Chuỗi ký tự và tập tin

Kỹ thuật lập trình

ThS. Đặng Bình Phương (dbphuong@fit.hcmus.edu.vn)

Nội dung

- Các dạng chuỗi ký tự
- Các dạng ký tự và chuỗi mở rộng
- Các dạng tập tin theo góc độ người lập trình
- Các thao tác trên tập tin
- Kỹ thuật lập trình trên tập tin
- Các vấn đề tìm hiểu mở rộng kiến thức nghề nghiệp
- Thuật ngữ tiếng Anh và bài đọc thêm tiếng Anh

Các dạng chuỗi ký tự

Khái niệm

- Dữ liệu chuỗi là một chuỗi ký tự giống như đối số của hàm printf() như "Hello, World", "Data.txt"
- C/C++ không xây dựng sẵn kiểu dữ liệu cơ sở dạng chuỗi mà thay bằng cách sau:
  - NNLT C: sử dụng mảng ký tự theo qui ước chuỗi ký tự.
  - NNLT C++: sử dụng lớp string của thư viện chuẩn (C++ STL).

Chuỗi ký tự trong C

- Khái niệm
  - NNLT C sử dụng mảng các phần tử kiểu char để lưu chuỗi ký tự và qui ước ký tự kết thúc chuỗi là '\0' (ký tự có mã ASCII là 0).
  - Một mảng ký tự gồm n phần tử lưu được một chuỗi tối đa n – 1 ký tự.
- Ví dụ

```
char str[10] = "tab";
char* name = "KTLT";
```

Chuỗi ký tự trong C

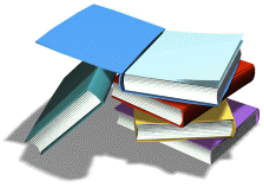
- Một số điểm lưu ý
  - Người lập trình phải chủ động kiểm soát số lượng ký tự tối đa của chuỗi ký tự, không để xảy ra dùng lố số lượng tối đa.
  - Không thể gán giá trị, cũng không thể sử dụng các phép toán như + (ghép chuỗi), > (lớn hơn), < (nhỏ hơn). Thay vào đó là dùng các hàm thư viện trong <string.h>

Chuỗi ký tự trong C

- Các thao tác trên chuỗi được thực hiện nhờ các hàm chuỗi ký tự của thư viện các hàm khai báo trong <string.h>
  - ***strlen()***: trả về độ dài chuỗi.
  - ***strcat()***: nối chuỗi.
  - ***strcpy()***: sao chép chuỗi.
  - ***strdup()***: tạo chuỗi.
  - ***strcmp(), stricmp()***: so sánh chuỗi.
  - ***strchar()***: tìm ký tự trong chuỗi.
  - ***strstr()***: tìm chuỗi trong chuỗi.
  - ***strlwr(), strupr()***: đổi thành chuỗi thường, chuỗi in.
  - ***strrev()***: đảo chuỗi.
  - ***strtok()***: tách chuỗi.

Hàm thư viện trong <string.h>

size_t strlen(const char* s)



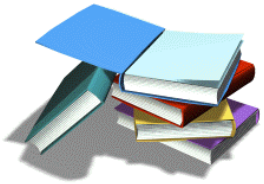
Tính độ dài chuỗi s.
size_t thay cho unsigned (trong <stddef.h>) dùng để đo các đại lượng không dấu.

- Độ dài chuỗi s (không tính ký tự kết thúc)

```
char s[] = "Visual C++ 6.0";
int len = strlen(s);        // => 14
```

Hàm thư viện trong <string.h>

char* strcat(char* dest, const char* src)



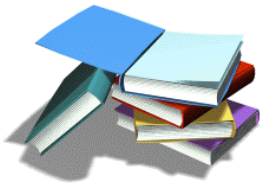
Nối chuỗi src vào sau chuỗi dest.
! Chuỗi dest phải đủ chứa kết quả

- Con trỏ đến chuỗi được nối.

```
char s1[100] = "Visual C++";
char s2[] = "6.0";
strcat(s1, " ");   // => "Visual C++ "
strcat(s1, s2);    // => "Visual C++ 6.0"
```

Hàm thư viện trong <string.h>

char* strcpy(char* dest, const char* src)



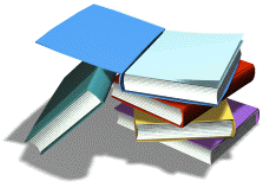
Sao chép chuỗi src sang chuỗi dest, dừng khi ký tự kết thúc chuỗi '\0' vừa được chép.
! dest phải đủ lớn để chứa src

- Con trỏ dest.

```
char s[100];
s = "Visual C++ 6.0";          // sai
strcpy(s, "Visual C++ 6.0");   // đúng
```

Hàm thư viện trong <string.h>

char* strdup(const char* s)



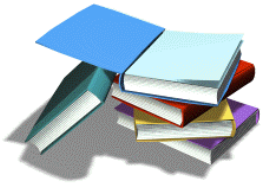
Tạo bản sao của một chuỗi s cho trước. Hàm sẽ tự tạo vùng nhớ dài strlen(s) + 1 (bytes) để chứa chuỗi s. Phải tự hủy vùng nhớ này khi không sử dụng nữa.

- Thành công: trả về con trỏ đến vùng nhớ chứa chuỗi bản sao.
- Thất bại: trả về NULL.

```
char *s;
s = strdup("Visual C++ 6.0");
```

Hàm thư viện trong <string.h>

char* strlwr(char* s)



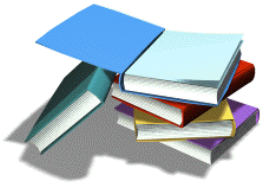
Chuyển chuỗi s thành chuỗi thường ('A' thành 'a', 'B' thành 'b', ..., 'Z' thành 'z')

- Con trỏ đến chuỗi s.

```
char s[] = "Visual C++ 6.0";
strlwr(s);
puts(s);            // visual c++ 6.0
```

Hàm thư viện trong <string.h>

char* strupr(char* s)



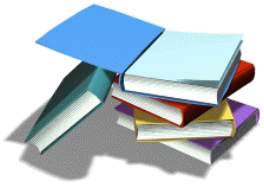
Chuyển chuỗi s thành chuỗi IN ('a' thành 'A', 'b' thành 'B', …, 'z' thành 'Z')

- Con trỏ đến chuỗi s.

```
char s[] = "Visual C++ 6.0";
strupr(s);
puts(s);            // VISUAL C++ 6.0
```

Hàm thư viện trong <string.h>

char* strrev(char* s)



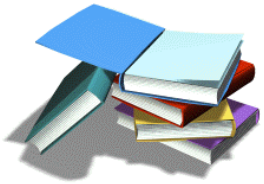
Đảo ngược thứ tự các ký tự trong chuỗi s (trừ ký tự kết thúc chuỗi).

- Con trỏ đến chuỗi kết quả.

```
char s[] = "Visual C++ 6.0";
strrev(s);
puts(s);          // 0.6 ++C lausiV
```

Hàm thư viện trong <string.h>

int strcmp(const char* s1, const char* s2)



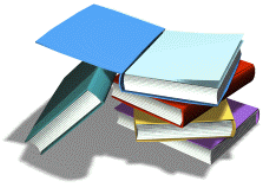
So sánh hai chuỗi s1 và s2 (phân biệt hoa thường).

- < 0 nếu s1 < s2
- == 0 nếu s1 == s2
- >0 nếu s1 > s2

```
char s1[] = "visual C++ 6.0";
char s2[] = "Visual C++ 6.0";
int kq = strcmp(s1, s2); // => kq > 0
```

Hàm thư viện trong <string.h>

int stricmp(const char* s1, const char* s2)



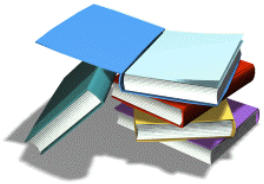
So sánh hai chuỗi s1 và s2 (không phân biệt hoa thường).

- < 0 nếu s1 < s2
- == 0 nếu s1 == s2
- >0 nếu s1 > s2

```
char s1[] = "visual c++ 6.0";
char s2[] = "VISUAL C++ 6.0";
int kq = stricmp(s1, s2);// => kq == 0
```

Hàm thư viện trong <string.h>

char* strstr(const char* s1, const char* s2)



Tìm vị trí xuất hiện đầu tiên của s2 trong s1

- Thành công: trả về con trỏ đến vị trí xuất hiện đầu tiên của s2 trong s1.
- Thất bại: trả về null.

```
char s1[] = "Visual C++ 6.0";
char s2[] = "C++";
if (strstr(s1, s2) != null)
        cout << "Tim thay s2 trong s1...";
```

Kiểu chuỗi string trong STL

- Khái niệm
  - Thư viện chuẩn STL của C++ có hỗ trợ kiểu string cùng với các phép toán và phương thức khá tiện lợi cho người lập trình.
  - Cần phải có các chỉ thị sau đây ở đầu chương trình: #include <string> và using namespace std;
  - Các toán tử thường dùng:
    - Gán: =
    - Ghép chuỗi: +
    - So sánh theo thứ tự từ điển: > >= < <= == !=

Kiểu chuỗi string trong STL

- Các phương thức của kiểu string
  - ***length()***: trả về chiều dài chuỗi.
  - ***substr()***: trích ra chuỗi con.
  - ***insert()***: chèn ký tự hoặc chuỗi vào chuỗi cho trước.
  - ***erase()***: xóa một số ký tự tại vị trí cho trước.
  - ***find(), find_first_of()***: tìm ký tự hoặc chuỗi trong chuỗi cho trước từ trái sang phải.
  - ***replace()***: thay thế một đoạn con trong chuỗi cho trước.
  - ***rfind(), find_last_of()***: ngược với find() và find_first_of().
  - ***find_first_not_of(), find_last_not_of()***: tìm vị trí đầu tiên/cuối cùng khác với ký tự hay chuỗi cho trước.
  - ***swap()***: hoán chuyển nội dung 2 chuỗi.
  - ***char* c_str()***: trả về chuỗi ký tự dạng cũ của C (ký tự kết thúc NULL).

Các dạng ký tự và chuỗi mở rộng

Các dạng ký tự và chuỗi mở rộng

- Ký tự Unicode và UTF-8.
- Dạng chuỗi ký tự mở rộng.
- Chuỗi ký tự tiếng Việt và chuyển đổi mã.
- Các hàm xử lý chuỗi ký tự mở rộng.

Các dạng tập tin theo góc độ người lập trình

Giới thiệu về tập tin

- Việc lập trình với tập tin nhằm để lưu trữ dữ liệu của chương trình vào bộ nhớ phụ và truy xuất trở lại dữ liệu này khi cần thiết. Thông thường dữ liệu lưu trữ là các tập tin trên đĩa.
- Về mặt kỹ thuật lập trình, người ta xem có hai dạng tập tin chính là tập tin văn bản thô và tập tin tin nhị phân.

Tập tin văn bản thô

- Đây là dạng tập tin văn bản có cấu trúc đơn giản và thông dụng nhất, có thể xem nội dung và sửa chữa bằng các lệnh của hệ điều hành hay những chương trình soạn thảo văn bản đơn giản.
- Thông thường được lưu trữ trên đĩa dưới dạng .txt.
- Hầu hết mã nguồn chương trình hiện nay đều lưu trữ trên đĩa dưới dạng tập tin văn bản thô.
- Nội dung gồm các ký tự 8-bit
    - Các ký tự thấy được có mã từ 0x20 trở lên.
    - Các ký tự điều khiển có mã nhỏ hơn 0x20.

Tập tin văn bản thô mở rộng

- Có thể lưu các ký tự Unicode hay ký tự nhiều byte (multi-byte character).
- Hai cấu trúc văn bản thô mở rộng thông dụng nhất là:
  - Unicode text: lưu các ký tự UTF-16.
  - UTF-8: lưu các ký tự độ dài biến động từ 1 đến 4 byte.

Tập tin nhị phân

- Là các tập tin không có cấu trúc như tập tin văn bản thô.
- Mỗi tập tin bao gồm một dãy các byte dữ liệu, gồm 2 dạng:
  - Các byte tuần tự không liên quan nhau về mặt cấu trúc tổ chức tập tin.
  - Được cấu trúc hóa tùy theo qui ước của phần mềm tạo ra tập tin.

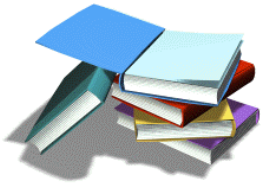
Các thao tác trên tập tin

Các bước để lập trình tập tin

- Bao gồm 3 bước chính:
  - **Bước 1**. Mở tập tin, người lập trình cần phải đưa vào đường dẫn và tên tập tin chính xác.
  - **Bước 2**. Sử dụng tập tin (sau khi đã mở tập tin thành công).
    - Đọc dữ liệu từ tập tin đưa vào biến bộ nhớ trong chương trình.
    - Ghi dữ liệu từ biến bộ nhớ trong chương trình lên tập tin.
  - **Bước 3**. Đóng tập tin (sau khi đã hoàn tất các công việc cần thiết).

Hàm mở tập tin

FILE *fopen(const char *filename, const char *mode)



Mở tập tin có tên (đường dẫn) là chứa trong filename với kiểu mở mode (xem bảng).

- Thành công: con trỏ kiểu cấu trúc FILE
- Thất bại: NULL (sai quy tắc đặt tên tập tin, không tìm thấy ổ đĩa, không tìm thấy thư mục, mở tập tin chưa có để đọc, …)

```
FILE* fp = fopen("taptin.txt", "rt");
if (fp == NULL)
        printf("Khong mo duoc tap tin!");
```

Đối số mở tập tin (mode)

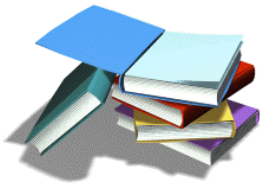
Đối số	Ý nghĩa
b	Mở tập tin kiểu nhị phân (binary)
t	Mở tập tin kiểu văn bản (text) (mặc định)
r	Mở tập tin chỉ để đọc dữ liệu từ tập tin. Trả về NULL nếu không tìm thấy tập tin.
w	Mở tập tin chỉ để ghi dữ liệu vào tập tin. Tập tin sẽ được tạo nếu chưa có, ngược lại dữ liệu trước đó sẽ bị xóa hết.
a	Mở tập tin chỉ để thêm (append) dữ liệu vào cuối tập tin. Tập tin sẽ được tạo nếu chưa có.
r+	Giống mode r và bổ sung thêm tính năng ghi dữ liệu và tập tin sẽ được tạo nếu chưa có.
w+	Giống mode w và bổ sung thêm tính năng đọc.
a+	Giống mode a và bổ sung thêm tính năng đọc.

Đọc và ghi dữ liệu (stdio.h)

- Thực hiện đọc/ghi dữ liệu theo các cách sau:
  - Nhập/xuất theo định dạng
    - Hàm: fscanf, fprintf
    - Chỉ dùng với tập tin kiểu văn bản.
  - Nhập/xuất từng ký tự hay dòng lên tập tin
    - Hàm: getc, fgetc, fgets, putc, fputs
    - Chỉ nên dùng với kiểu văn bản.
  - Đọc/ghi trực tiếp dữ liệu từ bộ nhớ lên tập tin
    - Hàm: fread, fwrite
    - Chỉ dùng với tập tin kiểu nhị phân.

Hàm xuất theo định dạng

int fprintf(FILE *fp, char *fnt, …)



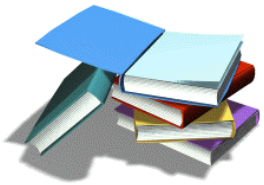
Ghi dữ liệu có chuỗi định dạng fnt (giống hàm printf) vào stream fp.
Nếu fp là stdout thì hàm giống printf.

- Thành công: trả về số byte ghi được.
- Thất bại: trả về EOF (có giá trị là -1, được định nghĩa trong STDIO.H, sử dụng trong tập tin có kiểu văn bản)

```
int i = 2912; int c = 'P'; float f = 17.06;
FILE* fp = fopen("taptin.txt", "wt");
if (fp != NULL)
        fprintf(fp, "%d %c %.2f\n", i, c, f);
```

Hàm nhập theo định dạng

int fscanf(FILE *fp, char *fnt, ...)



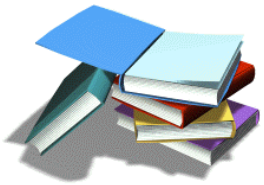
Đọc dữ liệu có chuỗi định dạng fnt (giống hàm scanf) từ stream fp.
Nếu fp là stdin thì hàm giống printf.

- Thành công: trả về số thành phần đọc và lưu trữ được.
- Thất bại: trả về EOF.

```
int i;
FILE* fp = fopen("taptin.txt", "rt");
if (fp != NULL)
        fscanf(fp, "%d", &i);
```

Hàm nhập ký tự

int getc(FILE *fp) và int fgetc(FILE *fp)



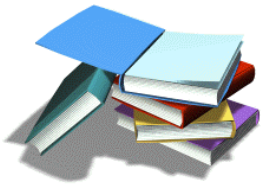
Đọc một ký tự từ stream fp.
getc là macro còn fgetc là phiên bản hàm của macro getc.

- Thành công: trả về ký tự đọc được sau khi chuyển sang số nguyên không dấu.
- Thất bại: trả về EOF khi kết thúc stream fp hoặc gặp lỗi.

```
char ch;
FILE* fp = fopen("taptin.txt", "rt");
if (fp != NULL)
        ch = getc(fp); // ⇔ ch = fgetc(fp);
```

Hàm nhập chuỗi

int fgets(char *str, int n, FILE *fp)



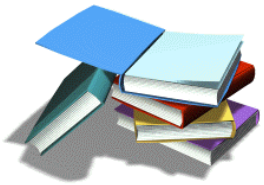
Đọc một dãy ký tự từ stream fp vào vùng nhớ str, kết thúc khi đủ n-1 ký tự hoặc gặp ký tự xuống dòng.

- Thành công: trả về str.
- Thất bại: trả về NULL khi gặp lỗi hoặc gặp ký tự EOF.

```
char s[20];
FILE* fp = fopen("taptin.txt", "rt");
if (fp != NULL)
        fgets(s, 20, fp);
```

Hàm xuất ký tự

int putc(int ch, FILE *fp) và int fputc(in ch, FILE *fp)



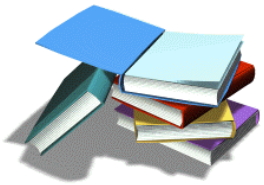
Ghi ký tự ch vào stream fp.
putc là macro còn fputc là phiên bản hàm của macro putc.

- Thành công: trả về ký tự ch.
- Thất bại: trả về EOF.

```
FILE* fp = fopen("taptin.txt", "rt");
if (fp != NULL)
        putc('a', fp); // hoặc fputc('a', fp);
```

Hàm xuất chuỗi

int fputs(const char *str, FILE *fp)



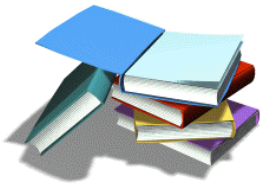
Ghi chuỗi ký tự str vào stream fp. Nếu fp là stdout thì fputs giống hàm puts, nhưng puts ghi ký tự xuống dòng.

- Thành công: trả về ký tự cuối cùng đã ghi.
- Thất bại: trả về EOF.

```
char s[] = "Ky thuat lap trinh";
FILE* fp = fopen("taptin.txt", "wt");
if (fp != NULL)
        fputs(s, fp);
```

Hàm xuất trực tiếp

int fwrite(void *buf, int size, int count, FILE *fp)



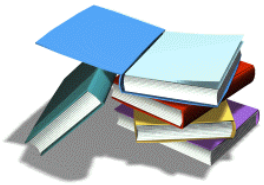
Ghi count mẫu tin có kích thước mỗi mẫu tin là size (byte) từ vùng nhớ buf vào stream fp (theo kiểu nhị phân).

- Thành công: trả về số lượng mẫu tin (không phải số lượng byte) đã ghi.
- Thất bại: số lượng nhỏ hơn count.

```
int a[] = {1, 2, 3};
FILE* fp = fopen("taptin.dat", "wb");
if (fp != NULL)
        fwrite(a, sizeof(int), 3, fp);
```

Hàm nhập trực tiếp

int fread(void *buf, int size, int count, FILE *fp)



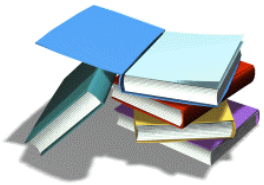
Đọc count mẫu tin có kích thước mỗi mẫu tin là size (byte) vào vùng nhớ buf từ stream fp (theo kiểu nhị phân).

- Thành công: trả về số lượng mẫu tin (không phải số lượng byte) thật sự đã đọc.
- Thất bại: số lượng nhỏ hơn count khi kết thúc stream fp hoặc gặp lỗi.

```
int a[5];
FILE* fp = fopen("taptin.dat", "wb");
if (fp != NULL)
        fread(a, sizeof(int), 3, fp);
```

Hàm đóng tập tin xác định

int fclose(FILE *fp)



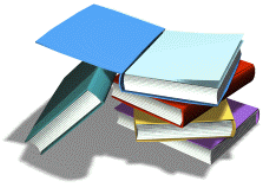
Đóng stream fp.
Dữ liệu trong stream fp sẽ được "vét" (ghi hết lên đĩa) trước khi đóng.

- Thành công: trả về 0.
- Thất bại: trả về EOF.

```
FILE* fp = fopen("taptin.txt", "rt");
...
fclose(fp);
```

Hàm đóng tất cả stream

int fcloseall()



Đóng tất cả stream đang được mở ngoại trừ các stream chuẩn stdin, stdout, stdprn, stderr, stdaux.
Nên đóng từng stream thay vì đóng tất cả.

- Thành công: trả về số lượng stream được đóng.
- Thất bại: trả về EOF.

```
FILE* fp1 = fopen("taptin1.txt", "rt");
FILE* fp2 = fopen("taptin2.txt", "wt");
...
fcloseall();
```

Con trỏ chỉ vị (position indicator)

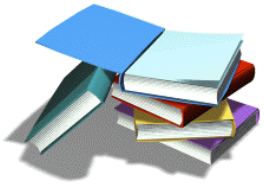
- Khái niệm
  - Được tạo tự động khi mở tập tin.
  - Xác định nơi diễn ra việc đọc/ghi trong tập tin
- Vị trí con trỏ chỉ vị
  - Khi tập tin chưa mở: ở đầu tập tin (giá trị 0).
  - Khi mở tập tin:
    - Ở cuối tập tin khi mở để chèn (mode a hay a+)
    - Ở đầu tập tin (hay giá trị 0) khi mở với các mode khác (w, w+, r, r+).

Truy xuất tuần tự & ngẫu nhiên

- Truy xuất tuần tự (sequentially access)
  - Phải đọc/ghi dữ liệu từ vị trí con trỏ chỉ vị đến vị trí n-1 trước khi đọc dữ liệu tại vị trí n.
  - Không cần quan tâm đến con trỏ chỉ vị do con trỏ chỉ vị tự động chuyển sang vị trí kế tiếp sau thao tác đọc/ghi dữ liệu.
- Truy xuất ngẫu nhiên (random access)
  - Có thể đọc/ghi tại vị trí bất kỳ trong tập tin mà không cần phải đọc/ghi toàn bộ dữ liệu trước đó => quan tâm đến con trỏ chỉ vị.

Hàm đặt lại vị trí con trỏ chỉ vị

void rewind(FILE *fp)



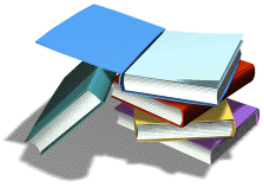
Đặt lại vị trí con trỏ chỉ vị về đầu (byte 0) tập tin fp.

- Không

```
FILE* fp = fopen("taptin.txt", "w+");
fprintf(fp, "0123456789");
rewind(fp);
fprintf(fp, "*****");
```

Hàm tái định vị con trỏ chỉ vị

int fseek(FILE *fp, long offset, ing origin)



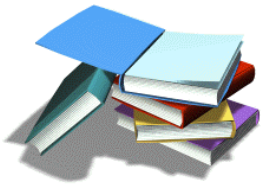
Đặt vị trí con trỏ chỉ vị trong stream fp với vị trí offset so với cột mốc origin (SEEK_SET hay 0: đầu tập tin; SEEK_CUR hay 1: vị trí hiện tại; SEEK_END hay 2: cuối tập tin)

- Thành công: trả về 0.
- Thất bại: trả về giá trị khác 0.

```
FILE* fp = fopen("taptin.txt", "w+");
fseek(fp, 0L, SEEK_SET);  // ⇔ rewind(fp);
fseek(fp, 0L, SEEK_END); // cuối tập tin
fseek(fp, -2L, SEEK_CUR);// lùi lại 2 vị trí
```

Hàm xác định vị trí con trỏ chỉ vị

long ftell(FILE *fp)



Hàm trả về vị trí hiện tại của con trỏ chị vị (tính từ vị trí đầu tiên của tập tin, tức là 0) của stream fp.

- Thành công: trả về vị trí hiện tại của con trỏ chỉ vị.
- Thất bại: trả về -1L.

```
FILE* fp = fopen("taptin.txt", "rb");
fseek(fp, 0L, SEEK_END);
long size = ftell(fp);
printf("Kich thuoc tap tin la %ld\n", size);
```

Kỹ thuật lập trình trên tập tin

Kỹ thuật lập trình trên tập tin

- Lập trình trên tập tin gồm các mẩu tin
- Các thuật toán trên tập tin nhị phân (thao tác vật lý không quan tâm cấu trúc nội dung tập tin)
  - Tính kích thước, cắt, ghép
  - Xáo trộn, phục hồi, mã hóa, giải mã
  - Nén và giải nén
- Lập trình trên các tập tin có cấu trúc
  - Kiểm tra dạng tập tin dựa trên các ràng buộc
  - Thao tác trên tập tin ảnh BMP
  - Xuất dữ liệu ra tập tin HTML
  - Đọc, ghi, chuyển đổi các tập tin văn bản dạng mở rộng (Unicode 16 và UTF-8)

Các vấn đề mở rộng kiến thức nghề nghiệp

Tìm hiểu thêm

- Kiến trúc thư viện nhập xuất trong C++
- Cấu trúc của một vài tập tin cơ sở dữ liệu
- Cấu trúc của một số tập tin ảnh
- Tập tin XML và việc lập trình

Thuật ngữ
và bài đọc thêm tiếng Anh

Thuật ngữ tiếng Anh

- ***binary file***: tập tin nhị phân.
- ***end of file, EOF character***: ký hiệu kết thúc tập tin.
- ***file processing***: xử lý tập tin.
- ***Hypertext Markup Language***: ngôn ngữ HTML dùng để lưu trữ tập tin văn bản thô có cấu trúc được dùng cho các trình duyệt web.
- ***line***: dòng (văn bản).
- ***multi-byte character***: ký tự được lưu trữ bằng nhiều byte.
- ***random access***: truy xuất ngẫu nhiên.
- ***read only***: chỉ được phép đọc.
- ***record (danh từ)***: mẩu tin.
- ***Rich Text Format***: định dạng RTF, lưu trên đĩa dưới dạng các văn bản ASCII có cấu trúc, dùng để lưu trữ các văn bản phức hợp có cả thông tin định dạng lẫn bản biểu, hình ảnh.
- ***sequentially access***: truy xuất tuần tự.

Thuật ngữ tiếng Anh

- ***string***: chuỗi ký tự.
- ***string elements***: các phần tử (ký tự) nằm trong một chuỗi.
- ***string functions***: các hàm thao tác trên chuỗi ký tự.
- ***string operator***: phép toán thao tác trên chuỗi ký tự.
- ***stream***: khái niệm dùng trong lập trình bằng ngôn ngữ C/C++, chỉ dòng dữ liệu nhập xuất, được dùng khi đọc ghi dữ liệu tập tin hay thiết bị nhập xuất.
- ***tab***: ký tự tab (tương đương với một số khoảng trống khi hiển thị).
- ***text file, plain text, ASNI text (hay ASCII text)***: nói chung về định dạng văn bản đơn giản được soạn bằng các trình soạn thảo thông dụng của các hệ điều hành.
- ***Unicode text, UTF-8 text***: các định dạng văn bản thô dạn mở rộng, mỗi ký tự chiếm nhiều byte lưu trữ trong bộ nhớ hay trên đĩa.

Bài đọc thêm tiếng Anh

- **Theory and Problems of Fundamentals of Computing with C++**, John R.Hubbard, Schaum's Outlines Series, McGraw-Hill, 1998.