Programování v jazyce C

7 Vstupně-výstupní operace

- Knihovna stdio
- Koncepce proudů
- Vstupně-výstupní operace
- Formátování vstupů a výstupů
- Funkce pro práci s proudy a soubory
- Ošetřování chybových stavů

stdio (= Standard Input/Output)
Knihovna vstupně-výstupních operací

- Funkce a datové typy pro vstupně-výstupní operace jsou v knihovně **stdio** ⇒ připojit hlavičkový soubor příkazem preprocesoru: `#include <stdio.h>`

- **stdio** obsahuje mj. prototypy nejznámějších funkcí jazyka C – „základních" funkcí **`printf(·)`** a **`scanf(·)`**:

```
#include <stdio.h>

void main() {
  char name[128] = {0};

  printf("Type your name: ");
  scanf("%s", name);
  printf("Hello, %s!\n", name);
}
```

některé překladače, např. **gcc**, přeloží uvedený kód i bez připojení knihovny, jen s warningem...

stdio (= Standard Input/Output)
Koncept tzv. streamů čili proudů

- Knihovna **stdio** používá k práci s fyzickými zařízeními (klávesnice, terminál, tiskárna, diskový soubor, apod.) koncept tzv. ***proudů bytů*** *(Byte Streams)* – původ. myšlenka pochází z vývoje UNIXu (Mike Lesk @ Bell Labs, 70. léta 20. stol.), proto ve Windows mnohdy nefunguje úplně přirozeně;

- ***stream*** je abstrakce, která dovoluje obsluhovat všechna zařízení jednotným způsobem;

- streamy mají společné vlastnosti nezávislé na konkrétních vlastnostech zařízení, se kterým jsou spojené – např. **přístupová oprávnění** (jen pro čtení/pro čtení i zápis), **povaha dat** (text/binární), **vyrovnávací paměť** (*fully buffered*, *line buffered*, *unbuffered*), **orientace**, atd.

- streamy mají určité vnitřní stavové proměnné, indikátory.

stdio (= Standard Input/Output)
Koncept tzv. streamů čili proudů

- Streamy mohou být **vstupní** a/nebo **výstupní**;
- streamy mají určité **vnitřní stavové proměnné**, indikátory: **indikátor chyby** (*Error Indicator*), **indikátor konce** (*End-Of-File Indicator*), **indikátor pozice** (*Position Indicator*);
- indikátory nejsou programátorovi přímo přístupné, ale pracují s nimi knihovní funkce, např. funkce `int feof(·)` vrací hodnotu indikátoru *End-Of-File*, tj. zjišťuje, zda bylo dosaženo konce streamu;
- stream je přístupný prostřednictvím tzv. ***handle*** – instance ukazatele na proměnnou typu `FILE`, např.: `FILE *f;`

Datový typ FILE
Stavová a referenční proměnná proudu

- Tzv. **neprůhledný datový typ** (*Opaque Type*) – norma jazyka C stanovuje, že tento typ musí být v knihovně definován, ale nepředepisuje jak! (tj. různé implementace knihovny mohou tento typ definovat různě, např. MSVC vs GCC)

⇒ **programátor** se **nesmí** pokoušet **pracovat s tímto typem přímo** (přistupovat k jeho složkám), ale vždy jej jen předává jako referenční proměnnou daného streamu příslušným funkcím...

```
⋮
FILE *inpf = fopen("test.dat", "w");
fputs("Hello!\n", inpf);
fclose(inpf);
⋮
```

Datový typ FILE
Různé překladače – různé implementace

- Složky struktury nejsou normou jazyka C předepsány;
- definice struktury **`FILE`** z knihovny překladače *Open Watcom Compiler Suite for C, C++, and F77*:

```
typedef struct __iobuf {
    unsigned char   *_ptr;      /* next char
    int              _cnt;      /* number of
    struct __s_link *_link;     /* location
    unsigned         _flag;     /* mode of f
    int              _handle;   /* file hand
    unsigned         _bufsize;  /* size of b
    unsigned short   _ungotten; /* used by u
} FILE;
```

Jakýkoliv pokus o práci přímo s položkami struktury (byť může fungovat) vede k **nepřenositelnému programu**!

Datový typ FILE
Různé překladače – různé implementace

- Definice struktury **`FILE`** z knihovny překladače *Borland C/C++ Compiler 5.5*:

```
typedef struct {
    unsigned char  *curp;    /* Current active
    unsigned char  *buffer;  /* Data transfer
    int             level;   /* fill/empty lev
    int             bsize;   /* Buffer size */
    unsigned short  istemp;  /* Temporary file
    unsigned short  flags;   /* File status fl
    wchar_t         hold;    /* Ungetc char if
    char            fd;      /* File descripto
    unsigned char   token;   /* Used for valid
} FILE;
```

Jakýkoliv pokus o práci přímo s položkami struktury (byť může fungovat) vede k **nepřenositelnému programu**!

Vztah proudu a diskového souboru
Různé úrovně abstrakce

- Proud představuje **vyšší úroveň abstrakce**, diskový soubor je jedna konkrétní realizace proudu;
- proud definuje pouze **mechanismus čtení/zápisu dat**, nikoliv např. uspořádání dat na médiu, operace s daty na médiu (jako je např. kopírování, přesouvání, mazání, přejmenování, apod.) – to je věcí operačního systému, knihovní funkce většinou jen žádají OS o provedení příslušné akce;
- proudy lze definovat i pro zařízení bez souborového systému (např. I/O porty, paměť, síťová zařízení, konzole, atp.);
- proudy lze **přesměrovat** (*Redirect*) a **zřetězit** (*Pipeline*), tzn. data zapisovaná do jednoho proudu se mohou ukládat do jiného proudu a jeden proud může být zdrojem dat pro jiný.

Standardní proudy
otevřené od počátku vykonávání programu

- V okamžiku předání řízení funkci **`int main(·)`** jsou k dispozici otevřené 3 předdefinované, tzv. **standardní proudy**;

- představují základní komunikační kanály, které může běžící proces využívat:

```
FILE *stdin;
```
standardní vstup, tj. **klávesnice** konzole

```
FILE *stdout;
```
standardní výstup, tj. **display** konzole

```
FILE *stderr;
```
standardní chybový výstup, většinou **také display** konzole (na Macu samostatné okno)

za normálních okolností směřují všechny 3 do konzole, ze které byl program spuštěn (ale lze je přesměrovat)...

Standardní proudy
Přesměrování a zřetězení (prostředky OS)

- Cíl/zdroj dat proudu lze **přesměrovat** prostředky operačního systému:

proud **`stdout`** (výstup na display konzole) je přesměrován do souboru **`outf.txt`**

```
E:\C-Prog\demos>test.exe > outf.txt
E:\C-Prog\demos>test.exe < text1.txt
```

proud **`stdin`** (vstup z klávesnice konzole) je „krmen” daty ze souboru **`text1.txt`**

- **Zřetězení** (*Pipeline*) – výstup (**`stdout`**) příkazu **`type`** (ale obecně jakéhokoliv programu) „krmí” vstup (**`stdin`**) programu **`test.exe`**:

```
E:\C-Prog\demos>type outf.txt | test.exe
```

Standardní proudy
Přesměrování prostředky knihovny jazyka C

- **Přesměrování** lze dosáhnout také programově:

```
#include <stdio.h>

void main() {
  fclose(stdout);
  stdout = fopen("test.txt", "w");

  printf("Hello, world!\n");
}
```

Standardní proudy jsou normální proměnné, které je možné přiřazovat (teorie).

POZOR: V některých implementacích (GCC, MSVC) je **`stdin`/`out`/`err`** makro, tzn. nelze přiřadit (není to L-value)!

Standardní proudy
Přesměrování prostředky knihovny jazyka C

- Programové **přesměrování** v případě definice proudů **`std`**… jako maker:

```
#include <stdio.h>

void main() {
   fclose(stdout);
   freopen("test.txt", "w", stdout);

   printf("Hello, world!\n");
}
```

Zde je R-value OK!

výstup řetězce funkcí **`printf(·)`** proběhne do souboru místo na display konzole

Práce s proudy/soubory
Otevření a uzavření

- Každý otevřený proud/soubor musí mít svojí referenční proměnnou typu **`FILE *`**, jinak není možné s ním pracovat (nebylo by jak sdělit příslušným funkcím, s jakým souborem mají operovat):

```
#include <stdio.h>

void main() {
  FILE *f;

  f = fopen("test.txt", "w");
  fputs("Hello!\n", inpf);
  fclose(f);
}
```

název souboru, který se má otevřít

režim dat
w = zápis (*Write*)

uzavření souboru
velmi důležité – vyprazdňuje vyrovnávací paměť proudu, tj. data z v. p. jsou zapsána na disk – to lze vynutit kdykoliv voláním funkce **`int fflush(·)`**

Otevření souboru a otázka přenositelnosti
Zápis absolutních cest, apod.

- Je-li uvedena celá (absolutní) cesta, včetně např. disku (ve Windows), může nastat problém při přenosu na UNIX:

```
f = fopen("C:\\Windows\\err.log", "r");
```

zpětné lomítko **musí být** v řetězci zdvojeno (jinak uvozuje escape sekvenci)

disk (Win) a **svazek** (UNIX) jsou natolik odlišné koncepce, že knihovna neposkytuje žádné konverzní mechanismy

UNIX: OK, přirozené;
Win: ? – záleží na implementaci knihovny (většinou se to převede na \)

```
f = fopen("testdir/test.txt", "w");
```

- **Řešit podmíněným překladem**, konverzní mechanismy knihovny mohou působit nečekané problémy.

Otevření souboru
Specifikace režimu proudu

```
f = fopen("filename.ext", "rb+");
```

" xyz "

specifikátor režimu
max. 3 znaky, **řetězcová konstanta**!
(nikoli znaková)

povinný specifikátor způsobu přístupu

r = čtení (*read*)
w = zápis (*write*)
a = přidání (*append*)

nepovinný specifikátor typu dat

b = binární (*binary*)
není uveden = text

nepovinný specifikátor možnosti kombinovat způsob přístupu

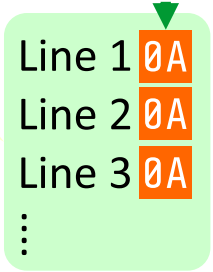
+ = lze kombinovat způsob přístupu (r/w)
není uveden = nelze

Otevření souboru
Význam některých specifikací režimu proudu

```
f = fopen("filename.ext", "wb");

for (i = 1; i <= 10; i++)
  fprintf(f, "Line %d\n", i);
```

(i ve Win) **jen LF**

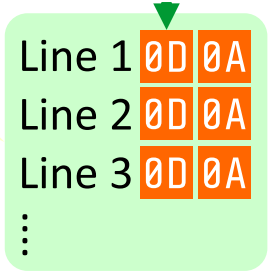


- Když není specifikátor binárního proudu (**b**) uveden, jsou data považována za **textová**:

```
f = fopen("filename.ext", "w");

for (i = 1; i <= 10; i++)
  fprintf(f, "Line %d\n", i);
```

CR+LF



- **Textový proud**: speciální znaky (**\n**) mohou být interpretovány v závislosti na platformě.

Otevření souboru
Význam některých specifikací režimu proudu

```
f = fopen("filename.ext", "w");
```
— **otevření pro zápis**

- Když soubor **neexistuje, vytvoří se** nový;
- když už **existuje**, bude zápis probíhat od začátku, tj. uložená **data se budou přepisovat!**

```
f = fopen("filename.ext", "r");
```
— **otevření pro čtení**

- Když soubor **neexistuje** ⇒ **chyba!** (ale prog. nemusí havarovat!)

```
f = fopen("filename.ext", "w+");
```
— **komb. otevření**

- Specifikátor **+** (*update*) znamená, že do souboru lze jak **psát** (**`w`**), tak z něj **i číst**, avšak po zápisu **nesmí** bezprostředně následovat čtení – nastal by **problém s vyrovnávací pamětí**... Je nutné vynutit její vyprázdění, např. funkcí **`fsetpos(·)`**, **`fseek(·)`**, **`rewind(·)`**, **`fflush(·)`** (totéž platí pro **`r+`**)

Otevření souboru
Testování úspěšnosti operace

- Funkce **`FILE *fopen(·)`** vrací v případě neúspěchu konstantu **`NULL`**:

```
FILE *fin = fopen("filename.ext", "r");
if (fin == NULL) perror("Error! ...");
else {
  ⋮
  fclose(fin);
}
```

- Po otevření souboru je **vždy nutné zkontrolovat**, zda funkce **`fopen(·)`** vrátila platný ukazatel na referenční proměnnou – pokud ne, okamžitě ukončit vykonávání programu;
- některým funkcím (třeba **`fscanf(·)`**) totiž nevadí, když se jim předá jako ref. proměnná proudu hodnota **`NULL`**, akorát že v takovém případě nic nedělají!

Další souborové operace
Zavírání, vyprazdňování bufferu, atd.

```
FILE *freopen(char *filename, const char mode,
              FILE *stream);
```

- (i) zavře soubor daný referenční proměnnou **`stream`**;
  (ii) pokud je **`filename != NULL`**, otevře soubor stejně jako **`fopen(·)`**;
  je-li jméno souboru **`filename == NULL`**, pokusí se znovu otevřít původní soubor (je možné změnit režim).

zapíše všechna data z vyrovnávací paměti proudu na přiřazené výstupní zařízení (jde-li o výstupní proud, pro **vstupní proud nedef.**, stejně jako v případě **komb. proudu**, kdy posl. operace bylo **čtení**)

```
int fflush(FILE *stream);
int fclose(FILE *stream);
```

uzavře proud, zajistí zápis dat z vyrovnávací paměti

Bufferování
Nastavení bufferů a deaktivace bufferování

- Programátor může z různých důvodů chtít, aby měl k vyrovnávací paměti I/O operací přístup → je třeba **nastavit** v programu deklarované pole jako **vlastní buffer**.

```
void main() {
     char buf[BUFSIZ];
     setbuf(stdin, buf);
     ⋮
}
```

konstanta BUFSIZ určuje optimální velikost bufferu

- Někdy je nutné, aby se objekt do proudu zapsal okamžitě, nikoliv až při naplnění bufferu – bufferování lze zakázat:

```
void main() {
   setbuf(stdout, NULL);
   putchar('a');
   sleep(1);
   putchar('b');
}
```

buffer nastaven na NULL, tj. neexistuje

Nebufferované I/O operace jsou **výrazně pomalejší!**

Bufferování
Speciální nastavení bufferů

- Funkce **`setvbuf(·)`** zajišťuje specifické nastavení bufferu pro konkrétní proud:

```
int setvbuf(FILE *stream, char *buffer,
            int mode, size_t size);
```

`_IOFBF`	úplné bufferování (*Full Buffering*)
`_IOLBF`	řádkové bufferování (*Line Buffering*)
`_IONBF`	bez bufferování (*No Buffering*)

- Změna velikosti bufferu (je-li známa nějaká lepší):

```
if (setvbuf(fout, NULL, _IOFBF, 65536) != 0) {
  perror("Buffer setting failed.");
  return 1;
}
```

není předán nový buffer, tzn. mění se parametry stávajícího

Operace s otevřenými proudy
Neformátovaný vstup/výstup znaků

```
int getchar();
int putchar(int c);

int fgetc(FILE *stream);
int getc(FILE *stream);
int fputc(int c, FILE *stream);
int putc(int c, FILE *stream);

int ungetc(int c, FILE *stream);
```

načte znak z konzole (ze **stdin**)

zapíše znak na konzoli (do **stdout**)

načte znak z proudu

(totéž impl. jako makro)

uloží znak do proudu (fce) (makro)

„vrátí“ znak do proudu, takže další volání **getc(·)** předá tento znak v návrat. hodn.

Pro práci se znaky (zejm. načítanými z proudů) se musí použít typ **int**, protože **#define EOF (-1)**, tj. **integer**!

getchar() ≡ getc(stdin) ≡ fgetc(stdin)

Operace s otevřenými proudy
Neformátovaný vstup/výstup řetězců

čte ze **stdin** znaky do **str**

NEPOUŽÍVAT – NEBEZPEČNÉ
netestuje, zda se řetězec ze **stdin** do pole **str** vejde!

```
char *gets(char *str);
char *fgets(char *str, int sz, FILE *stream);
```

čte z proudu **stream** maximálně **sz – 1** znaků do pole **str**

- **fgets(·)** načítá znaky dokud (i) nenačte znak konce řádky, (ii) nedosáhne konce souboru, (iii) nenačte **sz – 1** znaků;
- za načtené znaky přidá **'\000'** ⇒ řetězec je řádně ukončen.

zapíše řetězec do **stdout** a odřádkuje

```
int puts(const char *str);
int fputs(const char *str, FILE *stream);
```

zapíše řetězec bez ukončovacího znaku **'\000'** do **stream**

Funkce **gets(·)** je z bezpečnostních důvodů ve standardu C99 označena jako deprecated a v C11 již úplně odstraněna!

Operace s otevřenými proudy
Co na to „nové“ standardy jazyka C?

Funkce **`gets(·)`** je z bezpečnostních důvodů ve standardu C99 označena jako *deprecated* a v C11 již úplně odstraněna!

- Novější standardy také již **neomezují I/O** operace jen **na 8-bitové znaky**, ale zavádějí typ **`wchar_t`** (Wide Char), který představuje znak z rozšířené znakové sady (UTF-8);
- ke každé základní funkci z ANSI C existuje verze pro práci s „širokými“ znaky: **`int getc(FILE *stream)`**

`wint_t getwc(FILE *stream)`

```
do {
   wc = getwc(inpf);
   if (wc == L'$') n++;
} while (wc != WEOF);
wprintf(L"\'$\' appeared %d times.\n", n);
```

Funkce jsou deklarované v headeru **`wchar.h`**

Operace s otevřenými proudy
Přepínání módu proudu

- Od standardu C95 je zavedena možnost přepínat mód všech I/O operací (pak není nutné volat spec. funkce **w…(·)**)

```
int fwide(FILE *stream, int mode);
```

proud, jehož mód se voláním nastavuje

mode < 0	nastavit 8-bitový mód
mode == 0	dotaz na mód proudu
mode > 0	nastavit wide-char mód

- Ve Windows působí problémy, protože např. konzole používá CP 852, tj. výstup UTF-8 je stejně nečitelný.

```
fmode = fwide(finp, 0);
printf("The stream mode is %s.\n",
  fmode > 0 ? "wide" : "8-bit");

if (fmode <= 0) fwide(finp, 1);
```

Operace s otevřenými proudy
Formátovaný výstup

formátovaný výstup na konzoli (**stdout**)

```
int printf(const char *format, …);
int fprintf(FILE *stream, const char *format, …);
int sprintf(char *buffer, const char *format, …);
```

formátovaný výstup **f** ≡ do souboru
s ≡ do pole charů (řetězce)
platí stejná pravidla jako u **printf(·)**

```
…
char str[1024] = {0};
const float pi = 3.141592;

sprintf(str, "%.2f %.4f\n", pi, pi);
puts(str);
…
```

```
3.14 3.1416
```

Formátovací řetězec
Použitelný pro výstupní i vstupní* funkce

```
printf("Hello, %s!\n", name);
```

specifikátor formátu (*Format Specifier*)

Obecný formát specifikátoru:

nepovinné

% vlajky šířka .přesnost délka specifikace

Základní specifikace:

d nebo **i**	celé číslo – znaménkové	**-279**
u	celé číslo – neznaménkové	**5386**
x	hexadecimální celé číslo	**f7ba**
X	hexadecimální celé číslo *(upcase)*	**F7BA**
f	reálné číslo	**392.65**
e	vědecká notace reál. čísla	**3.9265e+2**
c	znak	**x**
s	řetězec znaků	**Hello!**

Formátovací řetězec
Méně běžné specifikace

Další specifikace:

`o` (malé ó)		oktalové celé číslo	`6105`
`F`	C99	reálné číslo *(upcase)*	`-37.25`
`E`		vědecká notace *(upcase)*	`-3.725E1`
`g`		nejkratší výpis `%e` či `%f`	`-37.25`
`G`		nejkratší výpis `%e` či `%f` *(upcase)*	`-37.25`
`a`	C99	hexadecimální reál. číslo	`-0xc.90fep-2`
`A`	C99	hexadecimální reál. číslo *(upcase)*	`-0XC.90FEP-2`
`p`		ukazatel	`7FA02000`

```
printf("%+010.3f\n", pi);
printf("%10d\n", 2016);
```

```
+00003.142
......2016
```

Chceme-li vypsat znak `%`, musí se ve formátovací řetězci **zdvojit**: `printf("100%%");`

Formátovací řetězec
Vlajky a šířka zobrazení

Vlajky (*Flags*)**:**

- (mínus) zarovnávání vlevo (default vpravo)

+ tiskne znaménko vždy (i kladné)

```
printf("%-7d\n", 1);
printf("%+7d\n", 1);
printf("%07d\n", 1);
```

```
1␣␣␣␣␣␣
␣␣␣␣␣+1
0000001
```

␣ (mezera) u nezáporné hodnoty místo znaménka mezeru

0 vyplňuje zleva nulami do určené šířky

**o**|**x**|**X**: vypíše **0**|**0x**|**0X** před hodnotu
a|**A**|**e**|**E**|**f**|**F**|**g**|**G**: vypisuje vždy desetinnou čárku (tečku), i když následuje 0

```
printf("%7.f\n", 2.0);
printf("%#7.f\n", 2.0);
printf("%#7x\n", 65535);
```

```
␣␣␣␣␣␣2
␣␣␣␣␣2.
␣0xffff
```

Formátovací řetězec
Přesnost a šířka zobrazení

Přesnost: číslo, určující kolik číslic **za** desetinnou čárkou se vytiskne (default = 6), a tedy řád zaokrouhlení

* ≡ přesnost není určena specifikátorem, ale argumentem (uvedeným před formátovanou hodnotou):

```
printf("%07.3f\n", pi);
printf("%07.*f\n", 5, pi);
```

```
003.142
3.14159
```

znaků **celkem**

Šířka: číslo, určující kolik minimálně znaků se vytiskne

* ≡ šířka není určena specifikátorem, ale argumentem (uvedeným před formátovanou hodnotou):

```
printf("%8d\n", 1);
printf("%*d\n", 9, 1);
```

```
00000001
000000001
```

Formátovací řetězec
Délka (modifikace dat. typu) zobrazení

Modifikátor délky způsobuje „změnu“ interpretace datového typu argumentu (tj. přetypování pro potřeby výstupu):

	Specifikátor						
Délka	**d i**	**u o x X**	**f F e E g G a A**	**c**	**s**	**p**	**n**
(nespec.)	int	unsigned int	double	int	char*	void*	int*
hh	signed char	unsigned char					signed char*
h	short int	unsigned short int					short int*
l	long int	unsigned long int		wint_t	wchar_t*		long int*
ll	long long int	unsigned long long int					long long int*
j	intmax_t	uintmax_t					intmax_t*
z	size_t	size_t					size_t*
t	ptrdiff_t	ptrdiff_t					ptrdiff_t*
L			long double				

↑ http://www.cplusplus.com/reference/cstdio/printf/

žluté podbarvení ≡ **C99**

```
printf("%hhX\n", 0x12345678);
printf("%hd\n", 0x7FFFFFFF);
printf("%lld\n", 0x7FFFFFFF);
```

5678

-1

2147483647

Operace s otevřenými proudy
Formátovaný vstup

formátovaný vstup z konzole (**stdin**)

```
int scanf(const char *format, …);
int fscanf(FILE *stream, const char *format, …);
int sscanf(char *buffer, const char *format, …);
```

formátovaný vstup **f** ≡ ze souboru
s ≡ z pole charů (řetězce)
platí stejná pravidla jako u **printf(·)**

```
…
char buf[80] = "3.14 2.72";
float x = 0, y = 0;

sscanf(buf, "%f %f", &x, &y);
printf("%f %f\n", x, y);
…
```

```
3.140000 2.720000
```

Operace s otevřenými proudy
Formátovaný vstup – příklad použití

```
#include <stdio.h>

int main() {
    FILE *fr;
    int x;

    fr = fopen("numbers.txt", "r");
    if (!fr) exit(1);

    while (fscanf(fr, "%d", &x) == 1)
        printf("%d\n", x);
    fclose(fr);

    return 0;
}
```

numbers.txt

```
22
125
16
45

15
21
ahoj

5
```

```
22
125
16
45
15
21
```

- Funkce **`scanf(·)`** vrací počet načtených hodnot → lze využít: testování/zastavovací podm.

Operace s otevřenými proudy
Detekce konce řádku

- Různé platformy – různé realizace konce řádku (Windows, OS/2, Symbian, Palm OS – CR LF; Unix a Unix-like systémy jen LF; MacOS do verze 9 jen CR) ⇒ nelze **konstantou**

překladač ale "umí" escape pro novou řádku

```
while ((c = getc(finp)) != '\n') …
```

- Ve Windows následuje při čtení po znaku ale za CR ještě LF (**'\n'** je vlastně 2-znaková konstanta), tj. je třeba o něm vědět a případně ho **odfiltrovat**:

```
while ((c = getc(finp)) != '\n') {
  if (c >= '␣') …
}
```

- Filtr ASCII hodnotou, v ASCII mají řídicí znaky nižší hodnotu než mezera (**0x20**).

Operace s otevřenými proudy
Detekce konce souboru

- V headeru **stdio.h** je definovaný symbol EOF (*End-Of-File*), většinou prostřednictvím preprocesoru takto:

```
#define EOF (-1)
```

◀ tj. po rozvinutí makra je to dekadická konstanta v kódu → `int`

- **`getc(·)`** vrací **`EOF`** při pokusu číst za koncem souboru:

```
while ((c = getc(finp)) != EOF) ...
```

◀ čtení po znaku až do konce souboru

POZOR! Porovnáváme-li načítaný znak s konstantou **`EOF`**, musí být typu **`signed int`**, jinak může dojít k implicitnímu přetypování, např.:

```
((unsigned char) -1) == 255
```

- Bezpečnější (ale pomalejší) je použití funkce **`feof(·)`**.

Případová studie
Kopírování souboru znak po znaku

```
#include <stdio.h>

int main() {
  FILE *fin, *fout;
  int c;

  fin = fopen("source.txt", "r");
  fout = fopen("target.txt", "w");

  while ((c = getc(fin)) != EOF)
    putc(c, fout);

  fclose(fin);
  fclose(fout);

  return 0;
}
```

Operace s otevřenými proudy
Přímý (nebufferovaný) vstup a výstup

načítá blok dat z proudu

```
size_t fread(void *buffer, size_t size,
             size_t count, FILE *stream);
size_t fwrite(const void *buffer, size_t size,
              size_t count, FILE *stream);
```

zapisuje blok dat do proudu

- Čtený/zapisovaný blok dat je typu **`void *`**, tzn. funkci je předána pouze adresa – na této adrese může být **cokoliv** (např. struktura, pole, proměnná);
- param. **`size`** určuje, jaká je velikost zapisovaného objektu (v bytech), param. **`count`** říká, kolik takových objektů se má načíst/zapsat → tzn. **`size`** ~ **`count`**: lze s tím laborovat; 
- funkce vrací počet přečtených/zapsaných objektů.

Operace s otevřenými proudy
Přímý (nebufferovaný) vstup a výstup

```
#include <stdio.h>
#define SIZE 5

void main() {
  int nr = 0;
  double arr[SIZE] = {1, 2, 3, 4, 5};

  FILE *f = fopen("doubles.bin", "wb");
  nr = fwrite(arr, sizeof(arr[0]), SIZE, f);
  nr = fwrite(arr, 1, sizeof(arr[0]) * SIZE, f);
  nr = fwrite(arr, sizeof(arr[0]) * SIZE, 1, f);
  fclose(f);

  f = fopen("doubles.bin", "rb");
  nr = fread(arr, sizeof(arr[0]), SIZE, f);
  fclose(f);
}
```

Úspěšnost vstupně-výstupních operací
Indikace chybových stavů

- Obecně platí, že funkce z knihovny **stdio** nějak indikují (ne)úspěch operace, často návratovou hodnotou:

```
#include <stdio.h>
...
if ((finp = fopen("data.bin", "r")) == NULL) {
  printf("Cannot open file...\n");
  exit(1);
}
...
if (fclose(finp) == EOF) {
  printf("Cannot close file...\n",
  exit(1);
}
...
```

- Naneštěstí v tom není moc systém (každá funkce indikuje chybový stav jinak).

Úspěšnost vstupně-výstupních operací
Získávání informací o chybě

- Dojde-li k chybě při I/O operaci, je její kód uložen do globální proměnné **`errno`** definované v knihovně **errno**:

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

...
errno = 0;
finp = fopen("data.bin", "r");
if (!finp) {
  printf("Error \"%s\" while opening file.\n",
    strerror(errno));
  exit(1);
}
...
```

před testovanou operací **vynulovat chybový kód** (může tam být něco z minula)

- **`strerror(·)`** převede kód chyby na text. chybové hlášení.

Přímý přístup k souboru
Nastavování pozice v souboru pro čtení/zápis

```
int fseek(FILE *stream, long offs, int from);
```

- Nastavuje pozici v otevřeném souboru **`stream`** – hodnota **`offs`** udává, o kolik byte se pozice změní vzhledem k (1) začátku souboru, (2) aktuální pozici či (3) konci souboru;

1 **`SEEK_SET`**
2 **`SEEK_CUR`**
3 **`SEEK_END`**

- vrací 0 v případě úspěchu, jinak chybový kód;
- **`offs`** může být i záporné číslo (ne však se **`SEEK_SET`**);
- je-li **`offs`** kladný a **`from`**←**`SEEK_END`**, soubor se zvětší o daný počet bytů – obsah takto vzniklé oblasti je nedef.;
- z bezpečnostních důvodů používat **jen na binární** proudy;
- u textových proudů je bezpečné jen nastavení na začátek: **`fseek(tf, 0, SEEK_SET)`** a na konec souboru: **`fseek(tf, 0, SEEK_END)`**.

interpretace znaků '\n'

Přímý přístup k souboru
Zjišťování pozice v otevřeném souboru

```
long int ftell(FILE *stream);
```

- Zjišťuje pozici v otevřeném souboru **`stream`** – návratová hodnota představuje počet bytů od začátku souboru;
- v případě chyby vrací **`EOF`**.

POZOR! Návratová hodnota je typu **`long int`**, tzn. na většině platforem **nedokáže pracovat se soubory většími než 2 GB** → viz **`fsetpos(·)`** a **`fgetpos(·)`**.

- **`ftell(·)`** selhává při pokusu o zjištění pozice v proudech, které nejsou spojeny se soubory uloženými na paměťovém médiu, a tedy nemají definovanou délku (např. konzolové proudy **`stdin`**, **`stdout`**, apod.).

Přímý přístup k souboru
Problém velmi velkých souborů (> 2GB)

```
⋮
fpos_t position;
fgetpos(finp, &position);
⋮
wb = fwrite(…, finp);
⋮
fsetpos(finp, &position);
⋮
```

ukazatel na strukturu, do které se ukládá aktuální pozice ve velkém souboru

uložení pozice

souborová operace

návrat na původní pozici před zápisovou operací

- Obě funkce vracejí v případě úspěchu 0, jinak kód chyby ⇒ je rozumné v programu testovat výsledek operace:

```
fpos_t pos = {0};
int rc = fgetpos(stdin, &pos);
if (rc) perror("Unable to tell position!");
```

Přímý přístup k souboru
Nastavení na začátek a detekce konce souboru

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

- Nastavuje pozici v otevřeném souboru **`stream`** na začátek, tj. shodné s voláním **`fseek(stream, 0, SEEK_SET)`**, ale jsou vynulovány příznaky chyby a konce souboru;
- funkce neposkytuje informaci o úspěchu operace.

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

- Testuje, zda bylo dosaženo konce soubor. proudu **`stream`**, pokud ano, vrací nenulovou hodnotu;
- funkce **jen předává informaci ze stavové struktury** proudu (hodnotu příznaku konce souboru), sama zdroj dat nezkoumá, tj. indikuje dosažení konce až poté, co nějaká I/O funkce (např. **`fgetc(·)`**) na konec narazí a upraví hodnotu příznaku ve stavové struktuře proudu **`FILE`**.

Management chybových stavů proudů
Funkce pro detekci chybového stavu

```
int ferror(FILE *stream);
```

- Zkoumá, zda při poslední I/O operaci s proudem **stream** nastala chyba – pokud ano, vrací její kód (jinak 0);
- jakmile se chyba objeví, funkce jí hlásí stále, dokud není příznak chyby vynulován.

```
void clearerr(FILE *stream);
```

- Nuluje příznak chyby a konce souboru ve stavové struktuře **FILE** otevřeného souborového proudu **stream**;

```
…
fread(…);
if (ec = ferror(finp)) {
  printf("I/O error #%d!\n", ec);
  clearerr(finp);
}
```

Vysokoúrovňové operace se soubory
Přejmenování a odstranění

```
int rename(const char *old, const char *new);
```

- Změní jméno souboru **old** na **new** – nepracuje s otevřeným proudem prostřednictvím stav. strukt. **FILE**, ale pouze se jmény ⇒ provedení operace je svěřeno OS;
- v případě chyby vrací její kód, jinak 0;
- pokud soubor se jménem **new** již existuje, závisí chování na implementaci knihovny a OS (norma je nedefinuje).

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

- Odstraní soubor se jménem **filename** (stejný mechanismus jako ↑) – OS určuje, co se vlastně přesně stane (koš);
- v případě chyby vrací její kód, jinak 0;

Vysokoúrovňové operace se soubory
Vytvoření dočasného souboru

```
FILE *tmpfile();
```

- Vytvoří dočasný soubor s nekonfliktním jménem (tj. nedojde k přepsání žádného souboru) a otevře ho v režimu **"wb+"**;
- takových dočasných souborů si může proces vytvořit přinejmenším **TMP_MAX** (může být dále omezeno **FOPEN_MAX**);
- soubor není třeba zavírat, OS ho zlikviduje při ukončení procesu, jinak se funkce chová stejně jako **fopen(·)**.

```
⋮
FILE *ftmp = tmpfile();
if (!ftmp) {
  perror("Cannot create temp file!");
  exit(1);
}
fwrite(buf, sizeof(buf[0]), BLEN, ftmp);
⋮
```

Vysokoúrovňové operace se soubory
Vygenerování nekonfliktního jména souboru

- Nevyhovuje-li chování **`tmpfile(·)`**, může si programátor založit dočasný soubor sám (např. nechce, aby zanikl):

```
char *tmpnam(char *filename);
```

- Vygeneruje unikátní jméno souboru (o maximální délce **`L_tmpnam`**) a uloží do řetězce **`filename`**;
- pokud **`filename`**←**`NULL`**, pak vrací ukazatel na statickou oblast naplněnou vygenerovaným jménem;
- není-li možné unikátní jméno vygenerovat, vrací **`NULL`**.

```
char tmpname1[L_tmpnam] = {0};
char *tmpname2 = tmpnam(NULL);

if (tmpnam(tmpname1)) {
  printf("Temp file name: %s\n", tmpname1);
  ftmp = fopen(tmpname1, "wb");
  ⋮
```