Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное 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»

Лабораторная работа

по дисциплине «Операционные системы»

на тему:

Буферизованный и небуферизованный ввод-вывод

Студент группы ИУ7-64Б _____ Бугаков И. С.
(Подпись, дата) (Фамилия И.О.)

Преподаватель _____ Рязанова Н. Ю.
(Подпись, дата) (Фамилия И.О.)

Москва, 2025

Структура FILE

Описание структуры FILE

```
struct _IO_FILE;

/* The opaque type of streams.
 This is the definition used elsewhere. */
typedef struct _IO_FILE FILE;
```

Описание структуры _IO_FILE

```
struct _IO_FILE
{
  int _flags; /*High-order word is _IO_MAGIC; rest is flags. */

  /* The followingpointers correspond to the C++ streambuf protocol. */
  char *_IO_read_ptr; /* Current read pointer */
  char*_IO_read_end; /* End of get area. */
  char*_IO_read_base; /* Start of putback+get area. */
  char*_IO_write_base; /* Start of put area. */
  char*_IO_write_ptr; /* Current put pointer. */
  char*_IO_write_end; /* End of put area. */
  char*_IO_buf_base; /* Start of reserve area. */
  char*_IO_buf_end; /* End of reserve area. */

  /* The followingfields are used to support backing up and undo. */
  char*_IO_save_base; /* Pointer to start of non-current get area. */
  char*_IO_backup_base; /* Pointer to first valid character of backup area
*/
  char*_IO_save_end; /* Pointer to end of non-current get area. */

  struct _IO_marker *_markers;
  struct _IO_FILE *_chain;

  int _fileno;
  int _flags2;
  __off_t _old_offset; /* This used to be _offset but it's too small. */

/* 1+column number
of pbase(); 0 is unknown. */
  unsigned short_cur_column;
  signed char _vtable_offset;
  char _shortbuf[1];

_IO_lock_t *_lock;
#ifdef
_IO_USE_OLD_IO_FILE
};
```

Первая программа

Однопоточная программа

```
#include <stdio.h>
#include <fcntl.h>
int main()
{
  int fd = open("alphabet.txt",O_RDONLY);

  FILE *fs1 = fdopen(fd,"r");
  char buff1[20];
  setvbuf(fs1,buff1,_IOFBF,20);

  FILE *fs2 = fdopen(fd,"r");
  char buff2[20];
  setvbuf(fs2,buff2,_IOFBF,20);

  int flag1 = 1, flag2 = 2;
  while(flag1 > 0 || flag2 > 0)
  {
    char c;
    flag1 = fscanf(fs1,"%c",&c);
    if (flag1 > 0) {
    fprintf(stdout,"%c",c);
    }
    flag2 = fscanf(fs2,"%c",&c);
    if (flag2 > 0) {
    fprintf(stdout,"%c",c);
    }
  }
  return 0;
}
```

Результат работы программы:

```
Aubvcwdxeyfzghijklmnopqrst
```

Анализ работы программы

Системный вызов open() создаёт новый файловый дескриптор для файла «alphabet.txt», открытого только на чтение (O_RDONLY), и возвращает индекс соответствующей записи в таблице файловых дескрипторов. Затем с помощью функции fdopen() создаются две структуры типа FILE (fs1 и fs2), которые ссылаются на один и тот же файловый дескриптор. С помощью setvbuf() для каждого потока (fs1 и fs2) задаются собственные буферы (buff1 и buff2 размером 20 байт) и тип буферизации _IOFBF (Fully buffered — полная буферизация). Это означает, что чтение из файла будет происходить блоками по 20 символов, а не по одному символу за раз. В цикле while поочерёдно выполняются вызовы fscanf() для чтения символов из fs1 и fs2.

- При первом вызове fscanf(fs1, ...) происходит заполнение buff1 первыми 20 символами файла, а указатель позиции f_pos перемещается на 21-й символ.

- Затем fscanf(fs2, ...) заполняет buff2 следующими 20 символами (если они есть), и f_pos перемещается дальше.

После каждого успешного чтения (flag1 == 1 или flag2 == 1) символ выводится с помощью fprintf(). Оба потока (fs1 и fs2) используют один файловый дескриптор, но у каждого свой буфер и указатель позиции, из-за чего символы выводятся поочерёдно. Программа сначала читает символ 'a' из fs1, затем символ 'u' из fs2 .

Многопоточная программа

```
#include <stdio.h>
#include <fcntl.h>
#include <pthread.h>
#include <unistd.h>
void* reader_thread(void* arg) {
    FILE* fs = (FILE*)arg;
    int flag = 1;
    char c;
    while (flag > 0) {
        flag = fscanf(fs, "%c", &c);
        if (flag > 0)
        {
            fprintf(stdout,"%c",c);
        }
    }
    return NULL;
}
int main()
{
  int fd = open("alphabet.txt",O_RDONLY);
  FILE *fs1 = fdopen(fd,"r");
  char buff1[20];
  setvbuf(fs1,buff1,_IOFBF,20);
  FILE *fs2 = fdopen(fd,"r");
  char buff2[20];
  setvbuf(fs2,buff2,_IOFBF,20);
  pthread_t thread;
  if (pthread_create(&thread, NULL, reader_thread, (void*)fs2) != 0) {
        perror("Failed to create thread");
        fclose(fs1);
        fclose(fs2);
        close(fd);
        return 1;
    }
  int flag = 1;
  char c;
  while (flag > 0) {
        flag = fscanf(fs1, "%c", &c);
        if (flag > 0) {
            fprintf(stdout,"%c",c);
        }
    }
    pthread_join(thread, NULL);
    fclose(fs1);
    fclose(fs2);
    close(fd);
    return 0;
}
```

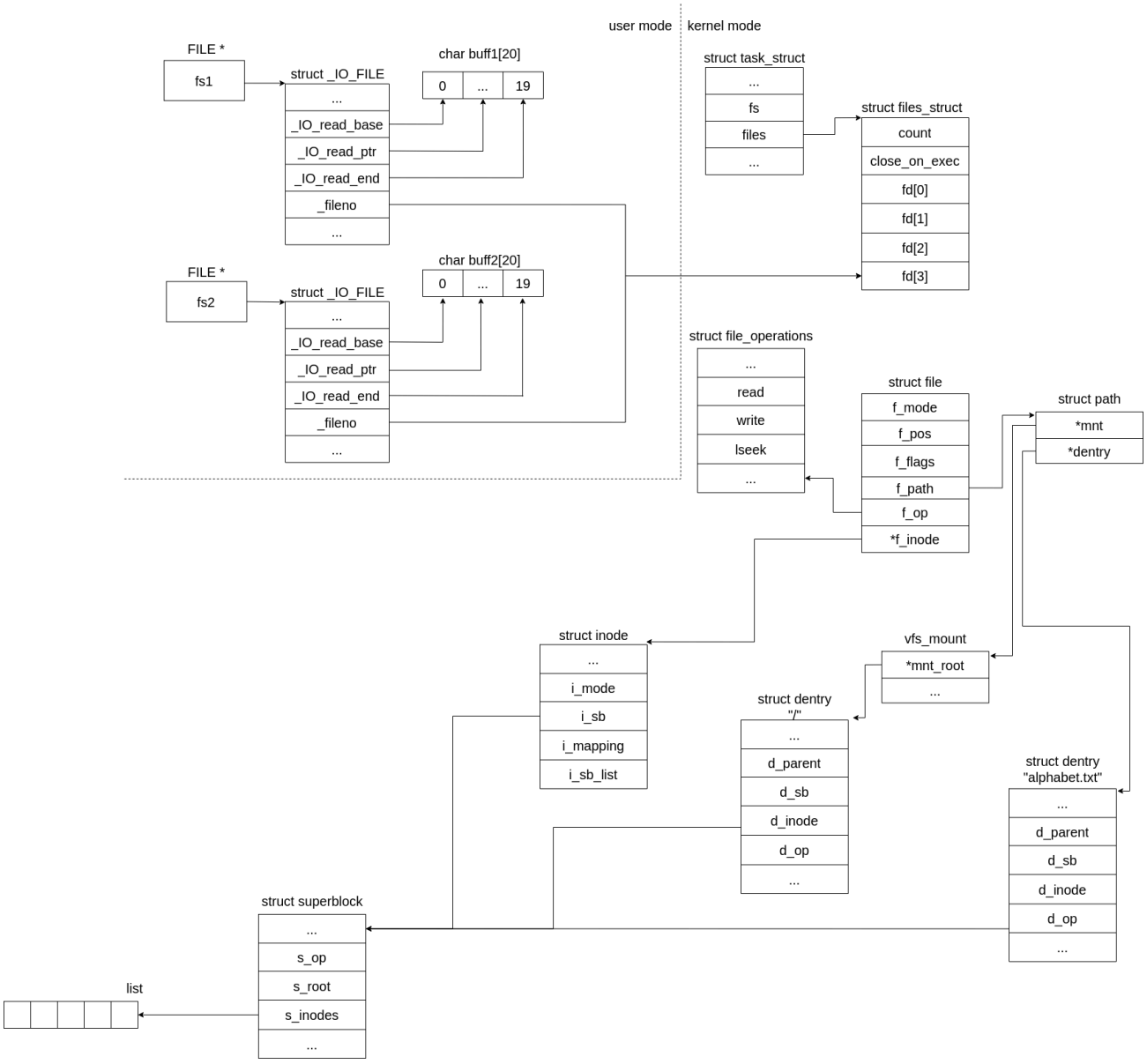
Результат работы программы:

```
Abcdefghijktmnopqrstuvwxyz
```

Анализ работы программы

Первый поток отрабатывает первым, из-за временных затрат на создание второго потока.

Схема связи структур в первой программе



Вторая программа

Однопоточная программа

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

int main()
{
  char c;
  int fd1 = open("alphabet.txt",O_RDONLY);
  int fd2 = open("alphabet.txt",O_RDONLY);
  int flag1 = 1, flag2 = 2;
  while(flag1 != 0 || flag2 != 0)
  {
    flag1 = read(fd1,&c,1);
    if (flag1 != 0)
    {
          write(1,&c,1);
    }
    flag2 = read(fd2,&c,1);
    if (flag2 != 0)
    {
          write(1,&c,1);
    }
  }
  close(fd1);
  close(fd2);
  return 0;
}
```

Результат работы программы:

```
AAbbccddeeffgghhiijjkkllmmnnooppqqrrssttuuvvwwxxyyzz
```

Анализ работы программы

Программа открывает файл alphabet.txt дважды, создавая два дескриптора (fd1 и fd2). Каждый дескриптор имеет свой указатель позиции в файле. В цикле программа поочередно читает по одному символу через fd1 и fd2, выводя каждый считанный символ на экран. В результате каждый символ из файла выводится дважды: сначала прочитанный через fd1, затем через fd2.

Многопоточная программа

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

void* reader_thread(void* arg) {
    int fd = (int)(long)arg;
    char c;
    while (read(fd, &c, 1) > 0) {
        write(1, &c, 1);
    }
    return NULL;
}

int main() {
    int fd1 = open("alphabet.txt", O_RDONLY);
    int fd2 = open("alphabet.txt", O_RDONLY);
    pthread_t thread1, thread2;
    pthread_create(&thread1, NULL, reader_thread, (void*)(long)fd1);
    pthread_create(&thread2, NULL, reader_thread, (void*)(long)fd2);
    pthread_join(thread1, NULL);
    pthread_join(thread2, NULL);
    close(fd1);
    close(fd2);
    return 0;
}
```

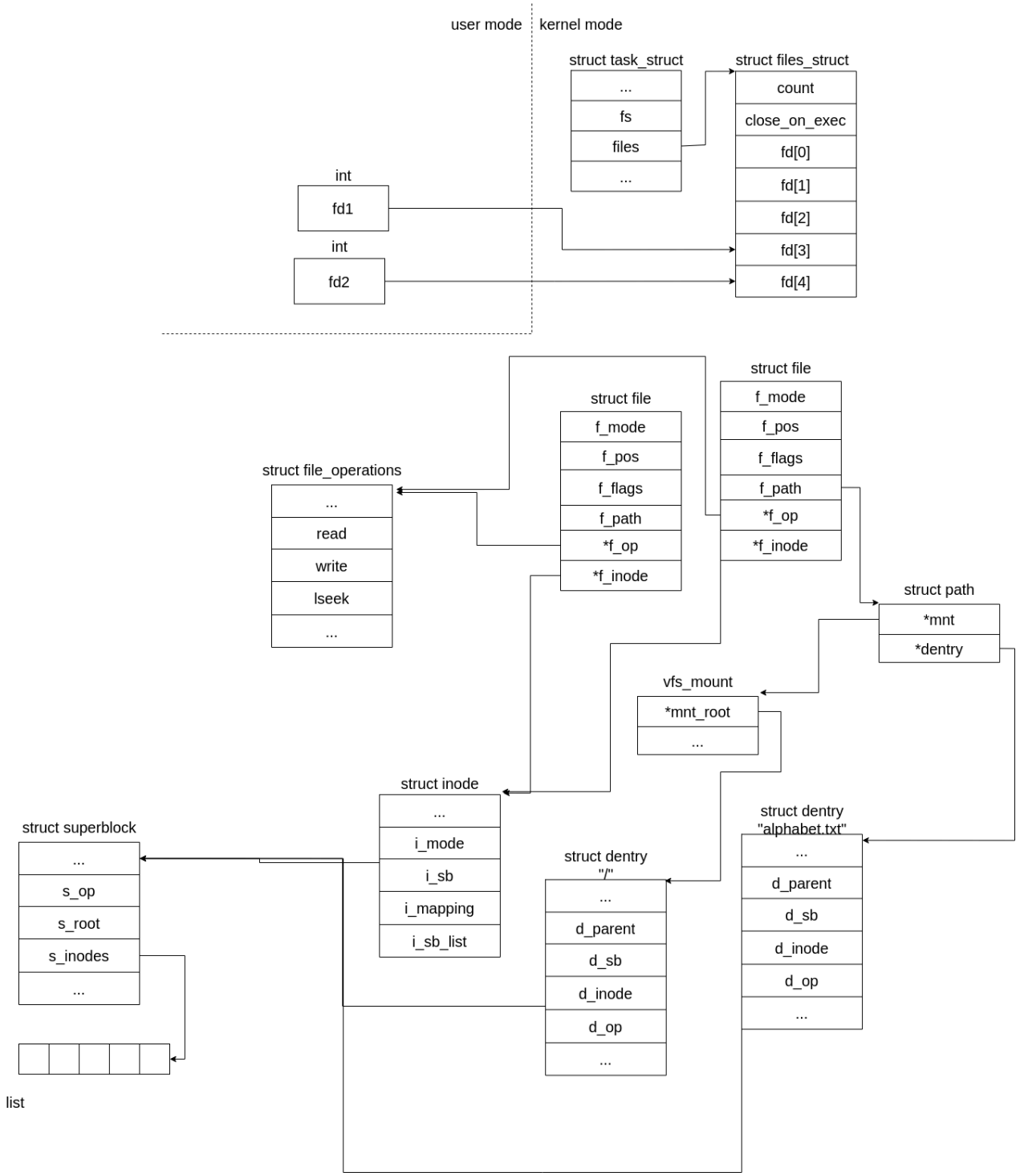
Результат работы программы

```
AbcdefghijklmnopqrstAubvcwdxeyfzghijklmnopqrstuvwxyz
```

Анализ работы программы

Программа создает два файловых дескриптора (fd1 и fd2) для одного и того же файла alphabet.txt, каждый со своим указателем позиции. Затем она создает два потока, каждый из которых читает файл через свой дескриптор и выводит символы. Каждый символ файла будет прочитан и выведен дважды - по одному разу каждым потоком. Потоки работают параллельно, поэтому порядок вывода символов предугадать невозможно.

Схема структур для второй программы



Третья программа

Структура stat

```
struct stat {
 dev_t st_dev ; /* ID of device containing file */
 ino_t st_ino ; /* inode number */
 mode_t st_mode ; /* protection */
 nlink_t st_nlink ; /* number of hard links */
 uid_t st_uid ; /* user ID of owner */
 gid_t st_gid ; /* group ID of owner */
 dev_t st_rdev ; /* device ID ( if special file ) */
 off_t st_size ; /* total size , in bytes */
 blksize_t st_blksize ; /* blocksize for file system I/ O */
 blkcnt_t st_blocks ; /* number of 512 B blocks allocated */
 time_t st_atime ; /* time of last access */
 time_t st_mtime ; /* time of last modification */
 time_t st_ctime ; /* time of last status change */
 };
```

Однопоточная реализация(без флага O-APPEND)

```
#include <stdio.h>
#include <fcntl.h>
#include <unistd.h>
#include <sys/stat.h>

void file_info(int fd, char *path) {
    struct stat statbuff;
    if(lstat(path, &statbuff)==-1)
        exit(EXIT_FAILURE);
    stat("result", &statbuff);
    printf("inode: %ld ", statbuff.st_ino);
    printf("size: %ld ", statbuff.st_size);
    printf("pos: %ld \n", lseek(fd, 0, SEEK_CUR));
}

int main() {
    FILE *fs1 = fopen("res", "w");
    int fd1 = fileno(fs1);
    file_info(fd1, "res");
    FILE *fs2 = fopen("res", "w");
    int fd2 = fileno(fs2);
    file_info(fd2, "res");
    for (char c = 'a'; c <= 'z'; c++) {
        if (c % 2) {
            fwrite(&c, sizeof(char), 1, fs1);
        } else {
            fwrite(&c, sizeof(char), 1, fs2);
        }
    }
    fclose(fs1);
    file_info(fd1, "res");
    fclose(fs2);
    file_info(fd2, "res");
    return 0;
}
```

Результат работы программы:

```
inode: 147456 size: 0 pos: 0
inode: 147456 size: 0 pos: 0
inode: 147456 size: 13 pos: -1
inode: 147456 size: 13 pos: -1

bdfhjlnprtvxz
```

Анализ программы

Функция fopen() вызывается дважды, она возвращает два указателя на FILE - fs1 и fs2. Оба этих указателя ссылаются на один и тот же файловый дескриптор в системной таблице открытых файлов. Существует три ситуации, когда буфер записи сбрасывается в основной файл:

- Когда буфер полностью заполняется
- При явном вызове fflush() (принудительная запись)
- При закрытии файла с помощью fclose()

В случае, когда файл закрывается, сначала записываются 13 байт из буфера fs1, а затем данные из буфера fs2. При этом информация из буфера fs2 может перезаписать содержимое файла. Чтобы избежать потери данных, при открытии файла рекомендуется использовать флаг O-APPEND, который гарантирует, что все записи будут добавляться в конец файла, а не перезаписывать существующее содержимое.

Однопоточная реализация(с флагом O-APPEND)

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

void file_info(int fd, char *path) {
    struct stat statbuff;
    if (lstat(path, &statbuff) == -1)
        exit(EXIT_FAILURE);
    stat("result", &statbuff);
    printf("inode: %ld ", statbuff.st_ino);
    printf("size: %ld ", statbuff.st_size);
    printf("pos: %ld \n", lseek(fd, 0, SEEK_CUR));
}

int main() {
    int fd1 = open("res", O_WRONLY | O_CREAT | O_APPEND, 0666);
    file_info(fd1, "res");
    int fd2 = open("res", O_WRONLY | O_APPEND);
    file_info(fd2, "res");
    for (char c = 'a'; c <= 'z'; c++) {
        if (c % 2) {
            write(fd1, &c, sizeof(char));
        } else {
            write(fd2, &c, sizeof(char));
        }
    }
    close(fd1);
    file_info(fd1, "res");
    close(fd2);
    file_info(fd2, "res");
    return 0;
}
```

Результат работы программы:

```
inode: 147456 size: 0 pos: 0
inode: 147456 size: 0 pos: 0
inode: 147456 size: 26 pos: -1
inode: 147456 size: 26 pos: -1

abcdefghijklmnopqrstuvwxyz
```

Анализ программы

Программа дважды вызывает системный вызов open() для файла alphabet.txt, получая два файловых дескриптора (fd1 и fd2). Оба вызова используют флаг O_APPEND, который гарантирует, что при любой операции записи файловые указатели автоматически будут устанавливаться в конец файла. Это предотвращает ситуацию, когда данные могут перезаписываться или теряться при параллельной работе с файлом.

Схема связи структур в третьей программе