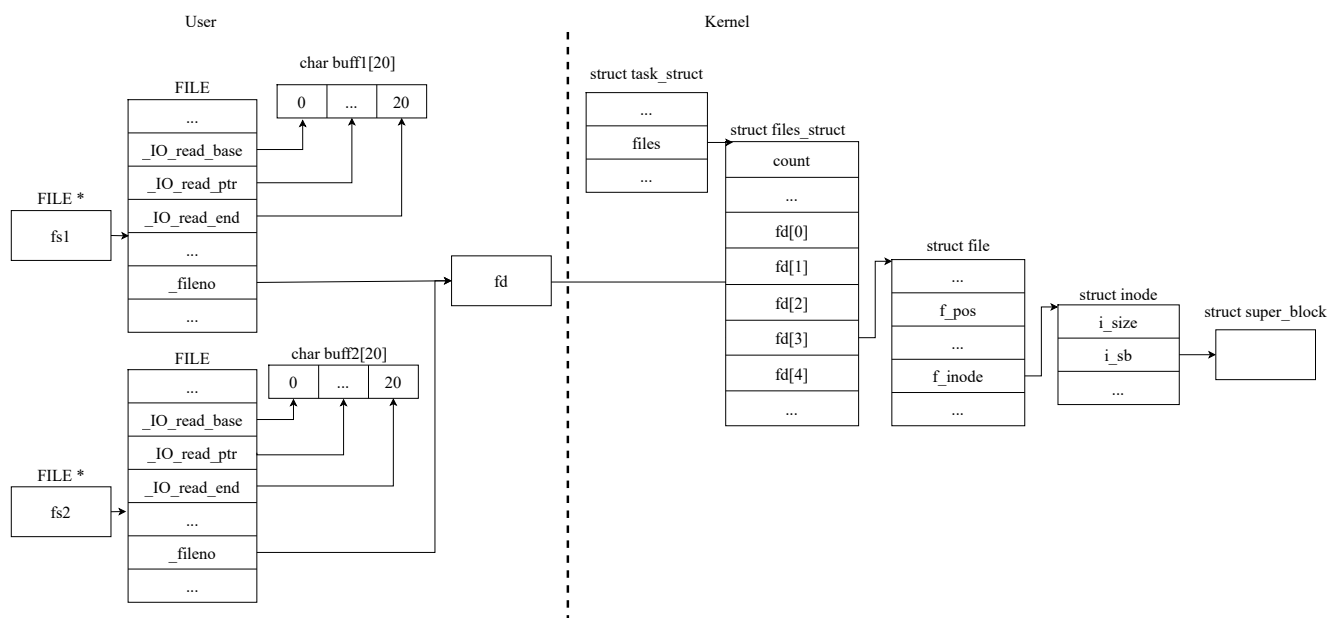


Рисунок 2.3 – Схема взаимодействия структур

2.3 Анализ полученного результата

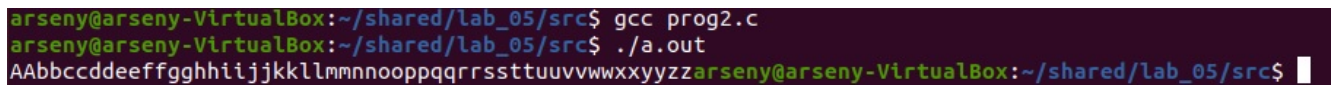
Функция `open()` создает новый файловый дескриптор файла (открытого только на чтение) `"data.txt"`, запись в системной таблице открыт файлов. Эта запись регистрирует смещение в файле и флаги состояния файла. Функция `fdopen()` создает указатели на структуру `FILE`. Поле `_fileno` содержит дескриптор, который вернула функция `fopen()`. Функция `setvbuf()` явно задает размер буфера в 20 байт и меняет тип буферизации (для `fs1` и `fs2`) на полную. При первом вызове функции `fscanf()` в цикле (для `fs1`), `buff1` будет заполнен полностью – первыми 20 символами (буквами алфавита). `f_pos` в структуре `struct_file` открытого файла увеличится на 20. При втором вызове `fscanf()` в цикле (для `fs2`) буфер `buff2` будет заполнен оставшимися 6 символами (начиная с `f_pos`). В цикле поочередно выводятся символы из `buff1` и `buff2`. Все это справедливо и для многопоточной реализации: в потоке, который первый получит квант, первый вызов `fscanf()` заполнит буфер и увеличит `f_pos` в структуре `struct_file` открытого файла, а оставшиеся 6 символов будут записаны в буфер, находящийся в другом потоке.

3 Вторая программа

3.1 Коды программ

Листинг 3.1 – Открытие одного и того же файла несколько раз для чтения в одном процессе

```
1 #include <fcntl.h>
2 #include <unistd.h>
3
4 int main(void)
5 {
6     int fd1 = open("data.txt", O_RDONLY);
7     int fd2 = open("data.txt", O_RDONLY);
8     int rc1, rc2 = 1;
9
10    while (rc1 == 1 || rc2 == 1)
11    {
12        char c;
13        if ((rc1 = read(fd1, &c, 1)) == 1) write(1, &c, 1);
14        if ((rc2 = read(fd2, &c, 1)) == 1) write(1, &c, 1);
15    }
16
17    return 0;
18 }
```

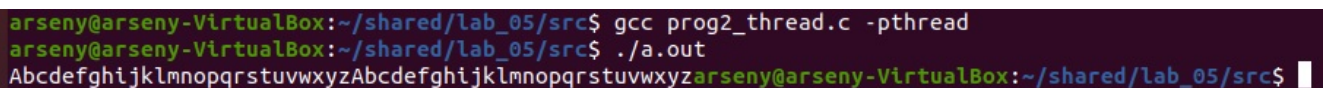


```
arseny@arseny-VirtualBox:~/shared/lab_05/src$ gcc prog2.c
arseny@arseny-VirtualBox:~/shared/lab_05/src$ ./a.out
AAbbccddeeffgghhiijjkkllmmnnooppqrrssttuuvvwxxyyzzarseny@arseny-VirtualBox:~/shared/lab_05/src$
```

Рисунок 3.1 – Открытие одного и того же файла несколько раз для чтения в одном процессе

Листинг 3.2 – Открытие одного и того же файла несколько раз для чтения в двух потоках

```
1 #include <fcntl.h>
2 #include <pthread.h>
3 #include <stdio.h>
4 #include <unistd.h>
5
6 pthread_mutex_t mutex;
7
8 void *read_buffer(void *args)
9 {
10     int fd2 = open("data.txt", O_RDONLY);
11     char c;
12     int err;
13
14     pthread_mutex_lock(&mutex);
15     while ((err = read(fd2, &c, 1)) == 1)
16         write(1, &c, 1);
17     pthread_mutex_unlock(&mutex);
18
19     return NULL;
20 }
21
22 int main(void)
23 {
24     int fd1 = open("data.txt", O_RDONLY);
25
26     pthread_t thread;
27     pthread_create(&thread, NULL, read_buffer, NULL);
28     char c;
29     int err;
30
31     pthread_mutex_lock(&mutex);
32     while ((err = read(fd1, &c, 1)) == 1)
33         write(1, &c, 1);
34     pthread_mutex_unlock(&mutex);
35
36     pthread_join(thread, NULL);
37
38     return 0;
39 }
```



```
arseny@arseny-VirtualBox:~/shared/lab_05/src$ gcc prog2_thread.c -pthread
arseny@arseny-VirtualBox:~/shared/lab_05/src$ ./a.out
abcdefghijklmnopqrstuvwxyzabcdefghijklmnopqrstuvwxyzarseny@arseny-VirtualBox:~/shared/lab_05/src$
```

Рисунок 3.2 – Открытие одного и того же файла несколько раз для чтения в двух потоках

3.2 Схема взаимодействия структур

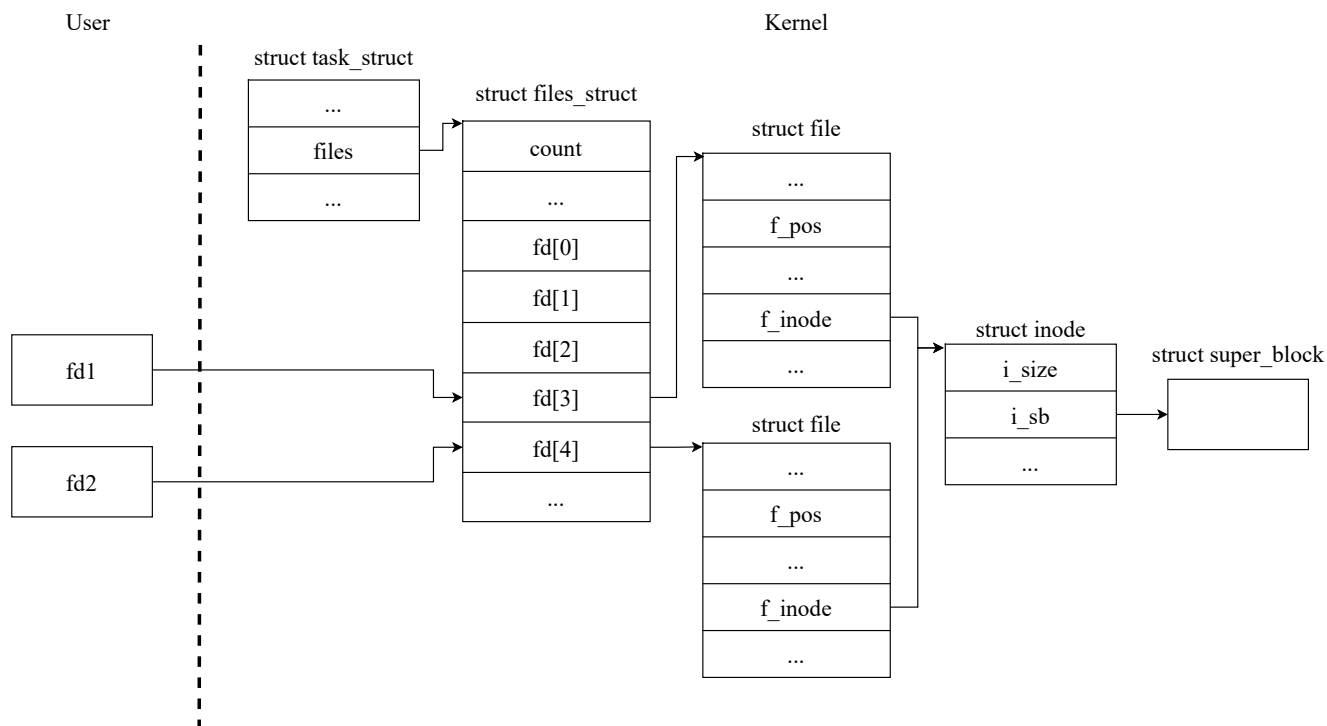


Рисунок 3.3 – Схема взаимодействия структур

3.3 Анализ полученного результата

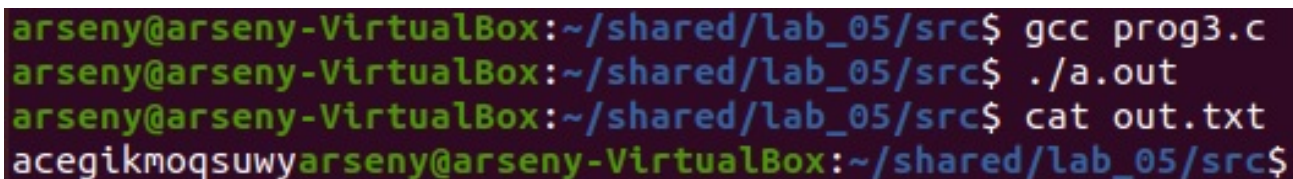
Функция `open()` создает файловые дескрипторы, два раза для одного и того же файла, поэтому в программе существует две различные `struct file`, но ссылающиеся на один и тот же `struct inode`. Из-за того что структуры `struct file` разные, посимвольная печать просто дважды выведет содержимое файла в формате «AAbbcc...» (в случае однопроцессной реализации). В случае многопоточной реализации, вывод второго потока начнется позже (нужно время, для создание этого потока) и символы начнут выводиться позже (см. рис. 3.2).

4 Третья программа

4.1 Коды программ

Листинг 4.1 – Открытие одного и того же файла несколько раз для записи в одном процессе

```
1 #include <fcntl.h>
2 #include <stdio.h>
3 #include <unistd.h>
4
5 int main()
6 {
7     FILE *f1 = fopen("out.txt", "w");
8     FILE *f2 = fopen("out.txt", "w");
9
10    for (char c = 'a'; c <= 'z'; c++)
11        fprintf(c % 2 ? f1 : f2, "%c", c);
12
13    fclose(f2);
14    fclose(f1);
15
16    return 0;
17 }
```

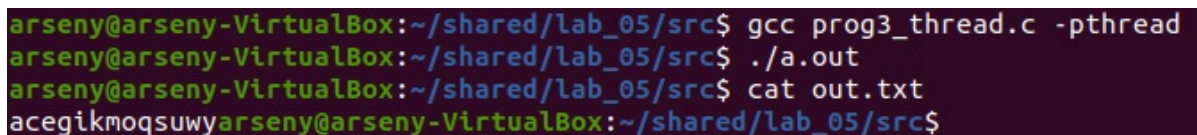


```
arseny@arseny-VirtualBox:~/shared/lab_05/src$ gcc prog3.c
arseny@arseny-VirtualBox:~/shared/lab_05/src$ ./a.out
arseny@arseny-VirtualBox:~/shared/lab_05/src$ cat out.txt
acegikmoqsuwyarseny@arseny-VirtualBox:~/shared/lab_05/src$
```

Рисунок 4.1 – Открытие одного и того же файла несколько раз для записи в одном процессе

Листинг 4.2 – Открытие одного и того же файла несколько раз для записи в двух потоках

```
1  #include <fcntl.h>
2  #include <pthread.h>
3  #include <stdio.h>
4  #include <unistd.h>
5
6  void *write_buffer(void *args)
7  {
8      FILE *f = fopen("out.txt", "a");
9
10     for (char c = 'b'; c <= 'z'; c += 2)
11         fprintf(f, "%c", c);
12
13     fclose(f);
14     return NULL;
15 }
16
17 int main()
18 {
19     FILE *f1 = fopen("out.txt", "w");
20
21     pthread_t thread;
22     int rc = pthread_create(&thread, NULL, write_buffer, NULL);
23
24     for (char c = 'a'; c <= 'z'; c += 2)
25         fprintf(f1, "%c", c);
26
27     pthread_join(thread, NULL);
28     fclose(f1);
29
30     return 0;
31 }
```



```
arseny@arseny-VirtualBox:~/shared/lab_05/src$ gcc prog3_thread.c -pthread
arseny@arseny-VirtualBox:~/shared/lab_05/src$ ./a.out
arseny@arseny-VirtualBox:~/shared/lab_05/src$ cat out.txt
acegikmoqsuwyarseny@arseny-VirtualBox:~/shared/lab_05/src$
```

Рисунок 4.2 – Открытие одного и того же файла несколько раз для записи в двух потоках

4.2 Схема взаимодействия структур

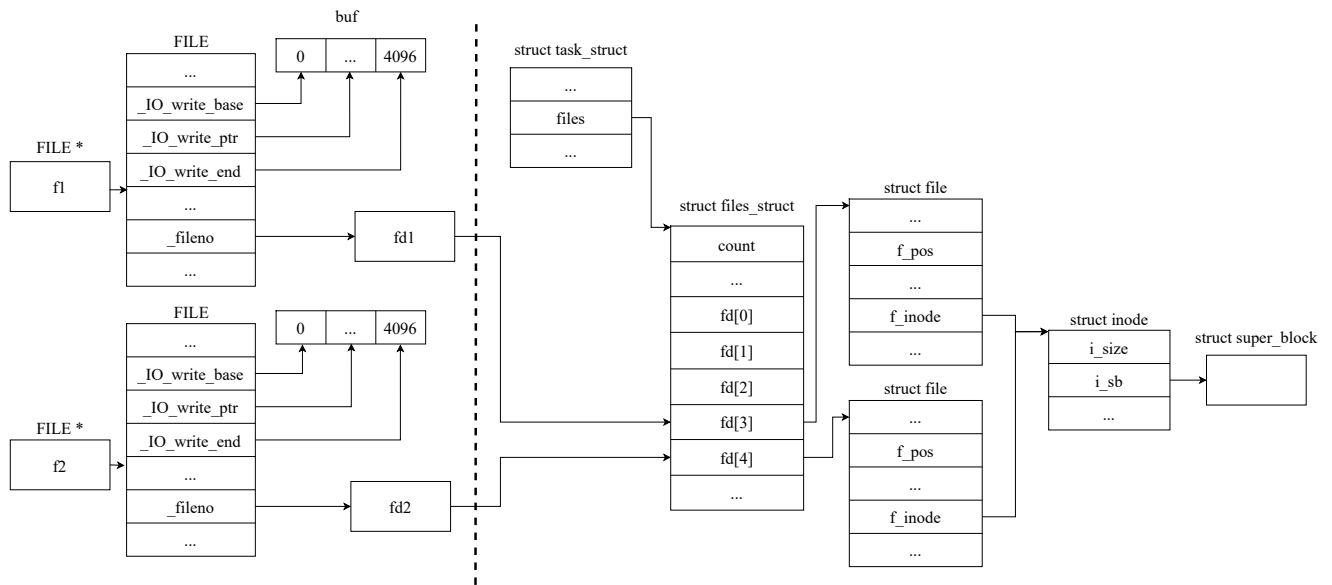


Рисунок 4.3 – Схема взаимодействия структур

Анализ полученного результата

Файл открывается на запись два раза, с помощью функции `fopen()`. Функция `fprintf()` предоставляет буферизованный вывод - буфер создается без нашего вмешательства. Изначально информация пишется в буфер, а из буфера в файл если произошло одно из событий: буфер полон, вызвана функция `fclose()`, вызвана функция `fflush()`. В случае нашей программы, информация в файл запишется в результате вызова функция `fclose()`. Из-за того `f_pos` независимы для каждого дескриптора файла, запись в файл будет производиться с самого начала. Таким образом, информация записанная при первом вызове `fclose()` будет потеряна в результате второго вызова `fclose()` (см. рис. 4.2). В многопоточной реализации результат аналогичен - с помощью `pthread_join` мы дожидаемся вызова `fclose()` для `f2` в отдельном потоке и далее вызываем `fclose()` для `f1`.

Для исключения проблемы потери данных нужно открывать файл в режиме добавления - `O_APPEND`. Тогда операция записи в файл становится атомарной и перед каждым вызовом `write`, смещение в файле устанавливается в конец файла.