Informatyka 2 (ES1E3017)

Politechnika Białostocka - Wydział Elektryczny

Elektrotechnika, semestr III, studia stacjonarne I stopnia

Rok akademicki 2020/2021

Wykład nr 4 (27.10.2020)

dr inż. Jarosław Forenc

Plan wykładu nr 4

- Pamięć a zmienne w programie
  - zmienne: automatyczne (auto), rejestrowe (register), zewnętrzne (extern), statyczne (static)
  - struktura procesu w pamięci komputera, ramka stosu
- Programy wielomodułowe
- Operacje wejścia-wyjścia w języku C
  - typy standardowych operacji wejścia wyjścia
  - strumienie, standardowe strumienie: stdin, stdout, stderr
- Operacje na plikach
  - otwarcie i zamknięcie pliku
  - znakowe operacje wejścia-wyjścia

Pamięć a zmienne w programie

- Ze względu na czas życia wyróżnia się w programie:
  - obiekty statyczne - istnieją od chwili rozpoczęcia działania programu aż do jego zakończenia
  - obiekty dynamiczne - tworzone i usuwane z pamięci w trakcie wykonania programu
    - automatycznie (bez udziału programisty)
    - kontrolowane przez programistę
- O typie obiektu (statyczny lub dynamiczny) decyduje klasa pamięci obiektu (ang. storage class)
  - auto - zmienne automatyczne
  - register - zmienne umieszczane w rejestrach procesora
  - extern - zmienne zewnętrzne
  - static - zmienne statyczne

Zmienne automatyczne - auto

- Miejsce deklaracji: najczęściej początek bloku funkcyjnego ograniczonego nawiasami klamrowymi { i }
- Pamięć przydzielana automatycznie przy wejściu do bloku i zwalniana po wyjściu z niego
- Zakres widzialności: ograniczony do bloku, w którym zmienne zostały zadeklarowane (zmienne lokalne)
- Dostęp do zmiennych z innych bloków możliwy przez wskaźnik
- Jeśli zmienne są inicjalizowane, to odbywa się ona przy każdym wejściu do bloku, w którym zostały zadeklarowane
- Nie ma potrzeby jawnego używania auto, gdyż domyślnie zmienne wewnątrz bloków funkcyjnych są lokalne

```
auto int x;
```

Zmienne rejestrowe - register

- Zazwyczaj o miejscu umieszczenia zmiennej automatycznej decyduje kompilator:
  - pamięć operacyjna - wolniejszy dostęp
  - rejestry procesora - szybszy dostęp
- Programista może zasugerować kompilatorowi umieszczenie określonej zmiennej automatycznej w rejestrach procesora
- Najczęściej dotyczy to zmiennych:
  - często używanych
  - takich, dla których czas dostępu jest bardzo ważny

```
register int x;
```

Zmienne zewnętrzne - extern

- Miejsce deklaracji: poza blokami funkcyjnymi, najczęściej na początku pliku z kodem źródłowym
- Pamięć na zmienne jest przydzielana, gdy program rozpoczyna pracę i zwalniana, gdy program kończy się
- Zakres widzialności: globalny - od miejsca deklaracji do końca pliku z kodem źródłowym (zmienne globalne)
- Jeśli inna zmienna lokalna, ma taką samą nazwę jak globalna, to lokalna przesłania widoczność zmiennej globalnej
- W większości implementacji języka C zmienne extern są automatycznie inicjalizowane zerem
- Etykieta extern może być pominięta (chyba, że program składa się z kilku plików z kodem źródłowym)
- Zalecane jest ograniczenie stosowania zmiennych globalnych

Zmienne statyczne - static

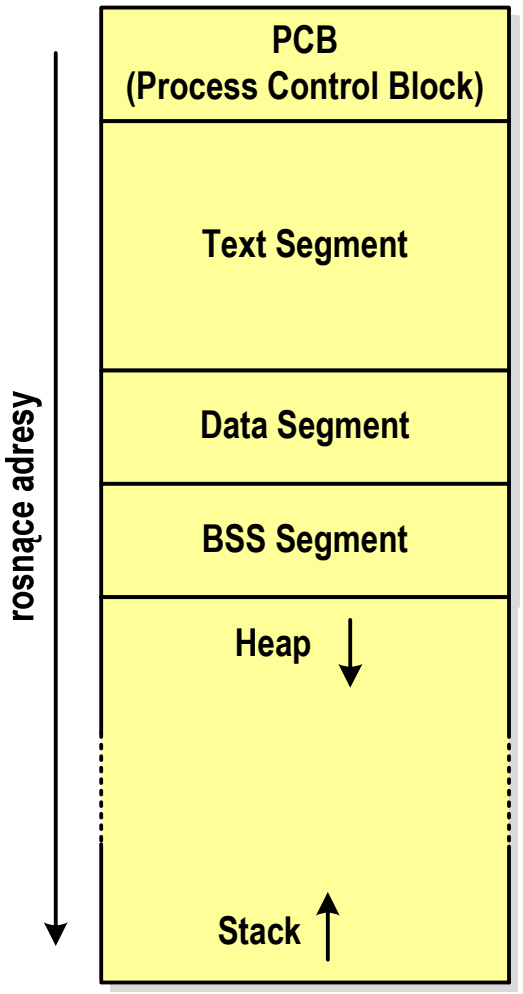
- Miejsce deklaracji: w bloku funkcyjnym jako automatyczne lub poza blokami funkcyjnymi, jako globalne
- Istnieją przez cały czas wykonywania programu, nawet po zakończeniu bloku funkcyjnego, w którym zostały zadeklarowane
- Zakres widzialności: zależny od sposobu deklaracji (automatyczne lub globalne)
- Zmienne static są automatycznie inicjalizowane zerem
- Mogą być inicjalizowane podczas deklaracji (tylko stałą wartością), inicjalizacja jest wykonywana tylko raz, podczas kompilacji programu

```
static int x = 10;
```

Klasy pamięci zmiennych

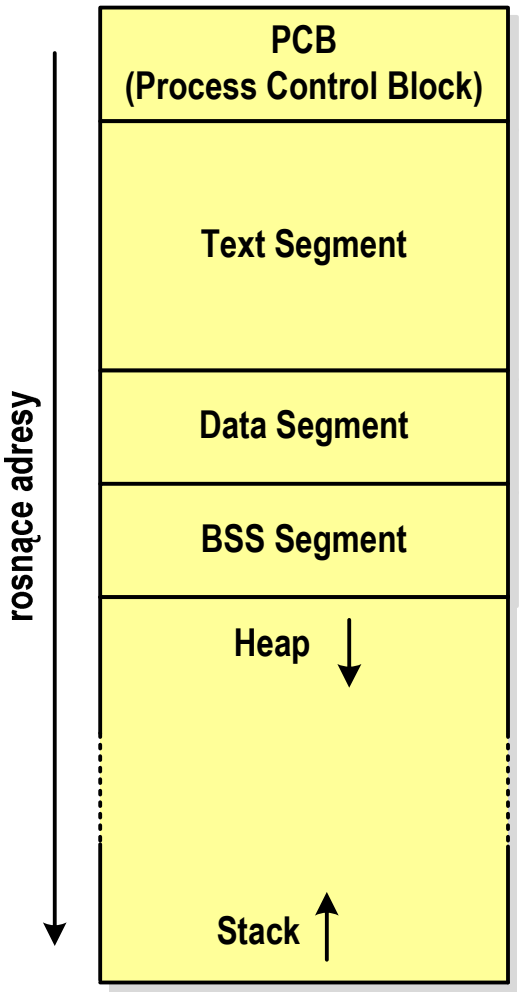
```
int a;                    /* extern int a; – zmienna globalna */
void foo();

int main(void)
{
   int b;                 /* auto int b; – zmienna lokalna */
   register float a;      /* zmienna automatyczna, rejestrowa */
   foo(); foo(); foo();
   return 0;
}

void foo()
{
   static int c = 1;      /* zmienna statyczna */
   {
      double a;           /* zmienna lokalna */
   }
   c++;
}
```

Struktura procesu w pamięci komputera



- PCB - blok kontrolny procesu
  - obszar pamięci operacyjnej zarezerwowany przez system operacyjny do zarządzania procesem
- Text Segment
  - kod programu czyli instrukcje w postaci binarnej
- Data Segment
  - zmienne globalne i statyczne zainicjalizowane niezerowymi wartościami
- BSS Segment (Block Started by Symbol)
  - zmienne globalne i statyczne domyślnie zainicjalizowane zerowymi wartościami

Struktura procesu w pamięci komputera



- Heap - sterta
  - obszar zmiennych dynamicznych
  - pamięć w obszarze sterty przydzielana jest funkcjami calloc() i malloc()
- Stack - stos
  - zmienne lokalne (automatyczne)
  - parametry funkcji i adresy powrotu z funkcji (stack frame)

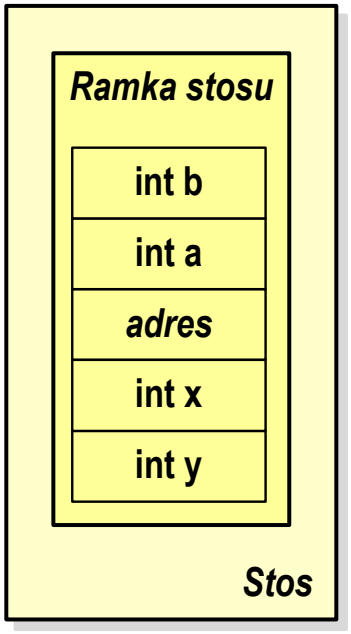
Zmienne w pamięci komputera

```
int a;                                  /* BSS Segment */
void foo();

int main(void)
{
   int b;                               /* Stack */
   float *a;                            /* Stack */
   a = (float *) malloc(400);           /* Heap - 400 bajtów */
   return 0;
}

void foo()
{
   static int c = 1;                    /* Data Segment */
   {
      double a;                         /* Stack */
   }
   c++;
}
```

Ramka stosu (stack frame)

- Każde wywołanie funkcji powoduje odłożenie na stosie tzw. ramki stosu


```
void fun(int x, int y)
{
    int a, b;
}
```



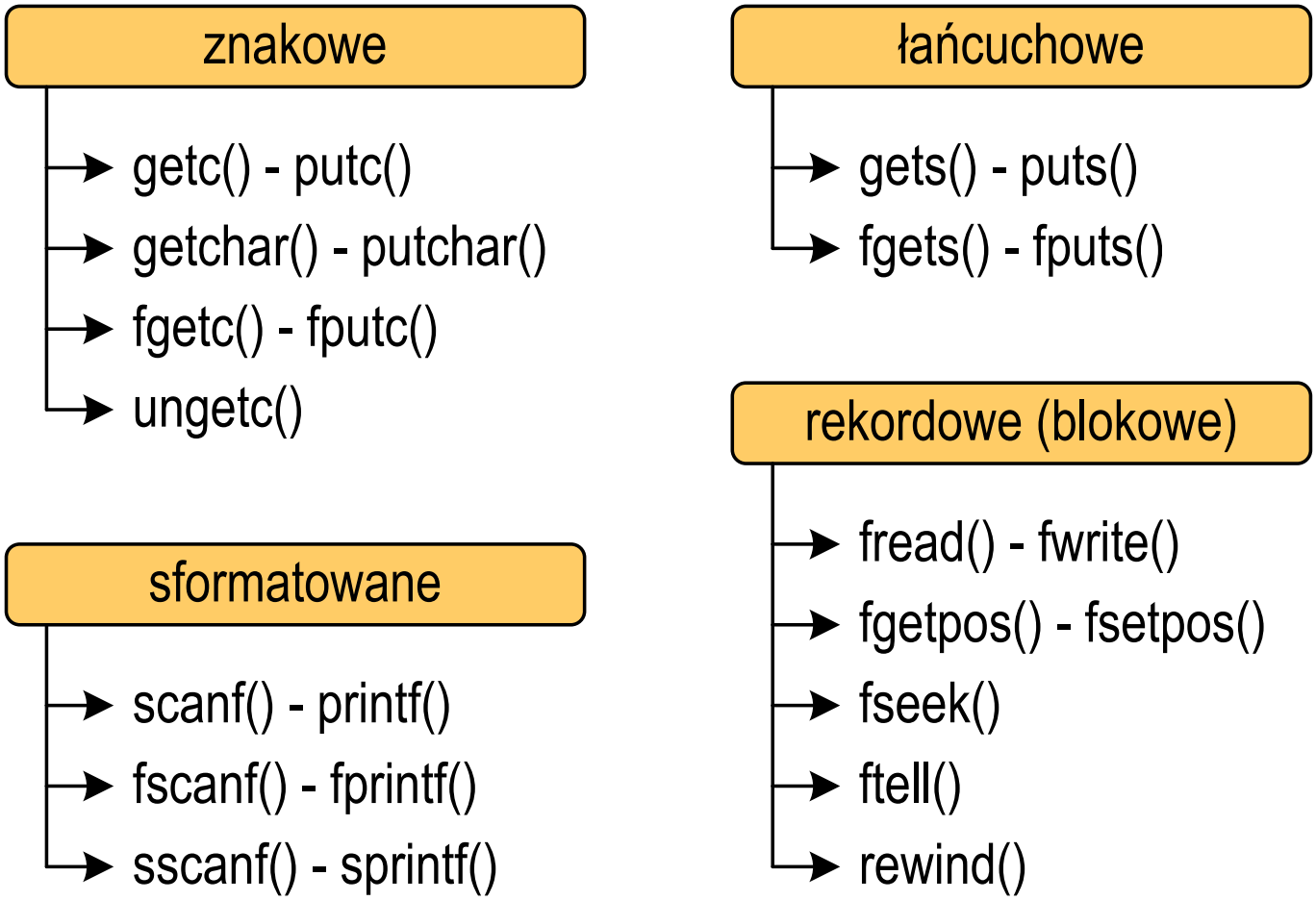
Programy wielomodułowe

(Przykład w Visual C++ 2008)

Operacje wejścia-wyjścia w języku C

- Operacje wejścia-wyjścia nie są elementami języka C
- Zostały zrealizowane jako funkcje zewnętrzne, znajdujące się w bibliotekach dostarczanych wraz z kompilatorem
- Standardowe wejście-wyjście (strumieniowe)
  - plik nagłówkowy stdio.h
  - duża liczba funkcji, proste w użyciu
  - ukrywa przed programistą szczegóły wykonywanych operacji
- Systemowe wejście-wyjście (deskryptorowe, niskopoziomowe)
  - plik nagłówkowy io.h
  - mniejsza liczba funkcji
  - programista sam obsługuje szczegóły wykonywanych operacji
  - funkcje bardziej zbliżone do systemu operacyjnego - działają szybciej

Typy standardowych operacji wejścia-wyjścia



Strumienie

- Standardowe operacje wejścia-wyjścia opierają się na strumieniach (ang. stream)
- Strumień jest pojęciem abstrakcyjnym - jego nazwa bierze się z analogii między przepływem danych, a np. wody
- W strumieniu dane płyną od źródła do odbiorcy
- Użytkownik określa źródło i odbiorcę, typ danych oraz sposób ich przesyłania
- Strumień może być skojarzony ze zbiorem danych znajdujących się na dysku (plik) lub zbiorem danych pochodzących z urządzenia znakowego (klawiatura)
- Niezależnie od fizycznego medium, z którym strumień jest skojarzony, wszystkie strumienie mają podobne właściwości

Strumienie

- Strumienie reprezentowane są przez zmienne będące wskaźnikami na struktury typu FILE (definicja w pliku stdio.h)

```
struct _iobuf {
        char *_ptr;
        int   _cnt;
        char *_base;
        int   _flag;
        int   _file;
        int   _charbuf;
        int   _bufsiz;
        char *_tmpfname;
        };
typedef struct _iobuf FILE;
```

- Podczas pisania programów nie ma potrzeby bezpośredniego odwoływania się do pól tej struktury

Strumienie

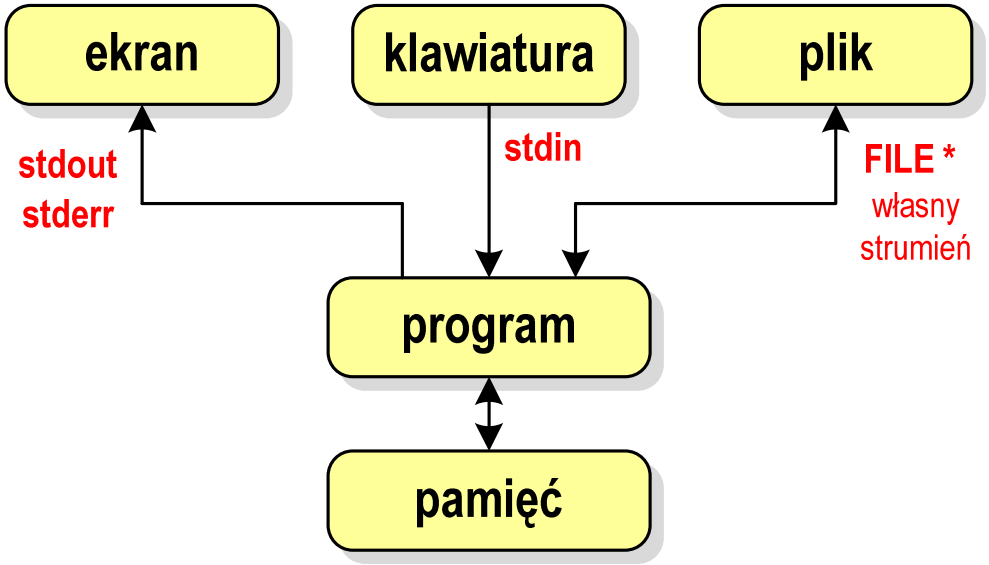
- W każdym programie automatycznie tworzone są i otwierane trzy standardowe strumienie wejścia-wyjścia:
  - stdin - standardowe wejście, skojarzone z klawiaturą
  - stdout - standardowe wyjście , skojarzone z ekranem monitora
  - stderr - standardowe wyjście dla komunikatów o błędach, skojarzone z ekranem monitora

```
_CRTIMP FILE * __cdecl __iob_func(void);

#define stdin  (&__iob_func()[0])
#define stdout (&__iob_func()[1])
#define stderr (&__iob_func()[2])
```

- Funkcja printf() niejawnie używa strumienia stdout
- Funkcja scanf() niejawnie używa strumienia stdin

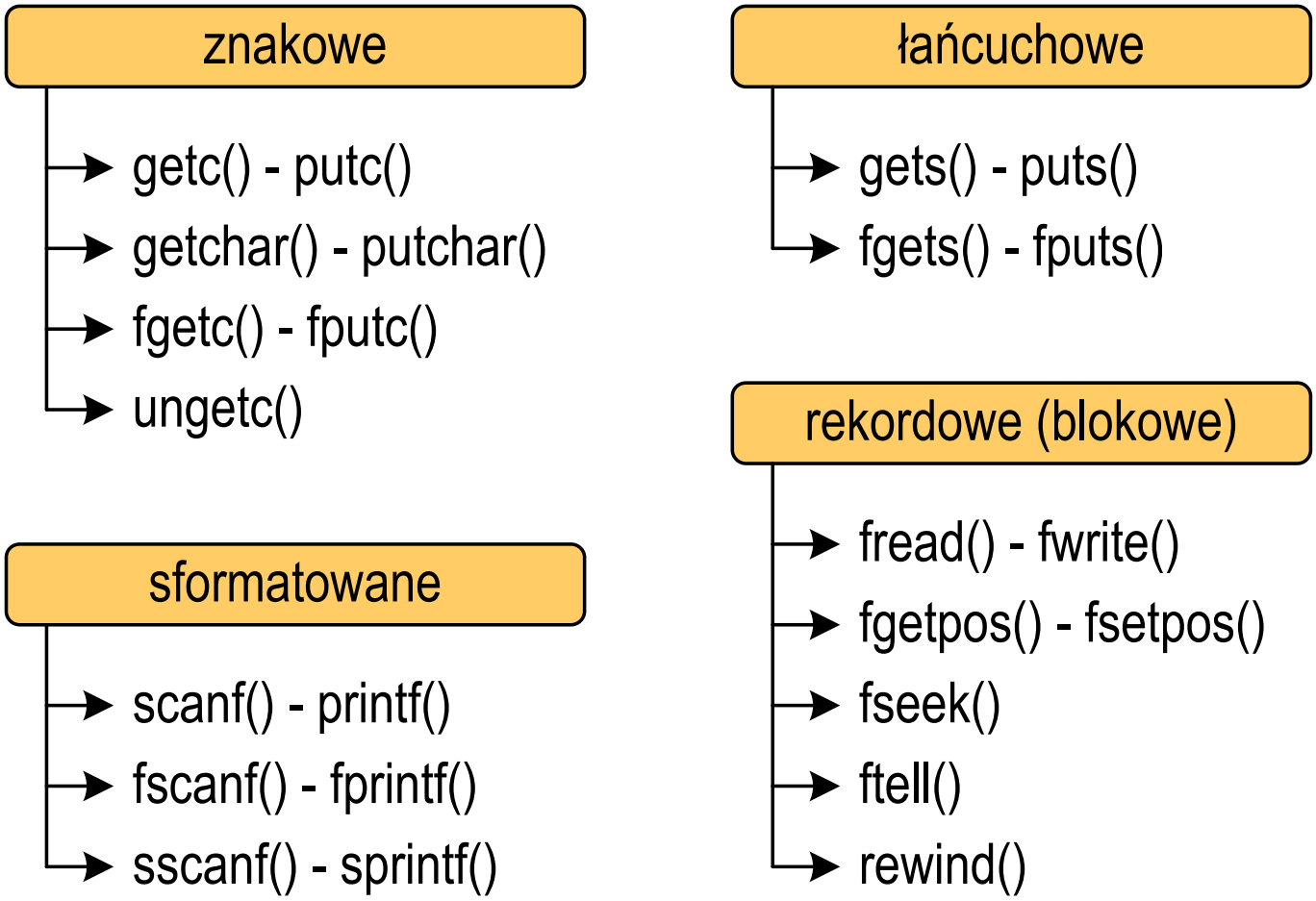
Strumienie

- Współpraca programu z „otoczeniem”

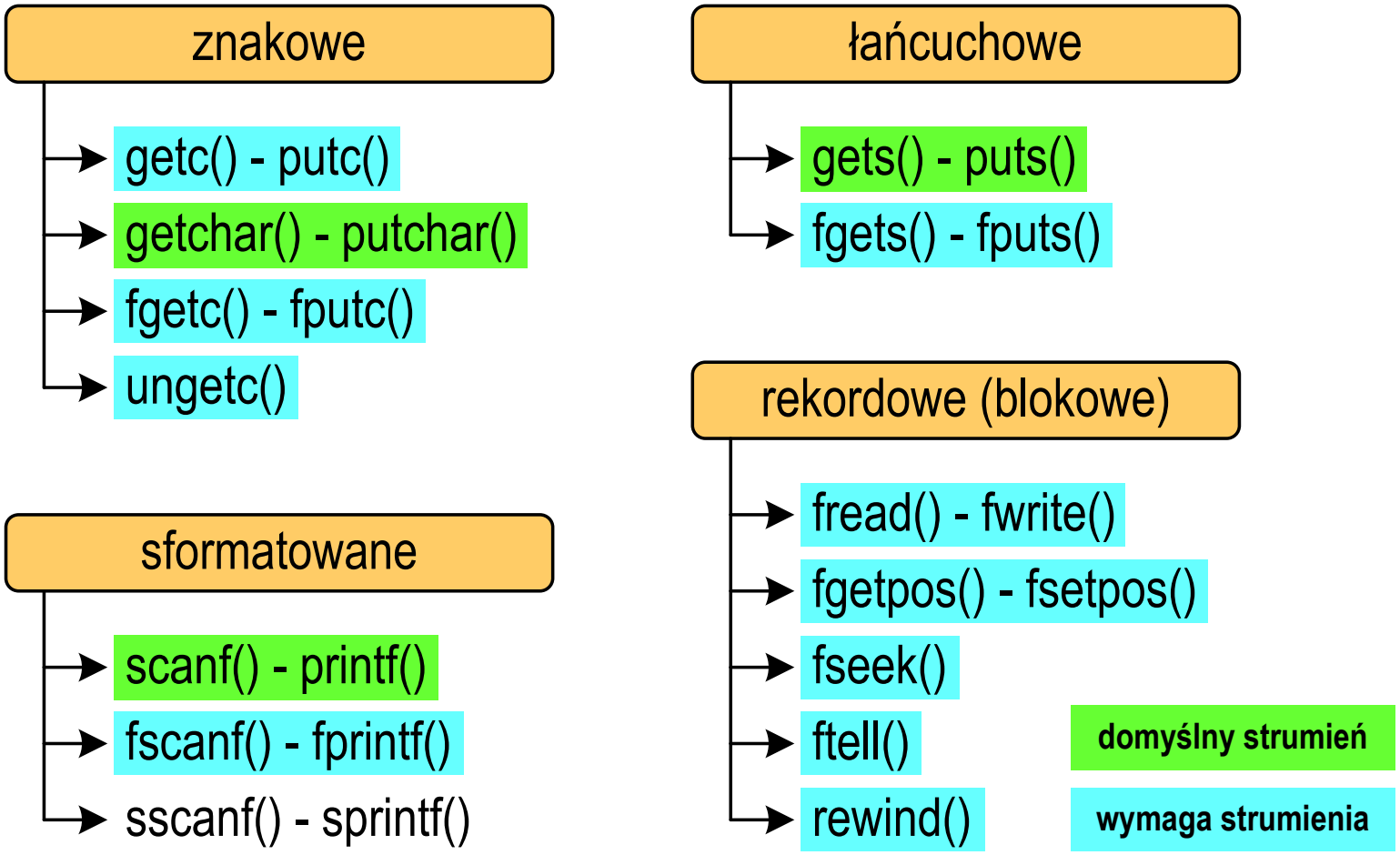


- Standardowe funkcje wejścia-wyjścia mogą:
  - domyślnie korzystać z określonego strumienia (stdin, stdout, stderr)
  - wymagać podania strumienia (własnego, stdin, stdout, stderr)

Typy standardowych operacji wejścia-wyjścia



Typy standardowych operacji wejścia-wyjścia



Operacje na plikach

- Strumień wiąże się z plikiem za pomocą otwarcia, zaś połączenie to jest przerywane przez zamknięcie strumienia
- Operacje związane z przetwarzaniem pliku zazwyczaj składają się z trzech części

1. Otwarcie pliku (strumienia):
   - funkcje: fopen()

2. Operacje na pliku (strumieniu), np. czytanie, pisanie:
   - funkcje dla plików tekstowych: fprintf(), fscanf(), fgetc(), fputc(), fgets(), fputs()…
   - funkcje dla plików binarnych: fread(), fwrite(), …

3. Zamknięcie pliku (strumienia):
   - funkcja: fclose()

Otwarcie pliku - fopen()

FOPEN stdio.h

```
FILE* fopen(const char *fname, const char *mode);
```

- Otwiera plik o nazwie fname, nazwa może zawierać całą ścieżkę dostępu do pliku
- mode określa tryb otwarcia pliku:
  - "r" - odczyt
  - "w" - zapis - jeśli pliku nie ma to zostanie on utworzony, jeśli plik istnieje, to jego poprzednia zawartość zostanie usunięta
  - "a" - zapis (dopisywanie) - dopisywanie danych na końcu istniejącego pliku, jeśli pliku nie ma to zostanie utworzony

Otwarcie pliku - fopen()

FOPEN stdio.h

```
FILE* fopen(const char *fname, const char *mode);
```

- Otwiera plik o nazwie fname, nazwa może zawierać całą ścieżkę dostępu do pliku
- mode określa tryb otwarcia pliku:
  - "r+" - uaktualnienie (zapis i odczyt)
  - "w+" - uaktualnienie (zapis i odczyt) - jeśli pliku nie ma to zostanie on utworzony, jeśli plik istnieje, to jego poprzednia zawartość zostanie usunięta
  - "a+" - uaktualnienie (zapis i odczyt) - dopisywanie danych na końcu istniejącego pliku, jeśli pliku nie ma to zostanie utworzony, odczyt może dotyczyć całego pliku, zaś zapis może polegać tylko na dodawaniu nowych danych

Otwarcie pliku - fopen()

FOPEN stdio.h

```
FILE* fopen(const char *fname, const char *mode);
```

- Zwraca wskaźnik na strukturę FILE skojarzoną z otwartym plikiem
- Gdy otwarcie pliku nie powiodło się to zwraca NULL
- Zawsze należy sprawdzać, czy otwarcie pliku powiodło się
- Po otwarciu pliku odwołujemy się do niego przez wskaźnik pliku
- Domyślnie plik jest otwierany w trybie tekstowym, natomiast dodanie litery "b" w trybie otwarcie oznacza tryb binarny

Otwarcie pliku - fopen()

- Otwarcie pliku w trybie tekstowym, tylko odczyt

```
FILE *fp;
fp = fopen("dane.txt","r");
```

- Otwarcie pliku w trybie binarnym, tylko zapis

```
fp = fopen("c:\\baza\\data.bin","wb");
```

- Otwarcie pliku w trybie tekstowym, tylko zapis

```
fp = fopen("wynik.txt","wt");
```

Zamknięcie pliku - fclose()

FCLOSE stdio.h

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

- Zamyka plik wskazywany przez fp
- Zwraca 0 (zero) jeśli zamknięcie pliku było pomyślne
- W przypadku wystąpienia błędu zwraca EOF

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

- Po zamknięciu pliku, wskaźnik fp może być wykorzystany do otwarcia innego pliku
- W programie może być jednocześnie otwartych wiele plików

Przykład: otwarcie i zamknięcie pliku

```
#include <stdio.h>

int main(void)
{
    FILE *fp;

    fp = fopen("plik.txt","w");
    if (fp == NULL)
    {
        printf("Blad otwarcia pliku.\n");
        return (-1);
    }

    /* przetwarzanie pliku */

    fclose(fp);

    return 0;
}
```

Format (plik) tekstowy i binarny

- Przykład zawartości pliku tekstowego (Notatnik):

```
Plik (ang. file) – uporządkowany zbiór danych o skończonej długości,
posiadający szereg atrybutów i stanowiący dla użytkownika systemu
operacyjnego całość. Nazwa pliku nie jest częścią tego pliku,
lecz jest przechowywana w systemie plików.
```

- Przykład zawartości pliku binarnego (Notatnik):

```
MZ.                  @                                   č   ♬.ş♬ ´.Í!¸.
LÍ!This program cannot be run in DOS mode....$       {9◘ő?Xf¦?Xf¦?Xf¦!.ő¦<X
f¦!.Í¦,Xf¦↑ž.¦=Xf¦?Xg¦└Xf¦!.â¦7Xf¦!.ň¦>Xf¦!.÷¦>Xf¦Rich?Xf¦
       PE  L.● .^ZR        ŕ ┐.♂..  8   :      ↑◄.  +   +    @  +   ┐  |
    |        °.  ┘       └ @.  +  +    +  +      +            €. <     ..  Ś|
                    . ◘└   W. .                                          °.
. t.                          .textbss  .  +                        ŕ.text
```

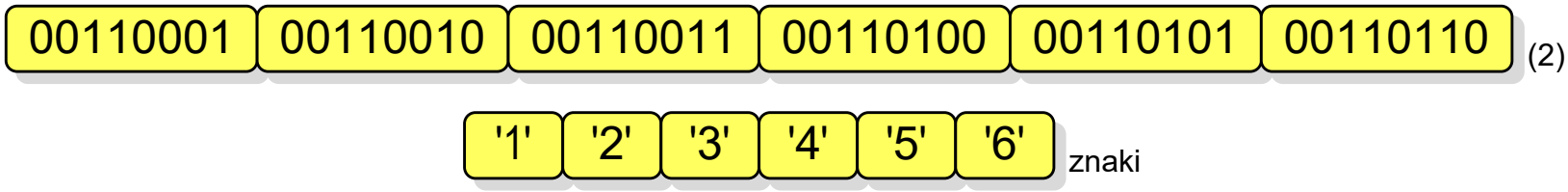
Format (plik) tekstowy i binarny

- Dane w pliku tekstowym zapisane są w postaci kodów ASCII
- Deklaracja i inicjalizacja zmiennej x typu int:

```
int x = 123456;
```

- W pamięci komputera zmienna x zajmuje 4 bajty:

- Po zapisaniu wartości zmiennej x do pliku tekstowego znajdzie się w nim 6 bajtów zawierających kody ASCII kolejnych cyfr



Format (plik) tekstowy i binarny

- Dane w pliku tekstowym zapisane są w postaci kodów ASCII
- Deklaracja i inicjalizacja zmiennej x typu int:

```
int x = 123456;
```

- W pamięci komputera zmienna x zajmuje 4 bajty:

00000000 00000001 11100010 01000000 (2)

- Po zapisaniu wartości zmiennej x do pliku binarnego znajdą się w nim 4 bajty o takiej samej zawartości jak w pamięci komputera

00000000 00000001 11100010 01000000 (2)

Format (plik) tekstowy i binarny

- Elementami pliku tekstowego są wiersze o różnej długości
- W systemach DOS/Windows każdy wiersz pliku tekstowego zakończony jest parą znaków:
  - CR (carriage return) - powrót karetki, kod ASCII - $13_{(10)} = 0D_{(16)}$ = '\r'
  - LF (line feed) - przesunięcie o wiersz, kod ASCII - $10_{(10)} = 0A_{(16)}$ = '\n'
- Załóżmy, że plik tekstowy ma postać:

```
Pierwszy wiersz pliku
Drugi wiersz pliku
Trzeci wiersz pliku
```

- Rzeczywista zawartość pliku jest następująca:

```
50 69 65 72 77 73 7A 79|20 77 69 65 72 73 7A 20 | Pierwszy wiersz
70 6C 69 6B 75 0D 0A 44|72 75 67 69 20 77 69 65 | pliku■■Drugi wie
72 73 7A 20 70 6C 69 6B|75 0D 0A 54 72 7A 65 63 | rsz pliku■■Trzec
69 20 77 69 65 72 73 7A|20 70 6C 69 6B 75 0D 0A | i wiersz pliku■■
```

Format (plik) tekstowy i binarny

- W systemie Linux każdy wiersz pliku tekstowego zakończony jest tylko jednym znakiem:
  - LF (line feed) - przesunięcie o wiersz, kod ASCII - $10_{(10)} = 0A_{(16)}$ = '\n'
- Załóżmy, że plik tekstowy ma postać:

```
Pierwszy wiersz pliku
Drugi wiersz pliku
Trzeci wiersz pliku
```

- Rzeczywista zawartość pliku jest następująca:

```
50 69 65 72 77 73 7A 79|20 77 69 65 72 73 7A 20 | Pierwszy wiersz
70 6C 69 6B 75 0A 44 72|75 67 69 20 77 69 65 72 | pliku■Drugi wier
73 7A 20 70 6C 69 6B 75|0A 54 72 7A 65 63 69 20 | sz pliku■Trzeci
77 69 65 72 73 7A 20 70|6C 69 6B 75 0A          | wiersz pliku■
```

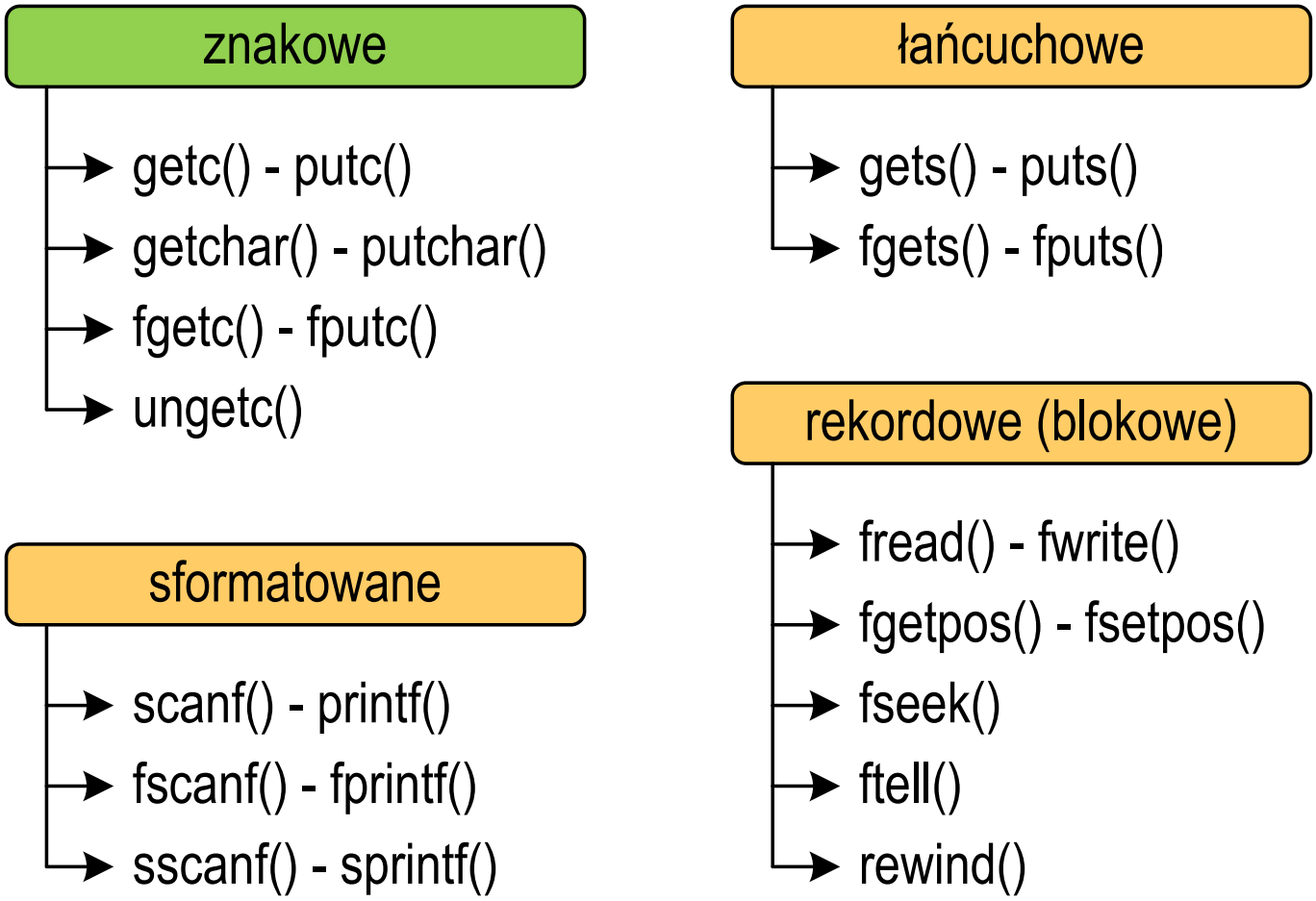
- Pliki binarne nie mają ściśle określonej struktury

Tryby otwarcia pliku: tekstowy i binarny

```
FILE *fp1, *fp2;
fp1 = fopen("dane.txt","r");    // lub "rt"
fp2 = fopen("dane.dat","rb")
```

- Różnice pomiędzy trybem tekstowym i binarnym otwarcia pliku dotyczą innego traktowania znaków CR i LF
- W trybie tekstowym:
  - przy odczycie pliku para znaków CR, LF jest tłumaczona na znak nowej linii (LF)
  - przy zapisie pliku znak nowej linii (LF) jest zapisywany w postaci dwóch znaków (CR, LF)
- W trybie binarnym:
  - przy odczycie i zapisie para znaków CR, LF jest traktowana zawsze jako dwa znaki

Znakowe operacje wejścia-wyjścia



Znakowe operacje wejścia-wyjścia

GETC stdio.h

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

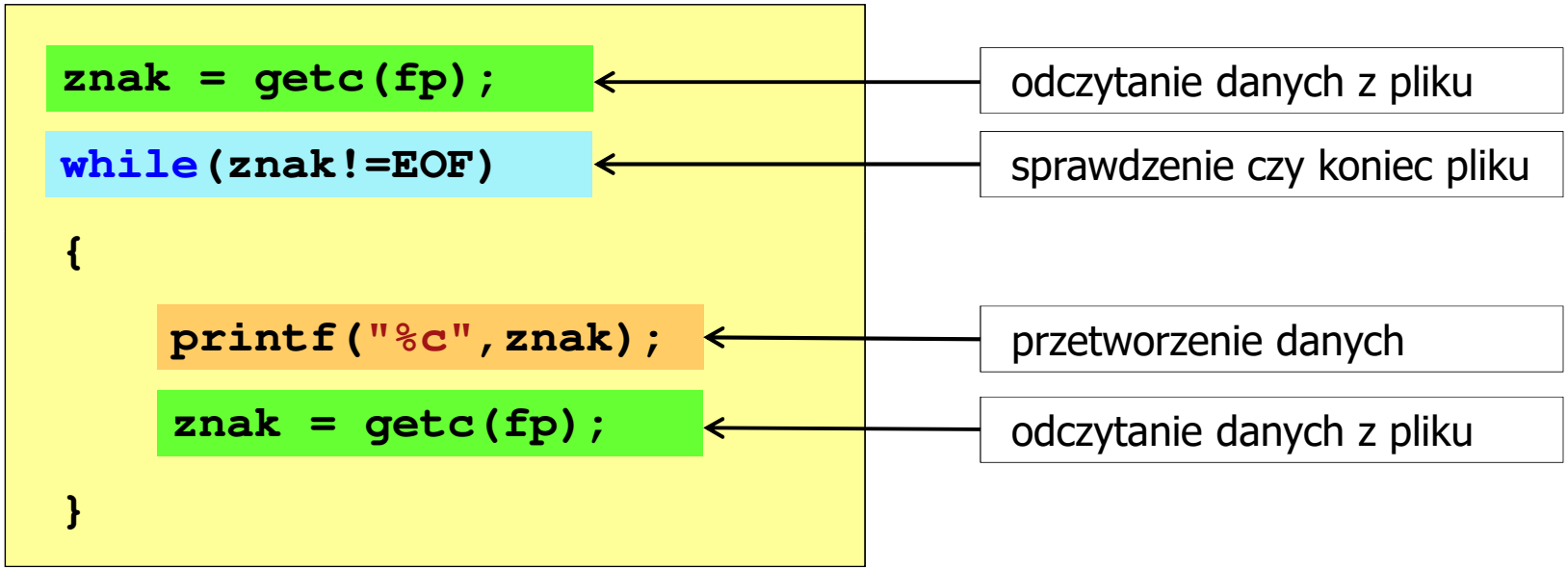
- Pobiera jeden znak z aktualnej pozycji otwartego strumienia fp i uaktualnia pozycję
- Zmienna fp powinna wskazywać strukturę FILE reprezentującą strumień skojarzony z otwartym plikiem lub jeden ze standardowo otwartych strumieni (np. stdin)
- Jeśli wykonanie zakończyło się poprawnie, to funkcja zwraca wartość całkowitą kodu wczytanego znaku (typ int)
- Jeśli wystąpił błąd lub przeczytany został znacznik końca pliku, to funkcja zwraca wartość EOF

Przykład: wyświetlenie pliku tekstowego

```
#include <stdio.h>

int main(void)
{
    FILE  *fp;
    int   znak;

    fp = fopen("test.txt","r");

    znak = getc(fp);
    while(znak!=EOF)
    {
        printf("%c",znak);
        znak = getc(fp);
    }

    fclose(fp);
    return 0;
}
```

Schemat przetwarzania pliku

- Typowy schemat odczytywania danych z pliku



Przykład: wyświetlenie pliku tekstowego

- Odczytanie i wyświetlenie zawartości pliku tekstowego

```
znak = getc(fp);
while(znak!=EOF)
{
    printf("%c",znak);
    znak = getc(fp);
}
```

można zapisać w krótszej postaci:

```
while((znak=getc(fp))!=EOF)
    printf("%c",znak);
```

Znakowe operacje wejścia-wyjścia

PUTC stdio.h

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

- Wpisuje znak do otwartego strumienia reprezentowanego przez argument fp
- Zmienna fp powinna wskazywać strukturę FILE reprezentującą strumień skojarzony z otwartym plikiem lub jeden ze standardowo otwartych strumieni (np. stdout)
- Jeśli wykonanie zakończyło się poprawnie, to funkcja zwraca wypisany znak
- Jeśli wystąpił błąd, to funkcja zwraca wartość EOF

Przykład: zapisanie alfabetu do pliku tekstowego

```
#include <stdio.h>

int main(void)
{
    FILE *fp = fopen("alfabet.txt","w");

    for (int i='A'; i<='Z'; i++)
        putc(i,fp);

    fclose(fp);

    return 0;
}
```

```
ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
```

- Stosując strumień stdout można wyświetlić alfabet na ekranie

```
for (int i='A'; i<='Z'; i++)
    putc(i,stdout);
```

Znakowe operacje wejścia-wyjścia

GETCHAR stdio.h

```
int getchar(void);
```

- Pobiera znak ze strumienia stdin (klawiatura)
- Jeśli wykonanie zakończyło się poprawnie, to funkcja zwraca przeczytany znak (typ int)
- Jeśli wystąpił błąd albo został przeczytany znacznik końca pliku, to funkcja zwraca wartość EOF

```
int znak;

znak = getchar();
printf("%c",znak);
```

Znakowe operacje wejścia-wyjścia

PUTCHAR stdio.h

```
int putchar(int znak);
```

- Wpisuje znak do strumienia stdout (standardowo ekran)
- Jeśli wykonanie zakończyło się poprawnie, to funkcja zwraca wypisany znak
- Jeśli wystąpił błąd, to funkcja zwraca wartość EOF

```
for (int i='a'; i<='z'; i++)
    putchar(i);
```

```
abcdefghijklmnopqrstuvwxyz
```

Przykład: liczba znaków wczytanych z klawiatury

```
#include <stdio.h>

int main(void)
{
    int znak, ile = 0;

    while ((znak=getchar())!='\n')
        ile++;

    printf("Liczba znakow: %d\n",ile);

    return 0;
}
```

```
Ala ma laptopa
Liczba znakow: 14
```

- Wprowadzane znaki są buforowane do naciśnięcia klawisza Enter
- Po naciśnięciu klawisza Enter zawartość bufora jest przesyłana do programu i analizowana w nim

Znakowe operacje wejścia-wyjścia

FGETC stdio.h

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

- Pobiera jeden znak ze strumienia wskazywanego przez fp
- Jeśli wykonanie zakończyło się poprawnie, to funkcja zwraca przeczytany znak po przekształceniu go na typ int
- Jeśli wystąpił błąd lub został przeczytany znacznik końca pliku, to funkcja zwraca wartość EOF

Znakowe operacje wejścia-wyjścia

FPUTC stdio.h

```
int fputc(int znak, FILE *fp);
```

- Wpisuje znak do otwartego strumienia reprezentowanego przez argument fp
- Jeśli wykonanie zakończyło się poprawnie, to funkcja zwraca wypisany znak (typ int)
- Jeśli wystąpił błąd, to funkcja zwraca wartość EOF

Przykład: liczba wyrazów w pliku

```
#include <stdio.h>

int main(void)
{
    FILE *fp;
    int znak, odstep = 1, ile = 0;

    fp = fopen("test.txt","r");
    while ((znak = fgetc(fp)) != EOF)
        if (znak == ' ' || znak == '\t' || znak == '\n')
            odstep = 1;
        else
            if (odstep != 0) { odstep = 0; ile++; }
    fclose(fp);
    printf("Liczba slow: %d\n",ile);

    return 0;
}
```

```
Ala ma  laptopa i psa.
```

```
Liczba slow: 5
```

Znakowe operacje wejścia-wyjścia

UNGETC stdio.h

```
int ungetc(int znak, FILE *fp);
```

- Umieszcza znak z powrotem w strumieniu wejściowym fp

Koniec wykładu nr 4

Dziękuję za uwagę!