

Файловый ввод / вывод

Файловые системы языков C и C++

- Язык C++ полностью поддерживает файловую систему языка C
- В языке C++ определена собственная объектно-ориентированная система ввода-вывода, включающая функции и операторы, которые полностью дублируют функциональные возможности средств ввода-вывода языка C



Потоки и файлы

В системе ввода/вывода C для программ поддерживается единый интерфейс, не зависящий от того, к какому конкретному устройству осуществляется доступ.

Система ввода-вывода создает между программистом и устройством абстрактное средство связи

Обобщенное устройство ввода или вывода или устройство более высокого уровня абстракции называется **ПОТОКОМ**

Конкретное физическое устройство называется **файлом**

Под файлом в языке C/C++ понимается все – это может быть файл на диске, консоль, дисплей, терминал, дисковод и принтер

Несмотря на разнообразие физических устройств, файловая система преобразовывает каждое из них в некое логическое устройство – поток.

Все потоки ведут себя похожим образом. И так как они в основном не зависят от физических устройств, то та же функция, которая выполняет запись в дисковый файл, может ту же операцию

▶ выполнять и на другом устройстве, например, на консоли.

Виды потоков

- **Текстовый поток** – это последовательность символов. В стандарте C считается, что текстовый поток организован в виде строк, каждая из которых заканчивается символом новой строки. Однако в конце последней строки этот символ не является обязательным. В текстовом потоке по требованию базовой среды могут происходить определенные преобразования символов. Например, символ новой строки может быть заменен парой символов – возврата каретки и перевода строки. Поэтому может и не быть однозначного соответствия между символами, которые пишутся (читаются), и теми, которые хранятся во внешнем устройстве. Кроме того, количество тех символов, которые пишутся (читаются), и тех, которые хранятся во внешнем устройстве, может также не совпадать из-за возможных преобразований.
- **Бинарный поток** – это последовательность байтов, которая взаимно однозначно соответствует байтам на внешнем устройстве, причем никакого преобразования символов не происходит. Кроме того, количество тех байтов, которые пишутся (читаются), и тех, которые хранятся на внешнем устройстве, одинаково. Однако в конце двоичного потока может добавляться определяемое приложением количество нулевых байтов. Такие нулевые байты, например, могут использоваться для заполнения свободного места в блоке памяти незначащей информацией, чтобы она в точности заполнила

Файлы

- Поток связывают с определенным файлом, выполняя операцию открытия. Как только файл открыт, можно проводить обмен информацией между ним и программой.
- Но не у всех файлов одинаковые возможности. Например, к дисковому файлу прямой доступ возможен, в то время как к некоторым принтерам – нет.
- **Все потоки одинаковы, а файлы – нет.**
- Если файл может поддерживать запросы на местоположение (указатель текущей позиции), то при открытии такого файла указатель текущей позиции в файле устанавливается в начало. При чтении из файла (или записи в него) каждого символа указатель текущей позиции увеличивается, обеспечивая тем самым продвижение по файлу.
- Файл отсоединяется от определенного потока (т.е. разрывается связь между файлом и потоком) с помощью операции закрытия. При закрытии файла, открытого с целью вывода, содержимое (если оно есть) связанного с ним потока записывается на внешнее устройство. Этот процесс, который обычно называют дозаписью потока, гарантирует, что никакая информация случайно не останется в буфере диска. Если программа завершает работу нормально, т.е. либо `main()` возвращает управление операционной системе, либо вызывается `exit()`, то все файлы закрываются автоматически. В случае аварийного завершения работы программы, например, в случае краха или завершения путем вызова `abort()`, файлы не закрываются.
- У каждого потока, связанного с файлом, имеется управляющая структура, содержащая информацию о файле; она имеет тип `FILE`.

Файловая система языка C

- Файловая система языка C состоит из нескольких взаимосвязанных функций. Самые распространенные из них показаны в табл. 1. Для их работы требуется заголовок `<stdio.h>`.
- Заголовок `<stdio.h>` предоставляет прототипы функций ввода/вывода и определяет следующие три типа: `size_t`, `fpos_t` и `FILE`. `size_t` и `fpos_t` представляют собой определенные разновидности такого типа, как целое без знака.
- Кроме того, в `<stdio.h>` определяется несколько макросов: `NULL`, `EOF`, `FOPEN_MAX`, `SEEK_SET`, `SEEK_CUR` и `SEEK_END`. Макрос `NULL` определяет пустой (`null`) указатель. Макрос `EOF`, часто определяемый как `-1`, является значением, возвращаемым тогда, когда функция ввода пытается выполнить чтение после конца файла. `FOPEN_MAX` определяет целое значение, равное максимальному числу одновременно открытых файлов. Другие макросы используются вместе с `fseek()` — функцией, выполняющей операции прямого доступа к файлу.
- *Указатель файла* — это указатель на структуру типа `FILE`. Он указывает на структуру, содержащую различные сведения о файле, например, его имя, статус и указатель текущей позиции в начале файла. Чтобы объявить переменную-указатель файла, используйте такого рода оператор:
FILE *f

Файловая система языка C

Имя	Что делает
<code>fopen()</code>	Открывает файл
<code>fclose()</code>	Закрывает файл
<code>putc()</code>	Записывает символ в файл
<code>fputc()</code>	То же, что и <code>putc()</code>
<code>getc()</code>	Читает символ из файла
<code>fgetc()</code>	То же, что и <code>getc()</code>
<code>fgets()</code>	Читает строку из файла
<code>fputs()</code>	Записывает строку в файл
<code>fseek()</code>	Устанавливает указатель текущей позиции на определенный байт файла
<code>ftell()</code>	Возвращает текущее значение указателя текущей позиции в файле
<code>fprintf()</code>	Для файла то же, что <code>printf()</code> для консоли
<code>fscanf()</code>	Для файла то же, что <code>scanf()</code> для консоли
<code>feof()</code>	Возвращает значение <code>true</code> (истина), если достигнут конец файла
<code>ferror()</code>	Возвращает значение <code>true</code> , если произошла ошибка
<code>rewind()</code>	Устанавливает указатель текущей позиции в начало файла
<code>remove()</code>	Стирает файл

Открытие файла

Функция `fopen()` открывает поток, связывает с этим потоком определенный файл и возвращает указатель этого файла.

Никогда не следует изменять значение этого указателя в программе. Если при открытии файла происходит ошибка, то `fopen()` возвращает пустой (`null`) указатель.

Прототип функции `fopen()`:

```
FILE *fopen(const char *имя_файла, const char *режим);
```

где `имя_файла` — это указатель на строку символов, представляющую собой допустимое имя файла, в которое также может входить спецификация пути к этому файлу. Строка, на которую указывает режим, определяет, каким образом файл будет открыт.



Допустимые значения режима

<i>Режим</i>	<i>Что означает</i>
r	Открыть текстовый файл для чтения. Если файл не существует, работа fopen() завершится отказом
w	Создать текстовый файл для записи. Если файл не существует, то он будет создан. А если он существует, то содержимое, которое хранилось в нем до открытия, будет утеряно, причем будет создан новый файл.
a	Добавить в конец текстового файла . Если файл не существует, то он просто будет создан. Если существует, то все новые данные, которые записываются в него, будут добавляться в конец файла. Содержимое, которое хранилось в нем до открытия не будет.
rb	Открыть двоичный файл для чтения
wb	Создать двоичный файл для записи
ab	Добавить в конец двоичного файла
r+	Открыть текстовый файл для чтения/записи. Если файл не существует, то в режиме открытия r+ он создан не будет. Если файл уже существует, то содержимое останется нетронутым.
w+	Создать текстовый файл для чтения/записи. Если файл не существует, то файл будет создан. Если файл уже существует, то открытие приведет к утрате его содержимого.
a+	Добавить в конец текстового файла или создать текстовый файл для чтения/записи
r+b	Открыть двоичный файл для чтения/записи
w+b	Создать двоичный файл для чтения/записи
a+b	Добавить в конец двоичного файла или создать двоичный файл для чтения/записи

Примеры открытия файла

В следующем коде функция `fopen()` используется для открытия файла по имени `TEST` для записи.

```
FILE *fp;  
fp = fopen("test", "w");
```

Следующий код при открытии файла проверяет наличие ошибки, например, защиту от записи или полный диск, причем проверка осуществляется еще до того, как программа попытается в этот файл что-либо записать.

```
FILE *fp;  
if ((fp = fopen("test","w"))==NULL) {  
    printf("Ошибка при открытии файла.\n");  
    exit(1);  
}
```



Открытие файлов в различных режимах

- Файл можно открыть либо в одном из текстовых, либо в одном из двоичных режимов. В большинстве реализаций в текстовых режимах каждая комбинация кодов возврата каретки (ASCII 13) и конца строки (ASCII 10) преобразуется при вводе в символ новой строки. При выводе же происходит обратный процесс: символы новой строки преобразуются в комбинацию кодов возврата каретки (ASCII 13) и конца строки (ASCII 10). В двоичных режимах такие преобразования не выполняются.
 - Максимальное число одновременно открытых файлов определяется `FOPEN_MAX`. Это значение не меньше 8, но чему оно точно равняется — это должно быть написано в документации по компилятору.
-



Заккрытие файла

Функция `fclose()` закрывает поток, который был открыт с помощью вызова `fopen()`

Функция `fclose()` записывает в файл все данные, которые еще оставались в дисковом буфере, и проводит официальное закрытие файла на уровне операционной системы. Отказ при закрытии потока влечет всевозможные неприятности, включая потерю данных, испорченные файлы и возможные периодические ошибки в программе. Функция `fclose()` также освобождает блок управления файлом, связанный с этим потоком, давая возможность использовать этот блок снова.

Прототип функции `fclose()` такой:

```
int fclose(FILE *fp);
```

где `fp` — указатель файла, возвращенный в результате вызова `fopen()`. Возвращение нуля означает успешную операцию закрытия. В случае же ошибки возвращается EOF.



Запись символов

`putc()` и `fputc()`

Функция `putc()` записывает символы в файл, который с помощью `fopen()` уже открыт в режиме записи. Прототип этой функции следующий:

```
int putc(int ch, FILE *fp);
```

где *fp* — это указатель файла, возвращенный функцией `fopen()`, а *ch* — выводимый символ. Указатель файла сообщает `putc()`, в какой именно файл следует записывать символ. Хотя *ch* и определяется как `int`, однако записывается только младший байт.

Если функция `putc()` выполнилась успешно, то возвращается записанный символ. В противном же случае возвращается EOF.



Чтение символов

`getc()` и `fgetc()`.

Функция `getc()` считывает символ из файла, открытого с помощью `fopen()` в режиме для чтения. Прототип этой функции следующий:

```
int getc(FILE *fp);
```

где *fp* — это указатель файла, имеющий тип `FILE` и возвращенный функцией `fopen()`. Функция `getc()` возвращает целое значение, но символ находится в младшем байте. Если не произошла ошибка, то старший байт (байты) будет обнулен.

Если достигнут конец файла, то функция `getc()` возвращает `EOF`.

Чтобы прочитать символы до конца текстового файла, можно использовать следующий код;

```
do {  
    ch = getc(fp);  
} while(ch!=EOF);
```

Однако `getc()` возвращает `EOF` и в случае ошибки. Для определения того, что же на самом деле произошло, можно использовать `ferror()`.



```
/*KTOD: программа ввода с клавиатуры на диск */
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
int main(int argc, char *argv[]) {
    FILE *fp;
    char ch;
    if(argc!=2) {
        printf("Вы забыли ввести имя
файла.\n");
        exit(1);
    }
    if((fp=fopen(argv[1], "w"))==NULL) {
        printf("Ошибка при открытии
файла.\n");
        exit(1);
    }
    do {
        ch = getchar();
        putc(ch, fp);
    } while (ch != '$');
    fclose(fp);
    return 0;
} ▶
```

```
/* DTOS: программа, которая читает файлы и
выводит их на экран. */
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
int main(int argc, char *argv[])
{
    FILE *fp;
    char ch;
    if(argc!=2) {
        printf("Вы забыли ввести имя
файла.\n");
        exit(1);
    }
    if((fp=fopen(argv[1], "r"))==NULL) {
        printf("Ошибка при открытии файла.\n");
        exit(1);
    }
    ch = getc(fp); /* чтение одного символа */
    while (ch!=EOF) {
        putchar(ch); /* вывод на экран */
        ch = getc(fp);
    }
    fclose(fp);
    return 0;
}
```

Определение конца файла feof()

В языке C имеется функция feof(), которая определяет, достигнут ли конец файла.

Прототип функции feof() такой:

```
int feof(FILE *fp);
```

Если достигнут конец файла, то feof() возвращает true (истина); в противном же случае эта функция возвращает нуль.

Следующий код будет читать двоичный файл до тех пор, пока не будет достигнут конец файла:

```
while(!feof(fp)) ch = getc(fp);
```

Ясно, что этот метод можно применять как к двоичным, так и к текстовым файлам.



Чтение и запись строк

Функция `fgets()` читает строки символов из файла на диске

Функция `fputs()` записывает строки такого же типа в файл, тоже находящийся на диске

Эти функции работают почти как `putc()` и `getc()`, но читают и записывают не один символ, а целую строку.

Прототипы функций `fgets()` и `fputs()` следующие:

```
int fputs(const char *cmp, FILE *fp);  
char *fgets(char *cmp, int длина, FILE *fp);
```

Функция `fputs()` пишет в определенный поток строку, на которую указывает `cmp`. В случае ошибки эта функция возвращает EOF.

Функция `fgets()` читает из определенного потока строку, и делает это до тех пор, пока не будет прочитан символ новой строки или количество прочитанных символов не станет равным `длина-1`. Если был прочитан разделитель строк, он записывается в строку, чем функция `fgets()` отличается от функции `gets()`. Полученная в результате строка будет оканчиваться символом конца строки ('0'). При успешном завершении работы функция возвращает `cmp`, а в случае ошибки — пустой указатель (`null`).



Пример чтения строк с клавиатуры и записи их в файл, который называется TEST

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <string.h>
int main(void){
char str[80]; FILE *fp;
if((fp = fopen("TEST", "w"))==NULL) { printf("Ошибка при открытии файла.\n");
exit(1); }
do {
printf("Введите строку (пустую - для выхода):\n");
gets(str);
strcat(str, "\n"); /* добавление разделителя строк */
fputs(str, fp); }
while(*str!='\n');
return 0;
} ▶
```

Функция `rewind()`

Функция `rewind()` устанавливает указатель текущей позиции в файле на начало файла, указанного в качестве аргумента этой функции. Иными словами, функция `rewind()` выполняет "перемотку" (`rewind`) файла. Вот ее прототип:

```
void rewind(FILE *fp);
```

где *fp* — это допустимый указатель файла.



Функция rewind()

```
int main(void)
{
    char str[80]; FILE *fp;
    if((fp = fopen("TEST", "w+"))==NULL) {
        printf("Ошибка при открытии файла.\n");
        exit(1);
    }
    do {
        printf("Введите строку (пустую - для выхода):\n");
        gets(str);
        strcat(str, "\n"); /* ввод разделителя строк */
        fputs(str, fp);
    } while(*str!='\n');
    rewind(fp); /* установить указатель текущей позиции на начало файла. */
    while(!feof(fp)) {
        fgets(str, 79, fp);
        printf(str);
    }
    return 0;
}
```

Стирание файлов

Функция `remove()` стирает указанный файл. Вот ее прототип:

```
int remove(const char *имя_файла);
```

В случае успешного выполнения эта функция возвращает нуль, а в противном случае – ненулевое значение.



Дозапись потока

Для дозаписи содержимого выводного потока в файл применяется функция `fflush()`. Вот ее прототип:

```
int fflush(FILE *fp);
```

Эта функция записывает все данные, находящиеся в буфере в файл, который указан с помощью *fp*. При вызове функции `fflush()` с пустым (`null`) указателем файла *fp* будет выполнена дозапись во все файлы, открытые для вывода.

После своего успешного выполнения `fflush()` возвращает нуль, в противном случае – EOF.



Функции `fread()` и `fwrite()`

Для чтения и записи данных, тип которых может занимать более 1 байта, в файловой системе языка C имеется две функции: `fread()` и `fwrite()`. Эти функции позволяют читать и записывать блоки данных любого типа. Их прототипы следующие:

```
size_t fread(void *буфер, size_t колич_байт, size_t счетчик, FILE *fp);  
size_t fwrite(const void *буфер, size_t колич_байт, size_t счетчик, FILE *fp);
```

Для `fread()` *буфер* – это указатель на область памяти, в которую будут прочитаны данные из файла. А для `fwrite()` *буфер* – это указатель на данные, которые будут записаны в файл. Значение *счетчик* определяет, сколько считывается или записывается элементов данных, причем длина каждого элемента в байтах равна *колич_байт*. (Вспомните, что тип `size_t` определяется как одна из разновидностей целого типа без знака.) И, наконец, *fp* – это указатель файла, то есть на уже открытый поток.

Функция `fread()` возвращает количество прочитанных элементов. Если достигнут конец файла или произошла ошибка, то возвращаемое значение может быть меньше, чем счетчик. А функция `fwrite()` возвращает количество записанных элементов. Если ошибка не произошла, то возвращаемый результат будет равен значению
▶ счетчик.

/* Запись не символьных данных в дисковый файл
и последующее их чтение. */

```
int main(void) {
    FILE *fp;
    double d = 12.23; int i = 101; long l = 123023L;
    if((fp=fopen("test", "wb+"))==NULL) { printf("Ошибка при открытии файла.\n");
        exit(1); }
    fwrite(&d, sizeof(double), 1, fp);
    fwrite(&i, sizeof(int), 1, fp);
    fwrite(&l, sizeof(long), 1, fp);
    rewind(fp);
    fread(&d, sizeof(double), 1, fp);
    fread(&i, sizeof(int), 1, fp);
    fread(&l, sizeof(long), 1, fp);
    printf("%f %d %ld", d, i, l);
    fclose(fp);
    return 0;
}
```



Пример использования `fread()` и `fwrite()` для чтения и записи данных пользовательского типа

Программа сохраняет адреса в файле. Адреса будут храниться в массиве структур следующего типа:

```
struct addr {  
    char name[30];  
    char street[40];  
    char city[20];  
    char state[3];  
    unsigned long int zip;  
} addr_list[MAX];
```

```
/* Сохранение списка. */  
void save(void)  
{  
    FILE *fp;  
    register int i;  
    if((fp=fopen("maillist", "wb"))==NULL) {  
        printf("Ошибка при открытии файла.\n");  
        return;  
    }  
    for(i=0; i<MAX; i++)  
        if(*addr_list[i].name)  
            if(fwrite(&addr_list[i], sizeof(struct addr), 1, fp)!=1)  
                printf("Ошибка при записи файла.\n");  
    fclose(fp);  
}
```



Стандартные потоки

В начале выполнения программы автоматически открываются три потока:

`stdin` - стандартный поток ввода

`stdout` - стандартный поток вывода

`stderr` - стандартный поток ошибок

Обычно эти потоки направляются к консоли, но в средах, которые поддерживают перенаправление ввода/вывода, они могут быть перенаправлены операционной системой на другое устройство

Так как стандартные потоки являются указателями файлов, то они могут использоваться системой ввода/вывода языка C также для выполнения операций ввода/вывода на консоль.

Например, `putchar()` может быть определена таким образом:

```
int putchar(char c)
{
    return putc(c, stdout);
}
```

Вообще говоря, `stdin` используется для считывания с консоли, а `stdout` и `stderr` — для записи на консоль.

В роли указателей файлов потоки `stdin`, `stdout` и `stderr` можно применять в любой функции, где используется переменная типа `FILE *`.

Например, для ввода строки с консоли можно написать примерно такой вызов `fgets()`:

```
char str[255];
fgets(str, 80, stdin);
```

