Programowanie Proceduralne

Marek Grochowski

Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej UMK

https://www.is.umk.pl/~grochu/pp
https://github.com/IS-UMK/pp_wyklad
grochu@is.umk.pl

Ostatnia aktualizacja: 4 listopada 2024

Programowanie to wszechstronny proces prowadzący od problemu obliczeniowego do jego rozwiązania w postaci programu.

Celem programowania jest odnalezienie sekwencji instrukcji, które w sposób automatyczny wykonują pewne zadanie.

Programowanie proceduralne to paradygmat programowania zalecający dzielenie kodu na procedury, czyli fragmenty wykonujące ściśle określone operacje.

pl.wikipedia.org

Przegląd zagadnień

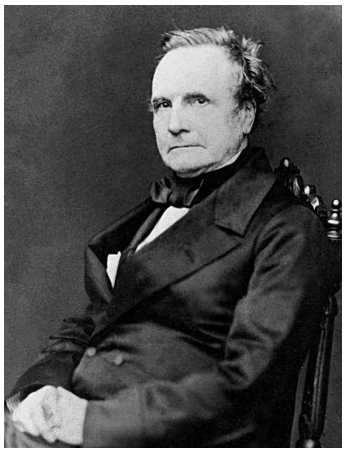
- Podstawy programowania w języku C
- *Case study* - przykłady programów, demonstracje
  Problem $\rightarrow$ Algorytm $\rightarrow$ Program $\rightarrow$ Rozwiązanie
- Paradygmat programowania proceduralnego,
  algorytmy wydzielone w postaci uniwersalnych funkcji
- Reprezentacja danych w komputerze:
  typy proste, złożone, struktury dynamiczne, ...
- Elementy inżynierii oprogramowania: model, projekt, analiza, implementacja, wykrywanie błędów, testowanie
- Laboratorium: język C, rekomendowane środowisko Visual Studio C++
- Zaliczenie wykładu: pozytywna ocena z laboratorium + TEST zaliczeniowy (AiR egzamin na ocenę)

Jak uczyć się programowania?

- pytaj
- czytaj
- podglądaj
- programuj, programuj, programuj, ...

- Brian W. Kernighan, Dennis M. Ritchie, *Język ANSI C*, WNT, Warszawa, 2000.
- David Griffiths, Dawn Griffiths, *Rusz głową! C.*, Helion, Gliwice, 2013.
- D. Harel, *Rzecz o istocie informatyki. Algorytmika.*, WNT, Warszawa, 1992.
- Maciej M. Sysło, *Algorytmy*, WSiP, Warszawa, 2002.

Charles Babbage (1791–1871)



1822 Projekt maszyny różnicowej.

1837 (Parowa) **maszyna analityczna** - sterowanie sekwencyjne, pętle, odgałęzienia, projekt niedokończony

Augusta Ada Lovelace (1815-1852)

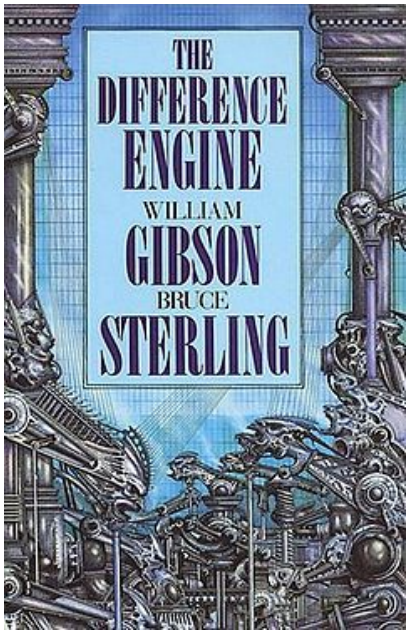
1842 *Note G*, algorytm wyznaczania liczb Bernoullego. **Pierwszy program komputerowy.**

1979 Język ADA.

1849 Difference Engine No. 2, dokładność 31 cyfr, wydruk na wyjściu

2002 Realizacja projektu rekonstrukcji maszyny różnicowej, ☞Computer History Museum.

2011 Początek (10 letniego) projektu rekonstrukcji maszyny analitycznej, ☞Plan 28.



http://www.computerhistory.org/

Generacje komputerów

0 mechaniczne, przekaźnikowe (do 1945)

Z3 (Berlin, 1941), Harvard Mark 1 (USA, 1944), GAM-1 (Warszawa, 1950), PARK (AGH, 1957)

1 lampy elektronowe (1945-59)

ABC Atanasoff-Berry Computer (USA, 1942), COLOSSUS (UK, 1943), ENIAC (USA, 1945),

XYZ (Warszawa, 1957/1958)

2 tranzystory i pamięci ferrytowe (1959-64)

PDP-1 (USA, 1960), ZAM-41(Polska, 1961), Odra 1204 (Polska, 1967)

3 układy scalone o małej skali integracji SSI (1965-70)

IBM 360 (1965), Odra 1305 (Polska, 1973)

4 układy o wysokiej skali integracji LSI i VLSI, mikroprocesory

mikroprocesor Intel 4004 z częstotliwością taktowania 0,1 MHz (1971), IBM 5150 PC (1981)

5 Komputery przyszłości: kwantowe, optyczne, biologiczne ?

Komputery generacji 0

Mechaniczne i przekaźnikowe

Konrad Zuse

1936 Mechaniczny **Z1**,
liczby zmiennopozycyjne.

1941 ☞Przekaźnikowy **Z3**,
pierwszy działający
programowalny komputer
5.3Hz,
64 słowa 22 bitowe (176 B).

Inne komputery 0 generacji

1939-44 Harvard Mark 1 Howarda Aikena (IBM ASCC)

1950 GAM-1, Państwowy Instytut Matematyczny w Warszawie

1957 PARK (Programowany Automat Rachunków Krakowianowych), AGH

Język Plankalkül 1943

Komputery 1 generacji (1945-59)

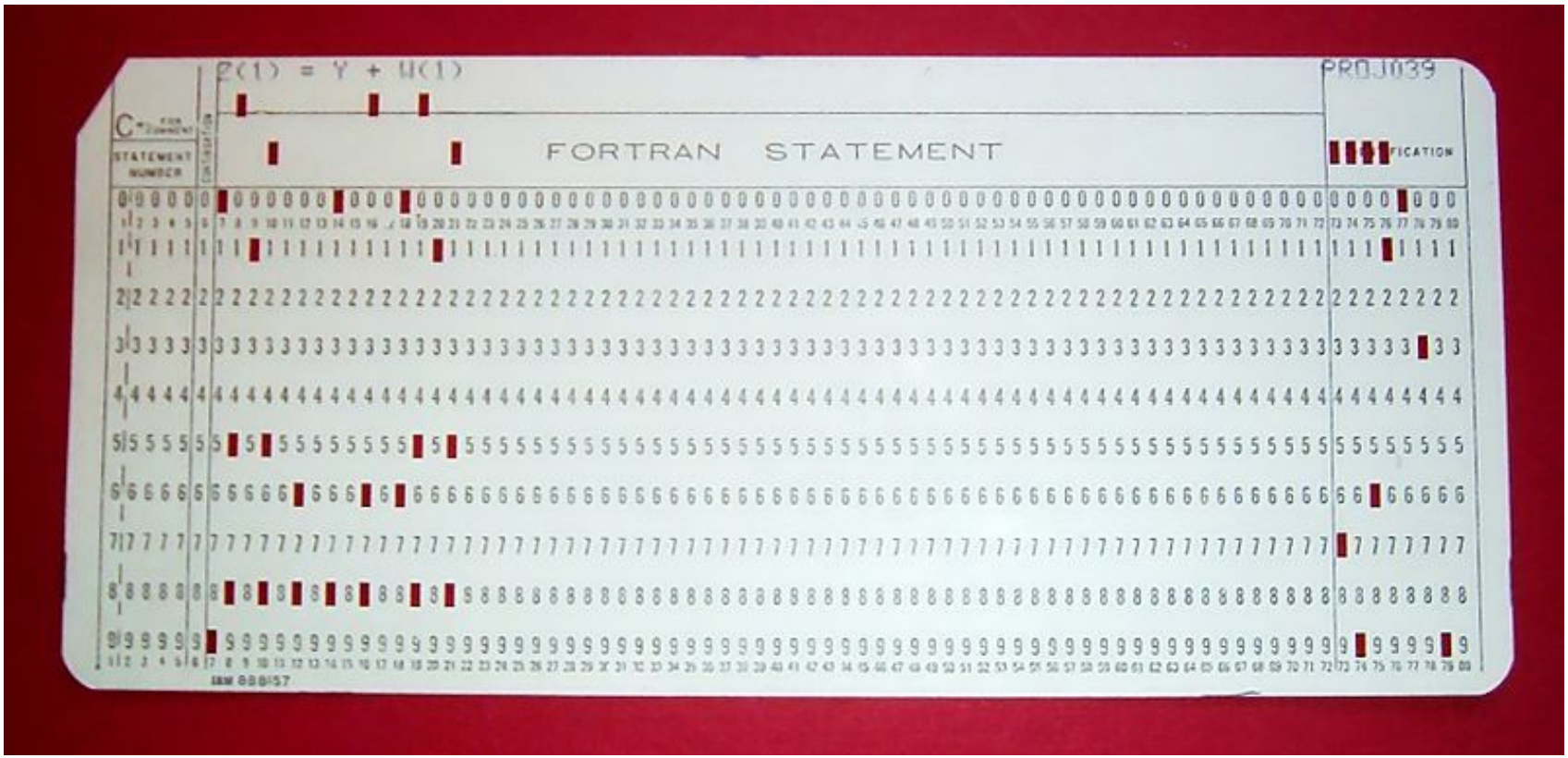
Lampy próżniowe

- Zastosowanie do obliczeń numerycznych (łamanie szyfrów, balistyka).
- Wejście: karty dziurkowane, taśmy papierowe
- Wyjście: wydruk, dalekopis, lampy
- Pamięć: dane przechowywane na dyskach magnetycznych, rtęciowe linie opóźniające
- Program: głównie język maszynowy

1949 (prawie) pierwszy assembler (EDSAC)
1952 Grace Hopper, pierwszy kompilator A-0 (UNIVAC I)
1954 Język Fortran

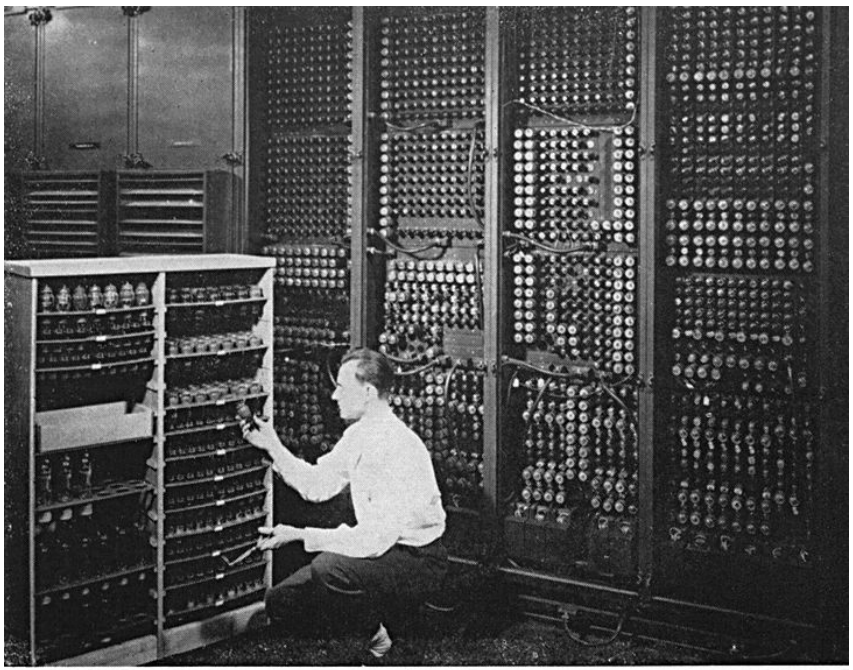
Karta perforowana

80 kolumn, 10 wierszy numerycznych + 2 wiersze strefowe (IBM, 1928)



ENIAC (1946)

Elektroniczne urządzenie numeryczne całkujące i liczące



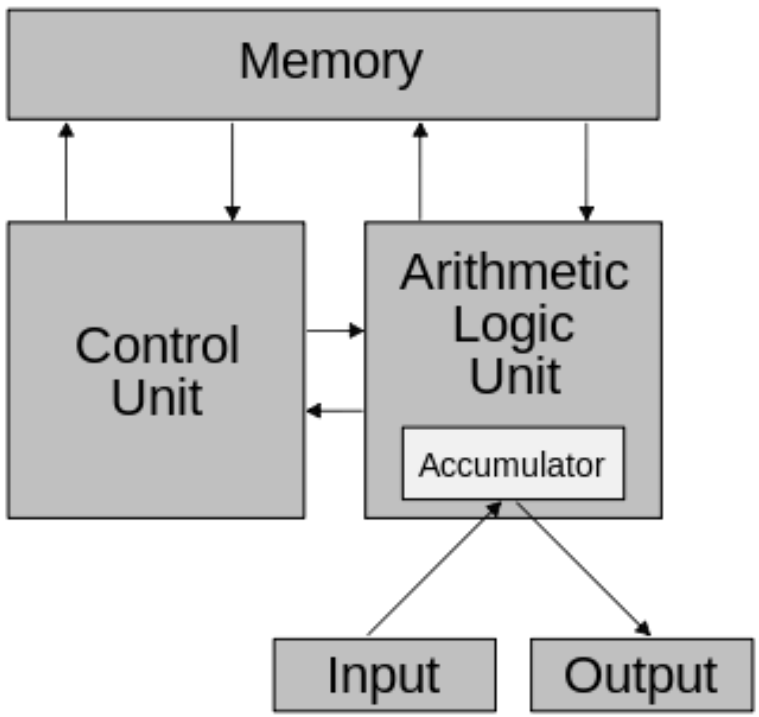
Replacing a bad tube meant checking among ENIAC's 19,000 possibilities.

18 000 lamp,
30 ton, 170 m^2, moc 160kW,
5000 operacji dodawania / sec.
system dziesiętny,
ręczne programowanie przez ustawianie 6K przełączników i wtykanie kabli

Współczesna koncepcja komputera

John von Neumann, 1945

Pamięć używana zarówno do przechowywania danych jak i samego programu, każda komórka pamięci ma unikatowy identyfikator (adres).



1949 EDVAC, Electronic Discrete Variable Computer, współpracuje już z dyskami magnetycznymi.

1960 PDP-1, pierwszy dostępny w sprzedaży minikomputer z monitorem i klawiaturą.

Pierwsza gra wideo „Spacewar!” (Steve Russel), pierwszy edytor tekstu, interaktywny debugger, komputerowa muzyka.

1970 Minikomputer K-202
(potencjalnie) wydajniejszy od IBM 5150 PC (1981 r.)
Opracowany i skonstruowany przez inż. Jacka Karpińskiego.

16 bitów
adresowanie stronicowe do 8MB
(konkurencja max. 64kB)
modularność
wielodostępowość

1 mln. operacji/s.

1981 IBM 5150 PC

procesor Intel 8088 (4.77 MHz)
64 kB pamięci ROM
do 640 kB pamięci RAM
brak dysku twardego (taśmy na kasetach, późniejsze modele dyskietki 5,25 cala)
karta CGA (kolor) lub MGA (monochromatyczna),
system operacyjny MS-DOS,

dźwięk z PC speakera

Rozwój języków programowania

- kod maszynowy, assembler
- lata 50-te, języki wysokiego poziomu

  Fortran (1955), Lisp (1955), COBOL (1959)
- lata 60-te, rozwój języków specjalistycznych

  Simula I (1960, el. obiektowości), Lisp, COBOL

  Pierwsze próby stworzenia języków ogólnych

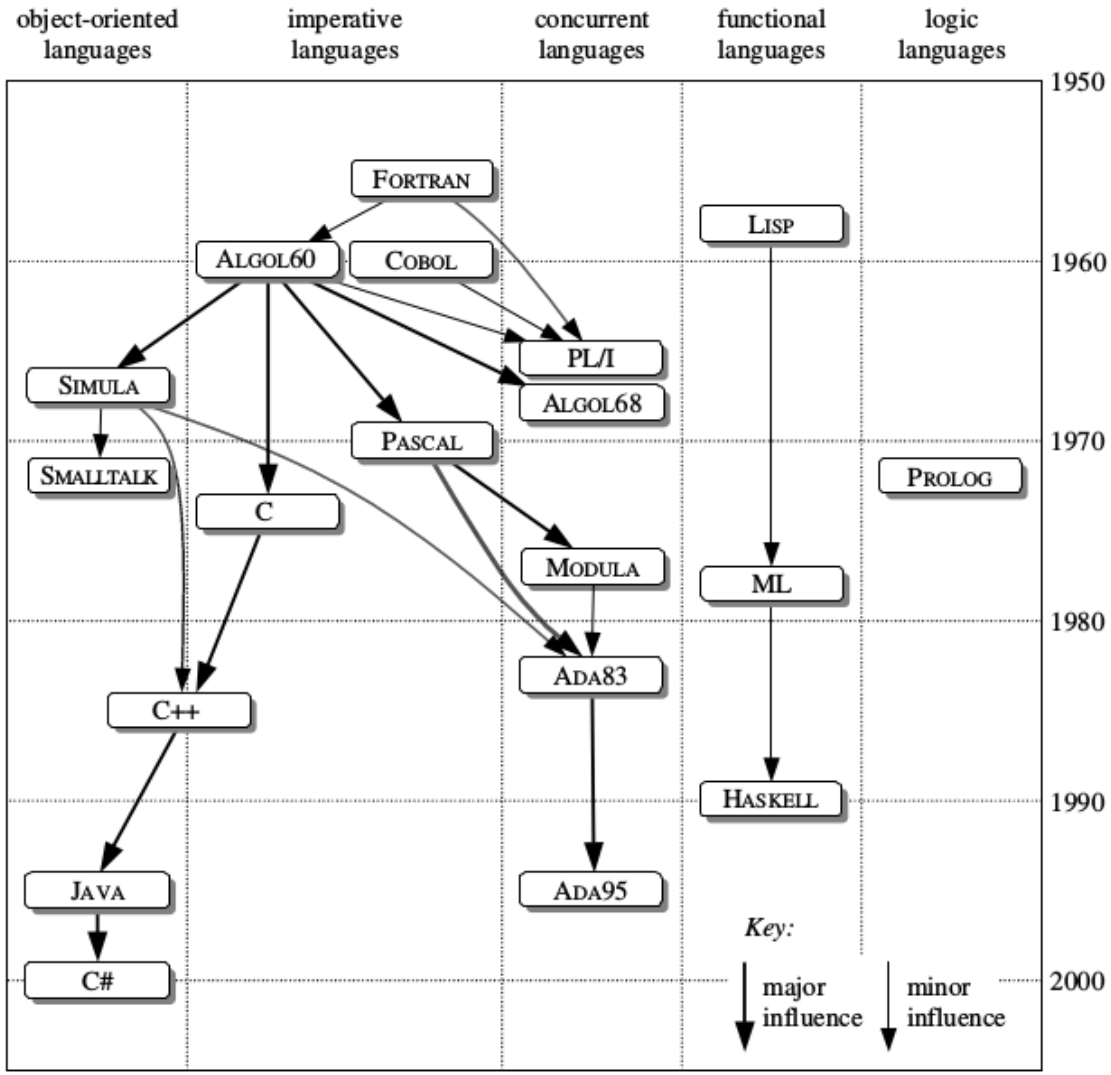
  Algol (58/60), PL/1 (1964).
- lata 70-te, początek pojedynku: Pascal vs. C

  Zalążki obiektowości: Smalltalk (1972)
- lata 80-te, Dominują: C, Pascal, Basic

  Powstają: C++ (1980), Matlab (1984)
- lata 90-te, era internetu, programowanie obiektowe

  Java (1996), Python (1991), PHP (1995), JS (1995), .NET (C#, 2001)

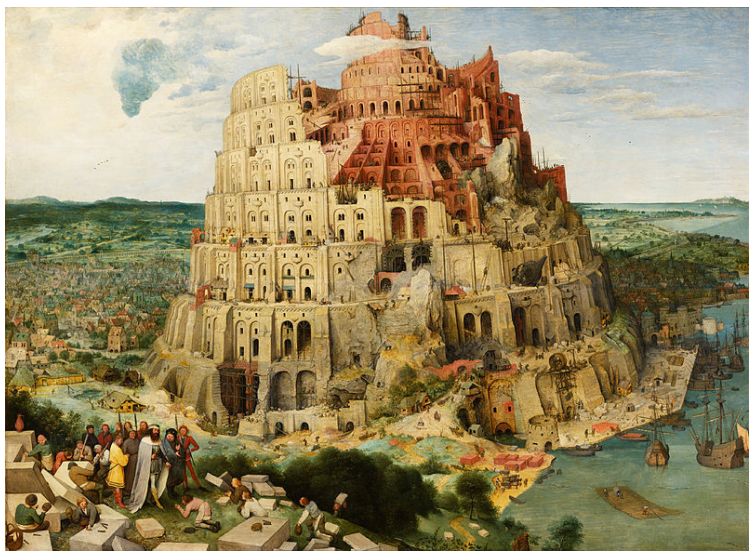
Źródło: ☞ History and Evolution of Programming Languages



Źródło: David A. Watt, "Programming Language Design Concepts"

Języki programowania

- kod maszynowy, języki symboliczne
- wysokiego i niskiego poziomu
- paradygmaty programowania: proceduralne, strukturalne, obiektowe, funkcyjne, logiczne, uniwersalne, ...
- ☞ Lista 2500 języków komputerowych, Bill Kinnersley
  ☞ Lista języków na Wikipedii

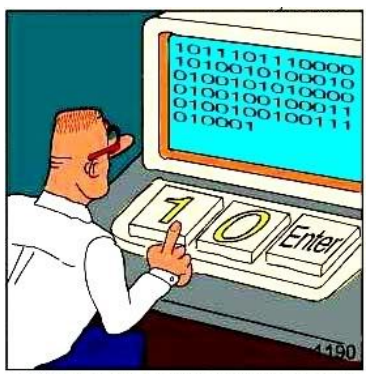


Pieter Bruegel (starszy), 1563

Kod maszynowy

ciąg instrukcji w postaci binarnej wykonywanych bezpośrednio przez procesor.

- rozkazy procesora i dane w postaci słów bitowych pobierane są z pamięci do rejestrów procesora
- nie jest przenośny, każdy procesor ma swój specyficzny zestaw instrukcji



REAL Programmers code in BINARY.

Język assemblera

zastępuje rozkazy maszynowe
tzw. **mnemonikami**, zrozumiałymi przez człowieka słowami określającymi konkretną czynność procesora.

```
push   rbp
mov    rbp,rsp
mov
DWORD PTR [rbp-0x4],0x0
jmp    11 <main+0x11>
add
DWORD PTR [rbp-0x4],0x1
cmp
DWORD PTR [rbp-0x4],0x9
jle    d <main+0xd>
pop    rbp
ret
```

- **Assembler** - program tłumaczący język asemblera na kod maszynowy (assemblacja)
- **Deasembler** - program tłumaczący kod maszynowy na jezyk asemblera

Maszyna Z4 Konrada Zuse (1945 r.) posiadała moduł „Planfertigungsteil" umożliwiający wprowadzanie oraz odczyt rozkazów i adresów w sposób zrozumiały dla człowieka

Języki wysokiego poziomu

- nie są bezpośrednio wykonywane przez procesor, przez co pozwalają uniezależnić program od platformy sprzętowej i systemowej

```c
#include<stdio.h>

int main()
{
    puts("Witaj swiecie!");
    return 0;
}
```

- składnia i instrukcje mają za zadanie maksymalizować zrozumienie kodu programu przez człowieka
- pozwalają skupić się na logice zadania
- kara za abstrakcję: kod niskiego poziomu zazwyczaj będzie bardziej efektywny od kodu wyższego poziomu

Kompilator

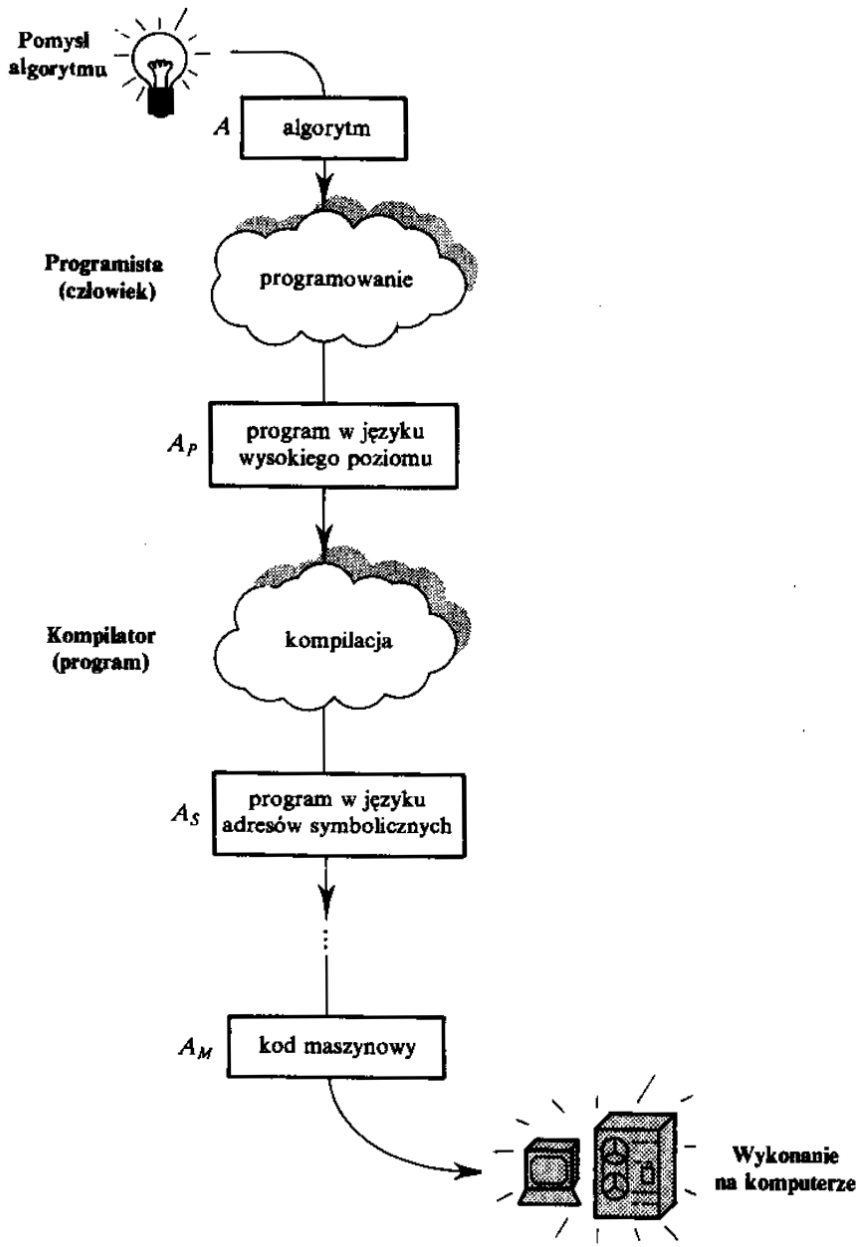
program tłumaczący kod napisany w jednym języku na równoważny kod w innym języku. Przykłady:

- kod źródłowy → kod maszynowy (C, C++, Pascal, Fortran)
- kod źródłowy → *byte code*, kod pośredni rozumiany lub kompilowany przez maszynę wirtualną (Java, .Net)

Interpreter

odczytuje, analizuje i uruchamia instrukcje zawarte w kodzie źródłowym (brak procesu kompilacji).
Języki skryptowe: Bash, Perl, Python

Od pomysłu do programu



D. Harel, [2]

Środowiska programistyczne C/C++

- Wersja minimalistyczna: *edytor tekstu* + *kompilator*
  - Linux: GCC (gcc, cc, g++)
    `cc hello.c -o hello`
  - Windows: Borland C, Cygwin, MinGW
- IDE, Integrated Development Environment
  edytor, kompilator, deasembler, debugger, ...
  - Windows: MS Visual Studio
  - Linux: KDevelop, Anjuta
  - Linux/Windows: VS Code, CodeBlocks, Eclipse (CDT), NetBeans

Algorytmy

DOKŁADNA NAUKA

WARZENIA PIWA.

WEDŁUG METODY ŁATWEY, STWIERDZONEY OSMIOLETNIEM DOSWIADCZENIEM.

DO WYNALAZKÓW NAYNOWSZYCH ZASTOSOWANA,

Z PRZYDANEM OPISANIEM APPARATU DO STUDZENIA, ZASTĘPUIĄCEGO ZWYCZAYNE KILSZTOKI, ZA POMOCĄ KTÓREGO PIWO WRZĄCE, W PRZECIĄGU IEDNEY MINUTY DO TEMPERATURY WODY STUDZIENNEY OCHŁODZONE BYDŹ MOŻE;

PRZEDSTAWIONA W SPOSOBIE PRAKTYCZNYM,

PRZEZ KAROLA WILHELMA SCHMIDT,
AUTORA ROZMAITYCH DZIEŁ TECHNOLOGICZNYCH.

PRZEŁOŻONA Z JĘZYKA NIEMIECKIEGO,
DLA UŻYTKU ZIEMIAN POLSKICH.

WARSZAWA.

NAKŁAD I DRUK N. GLÜCKSBERGA,
KSIĘGARZA I TYPOGRAFA KRÓL: WARSZAW: UNIWERSYT.

1830.

Chambers udziela w swych pismach odmienny sposób robienia Piwa Brunświckiego, odpisany iak twierdzi, z pierwotnéy Recepty, zachowywanéy na Ratuszu mieyskim w Brunświku.

Według Recepty téy wziąść należy 200 miarek zwanych *Kanne* wody, i te tak długo gotować, pokąd 1/3 części iéy nie ubędzie. Sypie się potém do téy wody siedm Szeflów slodu Pszennego i jeden Szefel drobnéy Fasoli; gdy odleie się do beczki dla wyrobienia, nie należy zapełniać iéy całkowicie, bo skoro fermentacyia nastąpi, kładzie się do beczki wewnętrznéy kory z Sośniny funtów trzy, pączków Brzozowych i kotków (pączków) Sosnowych po funcie jednym, trzy garści ziela Cardi-Benedicti, garść jedną lub dwie kwiatu zwanego *Sonnenthaubliithe*, Pimpinelli, Betoniki, Majeranu, ziela zwanego Poley i dzikiego Tymianku, każdego pół garści, albo garść całą, kwiatu Bzowego garści dwie, owocu róży polnéy uncyi 30, utłuczonych.— Po nakładzeniu tych zapraw do beczki, dolewa się ta do pełności, zaczém skutkiem fermentacyi Piwo naciągnie nieco zapachu i smaku, z zapraw przydanych. — Przy ukończeniu fermentacyi wybiją się do beczki 10 jay świeżo zniesionych i ta szpuntuie się. We dwa roki dopiero po zaszpuntowaniu ściąga się Piwo do picia.

Przepis

Warzenie piwa Brunświckiego

- składniki (dane wejściowe):
  woda, słód, itd.
- wynik:
  beczka piwa
- sprzęt:
  beczka, piwowar (mielcarz)
- przepis:
  oprogramowanie, algorytm
- instrukcje:
  dodawanie składników, gotowanie, odlewanie, dolewanie, fermentacja, szpuntowanie, ...

Chambers udziela w swych pismach odmienny sposób robienia Piwa Brunświckiego, odpisany iak twierdzi, z pierwotnéy Recepty, zachowywanéy na Ratuszu mieyskim w Brunświku.

Według Recepty téy wziąść należy 200 miarek zwanych *Kanne* wody, i te tak długo gotować, pokąd 1/3 części iéy nie ubędzie. Sypie się potém do téy wody siedm Szeflów slodu Pszennego i jeden Szefel drobnéy Fasoli; gdy odleie się do beczki dla wyrobienia, nie należy zapełniać iéy całkowicie, bo skoro fermentacyia nastąpi, kładzie się do beczki wewnętrznéy kory z Sośniny funtów trzy, pączków Brzozowych i kotków (pączków) Sosnowych po funcie jednym, trzy garści ziela Cardi-Benedicti, garść jedną lub dwie kwiatu zwanego *Sonnenthaublüthe*, Pimpinelli, Betoniki, Majeranu, ziela zwanego Poley i dzikiego Tymianku, każdego pół garści, albo garść całą, kwiatu Bzowego garści dwie, owocu róży polnéy uncyi 30, utłuczonych.— Po nakładzeniu tych zapraw do beczki, dolewa się ta do pełności, zaczém skutkiem fermentacyi Piwo naciągnie nieco zapachu i smaku, z zapraw przydanych. — Przy ukończeniu fermentacyi wybiją się do beczki 10 jay świeżo zniesionych i ta szpuntuie się. We dwa roki dopiero po zaszpuntowaniu ściąga się Piwo do picia.

Algorytm

jednoznacznie zdefiniowany ciąg operacji prowadzący w skończonej liczbie kroków do rozwiązania zadania.

Algorytm Euklidesa, ok. 300 p.n.e.

algorytm znajdowania największego wspólnego dzielnika (NWD) dwóch liczb całkowitych dodatnich. Uznawany za pierwszy kiedykolwiek wymyślony niebanalny algorytm.

Algorytmy to rozwiązania pewnych zadań - **zadań algorytmicznych**.

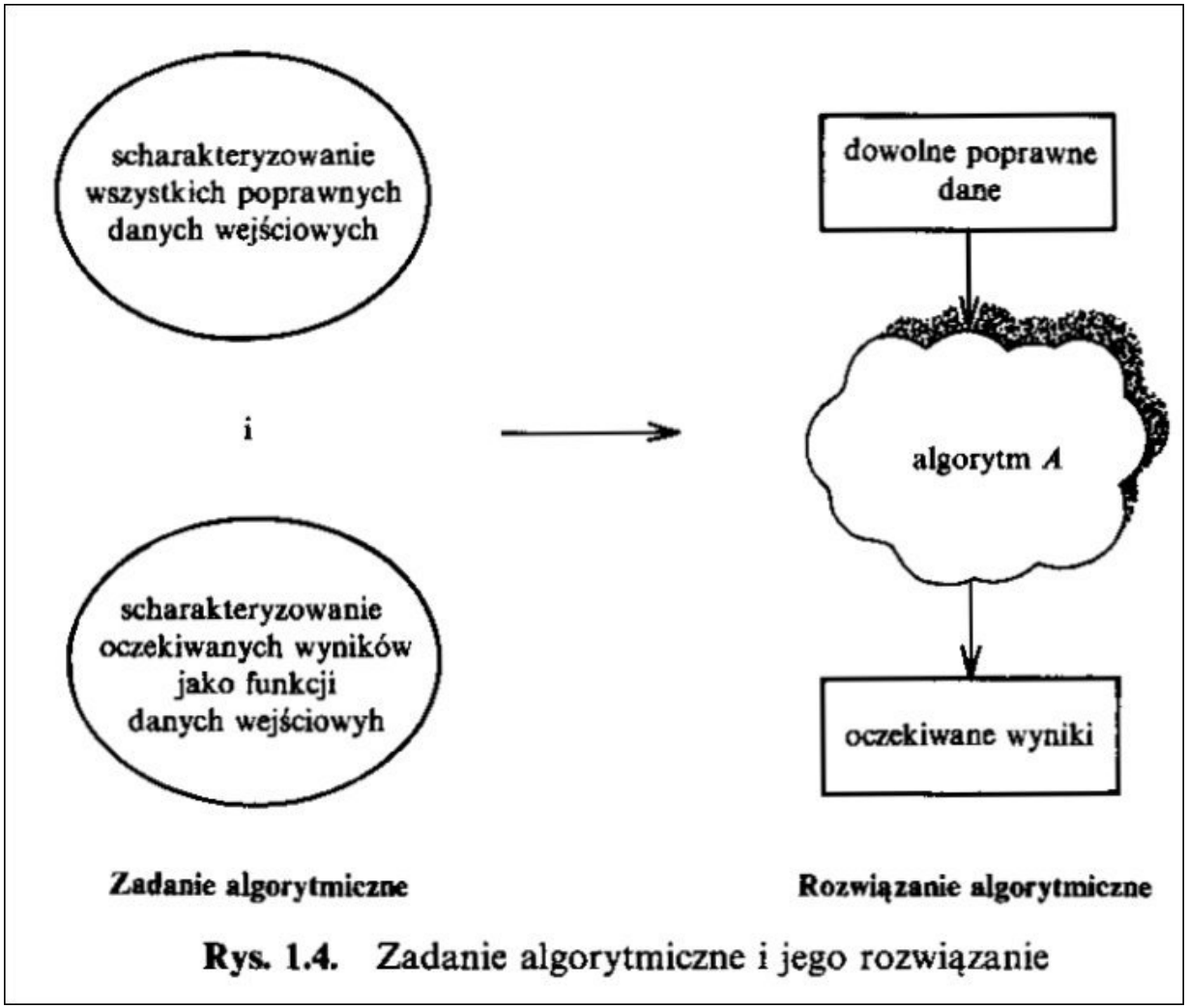
Specyfikacja zadania algorytmicznego

- warunki jakie muszą spełniać dane wejściowe
- określenie oczekiwanych wyników jako funkcji danych wejściowych

Dodatkowe ograniczenia algorytmu, np. dotyczące ilości operacji.

Przykład specyfikacji: Algorytm Euklidesa

Dane wejściowe: liczby całkowite $x, y > 0$
Wynik: $NWD(x, y)$



Rys. 1.4. Zadanie algorytmiczne i jego rozwiązanie

D. Harel, [2]

Cechy algorytmu

- **skończoność** - ograniczona liczna kroków
- **poprawność** - zgodny ze specyfikacją
- **uniwersalność** - poprawny dla klasy problemów
- **efektywność** - niska złożoność to gwarancja użyteczności
- **określoność** - zrozumiałe polecenia, możliwe do wykonania w jednoznacznej kolejności
- określony stan początkowy i wyróżniony koniec

Ciąg struktur sterujących definiuje kolejność wykonywanych operacji.

- bezpośrednie następstwo: *wykonaj* A, *potem* B
- wybór warunkowy (rozgałęzienie): *jeśli* Q *to wykonaj* A, *w przeciwnym razie wykonaj* B
- iteracja ograniczona: *wykonaj* A *dokładnie* N *razy*
- iteracja warunkowa: *dopóki* Q, *wykonuj* A
- instrukcja skoku: *skocz do G*
- podprogram - wyodrębniony fragment programu, funkcja

Struktury sterujące można dowolnie składać: np. pętle zagnieżdżone. „Nie ma granic zawiłości algorytmów".

- Opis językiem naturalnym
- Lista kroków
- Schematy blokowe
- Pseudo-języki
- Języki wysokiego poziomu

Problem:

znalezienie największej liczby całkowitej dzielącej bez reszty liczby całkowite dodatnie a i b

Pomysł:

Zauważmy, że

$$NWD(a,b) = k \implies a = nk, b = mk \implies a - b = (m-n)k$$

Stąd dla $a > b$ zachodzi

$$NWD(a,b) = NWD(a-b,b) = NWD(a-b,a)$$

.

Algorytm Euklidesa

Dane są dwie liczby całkowite. Odejmij od większej liczby mniejszą liczbę a większą liczbę zastąp uzyskaną różnicą. Powtarzaj tą czynność tak długo aż obie liczby będą równe. Otrzymana liczba jest największym wspólnym dzielnikiem liczb wejściowych.

Specyfikacja

Dane wejściowe: liczby całkowite $a, b > 0$
Wynik: liczba całkowita a stanowiąca największy wspólny dzielnik

Lista kroków

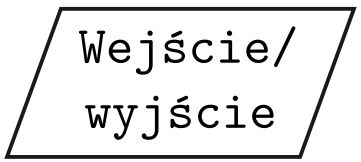
1. jeśli a jest równe b to jest to największy dzielnik
2. jeśli $a > b$ to zastąp a wartością $a - b$ i wróć do punktu 1
3. jeśli $a < b$ to zastąp b wartością $b - a$ i wróć do punktu 1

Algorytm zakłada istnienie operacji $-$, $=$ (porównanie) oraz $>$.

Blok graniczny: start, stop, przerwanie, opóźnienie.

Blok operacyjny: zmiana wartości, postaci lub miejsca zapisu danych.

Blok decyzyjny, rozgałęzienie.



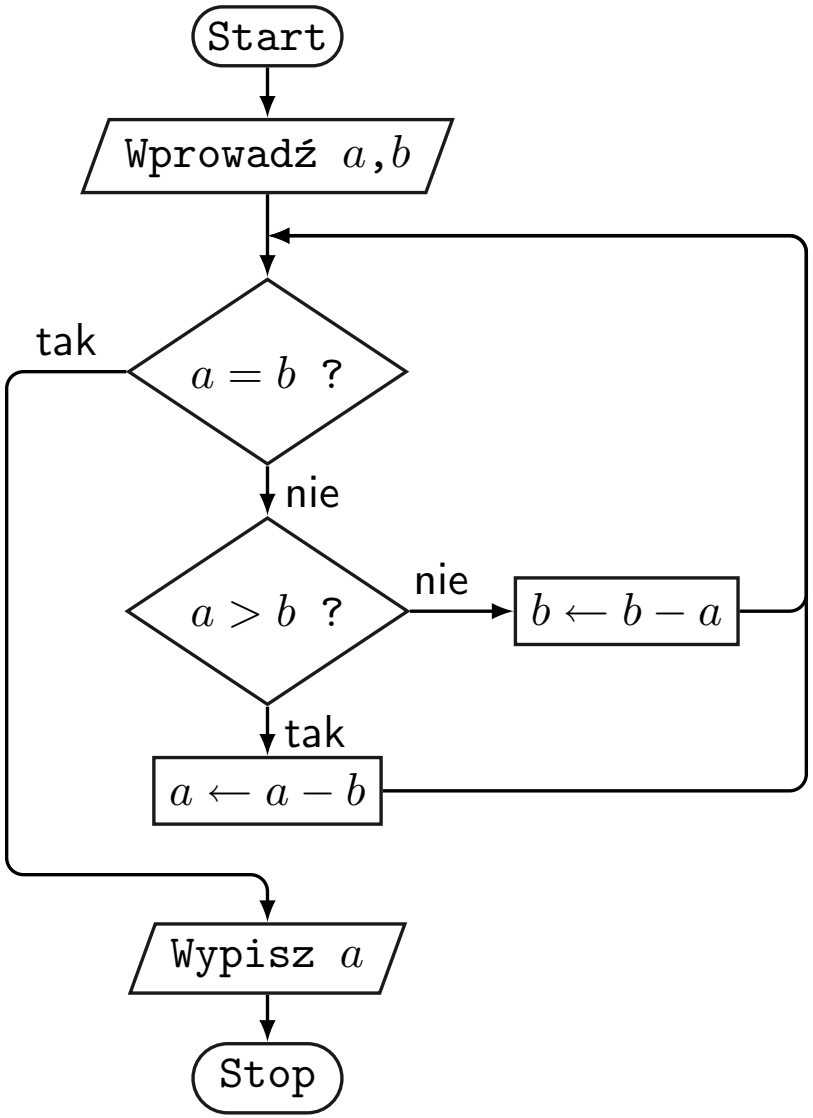
Wprowadzanie danych i wyprowadzenia wyników.

Połączenie z innym fragmentem diagramu.

Wywołanie podprogramu.

Przykład: Schemat blokowy

Algorytm Euklidesa z odejmowaniem



Algorithm Algorytm Euklidesa

dopóki $a \neq b$ **wykonuj**
  jeżeli $a > b$ **wykonaj**
    $a \leftarrow a - b$
  w przeciwnym wypadku
    $b \leftarrow b - a$

- struktura kodu języka wysokiego poziomu (często Pascal)
- uproszczona składnia na rzecz prostoty i czytelności
- formuły matematyczne, język naturalny, podprogramy
- nie zawiera szczegółów implementacji
  „Dla ludzi, nie dla maszyn”.

```c
/*  Algorytm Euklidesa. */

#include <stdio.h>

int main()
{
    int a, b;

    printf("Podaj dwie liczby calkowite: ");
    scanf("%d %d", &a, &b);

    while (a != b)
        if (a > b) a = a - b;
        else       b = b - a;

    printf("NWD = %d\n", a);

    return 0;
}
```

☞ euclid1.c

```
1  program NWD(input,output);
2  { Algorytm Euklidesa. }
3  var
4     A, B : Integer;
5  begin
6     Writeln('Podaj dwie liczby calkowite: ');
7     Readln(a,b);
8
9     while a <> b do
10    begin
11       if a > b then a := a - b
12       else b := b - a;
13    end;
14    Writeln('NWD = ', a);
15 end.
```

☞ euclid1.pas

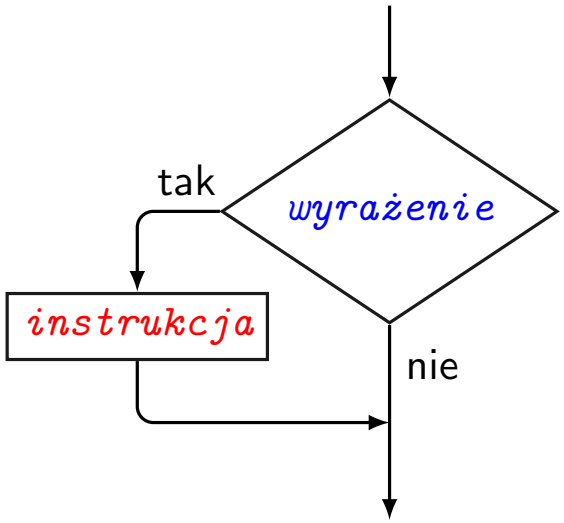
Program w języku Fortran 77

```
1         PROGRAM EUCLID1
2   c     Algorytm Euklidesa w jezyku Fortran 77
3
4         WRITE (*,*) 'Podaj dwie liczby calkowite: '
5         READ (*,*) N, M
6
7         DO WHILE ( N .NE. M )
8            IF ( N .GT. M ) THEN
9               N = N - M
10           ELSE
11              M = M - N
12           ENDIF
13        ENDDO
14        WRITE (*,*) 'NWD=', N
15        END
```

☞ euclid1.f

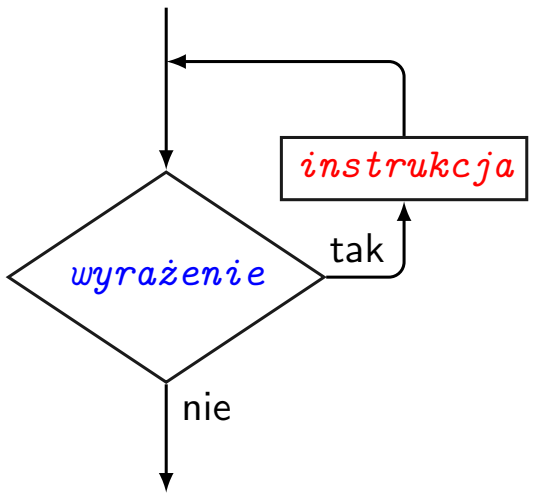
Warunek if (jeżeli)

```
if ( wyrażenie )
    instrukcja
```



Pętla while (dopóki)

```
while ( wyrażenie )
    instrukcja
```



- Czy algorytm jest poprawny? Dla jakich danych?
- Problem stopu. Czy algorytm posiada skończoną ilość kroków?
- Efektywność algorytmu. Ile iteracji należy się spodziewać dla różnych danych?

Algorytm Euklidesa z operacją modulo

Algorithm Algorytm Euklidesa

1: **dopóki** $b \neq 0$ **wykonuj**
2: $\quad c \leftarrow a \mod b$
3: $\quad a \leftarrow b$
4: $\quad b \leftarrow c$

- wymaga operacji dzielenie modulo oraz $\neq$
- złożoność: dla $a > b \geqslant 0$ co najwyżej $2\log_2(a+b)$ iteracji

```c
#include <stdio.h>

int main()
{
    int a, b, c;

    printf("Podaj dwie liczby calkowite: ");
    scanf("%d %d", &a, &b);
    printf("NWD(%d,%d) = ", a, b);

    while (b != 0)
    {
        c = a % b;
        a = b;
        b = c;
    }
    printf("%d\n", a);

    return 0;
}
```

☞ euclid2.c

Esencja programowania proceduralnego

Podprogram - funkcja lub procedura, wydzielona część programu

- **wielokrotne użycie** - moga być wywołane w różnych miejscach programu
- **ekonomiczność** - ujednolica powtarzające się bloki programu, mniej kodowania,
- **czytelność** - nawet przy złożonych i obszernych algorytmach
- **modularny kod** - podział kodu na mniejsze fragmenty, ułatwia jego rozwój i utrzymanie
- podprogram staje się nową instrukcją elementarną

  w języku C brak wbudowanych funkcji, tylko `main()`
- uproszczenie problemu poprzez rozbicie na mniejsze pod-problemy
  - programowanie zstępujące (*top-down*)
  - programowanie wstępujące (*bottom-up*)
- podprogram uruchamiający sam siebie - **rekurencja**

```c
int nwd(int a, int b)
{
    int c;
    while (b != 0)
    {
        c = a % b;
        a = b;
        b = c;
    }
    return a;
}
```

☞ euclid3.c

```c
int nwd(int a, int b)
{
    if (b == 0) return  a;
    return nwd(b, a % b );
}
```

☞ euclid3rekurencja.c

Algorithm Sortowanie przez wybieranie (selection sort)

Dane wejściowe: ciąg n liczb $A = \{a_1, a_2, \ldots, a_n\}$
Wynik: uporządkowany ciąg $a_1 \leqslant a_2 \leqslant, \ldots, \leqslant a_n$

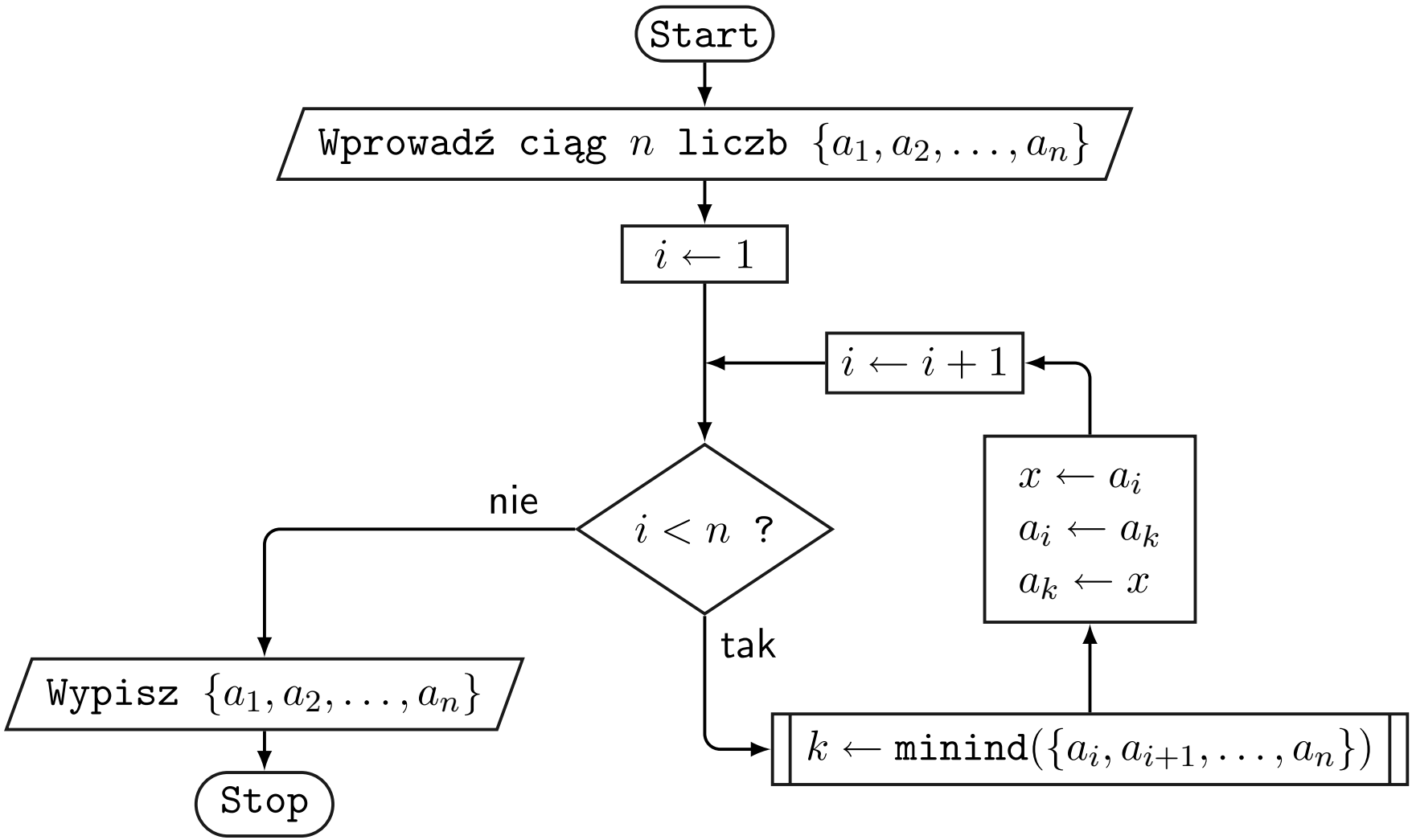
1: $i \leftarrow 1$
2: **dopóki** $i < n$ **wykonuj**
3: $\quad k \leftarrow \texttt{minind}(\{a_i, a_{i+1}, \ldots, a_n\})$ ▷ Podprogram
4: $\quad a_i \longleftrightarrow a_k$
5: $\quad i \leftarrow i + 1$

`minind()` wyszukuje indeks elementu o najmniejszej wartości.

Wizualizacja algorytmów sortowania: ☞ AlgoRythmics

Przykład: Schemat blokowy

Sortowanie przez wybieranie



Złożoność obliczeniowa

liczba operacji wykonywanych przez algorytm. Zazwyczaj wyznaczana względem ilości danych lub ich rozmiaru.

Ile operacji wymaga ...

- porównanie dwóch liczb całkowitych?
- obliczenie $NWD(a, b)$?
- znalezienie pewnego elementu wśród N elementów?
- ile operacji wymaga posortowanie listy N elementów?
- Problem komiwojażera: znalezienie najkrótszej drogi łączącej wszystkie miasta?

Rysunek 1.1. Najkrótsza trasa premiera przebiegająca przez wszystkie miasta wojewódzkie w podziale administracyjnym z 1975 roku (A. Adrabiński)

Tabela 1.1. Czasy znalezienia przez komputer, wykonujący 100 miliardów operacji na sekundę, najkrótszej trasy podróży premiera (zob. ćwiczenie 1.3)

Liczba województw	Czas znajdowania najkrótszej trasy
17	3.5 minuty
25	$2 \cdot 10^5$ lat
49	$4 \cdot 10^{42}$ lat

[1] M.M. Sysło, „Algorytmy”

Funkcja \ N	10	50	100	300	1000
$5N$	50	250	500	1500	5000
$N \times \log_2 N$	33	282	665	2469	9966
N^2	100	2500	10 000	90 000	1 milion (7 cyfr)
N^3	1000	125 000	1 milion (7 cyfr)	27 milionów (8 cyfr)	1 miliard (10 cyfr)
2^N	1024	liczba 16-cyfrowa	liczba 31-cyfrowa	liczba 91-cyfrowa	liczba 302-cyfrowa
$N!$	3,6 miliona (7 cyfr)	liczba 65-cyfrowa	liczba 161-cyfrowa	liczba 623-cyfrowa	niewyobrażalnie duża
N^N	10 miliardów (11 cyfr)	liczba 85-cyfrowa	liczba 201-cyfrowa	liczba 744-cyfrowa	niewyobrażalnie duża

Dla porównania: liczba protonów w znanym wszechświecie ma 126 cyfr,
liczba mikrosekund od „wielkiego wybuchu” ma 24 cyfry.

Rys. 7.3. Niektóre wartości pewnych funkcji

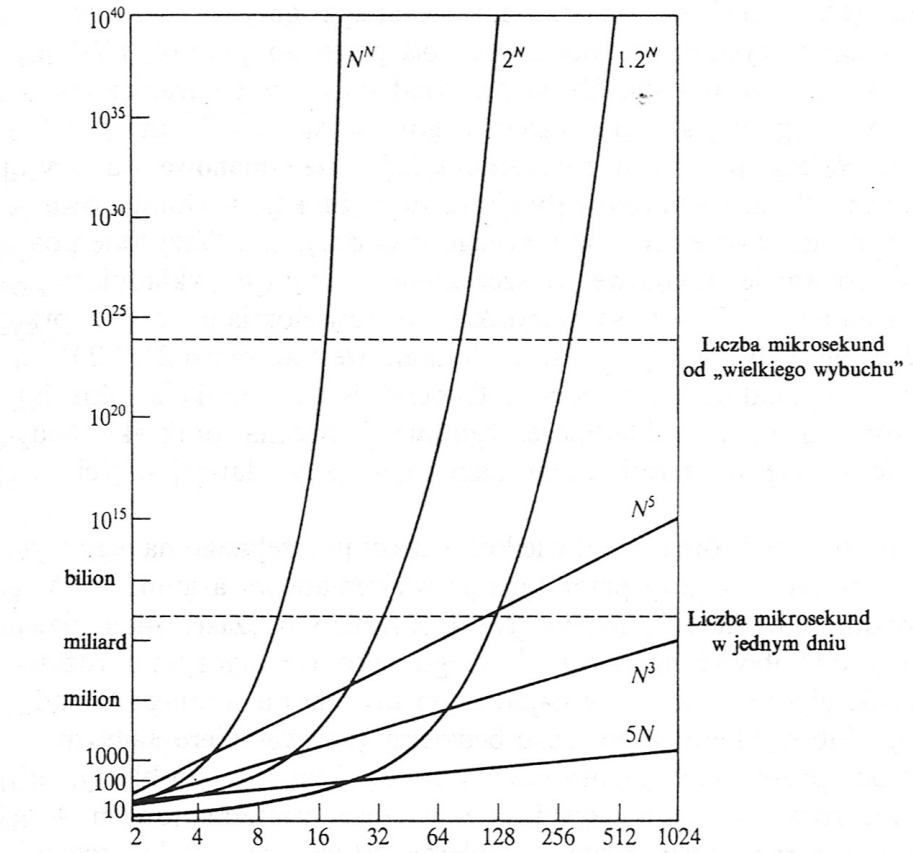
[2] D. Harel, Rzecz o istocie informatyki. Algorytmika.

- Rozsądne rozwiązania, wykonywalne w czasie wielomianowym

  $\log N, \quad N, \quad N \log N, \quad N^7 + N^3 + 2$

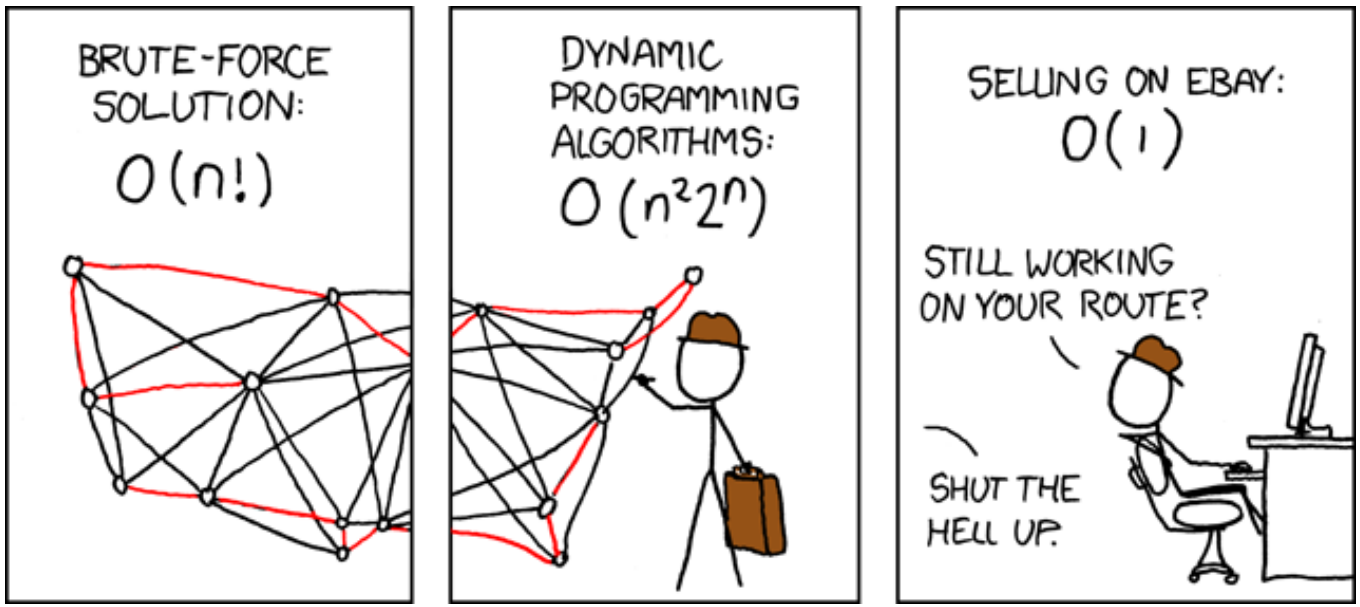
- Nierozsądne, niepraktyczne, czas ponad-wielomianowy

  $2^N, \quad 1.001^N + N^7, \quad N^N, \quad N!$



Rys. 7.4. Tempo wzrostu pewnych funkcji

[2] D. Harel, Rzecz o istocie informatyki. Algorytmika.



http://xkcd.com

Reprezentacja danych kształtuje algorytm!

Dane wejściowe ⇒ Algorytm ⇒ Dane wyjściowe

- zmienne: liczby, znaki, adresy `a = 3`
- tablice, wektory, listy, `a[3]=3`
- macierze, tablice tablic, `a[3,3]=3` `a[3][3]=3`
- rekordy, struktury, `a.b=3` `a.c='a'`
- kolejki, stosy, drzewa
- pliki, bazy danych

Złożoność pamięciowa: miara ilości pamięci potrzebnej do wykonania algorytmu

Trade-off: kompromis między złożonością obliczeniową a pamięciową. Często algorytmy pamięciożerne, mogą być szybsze, gdy algorytmy oszczędzające pamięć mogą wymagać więcej obliczeń.

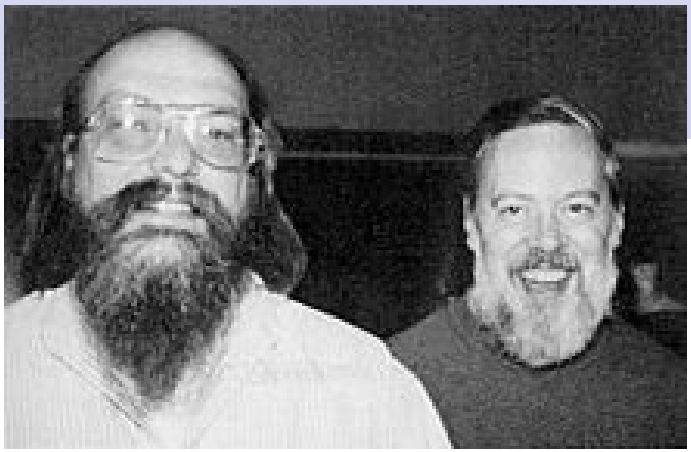
Od problemu do rozwiązania

- analiza problemu
- specyfikacja zadania:
  - dopuszczalny zestaw danych wejściowych
  - pożądane wyniki jako funkcja danych wejściowych
- algorytm - rozwiązanie zadania
- poprawność algorytmu:
  - względem specyfikacji
  - problem stopu
  - efektywność (złożoność): „*Każda akcja zajmuje czas!*”
- implementacja algorytmu $\Rightarrow$ program

- Maciej M. Sysło, *„Algorytmy”*, WSiP, Warszawa, 2002.
- D. Harel, *Rzecz o istocie informatyki. Algorytmika.*, WNT, Warszawa, 1992.
- Fulmański Piotr, Sobieski Ścibór, *„Wstęp do informatyki”*, Uniwersytet Łódzki, 2004

Język ANSI C

Pierwsze starcie.



Znowu trochę historii

1972 Dennis Ritchie (Bell Labs.,New Jersey), projekt języka C na bazie języka B

1973 UNIX, jądro w C, pierwszy przenośny system operacyjny

1978 D. Ritchie, Brian Kernighan, *„The C Programming Language"*

1983 Bjarne Stroustrup, Język C++

1989 Standard ANSI C, standardowe C, „pure C", C89, C90

1999 Standard C99

2011 Standard C11

```c
#include <stdio.h>
#define PI 3.1415

int main()
{
    int i;
    float x;

    i = 10 * PI;
    x = 1.0;

    return 0;
}
```

Dyrektywy preprocesora

Funkcja główna

Deklaracje zmiennych

Instrukcje programu

Najkrótszy program w C

```
main(){}
```

Witaj świecie

```
#include<stdio.h>

int main()
{
   puts("Witaj swiecie!");
   return 0;
}
```

- mały język ale duże możliwości, ważna rola bibliotek
- **pliki źródłowe** `*.c` zawierają instrukcje programu
- **pliki nagłówkowe** `*.h` zawierają deklaracje typów i funkcji, nie zawierają instrukcji
- biblioteki: zbiory typów danych, stałych i funkcji
- biblioteki standardowe, np.: `stdio.h`, `math.h`
- dostęp do pamięci i rejestrów
- zwięzły kod - ale nie wolno przesadzać
- C nie chroni programisty przed nim samym

auto	double	**int**	**struct**
break	**else**	long	switch
case	enum	register	typedef
char	extern	**return**	union
const	**float**	short	unsigned
continue	for	signed	**void**
default	goto	**sizeof**	volatile
do	**if**	static	**while**

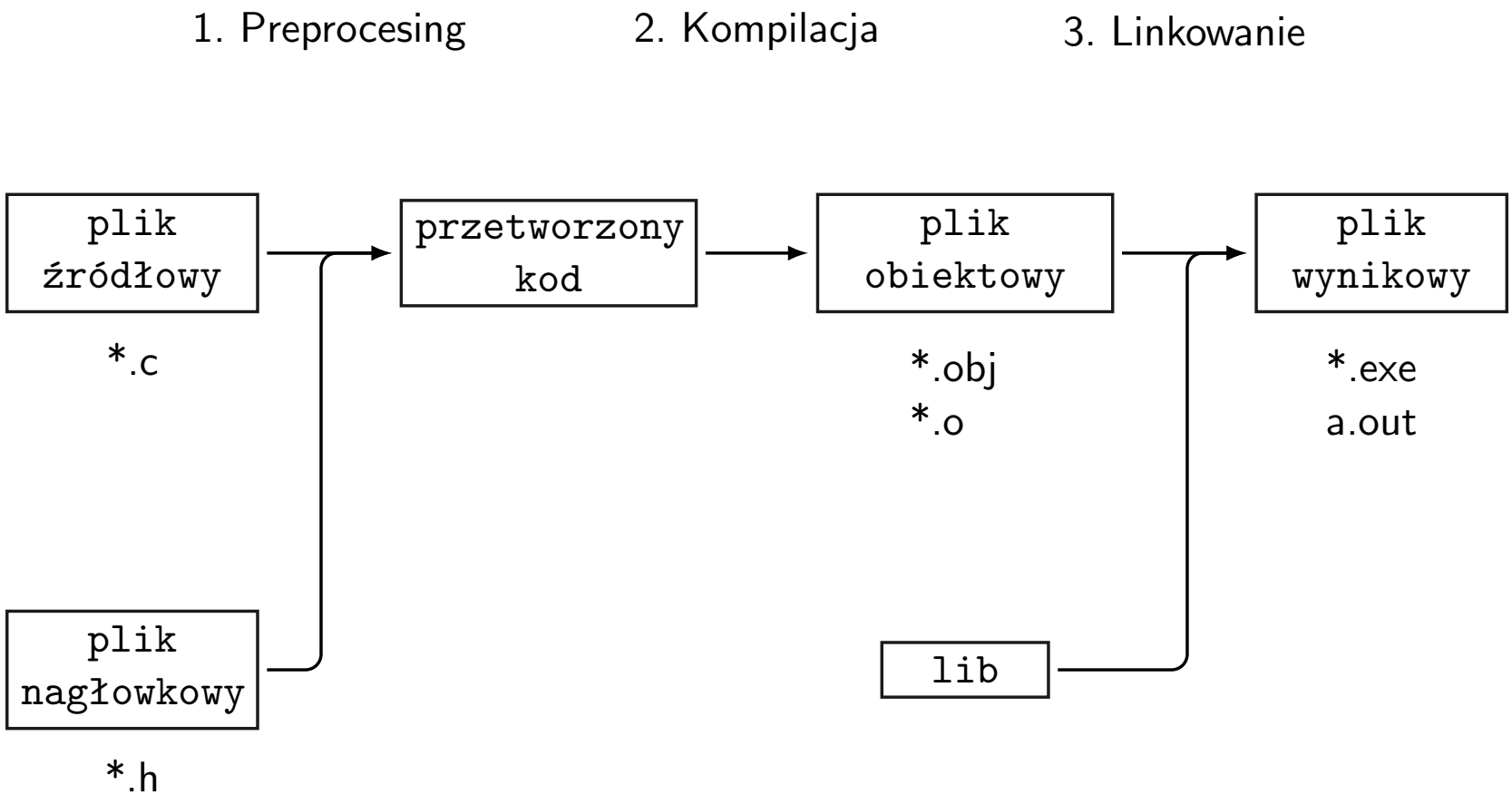
Dyrektywy to instrukcje zaczynające się od znaku #.
Nie są słowami języka C, wykonywane są przed właściwą kompilacją.

- `#include` *plik*
  dołączenie pliku nagłówkowego zawierającego definicje funkcji, typów i stałych

```
#include <stdio.h>
#include "../plik.h"
```

- #define *nazwa wartość*
  definiuje stałe, tworzy „przezwiska” do słów i wyrażeń (makra)

```
#define PI 3.1415
#define TRUE 1
#define FALSE 0
#define real float
```


1. Preprocesing
2. Kompilacja
3. Linkowanie
plik źródłowy
*.c
przetworzony kod
plik obiektowy
*.obj
*.o
plik wynikowy
*.exe
a.out
plik nagłowkowy
*.h
lib

Preprocesor wykonuje instrukcje zaczynające się znakiem # (dyrektywy preprocesora). Przygotowuje pliki do kompilacji.

pliki źródłowe (`*.c, *.h`) ⇒ przetworzone pliki

```
#include<stdio.h>
#define PI 3.14
```

Kompilacja tłumaczy instrukcje C na kod maszynowy

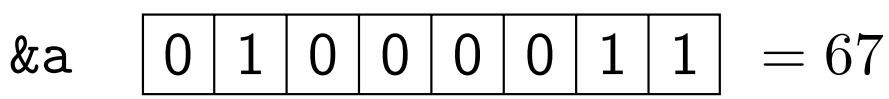
przetworzone pliki ⇒ pliki obiektowe (`*.obj, *.o`)

Konsolidacja (linkowanie) łączy pliki obiektowe w aplikację

pliki obiektowe + biblioteki ⇒ program (`*.exe , a.out`)

- **zmienne** są określone przez typ i unikatową nazwę
- każda zmienna zajmuje pamięć: 1B, 2B, 4B, 8B, ...
- adres zmiennej określa jej położenie w pamięci
- binarna reprezentacja zmiennych
- skończoność - liczby są reprezentowane poprawnie w pewnym przedziale
- rozdzielczość - liczby rzeczywiste są reprezentowane z pewną dokładnością

```
char a='C';
```



typ	reprezentacja	zakres wartości
`char`	znaki (*character*), kod ASCII	$[-127, 128]$
`int`	liczby całkowite (*integer*)	$[-2^{31}, 2^{31} - 1]$
`float`	liczby rzeczywiste (*floating point*) reprezentacja zmiennoprzecinkowa najmniejsza dodatnia wartość 1.17×10^{-38}	$[-3.4 \times 10^{38}, +3.4 \times 10^{38}]$
logiczny	brak typu logicznego wartość całkowita 0 to fałsz a wartość różna od 0 to prawda	
`void`	typ pusty, brak typu	

Deklaracja

występuje na początku bloku instrukcji

typ identyfikator;
typ identyfikator1, identyfikator2, identyfikator3;

powiązanie zmiennej, stałej lub funkcji danego typu z identyfikatorem (unikatową nazwą)

Przykład:

```
int i;
float x, y;
char c, d, e;
```

- dozwolone znaki: litery `a-z`, `A-Z`, cyfry `0-9`, podkreślnik `_`
- cyfra nie może być pierwszym znakiem
- małe i duże litery są rozróżniane: `a` $\neq$ `A`
- zarezerwowane słowa nie mogą wystąpić w roli identyfikatorów: zadeklarowane wcześniej identyfikatory (nazyw zmiennych i funkcji), słowa kluczowe

Przykład:

```
int a,b,c;
float srednica_kola;
char PewienZnak;
float x1, x2, x3;
```

```
int 0abc;
float średnica;
char pewien znak;
int wazna-zmienna;
```

Źle !

Instrukcja prosta

wyrażenie ;

```
a = x + 1;
```

Instrukcja prosta jest zawsze zakończona średnikiem.

Instrukcja złożona (blok instrukcji)

```
{
    instrukcja 1
    instrukcja 2
    instrukcja 3
}
```

```
{
    float x, y;
    x = 1.0;    y = 2.4;
    x = x + y;
}
```

Instrukcje sterujące

`if` `else` `do` `while` `for` `goto`

```
int x = 1;

int main()
{
    int x = 2;

    {
        int x = 3;


    }

}
```

zmienna globalna
dostępna w zakresie całego pliku

zmienna lokalna
dostępna w zakresie funkcji `main`
przysłania zmienną globalną `x`

zmienna lokalna
dostępna w zakresie bloku instrukcji {}
przysłania zmienną `x` z funkcji `main`

W języku C zmienne deklaruje się na samym początku bloku (czyli przed pierwszą instrukcją).

Od C99 można deklarować w dowolnym miejscu przed użyciem zmiennej

Operatory arytmetyczne

* / % + -

Operatory relacji

< > <= >= == !=

Operatory logiczne

! && ||

Operator przypisania

=

```
zmienna = wyrażenie;
```

```
int i, j, k;
float x = 1.5;
float y = 1.5e-5;
char znak = 'A';

i = i + 3;
3 = x;
x + y = x - y;
znak = 65;
```

Deklaracje zmiennych

Inicjalizacja

brak inicjalizacji

zła kolejność

błąd

Język C nie inicjuje zmiennych lokalnych - jeśli nie przypiszesz wartości to zmienna będzie posiadała pewną (losową) wartość. Dlatego warto zawsze inicjować wartości zmiennych.

	przypisanie	porównanie
C	`a = 3`	`a == 3`
Pascal	`a := 3`	`a = 3`
pseudo-kod	$a \leftarrow 3$	$a = 3$

*	mnożenie	`x * y`	$x \cdot y$
/	dzielenie	`x / y`	$\frac{x}{y}$
+	dodawanie	`x + y`	$x + y$
-	odejmowanie	`x - y`	$x - y$
%	reszta z dzielenia (modulo)	`x % y`	$x \mod 2$

- Reszta z dzielenia (modulo, %) określona jest tylko dla argumentów całkowitych
- Operator dzielenia / dla argumentów całkowitych realizuje **dzielenie bez reszty!**

```
1 / 2 → 0
1 / 2.0 → 0.5
1.0 / 2 → 0.5
```

Priorytety operatorów

* / %	wyższy priorytet
+ -	niższy priorytet

Dla operatorów o takim samym priorytecie obliczenia są wykonywane od lewej do prawej.

$$z = \frac{x}{2y}$$

```
z = x / 2 * y;      /* zle */
z = x / (2 * y);
```

$$z = \frac{x - y}{x + y}$$

```
z = x - y / x + y;      /* zle */
z = (x - y) / (x + y);
```

W razie wątpliwości użyj nawiasów okrągłych.

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

`stdio.h` - **St**an**d**ard **i**nput/**o**utput, biblioteka obsługująca komunikację ze standardowym wejściem i wyjściem aplikacji.

`printf()`

formatowane wyjście (wyświetlanie w terminalu)

```
printf("format", arg1, arg2, ... )
```

`scanf()`

formatowane wejście (odczyt z klawiatury)

```
scanf("format", adres1, adres2, ... )
```

Format

specyfikator	znaczenie	przykład	wynik
%f	zmiennoprzecinkowa	`printf("%f",3.14);`	3.140000
%.2f	2 miejsca po przecinku	`printf("%.2f",3.14);`	3.14
%d	dziesiętna	`printf("%d",75);`	75
%c	znak	`printf("%c",75);`	K
%x	szesnastkowy	`printf("%x",75);`	4b

Przykład z większą liczbą argumentów

```
int a=2;
int b=3;
printf("Liczba %d plus %d wynosi %d\n", a, b , a + b);
```

Wynik:

```
Liczba 2 plus 3 wynosi 5
```

Symbole specjalne

symbol	znaczenie	przykład	wynik
\n	nowa linia	printf("n\nn")	n n
\t	tabulator	printf("t\tt")	t t
\"	"	printf("raz \"dwa\"")	raz "dwa"
\\	ukośnik \	printf("C:\\Users\\")	C:\Users\
%%	%	printf("%d%%", 5)	5%
\?	?	printf("Jeszcze raz\?")	Jeszcze raz?

Przykład

```
printf("P\tj\tz\nr\te\ta\no\ts\tb\ng\tt\ta\nr\t \t");
printf("w\na\t \tn\nm\t \te\no\nw\na\nn\ni\ne\n");
```

☞ printf–specjalne.c

- specyfikator formatu powinien pasować do typu zmiennej

```
int a;
scanf("%f", &a);
```

problem !!!

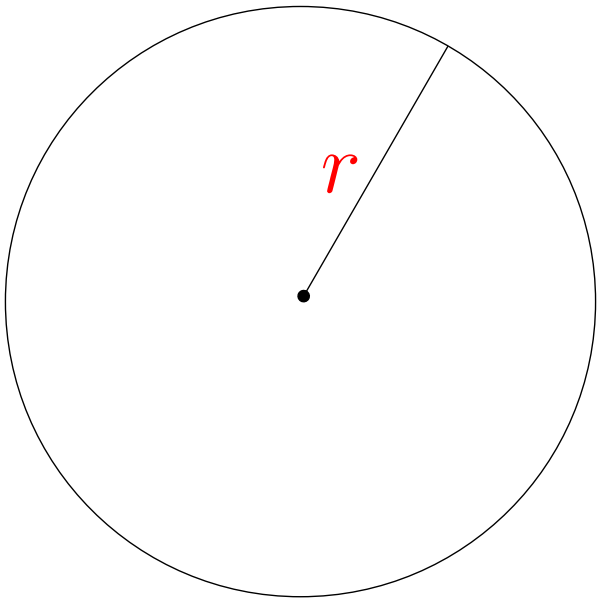
- drugim argumentem funkcji `scanf` jest adres zmiennej (pamiętaj o `&`)
- formaty `%f` i `%d` pomijają początkowe białe znaki aż do napotkania wartości liczbowej
- znak niepasujący do formatu przerywa wczytywanie i pozostaje w strumieniu wejściowym

```
char a;
float x,y;
scanf("%f%f", &x, &y);
scanf("%c",&a);
```

wcztywanie 2 wartości

czyta pojedynczy znak

Problem: wyznacz pole i obwód koła o promieniu r.



$$P_\circ = \pi r^2 \qquad O_\circ = 2\pi r$$

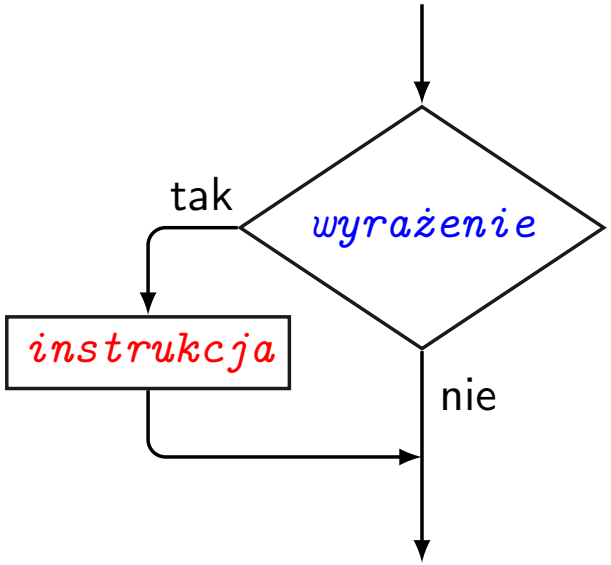
Przykład: pole i obwód koła

```c
#include <stdio.h>
#define PI 3.14159

int main()
{
    float r, pole, obw;

    printf("Podaj promien kola\nr= ");
    scanf("%f",  &r);

    pole = PI * r * r;
    obw  = 2 * PI * r;

    printf("Pole kola o promieniu %f wynosi %f\n", r, pole);
    printf("Obwod kola o promieniu %f wynosi %f\n", r, obw);

    return 0;
}
```

☞ kolo.c

Składnia instrukcji `if`

```
if ( wyrażenie )
    instrukcja
```

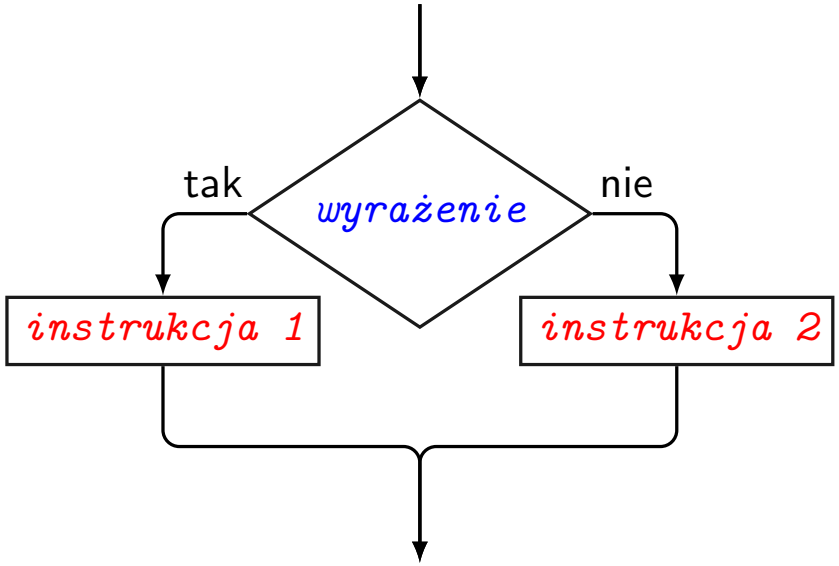


Przykład:

```
if( x > 0 ) printf("liczba dodatnia");

if ( x % 2 == 0 )
{
    printf("liczba parzysta");
    x=x-1;
}
```

Składnia instrukcji `if else`

```
if ( wyrażenie )
    instrukcja 1
else
    instrukcja 2
```



Przykład:

```
if( x % 2 ) printf("liczba nieparzysta");
else printf("liczba parzysta");

if ( x > 0 )
{
    printf("liczba dodatnia");
    x=x-1;
}
else x=0;
```

operator	znaczenie	przykład	mat.
<	mniejszy niż	`x < y`	$x < y$
>	większy niż	`x > y`	$x > y$
<=	mniejszy lub równy	`x <= y`	$x \leqslant y$
>=	większy lub równy	`x >= y`	$x \geqslant y$
==	równy	`x == y`	$x = y$
!=	różny	`x != y`	$x \neq y$

operator	znaczenie	przykład	mat.
!	negacja (NOT)	`!x`	$\neg x$
&&	koniunkcja (AND)	`x>1 && y<2`	$x > 1 \wedge y < 2$
||	alternatywa (OR)	`x<1 || y>2`	$x < 1 \vee y > 2$

x	!x
0	1
1	0

x	y	x && y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

x	y	x || y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

```
if ( x > 0)
   if ( x < 10 )
      printf("liczba wieksza od 0 i mniejsza niz 10");

if ( x > 0 && x < 10 )
   printf("liczba wieksza od 0 i mniejsza niz 10");

if (!(x > 0)) printf("liczba ujemna lub zero");

if ( !x > 0 ) printf("\?");
if ( x+1 > y-1 ) printf("\?");
if ( x  || ! y && z) printf("\?");
```

Kolejność operatorów: !, arytmetyczne, relacji, &&, ||
W razie wątpliwości użyj nawiasów okrągłych.

Przykład: Równanie z jedną niewiadomą

Problem: znajdź miejsce zerowe funkcji liniowej

$$f(x) = ax + b$$

Algorithm Równanie z jedną niewiadomą

Dane wejściowe: współczynniki $a, b \in \mathbb{R}$

Wynik: miejsce zerowe $x_0 \in \mathbb{R}$ lub informacja o braku rozwiązania

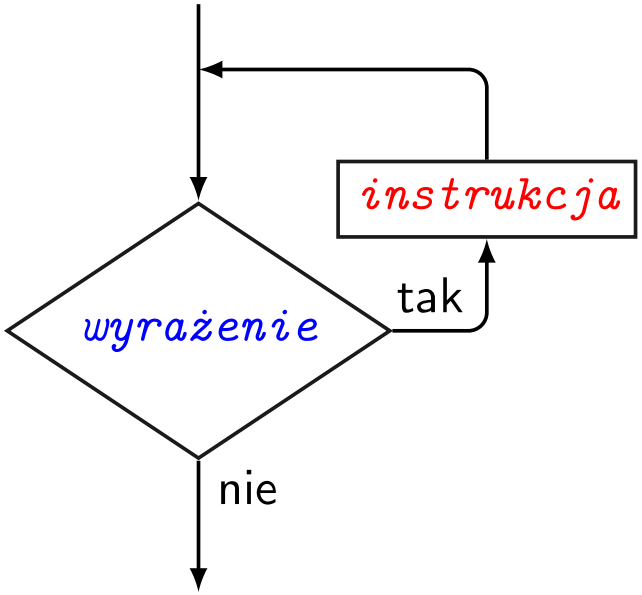
1: **jeżeli** $a \neq 0$ **wykonaj**
2: $\quad x_0 \leftarrow -\frac{b}{a}$
3: $\quad$ **wypisz:** x_0
4: **w przeciwnym wypadku**
5: $\quad$ **wypisz:** `Brak rozwiązania`

```c
#include <stdio.h>

int main()
{
    float a, b, x0;

    printf("Podaj wspolczynniki rownania\n");
    printf("a = "); scanf("%f", &a);
    printf("b = "); scanf("%f", &b);

    if( a != 0.0 )
    {
        x0 = -b / a;
        printf("x0 = %.4f\n", x0);
    }
    else printf("Brak rozwiazan\n");

    return 0;
}
```

☞ linia.c

Składnia pętli `while` (dopóki)

```
while ( wyrażenie )
    instrukcja
```



Przykład

```
int n = 10;
while( n > 0 )
{
    printf("%d\n", n);
    n = n - 1;
}
```

Pętla nieskonczona

```
while(1) printf("C");
```

Problem: wyznaczenie wartości silni $n! = 1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot \ldots \cdot n$

Algorithm Silnia

Dane wejściowe: liczba całkowita $n \geqslant 0$

Wynik: wartość $x = n!$

1: $i \leftarrow 2$

2: $x \leftarrow 1$

3: **dopóki** $i \leqslant n$ **wykonuj**

4: $\quad x \leftarrow x \cdot i$

5: $\quad i \leftarrow i + 1$

6: **wypisz** x

```c
#include<stdio.h>

int main()
{
    int x, i, n;

    printf("n = ");
    scanf("%d", &n);

    if(n<0) printf("Zle dane: n<0\n");
    else
    {
        x=1;
        i=2;
        while( i <= n )
        {
            x = x * i;
            i = i + 1;
        }
        printf("%d! = %d\n", n, x);
    }
    return 0;
}
```

☞ silnia.c

Tablica

przechowuje elementy tego samego typu, elementy identyfikowane liczbami (indeksem).

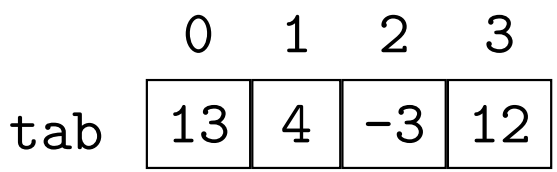
Przykład

```
int tab[4];

tab[0] = 13;
tab[1] = 4;
tab[2] = -3;
tab[3] = tab[0] - 1;
tab[4] = -1;
```

Deklaracja tablicy 4 elementowej

Tablice w C są indeksowane od 0

Źle ! Poza zakresem.



Przykład: odwracanie kolejności

```c
#include<stdio.h>

int main()
{
    int tab[100];
    int i = 0;
    int a = -1;

    printf("Podaj sekwencje liczb calkowitych.\n");
    printf("Aby zakonczyc podaj 0.\n");

    while( a != 0 && i < 100)
    {
        scanf("%d", &a);
        tab[i] = a;
        i = i + 1;
    }

    printf("Podales %d liczb.\n", i);

    while(i > 0)
    {
        i = i - 1;
        printf("%d\n", tab[i]);
    }

    return 0;
}
```

```
1  #include<studio.h>;
2
3  char main()
4  {
5     int n
6
7     printf("Podaj liczbe calkowita wieksza od zera: ");
8     scanf("%f",n);
9
10    if(n <= 0)
11       if ( n=0 ) printf("To jest zero!\n");
12    else
13    {
14       printf("Dzielniki liczby %d:\n ",n);
15       int i;
16       while( i<n );
17       {
18          if( n % i )  printf("%c/n",i);
19          i = i + 1;
20       }
21    }
22    return 0;
23 }
```

```c
#include<stdio.h>                                   /* studio.h, srednik */

int main()                                                      /* int */
{
   int n,i=1;                        /* srednik, deklaracja, inicjalizacja */

   printf("Podaj liczbe calkowita  wieksza od zera : ");
   scanf("%d",&n);                                      /* format, adres */

   if(n <= 0)
   {                                                          /* nawiasy */
      if ( n==0 ) printf("To jest zero!\n");                      /* == */
   }
   else
   {
      printf("Dzielniki liczby %d:\n",n);
      while( i<=n )                          /* srednik, p. nieskonczona */
      {
         if( n % i == 0 )  printf("%d\n",i);          /* %d, \n, == */
         i = i + 1;
      }
   }
   return 0;
}
```

☞ liczba–ok.c

```
1 #include <stdio.h>
2 int nwd(int a,int b){int c;
3 while(b!=0){c=a%b;a=b;b=c;}
4 return a;} int main(){
5 int a,b; printf("Podaj dwie li"
6 "czby calkowite: "); scanf("%d %d",
7 &a,&b); printf("NWD(%d,%d) = %d\n",
8 a,b,nwd(a,b));return 0;}
```

☞ nwd–balagan.c

- Czytelność przede wszystkim
- ☞ The International Obfuscated C Code Contest
- narzędzia dbające o czytelność

  `$ astyle nwd-balagan.c`

```c
#include<stdio.h>
int nwd(int a,int b)
{
int c;
while (b!=0)
{
c=a%b;
a=b;
b=c;
}
return a;
}
int main()
{
int a,b;
printf("Podaj dwie liczby calkowite: ");
scanf("%d %d",&a,&b);
printf("NWD(%d,%d) = %d\n",a,b,nwd(a,b));
return 0;
}
```

☞ **nwd–balagan2.c**

Styl Allmana (BSD)

```
int main()
{
    int i;

    scanf("%d", &n);
    i=0;
    while (i < n)
    {
        if( i % 2 )
        {
            printf("%d\n",i);
        }
        i = i + 1;
    }
    return 0;
}
```

Styl K&R (GNU)

```
int main()
{
    int i, n = 100;

    scanf("%d", &n);
    i=0;
    while (i < n){
        if( i % 2 ){
            printf("%d\n",i);
        }
        i = i + 1;
    }
    return 0;
}
```

- Wewnętrzne bloki instrukcji wcięte względem zewnętrznych
- Instrukcje w jednym bloku zaczynają się w tej samej kolumnie
- Nie przesadzaj z długością linii (max. 80 znaków)
- Długie ciągi instrukcji warto rozbić na kilka linii i otoczyć nawiasami

```
int a, b, x;
while ( a < b && wplata(x) != -1 ) {
    if ( w != NULL ) {
        a = a - 1 + sin(PI * 2);
    }
}
```

- Oddzielaj deklaracje zmiennych od instrukcji lub grupy spójnych instrukcji pustymi liniami
- odstępy między instrukcjami, operatorami i po przecinkach
- język Python - wcięcia elementem składni języka

Komentarze pozwalają umieścić dodatkowe informacje dla czytających kod (nie są kompilowane)

```
/* komentarz blokowy */
// komentarz liniowy
```

```c
int main()
{
    /* Wszystko co tutaj jest napisane
       jest komentarzem i nie zostanie skompilowane */

    int x;    /* Bardzo wazna zmienna */
    int y;    // Komentarz do konca linii
}
```

Nie komentuj oczywistych rzeczy

```c
i = i + 1;    /* Zwiekszenie licznika o 1 */
i = i + k;    /* Ustawienie indeksu na ostatni element */
```

Komentarz liniowy // nie występuje w C89 !

Standard C99

- funkcje `inline`
- deklaracje zmiennych w dowolnym miejscu w programie
- typ logiczny (`bool`), `long long int`
- tablice o zmiennej liczbie elementów
- komentarze w stylu C++ `// to jest komentarz`
- biblioteki, np,: `complex.h`, `stdbool.h`

- każdą zmienną trzeba zadeklarować (określić typ i nazwę)
- nie zapomnij o średniku na końcu instrukcji
- operator przypisania `a=b` a operator porównania `a==b`
- najpierw deklaracja zmiennej potem użycie (ANSI C)
- inicjuj zmienne wartościami początkowymi
- czytelność kodu bardzo ważna:
  nieczytelny kod najprawdopodobniej jest błędny
  zrozumiałe nazwy zmiennych, wcięcia, komentarze, styl

 David Griffiths, Dawn Griffiths *„Rusz głową! C.”*, Helion, Gliwice, 2013.

 „Kurs programowania w C”, WikiBooks, `http://pl.wikibooks.org/wiki/C`

 „C Programming Tutorial”, Tutorials Point, `http://www.tutorialspoint.com/cprogramming/`

Narzędzia programistyczne

- **kompolator** + edytor tekstu
- **debugger** (odpluskwiacz) - służy do dynamicznej analizy programów (w czasie działania), w celu odnalezienia i identyfikacji zawartych w nich błędów, np. śledzenie wartości zmiennych, stan stosu
- **profilowanie** - badanie zachowania programu, przy użyciu informacji zdobytych podczas jego wykonywania np. graf wywołań, pomiar czasu wykonywania instrukcji, badanie zajętości pamięci
- **analiza statyczna kodu (linter)** - analiza fragmentów kodu (bez konieczności uruchamiania) w calu wykrycia potencjalnych błędów, naruszeń stylu (tzw. *code smells*)
- **systemy kontroli wersji** - śledzenie zmian w kodzie i współdzielenie kodu w zespołach, scalanie zmian
- środowiska IDE - integrują wiele narzędzi

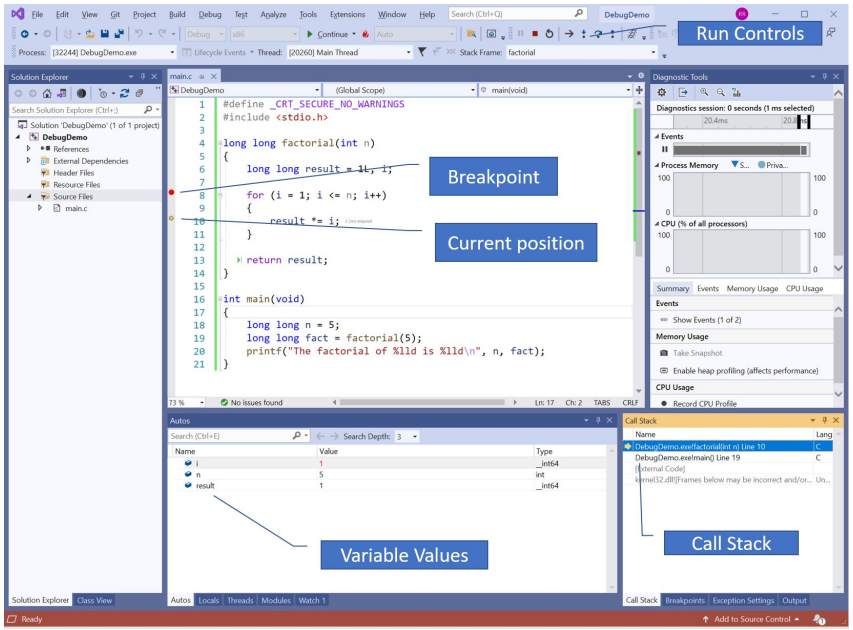
Przydatne opcje kompilatora GCC:

`-Wall`	włacza szereg reguł wykrywających potencjalne błedy, ge
`-Wextra`	włacza dodatkowe reguły dotyczące ostrzeżeń
`-ansi`	używa standardu ANSI C89
`-pedantic`	pilnuje restrykcyjnie norm standardu ISO
`-fanalyzer`	analiza statyczna kodu
`-g`	dodaje do wynikowego kodu informacje niezbędne do deb
`-pb`	dodaje do wynikowego kodu informacje niezbędne do pro
`-lm`	dołącza bibliotekę matematyczną (`math.h`)

Przykład:

```
$ gcc -Wall -Wextra -ansi -pedantic -fanalyzer liczba-err.c
```

Debugger w Visual Studio



GDB - debuger konsolowy projektu GNU

```
$ gcc -g -o program program.c
$ gdb program
(gdb) run
```

Źródło: ☞ Visual Studio Debugging Seneca, Software testing

- **Analiza statyczna kodu** - analiza struktury kodu źródłowego lub kodu skompilowanego bez jego uruchomienia
- **lint, linter** - program do statycznej analizy
- wykorzystywane w automatyzacji weryfikacji jakości kodu
- zawierają reguły i heurystyki wykrywające podatności
- czesto koncentrują się na wybranym zestawie podatności dlatego warto stosować kilka rozwiązań
- uwaga: mogą generować fałszywie pozytywne ostrzerzenia
- analiza poprawności składni, detekcja luk bezpieczeństwa, weryfikacja stylu kodu, sugestie dotyczące wydajnośc, ...

Przykładowe narzędzia analizy statycznej:

- cppcheck - głównie wykrywanie krytycznych błędów
  zob.: ☞ lista testów
  ```
  $ cppcheck --enable=all liczba-err.c
  ```

- clang-tidy - wiele testów i bogate możliwości konfiguracji
  zob.: ☞ lista testów
  ```
  $ clang-tidy -checks='*'  liczba-err.c
  ```

Narzędzia pozwalające dbać o styl

- ☞ Artistic Style

```
$ astyle  --style=kr nwd-balagan.c
$ astyle  --style=allman nwd-balagan.c
```

- ☞ ClangFormat

```
$ clang-format -style GNU nwd-balagan.c
```

- on-line ☞ formatter.org ☞ Code Beautify

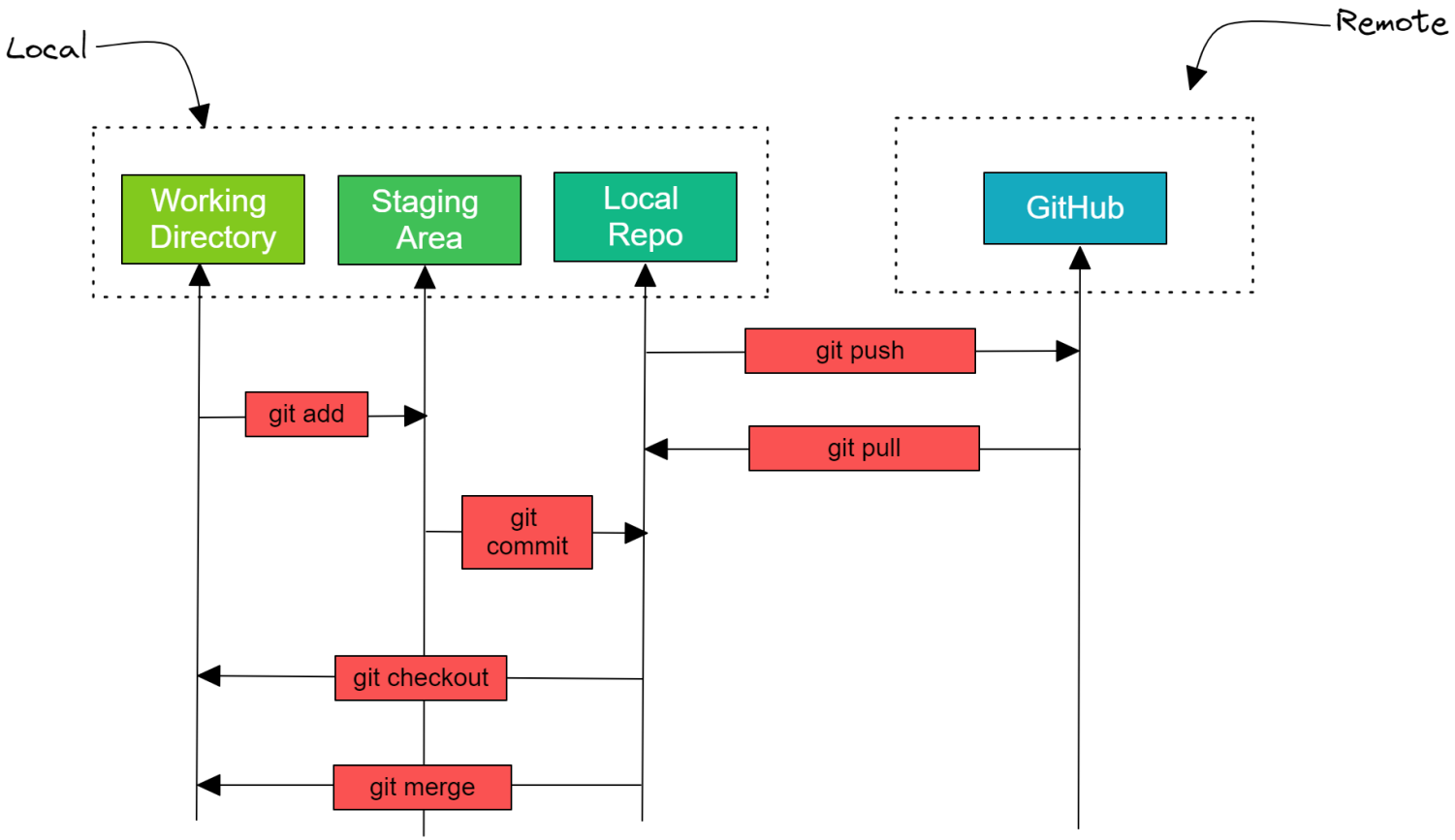
Przykłady wytycznych dotyczących stylu:

- wytyczne GNU ☞ Making The Best Use of C
- ☞ C Code Style Guidelines
- ☞ Google C++ Style Guide

- git - rozproszony system kontroli wersji na licencji GNU GPL
- zapamiętywanie śledzenie zmian w kodzie
- łatwe tworzenie i łaczenie gałęzi
- synchronizacja historii pomiędzy repozytoriami
- szybki w działaniu - wiele operacji wykonywanych lokalnie
- elastyczny, wiele klientów i narzędzia
- GitHub, GitLab, BitBucket - repozytoria git dostępne w chmurze

Najważniejsze komendy

- `add`: dodanie pliku do rewizji (śledzenie zmian)
- `commit`: zatwierdzenie zmian, powstaje nowy węzeł w historii repozytorium (lokalnie)
- `push`: wypchnięcie zmian do zdalnego repozytorium
- `pull`: pobranie zmian i scalenie z lokalną kopią
- tworzenie i scalanie (`merge`) gałęzi
- cofanie zmian (`revert`), przywracanie poprzednich stanów (`reset`)
- przeglądanie historii (`log`) i porównywanie zmian w kodzie (`diff`)



☞ *GitHub and Git Tutorial for Beginners*

Repozytorium z kodami z wykładu:
☞`https://github.com/IS-UMK/pp_wyklad`

Klonowanie repozytorium
```
$ git clone https://github.com/IS-UMK/pp_wyklad
```

Historia zmian
```
$ git log
```

Dodanie pliku
```
$ git add nowy.c
```

Zapamiętanie zmian
```
$ git commit -m 'Tu komunikat tłumaczący zmiany'
```

Wypchnięcie zmian do zdalnego repozytorium (wymagane uprawnienia do zmiany zawartości zdalnego repozytorium)
```
$ git push
```

Ściągnięcie i scalenie zmian pochopdzących ze zdalnego repozytorium
```
$ git pull
```

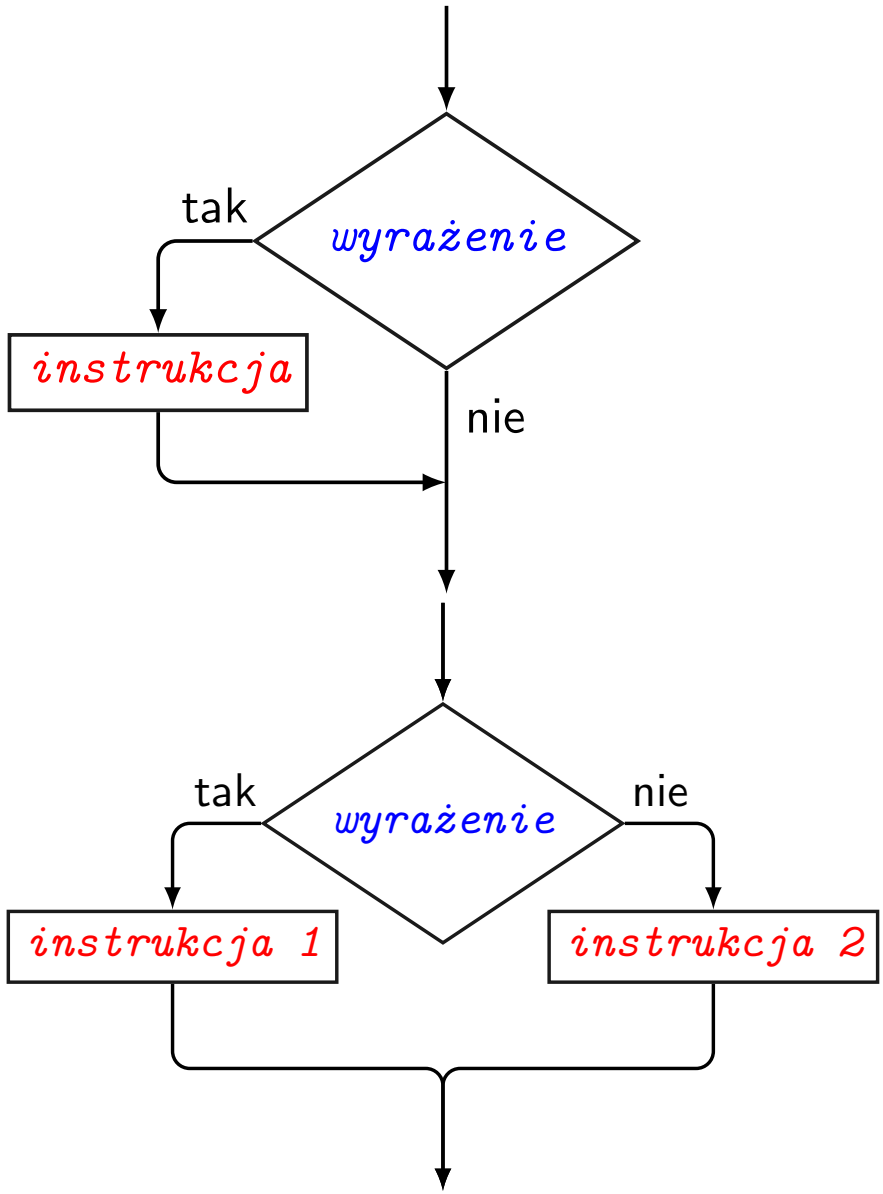
Instrukcje sterujące

Operator przypisania			
=	przypisanie	`x = y`	$x \leftarrow y$
Operatory arytmetyczne			
*	mnożenie	`x * y`	$x \cdot y$
/	dzielenie	`x / y`	$\frac{x}{y}$
+	dodawanie	`x + y`	$x + y$
-	odejmowanie	`x - y`	$x - y$
%	reszta z dzielenia (modulo)	`x % y`	$x \mod 2$
++	inkrementacja	`x++`	$x \leftarrow x + 1$
--	dekrementacja	`x--`	$x \leftarrow x - 1$
Operatory relacji			
<	mniejszy niż	`x < y`	$x < y$
>	większy niż	`x > y`	$x > y$
<=	mniejszy lub równy	`x <= y`	$x \leqslant y$
>=	większy lub równy	`x >= y`	$x \geqslant y$
==	równy	`x == y`	$x = y$
!=	różny	`x != y`	$x \neq y$
Operatory logiczne			
!	negacja (NOT)	`!x`	$\neg x$
&&	koniunkcja (AND)	`x>1 && y<2`	$x > 1 \wedge y < 2$
||	alternatywa (OR)	`x<1 || y>2`	$x < 1 \vee y > 2$

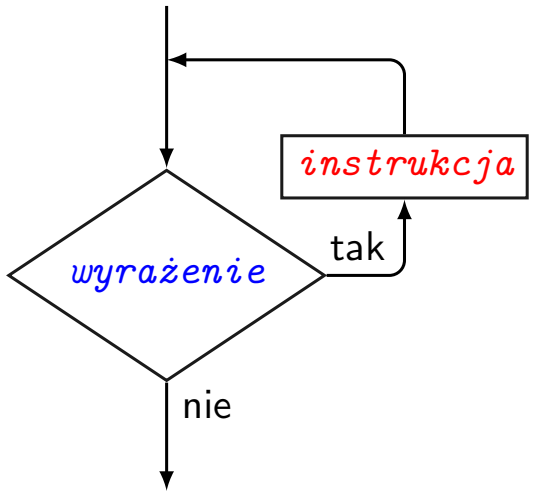
Instrukcja warunkowa if else

```
if ( wyrażenie )
    instrukcja
```

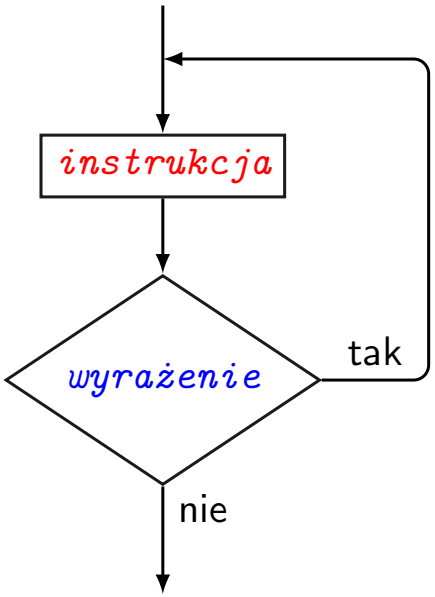
```
if ( wyrażenie )
    instrukcja 1
else
    instrukcja 2
```



```
while ( wyrażenie )
   instrukcja
```




```
do
    instrukcja
while ( wyrażenie );
```



Problem: wyznaczenie wartości pierwiastka $\sqrt{a}$

$$x_{n+1} = \frac{1}{2}\left(x_n + \frac{a}{x_n}\right) \xrightarrow{n\to\infty} \sqrt{a}$$

Algorithm Algorytm Herona

Dane wejściowe: liczba $a \geqslant 0$, wartość początkowa $x_0 > 0$, dokładność obliczeń $\epsilon > 0$

Wynik: wartość przybliżona $x \approx \sqrt{a}$ z dokładnością ϵ

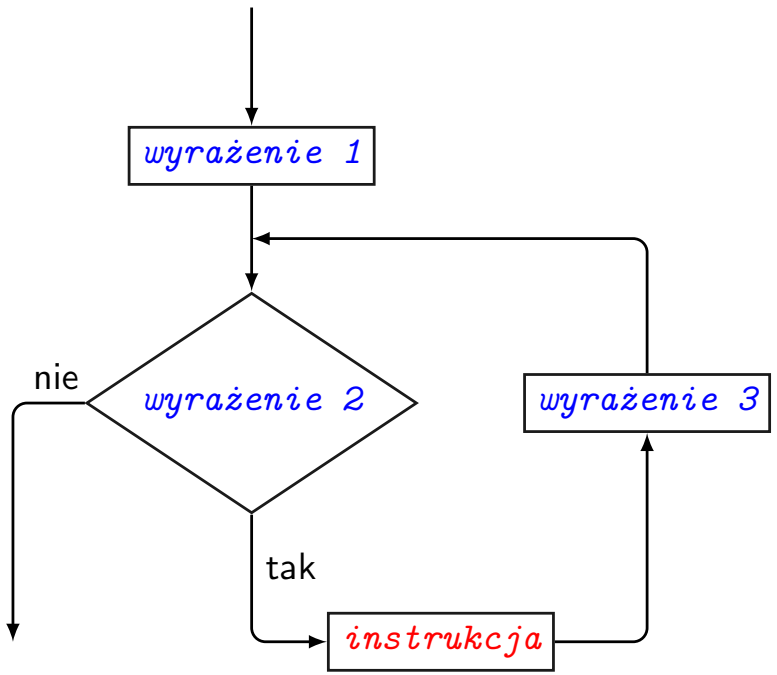
1: $x \leftarrow x_0$
2: **wykonuj**
3: $\quad x_0 \leftarrow x$
4: $\quad x \leftarrow \frac{1}{2}\left(x_0 + \frac{a}{x_0}\right)$
5: **dopóki** $|x - x_0| > \epsilon$
6: **wypisz** x

```c
#include<stdio.h>

int main()
{
   const float eps = 1e-4;
   float x, a, x0;

   printf("a = "); scanf("%f", &a);

   if( a < 0 ) printf("Zle dane: a < 0\n");
   else
   {
      x0 = 1;
      x = x0;
      do
      {
         x0 = x;
         x = (x0 + a/x0)/2;
      }while(x - x0 > eps || x - x0 < -eps);

      printf("pierwiastek z %f wynosi %f  (eps= %f)\n",a,x,eps);
   }
   return 0;
}
```

☞ heron.c

```
for ( wyrażenie 1 ; wyrażenie 2 ; wyrażenie 3 )
    instrukcja
```

```
int s=1, n=100, i;

for(i=1; i<n; i++)
{
    s = s * i;
}
```



```
A
while ( B )
{
    instrukcja
    C
}
```

```
for ( A ; B ; C )
{
    instrukcja
}
```

```
i=0;
while( i<n )
{
    printf("%d\n", i);
    i=i+1;
}
```

```
for(i=0; i<n; i=i+1)
    printf("%d\n", i);
```

Polecenie break przerywa działanie pętli while, do while, for.

```
1  #include<stdio.h>
2
3  int main()
4  {
5      char c;
6
7      while(1)
8      {
9          printf("Czy przerwac [t/n]? ");
10         scanf(" %c", &c);
11         if( c == 't' || c == 'T' ) break;
12         printf("Przmysl to!\n");
13     }
14
15     printf("Koniec.\n");
16 }
```

```
Czy przerwac [t/n]? n
Przmysl to!
Czy przerwac [t/n]? N
Przmysl to!
Czy przerwac [t/n]? y
Przmysl to!
Czy przerwac [t/n]? t
Koniec.
```

☞ break.c

Algorithm Metoda siłowa sprawdzania czy liczba jest liczbą pierwszą

Dane wejściowe: liczba całkowita $n > 0$
Wynik: odpowiedź: liczba n jest (lub nie jest) liczbą pierwszą

1: **dla** $i = 2, 3, \ldots, n-1$ **wykonuj**
2: **jeżeli** i jest dzielnikiem n **wykonaj**
3: **wypisz** `nie jest liczbą pierwszą`
4: **przerwij**
5: **jeżeli** nie znaleziono dzielnika **wykonaj**
6: **wypisz** `jest liczbą pierwszą`

```c
#include <stdio.h>

int main()
{
    int n, i = 2;

    printf("n = ");
    scanf("%d", &n);

    while ( i < n )
    {
        if ( n % i == 0 ) break;
        i = i + 1;
    }

    if(i == n || n == 1)
        printf("Liczba %d jest liczba pierwsza\n", n);
    else
        printf("Liczba %d nie jest liczba pierwsza\n", n);

    return 0;
}
```

☞ czy–pierwsza.c

Kolejna iteracja: continue

Polecenie `continue` przechodzi do następnej iteracji (pomija wszystkie instrukcje do końca bloku pętli).

```
1  #include<stdio.h>
2
3  int main()
4  {
5      int i, n=16;
6
7      for(i=1; i<=n; i++)
8      {
9          if( i==13 ) continue;
10         printf("%d\n",i);
11     }
12
13     return 0;
14 }
```

```
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
14
15
16
```

☞ continue.c

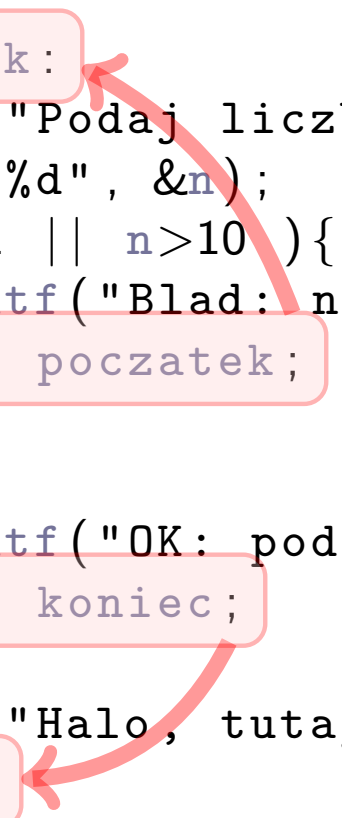
Instrukcja skoku goto przenosi sterowanie w miejsce kodu oznaczone etykietą.

```
etykieta:
instrukcje
...
goto etykieta;
```

Główne przykazanie **programowania strukturalnego**:

Nie używaj instrukcji skoku!

```c
#include <stdio.h>

int main()
{
    int n;
    poczatek:
    printf("Podaj liczbe z zakresu od 1 do 10\n");
    scanf("%d", &n);
    if( n<1 || n>10 ){
        printf("Blad: niepoprawna wartosc\n");
        goto poczatek;
    }
    else{
        printf("OK: podales liczbe %d\n", n);
        goto koniec;
    }
    printf("Halo, tutaj jestem!\n");
    koniec:

    return 0;
}
```



☞ goto.c

Czemu skok to zazwyczaj zły pomysł?

- algorytm zawierający wiele instrukcji skoku jest **nieczytelny i trudny do zrozumienia** (tzw. *spaghetti code*)
- kod ze skokami jest **trudniejszy do utrzymania i debugowania**, przepływ kontroli jest nieprzewidywalny a ewentualne modyfikacje kodu często prowadzą do powstawania błędów
- trudności techniczne, niektóre skoki są niewykonalne:

  skoki do wnętrza pętli, z pętli do pętli, do wnętrza funkcji, itd. ...
- skok omija strukturalne elementy kodu (pętle, bloki warunkowe), jest to sprzeczne z praktykami **programowania strukturalnego**
- kompilatory mogą mieć **trudności z optymalizacją** kodu zawierającego skoki, co może prowadzić do mniej efektywnego działania programu
- `break` i `continue` - podobne wątpliwości alo to skoki lokalne
- program używający instrukcji skoku zawsze można przepisać do postaci nie zawierającej tej instrukcji
- używanie instrukcji skoku to zły styl programowania

Poprzedni przykład bez skoku

```c
#include <stdio.h>

int main()
{
    int n;
    int stop = 0;

    while( stop == 0 )
    {
        printf("Podaj liczbe z zakresu od 1 do 10\n");
        scanf("%d", &n);
        if( n >= 1 && n<=10 ) stop=1;
        else printf("Blad: niepoprawna wartosc\n");
    }

    printf("OK: podales liczbe %d\n", n);
    return 0;
}
```

☞ goto2.c

```c
#include <stdio.h>

int main ()
{
    int i, j, n;

    printf("Podaj zakres: ");
    scanf("%d", &n);

    printf("Liczby pierwsze w zakresie od 1 do %d\n", n);

    for(i=2; i<n; i++) {
        for(j=2; j <= (i/j); j++)
            if(!(i%j)) break;          /* nie jest l. pierwsza */
        if(j > (i/j)) printf("%d\n", i);
    }

    return 0;
}
```

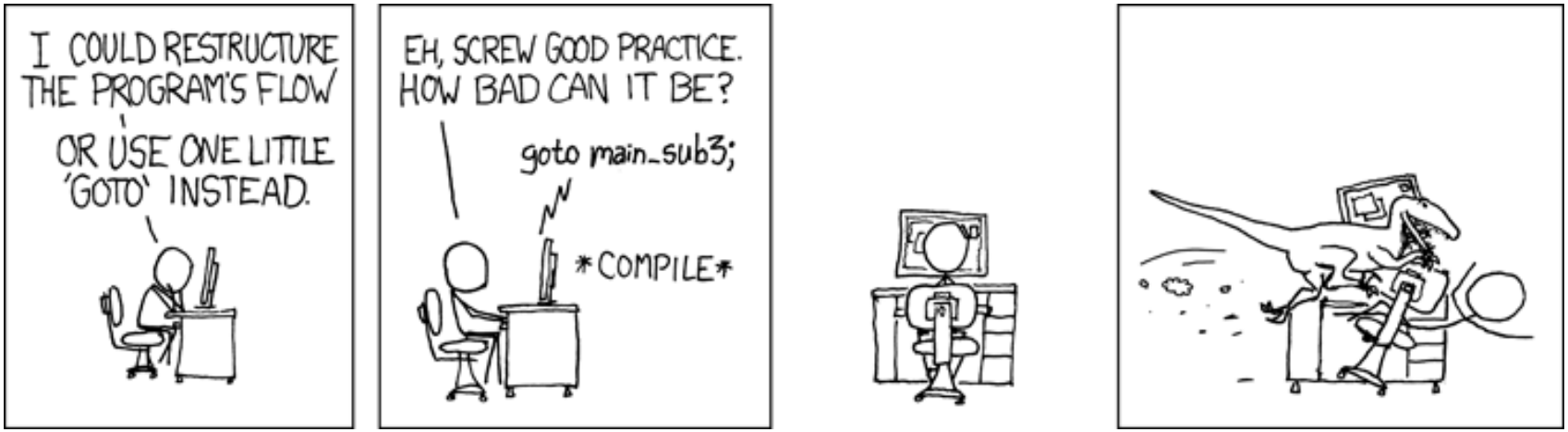
☞ prime.c

Pętle zagnieżdżone i instrukcja skoku

```
1   int i, j, k;
2
3   for(i =0; i < 100; i = i + 1)
4   {
5       for(j =0; j < i; j = j + 1)
6       {
7           for( k=0; k < j; k = k + 1 )
8           {
9               if ( i + j + k > 42 ) goto koniec;
10          }
11      }
12  }
13
14  koniec:
```

☞ goto4.c

- przykładowe uzasadnienie użycia instrukcji skoku - zakończenie zagnieżdonej pętli
- ale zagnieżdzone pętle to też oznaka złych praktyk



http://xkcd.com/292/

Instrukcja warunkowa `switch` porównuje wyrażenie z listą wartości i wykonuje instrukcje pasującego przypadku (`case`).

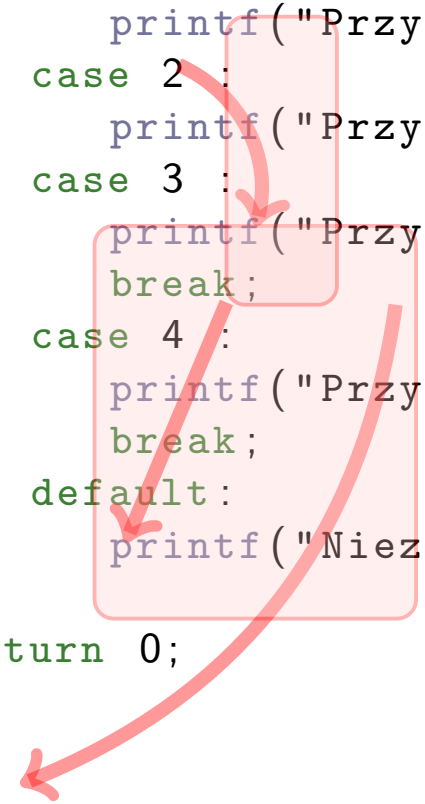
```
switch( wyrażenie )
{
   case wartość 1:
      instrukcja 1
      break;
   case wartość 2:
      instrukcja 2
      break;
   ...
   default :
      instrukcja n
}
```

```c
#include<stdio.h>

int main()
{
    float x, y;
    char op;

    scanf("%f %c%f",&x, &op, &y);

    switch(op)
    {
        case '+' :
            printf("%f\n", x+y);
            break;
        case '-' :
            printf("%f\n", x-y);
            break;
        case '*' :
            printf("%f\n", x*y);
            break;
        case '/' :
            printf("%f\n", x/y);
            break;
        default:
            printf("Nieznana operacja: %c\n", op);
    }
    return 0;
}
```

☞ switch.c

- Dopasowanie przypadków tylko dla zmiennych całkowitych (`int`, `char`, `enum`)
- `break` konczy działanie instrukcji `switch`
- instrukcje `break` i `default` są opcjonalne
- Po dopasowaniu właściwego przypadku wykonywane są WSZYSTKIE instrukcje aż do napotkania pierwszego wystąpienia `brake` (lub do końca bloku `switch`). Pominięcie instrukcji `break` spowoduje więc wykonanie instrukcji dla kolejengo przypadku.

```c
#include<stdio.h>

int main()
{
    int n;

    printf("Podaj liczbe od 1 do 4\n");
    scanf("%d", &n);

    switch(n)
    {
        case 1:
            printf("Przypadek 1\n");
        case 2 :
            printf("Przypadek 2\n");
        case 3 :
            printf("Przypadek 3\n");
            break;
        case 4 :
            printf("Przypadek 4\n");
            break;
        default:
            printf("Nieznana operacja.\n");
    }
    return 0;
}
```



```
Podaj liczbe od 1 d
2
Przypadek 2
Przypadek 3
```

- Instrukcje warunkowe: `if`, `else`, `switch`
- Pętle: `while`, `do while`, `for`
- Operator inkrementacji ++ i dekrementacji --
- Instrukcja skoku `goto` (lepiej nie używać)
- Instrukcja przerwania `break` oraz kontynuacji pętli `continue`
- Instrukcja wielokrotnego wyboru `switch`

David Griffiths, Dawn Griffiths *„Rusz głową! C.”*, Helion, Gliwice, 2013.

„Kurs programowania w C”, WikiBooks, `http://pl.wikibooks.org/wiki/C`

Funkcje

czyli jak programować proceduralne.

```c
#include <stdio.h>
#define PI 3.1415

float g = 2.5;

float kwadrat(float x)
{
    return x*x;
}

int main()
{
    float x, y;

    x = PI * g;
    y = kwadrat(x);

    return 0;
}
```

Dyrektywy preprocesora

Zmienne globaln

Definicja funkcji

Zmienne lokalne

Instrukcje programu

Podprogram

wydzielony fragment programu (kodu) zawierający instrukcje do wielokrotnego użytku

- Dekompozycja złożonego problemu na prostsze
- Przejrzystość
- Unikanie powtórzeń kodu
- Uniwersalność - jak najmniejszy związek z konkretnym kodem
- Biblioteki funkcji - zbiory funkcji ogólnego zastosowania
- Rekurencja(Rekurencja(Rekurencja(Rekurencja(...))))
- Nic za darmo - wywołanie funkcji to dodatkowy koszt czasu i pamięci

Deklaracja funkcji (prototyp)

Zapowiedź użycia funkcji - określenie nazwy funkcji, typów argumetów i typu wartości zwracanej

```
typ identyfikator(typ arg1, typ arg2, ... );
```

Definicja funkcji

Deklaracja parametrów i instrukcje podprogramu (ciało funkcji).

```
typ identyfikator(typ arg1, typ arg2, ... )
{
    deklaracje zmiennych lokalnych
    instrukcje
    return wartość;
}
```

Deklaracje

```
float sin(float x);

float pierwiastek(float x);

void wypiszmenu(void);

int random(void);

int nwd(int a, int b);

char getchar(void);

int fff(int z,char z,float a);
```

Wywołanie

```
y = sin(x);

y = pierwiastek(5.0);

wypiszmenu();

i = random();

i = nwd(144, a + 1);

z = getchar();

i = fff(3, 'A', 3.14);
```

Przykład funkcji NWD

```
1  #include <stdio.h>
2
3  int nwd(int a, int b)
4  {
5      int c;
6      while (b != 0)
7      {
8          c = a % b;
9          a = b;
10         b = c;
11     }
12     return a;
13 }
14
15 int main()
16 {
17     int a, b;
18
19     printf("Podaj dwie liczby calkowite: ");
20     scanf("%d %d", &a, &b);
21     printf("NWD(%d,%d) = %d\n", a, b, nwd(a,b));
22
23     return 0;
24 }
```

Parametry formalne

```
int nwd(int a, int b)
{
    int c;
    ...
}
```

Parametry aktualne

```
float x,y;
int a=1, b=2, c;

x = sin(1);
c = nwd(144, b);
y = sin(x * nwd(1+a, nwd(100, b)));
```

W języku C argumenty są przekazywane wyłącznie przez wartość, tzn. wartość argumentu jest kopiowana do parametru formalnego.

Funkcja bez wartości zwracanej - procedura

```
void wypisz(int n)
{
    while( n>0 )
    {
            printf("Programowaie proceduralne\n");
            n = n - 1;
    }
}
```

Funkcja z wartością zwracaną

```
int silnia(int n)
{
    int i=2;  x=1;
    while( i <= n )
    {
        x = x * i;
        i = i + 1;
    }
    return x;
}
```

- `return` przerywa działanie funkcji i zwraca wartość z funkcji
- Może pojawić się w dowolnym miejscu wewnątrz funkcji

```
int jest_pierwsza(int n)
{
    int i=2;
    while( i<n )
    {
        if( n % i == 0 ) return 0;
        i = i + 1;
    }
    return 1;
}
```

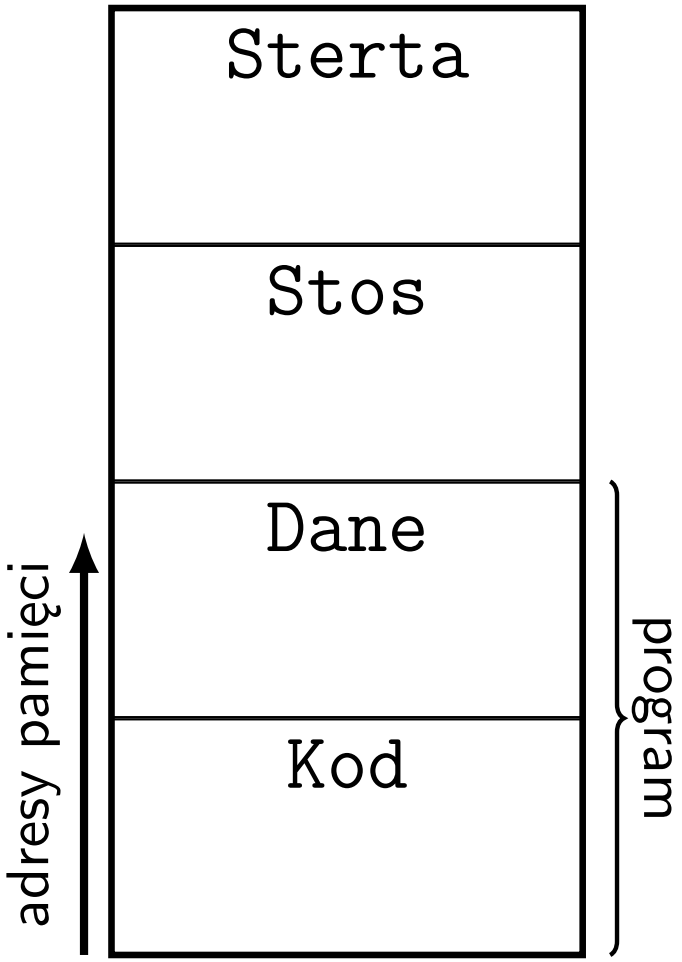
Wartość zwracana z funkcji jest podstawiona w miejsce wywołania

```
if(jest_pierwsza(a)) printf("%d jest pierwsza\n",a);
```

Deklaracja i definicja funkcji c.d

```c
#include <stdio.h>

/* Deklaracja funkcji */
int jest_pierwsza ( int n );

int main()
{
   int n, i=1;
   printf("n = ");
   scanf("%d", &n);
   while(i<=n)
   {
      if(jest_pierwsza(i) == 1) printf("%d\n",i);
      i++;
   }
   return 0;
}

/* Definicja funkcji  */
int jest_pierwsza ( int n )
{
   int i =2;
   while ( i<=n/i )
   {
      if ( n % i == 0 ) return 0 ;
      i = i + 1;
   }
   return 1 ;
}
```

W momencie kompilacji musi być znana przynajmniej deklaracja funkcji (jej nazwa i typy argumentów).



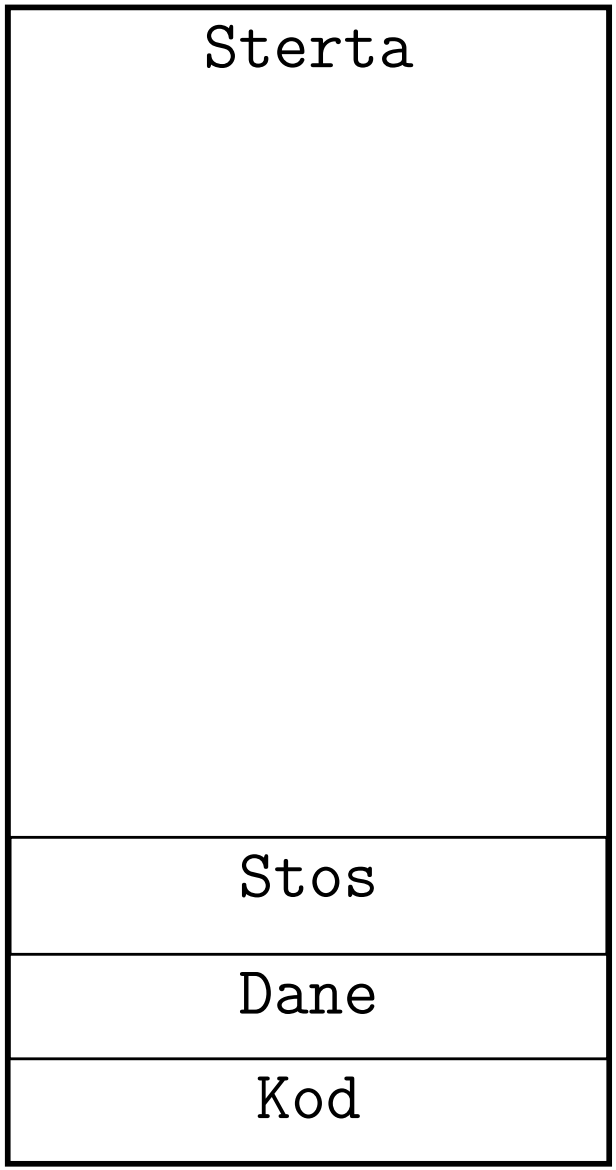
pamięć dostępna do alokacji

zmienne lokalne funkcji wkładane na stos przy wywołaniu funkcji

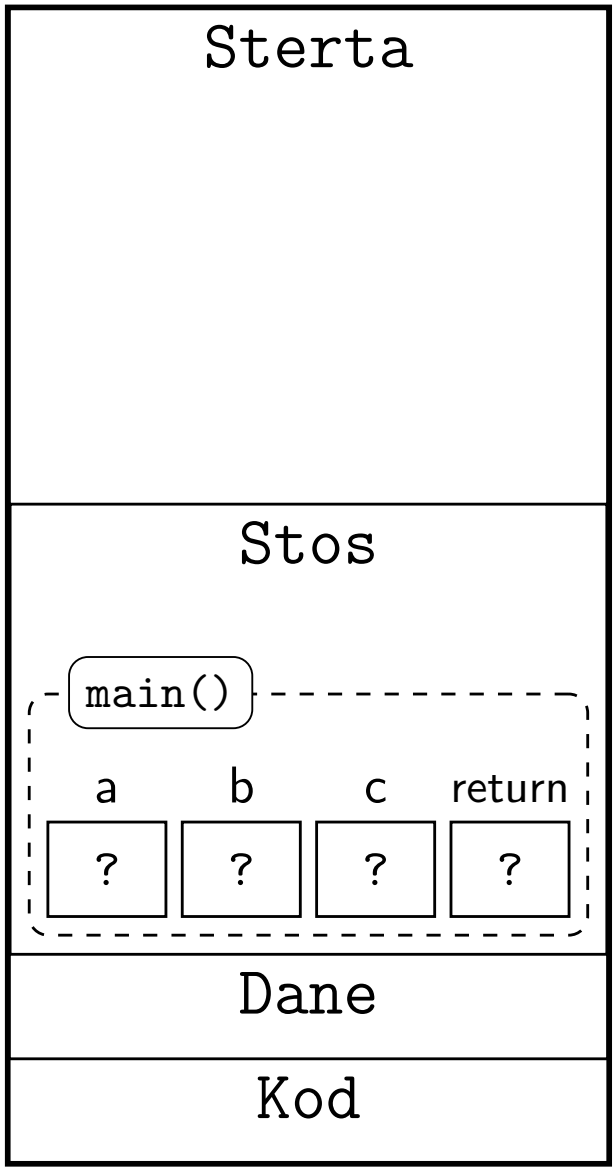
stałe oraz **zmienne globalne** i statyczne inicjowane przy uruchomieniu

tekst programu
tylko do odczytu

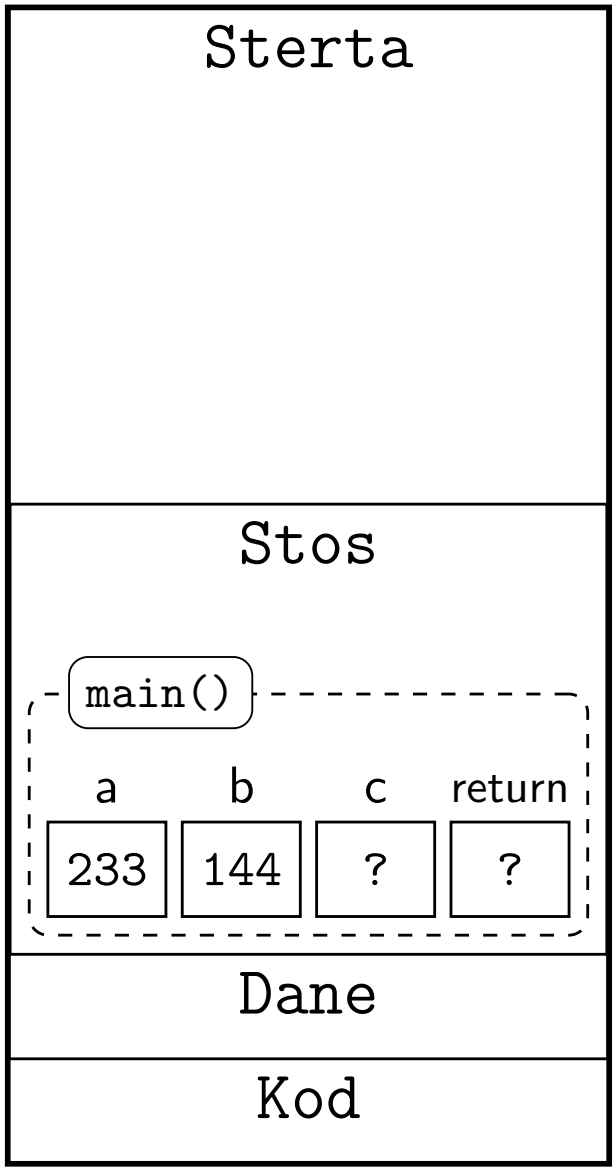
```
 1  int nwd(int a, int b)
 2  {
 3      int c;
 4      while (b != 0)
 5      {
 6          c = a % b;
 7          a = b;
 8          b = c;
 9      }
10      return a;
11  }
12
13  int main()
14  {
15      int a, b, c;
16      a = 233;
17      b = 144;
18      c = nwd(a, b);
19      return 0;
20  }
```



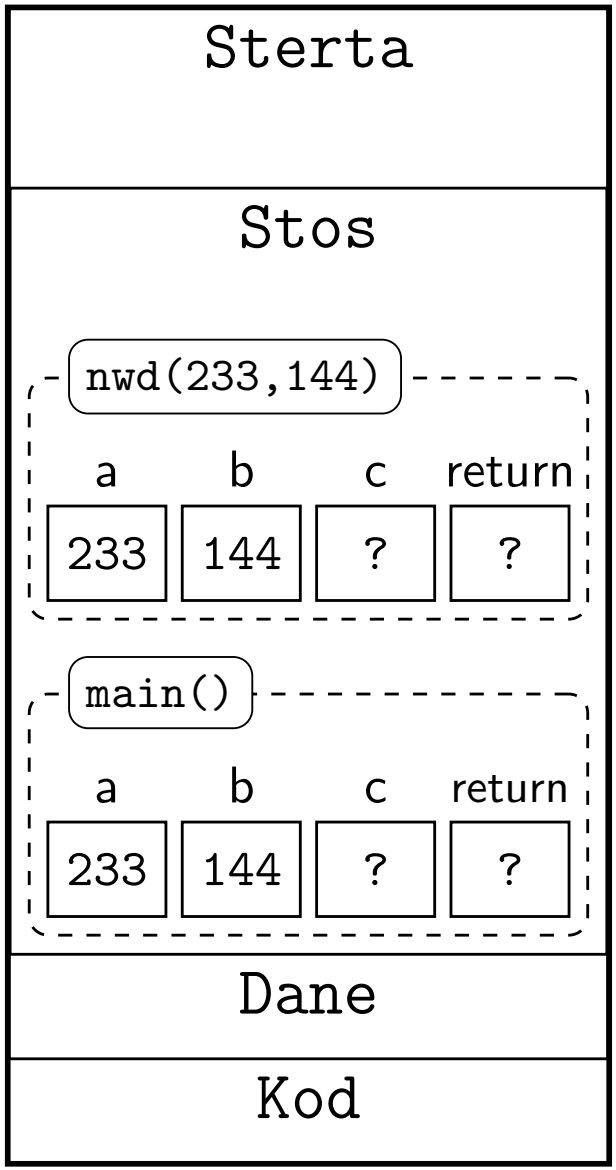
```
1  int nwd(int a, int b)
2  {
3      int c;
4      while (b != 0)
5      {
6          c = a % b;
7          a = b;
8          b = c;
9      }
10     return a;
11 }
12
13 int main()
14 {
15     int a, b, c;
16     a = 233;
17     b = 144;
18     c = nwd(a, b);
19     return 0;
20 }
```



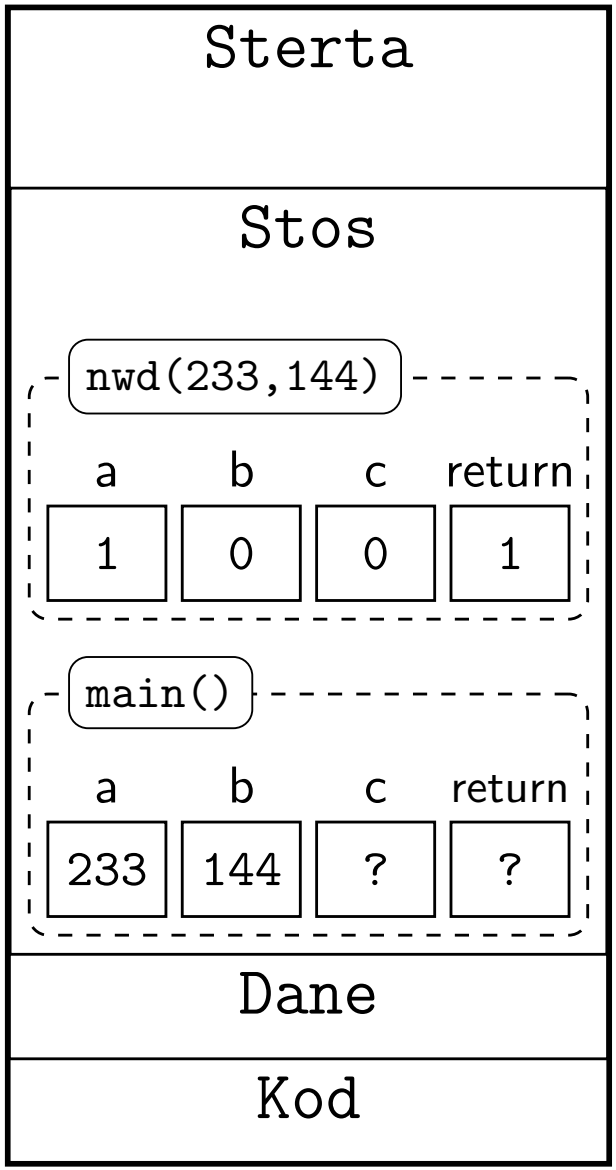
```
1  int nwd(int a, int b)
2  {
3      int c;
4      while (b != 0)
5      {
6          c = a % b;
7          a = b;
8          b = c;
9      }
10     return a;
11 }
12
13 int main()
14 {
15     int a, b, c;
16     a = 233;
17     b = 144;
18     c = nwd(a, b);
19     return 0;
20 }
```



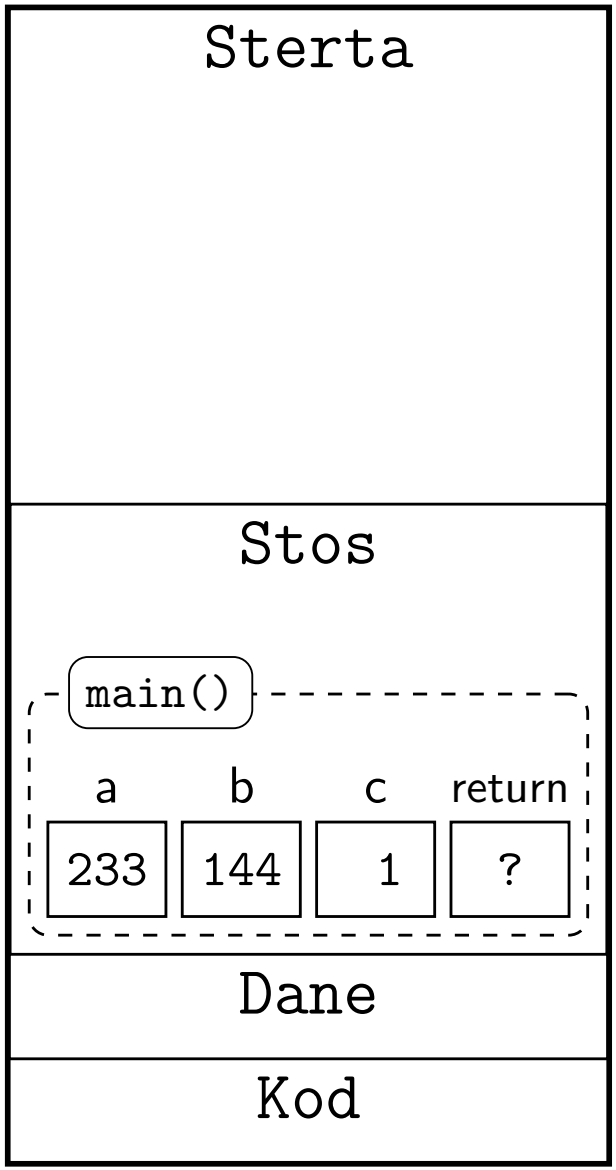
```
1  int nwd(int a, int b)
2  {
3      int c;
4      while (b != 0)
5      {
6          c = a % b;
7          a = b;
8          b = c;
9      }
10     return a;
11 }
12
13 int main()
14 {
15     int a, b, c;
16     a = 233;
17     b = 144;
18     c = nwd(a, b);
19     return 0;
20 }
```



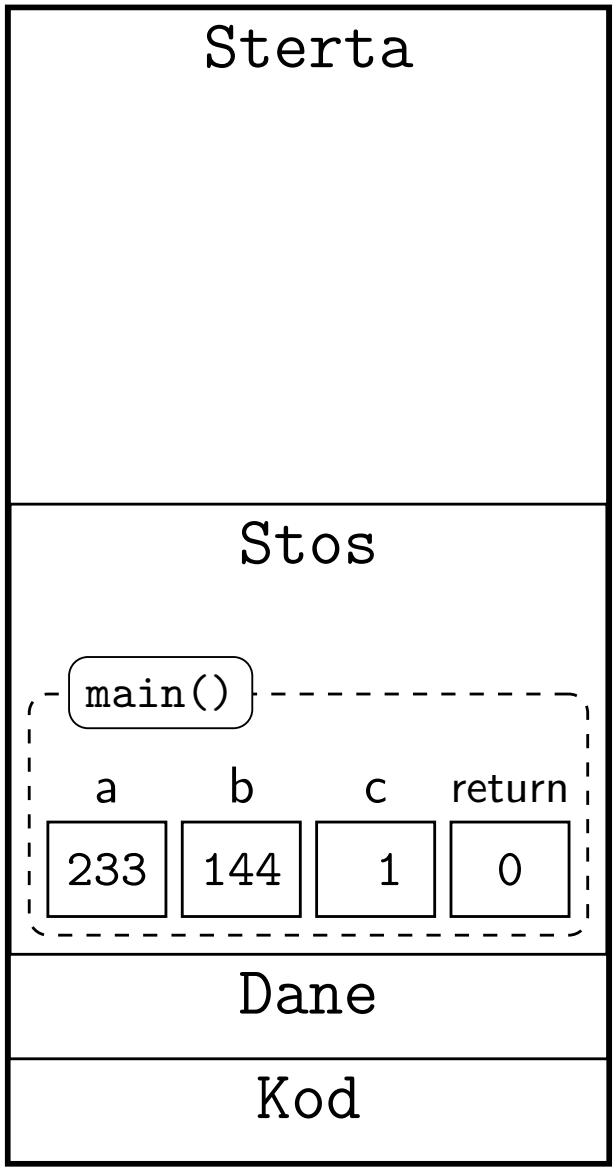
```
1  int nwd(int a, int b)
2  {
3      int c;
4      while (b != 0)
5      {
6          c = a % b;
7          a = b;
8          b = c;
9      }
10     return a;
11 }
12
13 int main()
14 {
15     int a, b, c;
16     a = 233;
17     b = 144;
18     c = nwd(a, b);
19     return 0;
20 }
```



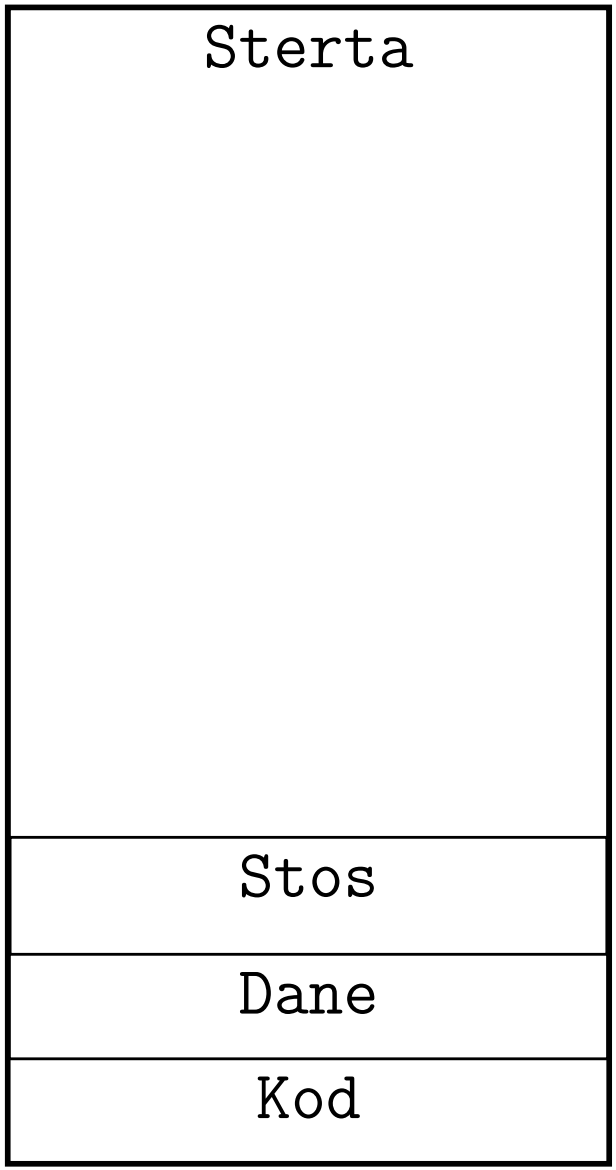
```
1  int nwd(int a, int b)
2  {
3      int c;
4      while (b != 0)
5      {
6          c = a % b;
7          a = b;
8          b = c;
9      }
10     return a;
11 }
12
13 int main()
14 {
15     int a, b, c;
16     a = 233;
17     b = 144;
18     c = nwd(a, b);
19     return 0;
20 }
```



```
1  int nwd(int a, int b)
2  {
3      int c;
4      while (b != 0)
5      {
6          c = a % b;
7          a = b;
8          b = c;
9      }
10     return a;
11 }
12
13 int main()
14 {
15     int a, b, c;
16     a = 233;
17     b = 144;
18     c = nwd(a, b);
19     return 0;
20 }
```



```
 1  int nwd(int a, int b)
 2  {
 3      int c;
 4      while (b != 0)
 5      {
 6          c = a % b;
 7          a = b;
 8          b = c;
 9      }
10      return a;
11  }
12
13  int main()
14  {
15      int a, b, c;
16      a = 233;
17      b = 144;
18      c = nwd(a, b);
19      return 0;
20  }
```



Zmienna globalna

dostępna dla wszystkich funkcji programu. Zmienna istnieje przez cały czas działania programu. Deklaracja zmiennej nie znajduje się wewnątrz żadnej funkcji.

```
int a;
void funkcja()
{
    a = a + 1;
}
```

Zmienna lokalna (automatyczna)

wewnętrzna zmienna funkcji. Czas życia ograniczony czasem działania funkcji.

```
void funkcja(int a)
{
    a = a + 1;
}
```

```c
#include<stdio.h>

int globalna = 0;

void f(void)
{
    int lokalna = 0;
    globalna = globalna + 1;
    lokalna = lokalna + 1;
    printf("%d\t %d\t f\n", globalna, lokalna);
}

int main()
{
    int lokalna = 13;

    printf("globalna lokalna funkcja\n");
    printf("%d\t %d\t main\n", globalna, lokalna);
    f();
    printf("%d\t %d\t main\n", globalna, lokalna);
    f();
    printf("%d\t %d\t main\n", globalna, lokalna);
    return 0;
}
```

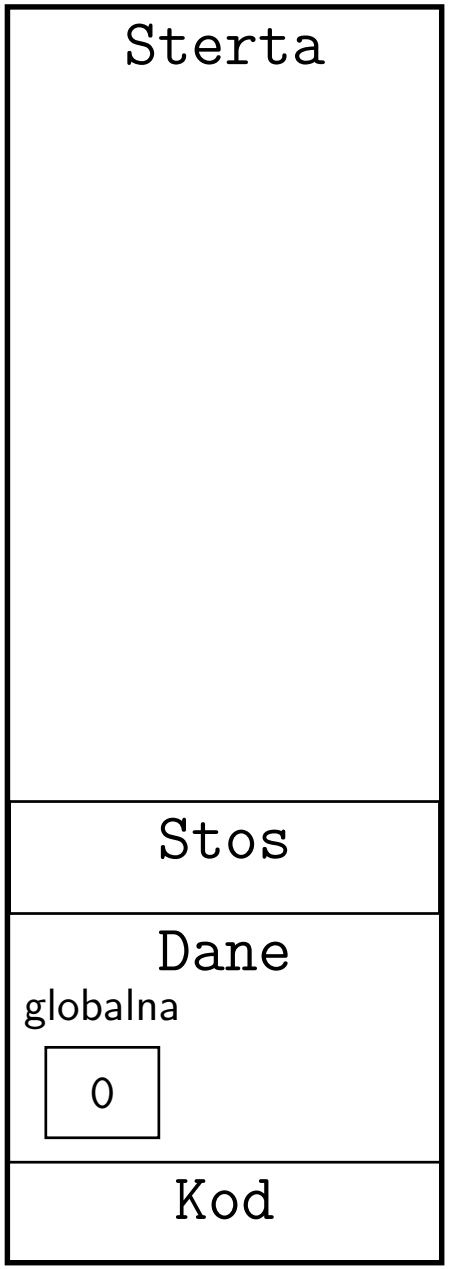
☞ globalne.c

```c
#include<stdio.h>

int globalna = 0;

void f(void)
{
    int lokalna = 0;
    globalna = globalna + 1;
    lokalna = lokalna + 1;
    printf("%d\t %d\t f\n", globalna, lokalna);
}

int main()
{
    int lokalna = 13;

    printf("globalna lokalna funkcja\n");
    printf("%d\t %d\t main\n", globalna, lokalna);
    f();
    printf("%d\t %d\t main\n", globalna, lokalna);
    f();
    printf("%d\t %d\t main\n", globalna, loka
    return 0;
}
```

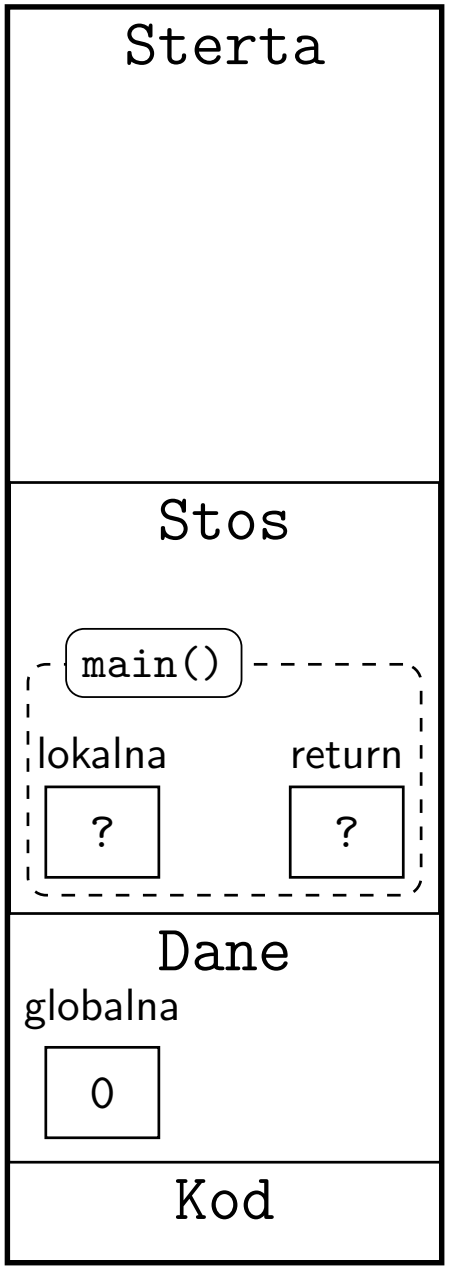
Wynik działania:

```
globalna lokalna funkcja
0        13      main
1        1       f
1        13      main
2        1       f
2        13      main
```

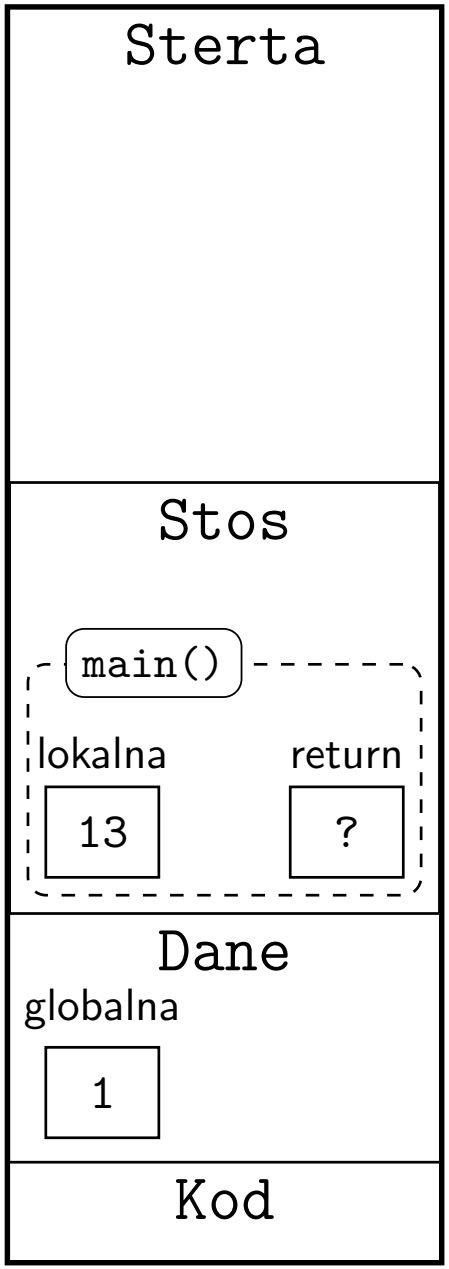
```c
#include<stdio.h>

int globalna = 0;

void f(void)
{
    int lokalna = 0;
    globalna = globalna + 1;
    lokalna = lokalna + 1;
}

int main()
{
    int lokalna = 13;
    globalna = globalna + 1;
    f();

    return 0;
}
```



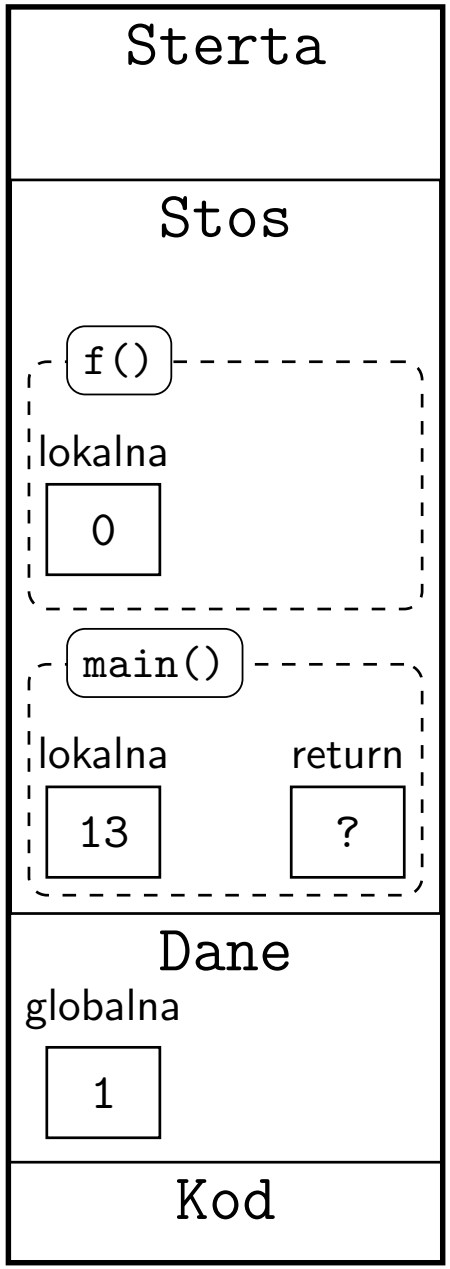
```c
#include<stdio.h>

int globalna = 0;

void f(void)
{
    int lokalna = 0;
    globalna = globalna + 1;
    lokalna = lokalna + 1;
}

int main()
{
    int lokalna = 13;
    globalna = globalna + 1;
    f();

    return 0;
}
```



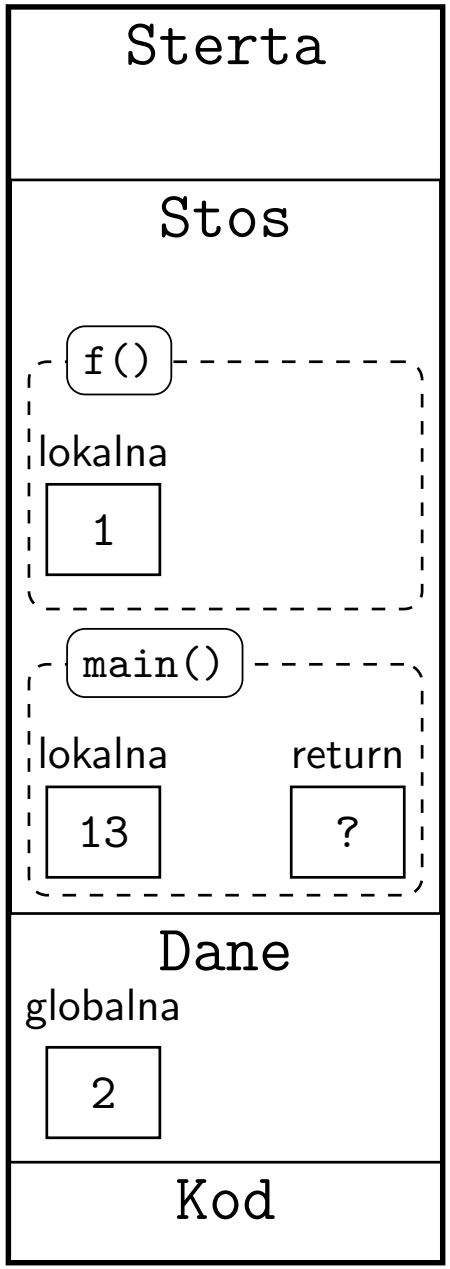
```c
#include<stdio.h>

int globalna = 0;

void f(void)
{
    int lokalna = 0;
    globalna = globalna + 1;
    lokalna = lokalna + 1;
}

int main()
{
    int lokalna = 13;
    globalna = globalna + 1;
    f();

    return 0;
}
```



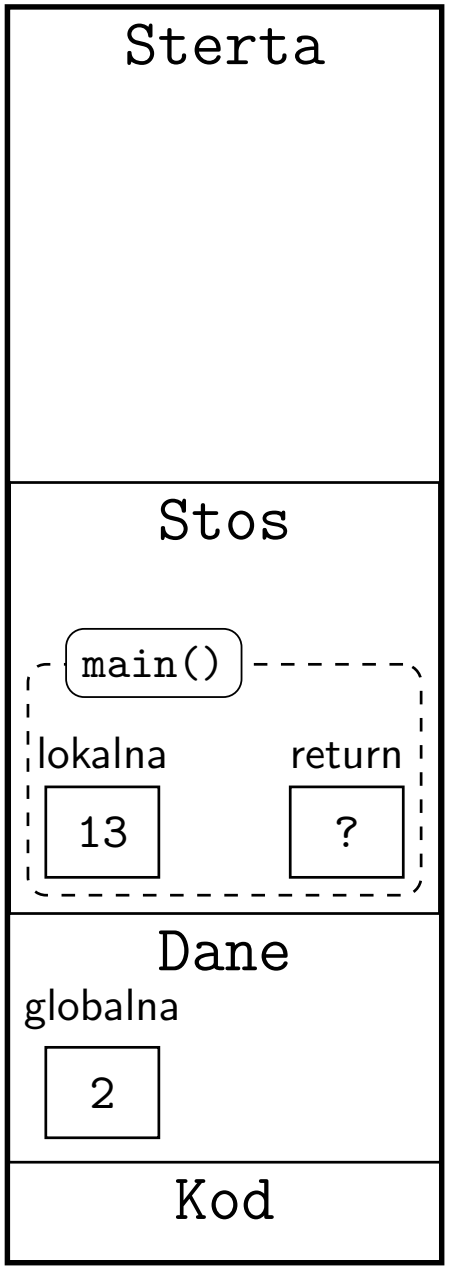
```c
#include<stdio.h>

int globalna = 0;

void f(void)
{
    int lokalna = 0;
    globalna = globalna + 1;
    lokalna = lokalna + 1;
}

int main()
{
    int lokalna = 13;
    globalna = globalna + 1;
    f();

    return 0;
}
```



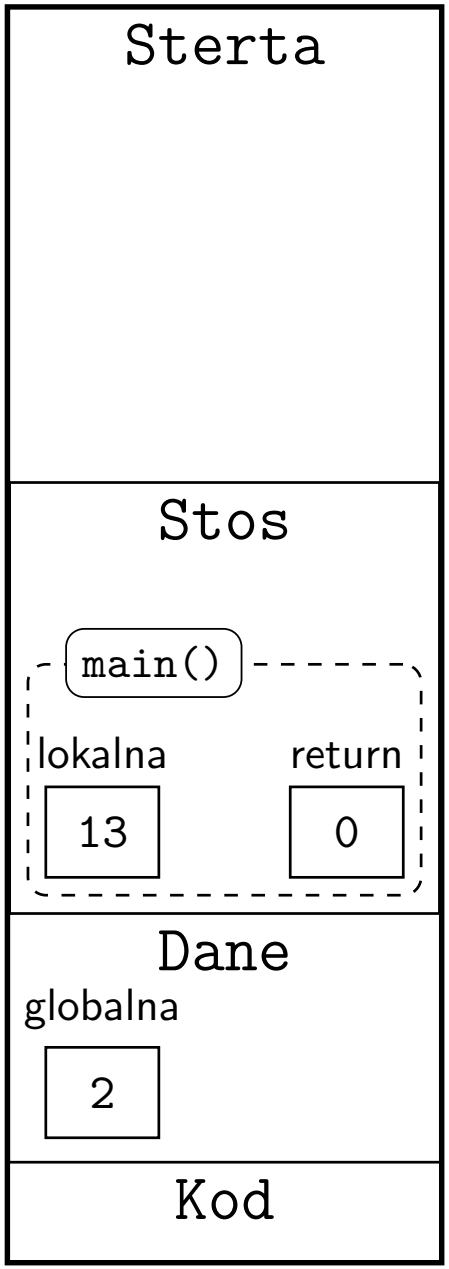
```c
#include<stdio.h>

int globalna = 0;

void f(void)
{
    int lokalna = 0;
    globalna = globalna + 1;
    lokalna = lokalna + 1;
}

int main()
{
    int lokalna = 13;
    globalna = globalna + 1;
    f();

    return 0;
}
```



```c
#include<stdio.h>

int globalna = 0;

void f(void)
{
    int lokalna = 0;
    globalna = globalna + 1;
    lokalna = lokalna + 1;
}

int main()
{
    int lokalna = 13;
    globalna = globalna + 1;
    f();

    return 0;
}
```



```c
#include<stdio.h>

int globalna = 0;

void f(void)
{
    int lokalna = 0;
    globalna = globalna + 1;
    lokalna = lokalna + 1;
}

int main()
{
    int lokalna = 13;
    globalna = globalna + 1;
    f();

    return 0;
}
```



W programowaniu proceduralnym nie używamy zmiennych globalnych!

Źle

```c
#include<stdio.h>
int x=1, y=1;

int main()
{
    f();
    zzz();
    pewna_funkcja();

    printf("%d %d\n", x, y);
}
```

Dobrze

```c
#include<stdio.h>

int main()
{
    int x=1, y=1;
    y = f(x, 10, x * 2);
    zzz();
    x = pewna_funkcja(x);

    printf("%d %d\n", x, y);
}
```

`<assert.h>`	Asercje - diagnostyka kodu
`<ctype.h>`	Klasyfikacja znaków
`<float.h>`	Ograniczenia typów zmiennopozycyjnych
`<limits.h>`	Ograniczenia typów całkowitych
`<signal.h>`	Obsługa sygnałów
`<stddef.h>`	Standardowe definicje (makra)
`<stdio.h>`	Operacje wejścia/wyjścia
`<math.h>`	Funkcje matematyczne
`<stdlib.h>`	Zestaw podstawowych narzędzi, np. `rand()`
`<string.h>`	Obsługa łańcuchów znakowych
`<time.h>`	Funkcje obsługi czasu

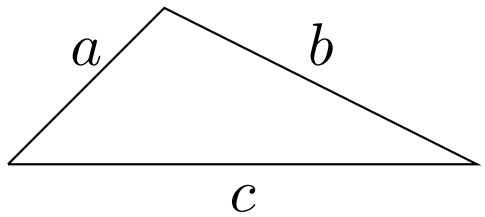
☞ *WikiBook: spis plików nagłówkowych biblioteki standardowej*
☞ *WikiBook: indeks alfabetyczny funkcji z biblioteki standardowej*

`sin`	`cos`	`tan`	funkcje trygonometryczne
`asin`	`acos`	`atan`	
`sinh`	`cosh`	`tanh`	funkcje hiperboliczne
`exp`			f. eksponencjalna e^x
`ceil`	`floor`		zaokrąglenia: *sufit*, *podłoga*
`sqrt`			pierwiastek $\sqrt{x}$
`pow`			potęga x^y
`log`			logarytm naturalny $\ln(x) = \log_e x$
`log10`			logarytm dziesiętny $\log_{10} x$
`fabs`			wartość bezwzględna $\|x\|$
`fmod`			reszta z dzielenia (zmiennoprzecinkowe)
`HUGE_VAL`			bardzo duża wartość `double`

Uwaga: korzystając z kompilatora GCC należy dodać opcję `-lm`

```
gcc -lm euclid.c
```

Problem: pole trójkąta dla danych długości boków a, b i c.



Wzór Herona (60 n.e.)

$$S = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)}$$

gdzie

$$p = \frac{1}{2}(a+b+c)$$

W jakiej sytuacji wyrażenie pod pierwiastkiem jest mniejsze od 0 ?

Przykład: pole trójkąta

```c
#include <math.h>

/*  Funkcja wyznacza pole trojkata z wzoru Heroana.
 *  Argumenty a, b i c to dlugosci bokow.
 *  Jezeli boki a, b, i c nie tworza trojkata
 *  zwracana jest wartosc -1. */
float heron(float a, float b, float c)
{
    float p = (a+b+c)/2;
    p = p*(p-a)*(p-b)*(p-c);
    if(p<0) return -1;
    return sqrt(p);
}
```

☞ heron2.c

```c
int main()
{
    float a, b, c, pole;

    printf("Podaj dlugosci bokow trojkata: a, b, c > 0\n");
    scanf("%f%f%f", &a, &b, &c);

    if ( a <= 0 || b <= 0 || c<=0 )
    {
        printf("Zle dane: wartosci musza byc dodatnie.\n");
        return 1;
    }

    pole = heron(a, b, c);
    if( pole < 0 )
    {
       printf("Zle dane: to nie sa boki trojkata\n");
       return 2;
    }
    printf("Pole wynosi: %f\n", pole);

    return 0;
}
```

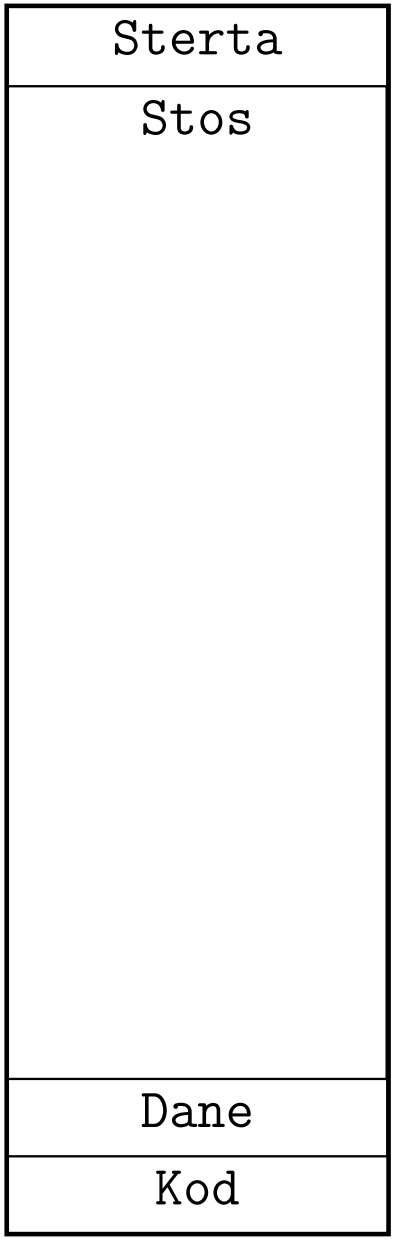
☞ heron2.c

Funkcje mogą wywoływć same siebie - **funkcje rekurencyjne**.

```
#include<stdio.h>

void funkcja()
{
    /* cialo funkcji */
    funkcja();
}

int main()
{
    funkcja();
}
```

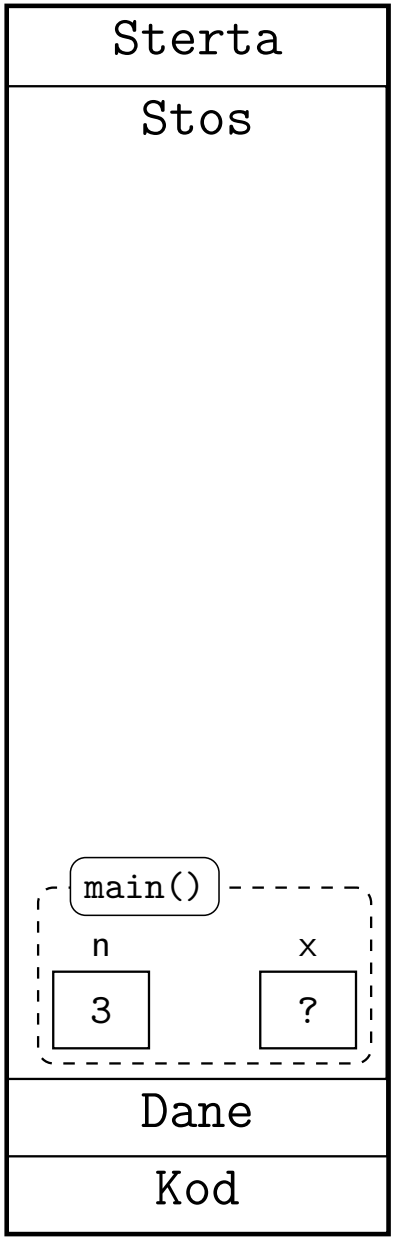
$$n! = 1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot \ldots \cdot n = n \cdot (n-1)!$$

```
 1  #include<stdio.h>
 2
 3  int silnia(int n)
 4  {
 5      if( n<=1 ) return 1;
 6      return n * silnia(n-1);
 7  }
 8
 9  int main()
10  {
11      int x, n=3;
12      x = silnia(n);
13      printf("%d!=%d\n",n,x);
14      return 0;
15  }
```



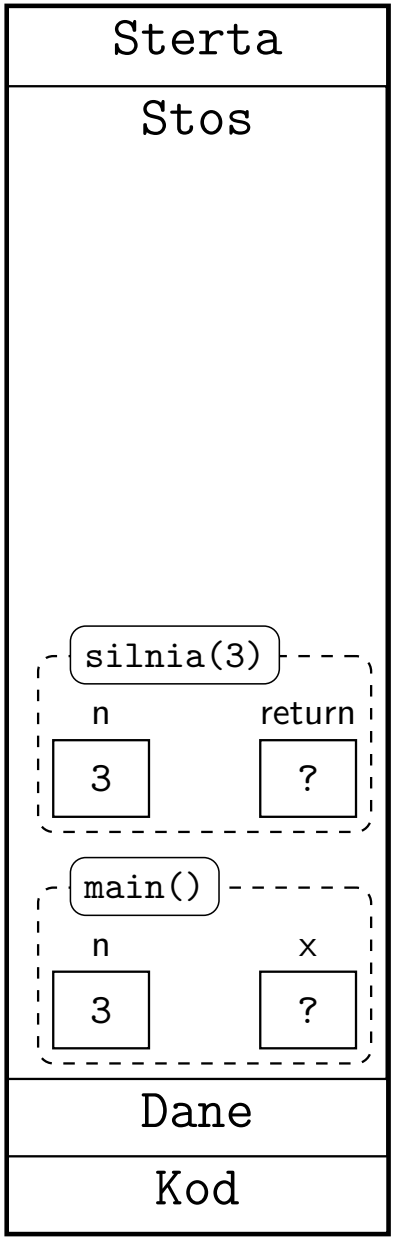
$$n! = 1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot \ldots \cdot n = n \cdot (n-1)!$$

```
 1  #include<stdio.h>
 2
 3  int silnia(int n)
 4  {
 5      if( n<=1 ) return 1;
 6      return n * silnia(n-1);
 7  }
 8
 9  int main()
10  {
11      int x, n=3;
12      x = silnia(n);
13      printf("%d!=%d\n",n,x);
14      return 0;
15  }
```



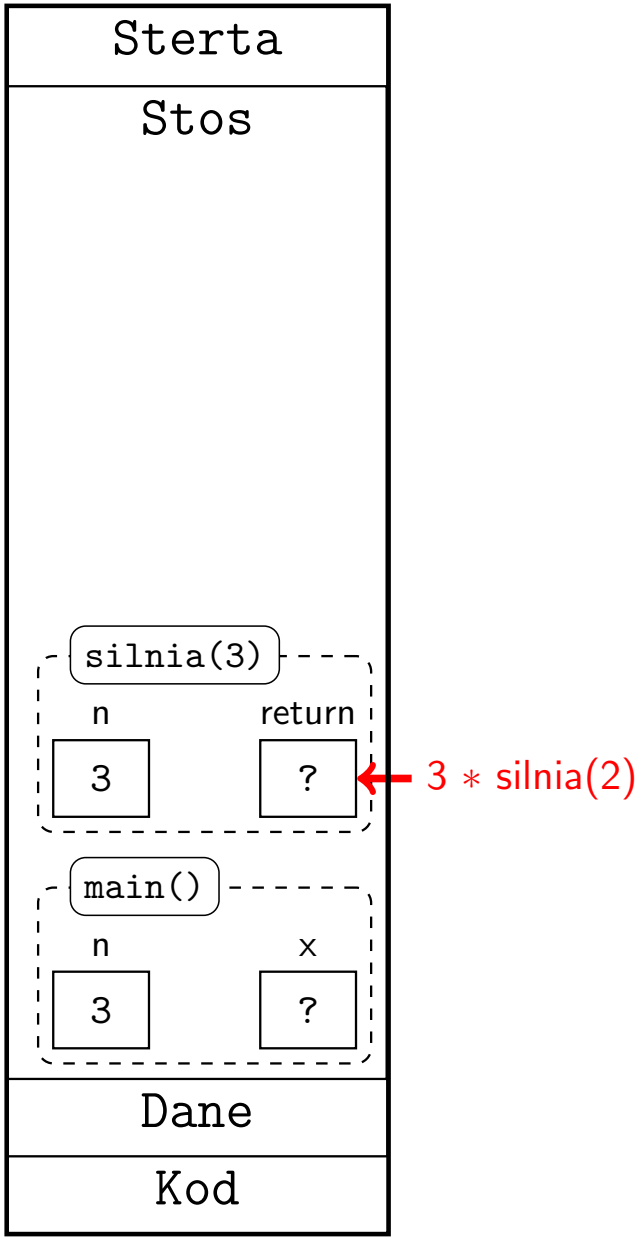
$$n! = 1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot \ldots \cdot n = n \cdot (n-1)!$$

```
 1  #include<stdio.h>
 2
 3  int silnia(int n)
 4  {
 5      if( n<=1 ) return 1;
 6      return n * silnia(n-1);
 7  }
 8
 9  int main()
10  {
11      int x, n=3;
12      x = silnia(n);
13      printf("%d!=%d\n",n,x);
14      return 0;
15  }
```



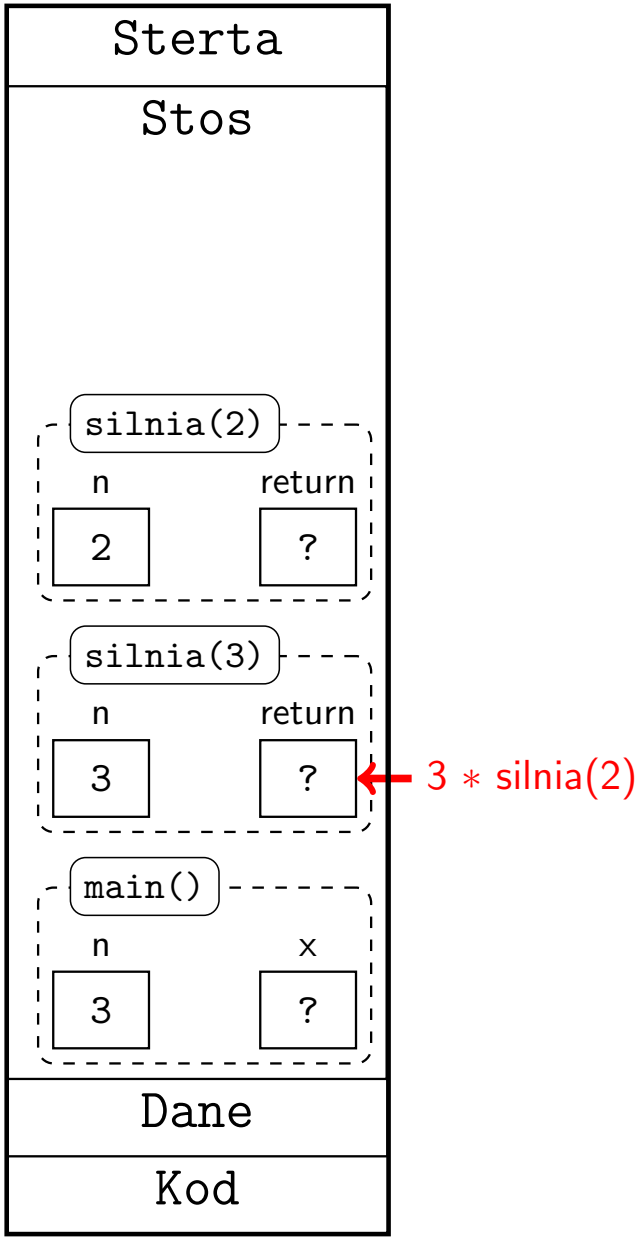
$$n! = 1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot \ldots \cdot n = n \cdot (n-1)!$$

```
1  #include<stdio.h>
2
3  int silnia(int n)
4  {
5      if( n<=1 ) return 1;
6      return n * silnia(n-1);
7  }
8
9  int main()
10 {
11     int x, n=3;
12     x = silnia(n);
13     printf("%d!=%d\n",n,x);
14     return 0;
15 }
```



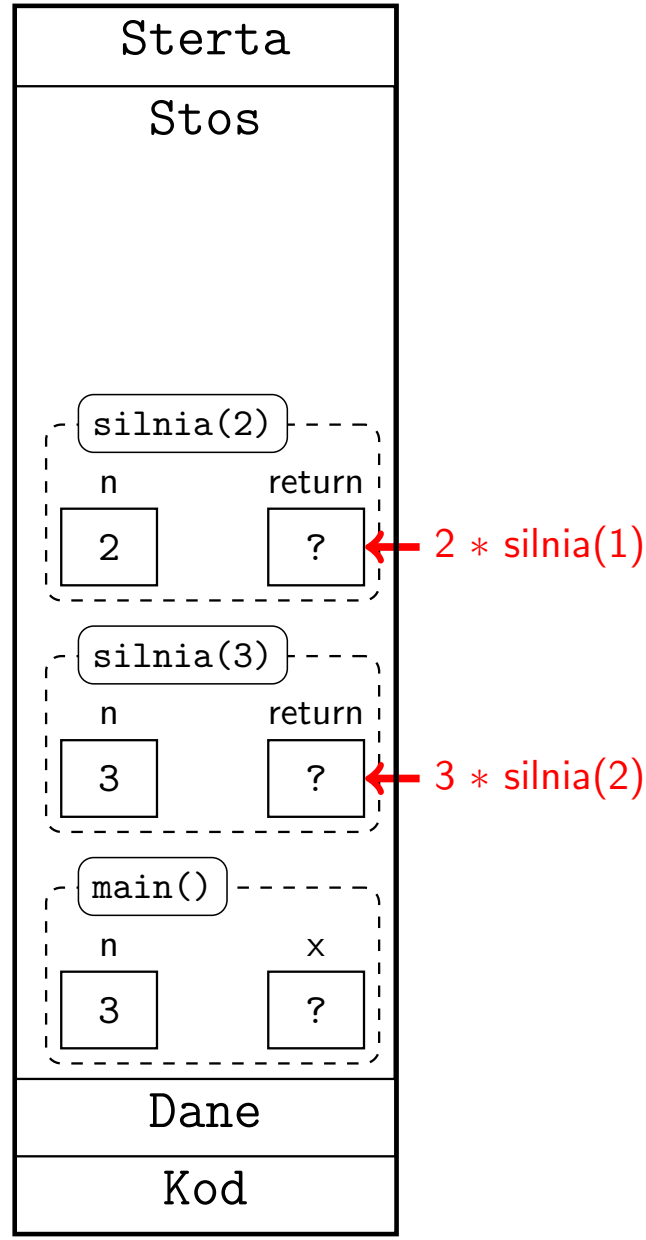
$$n! = 1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot \ldots \cdot n = n \cdot (n-1)!$$

```
1  #include<stdio.h>
2
3  int silnia(int n)
4  {
5      if( n<=1 ) return 1;
6      return n * silnia(n-1);
7  }
8
9  int main()
10 {
11     int x, n=3;
12     x = silnia(n);
13     printf("%d!=%d\n",n,x);
14     return 0;
15 }
```



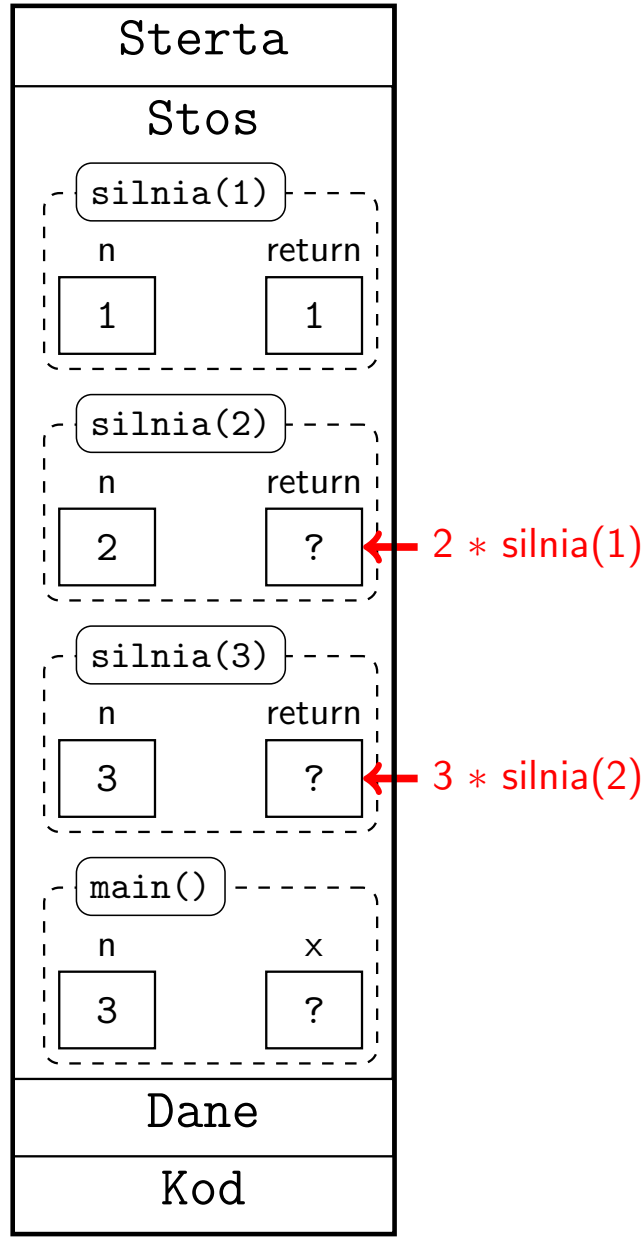
$$n! = 1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot \ldots \cdot n = n \cdot (n-1)!$$

```
1  #include<stdio.h>
2
3  int silnia(int n)
4  {
5      if( n<=1 ) return 1;
6      return n * silnia(n-1);
7  }
8
9  int main()
10 {
11     int x, n=3;
12     x = silnia(n);
13     printf("%d!=%d\n",n,x);
14     return 0;
15 }
```



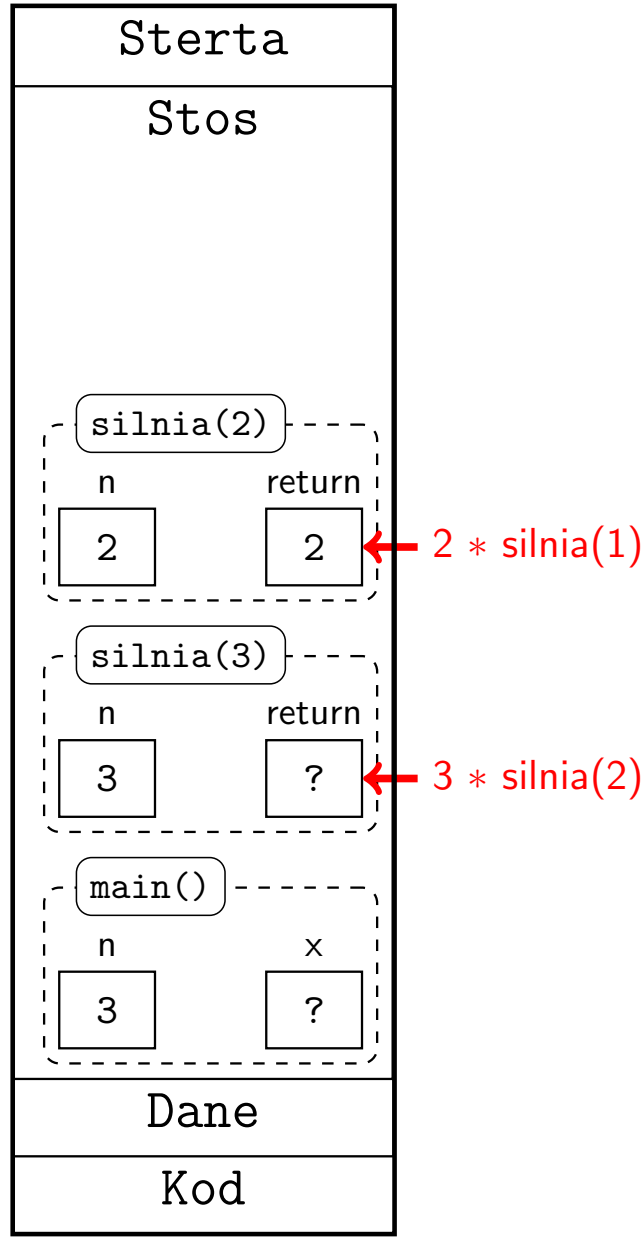
$$n! = 1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot \ldots \cdot n = n \cdot (n-1)!$$

```
1  #include<stdio.h>
2
3  int silnia(int n)
4  {
5      if( n<=1 ) return 1;
6      return n * silnia(n-1);
7  }
8
9  int main()
10 {
11     int x, n=3;
12     x = silnia(n);
13     printf("%d!=%d\n",n,x);
14     return 0;
15 }
```



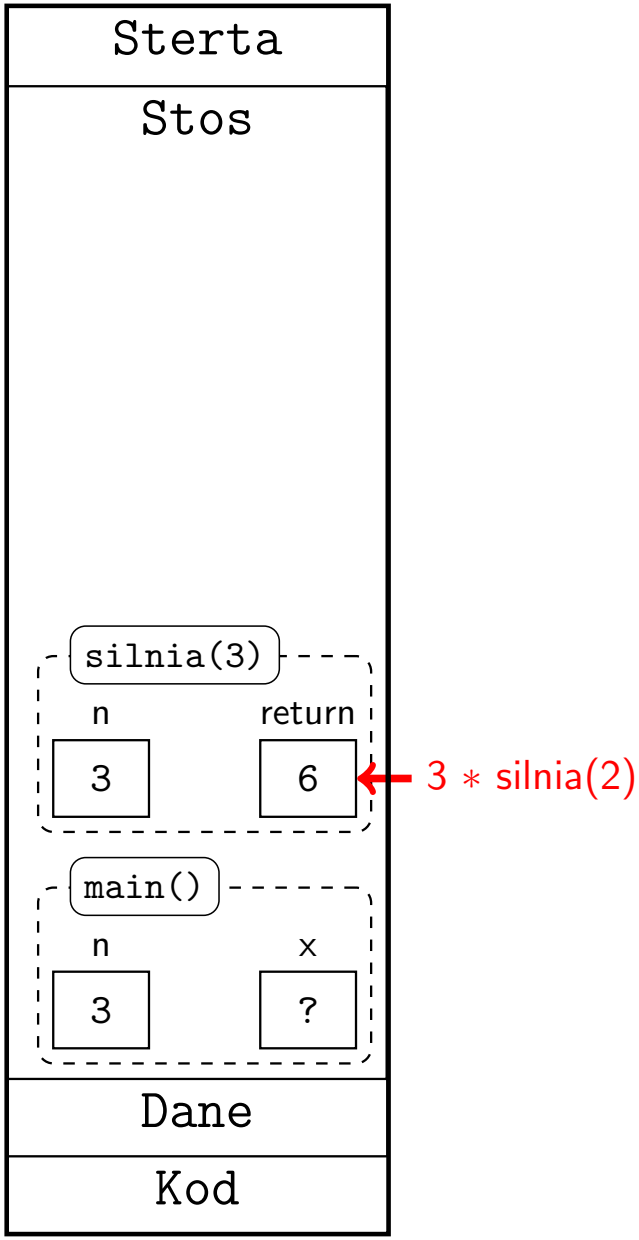
$$n! = 1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot \ldots \cdot n = n \cdot (n-1)!$$

```
1  #include<stdio.h>
2
3  int silnia(int n)
4  {
5      if( n<=1 ) return 1;
6      return n * silnia(n-1);
7  }
8
9  int main()
10 {
11     int x, n=3;
12     x = silnia(n);
13     printf("%d!=%d\n",n,x);
14     return 0;
15 }
```



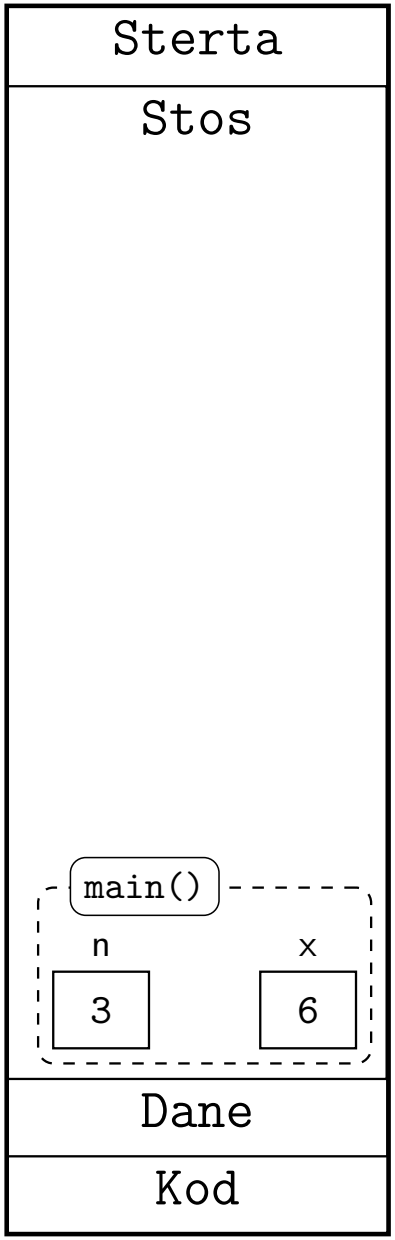
$$n! = 1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot \ldots \cdot n = n \cdot (n-1)!$$

```
1  #include<stdio.h>
2
3  int silnia(int n)
4  {
5      if( n<=1 ) return 1;
6      return n * silnia(n-1);
7  }
8
9  int main()
10 {
11     int x, n=3;
12     x = silnia(n);
13     printf("%d!=%d\n",n,x);
14     return 0;
15 }
```



$$n! = 1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot \ldots \cdot n = n \cdot (n-1)!$$

```
1  #include<stdio.h>
2
3  int silnia(int n)
4  {
5      if( n<=1 ) return 1;
6      return n * silnia(n-1);
7  }
8
9  int main()
10 {
11     int x, n=3;
12     x = silnia(n);
13     printf("%d!=%d\n",n,x);
14     return 0;
15 }
```



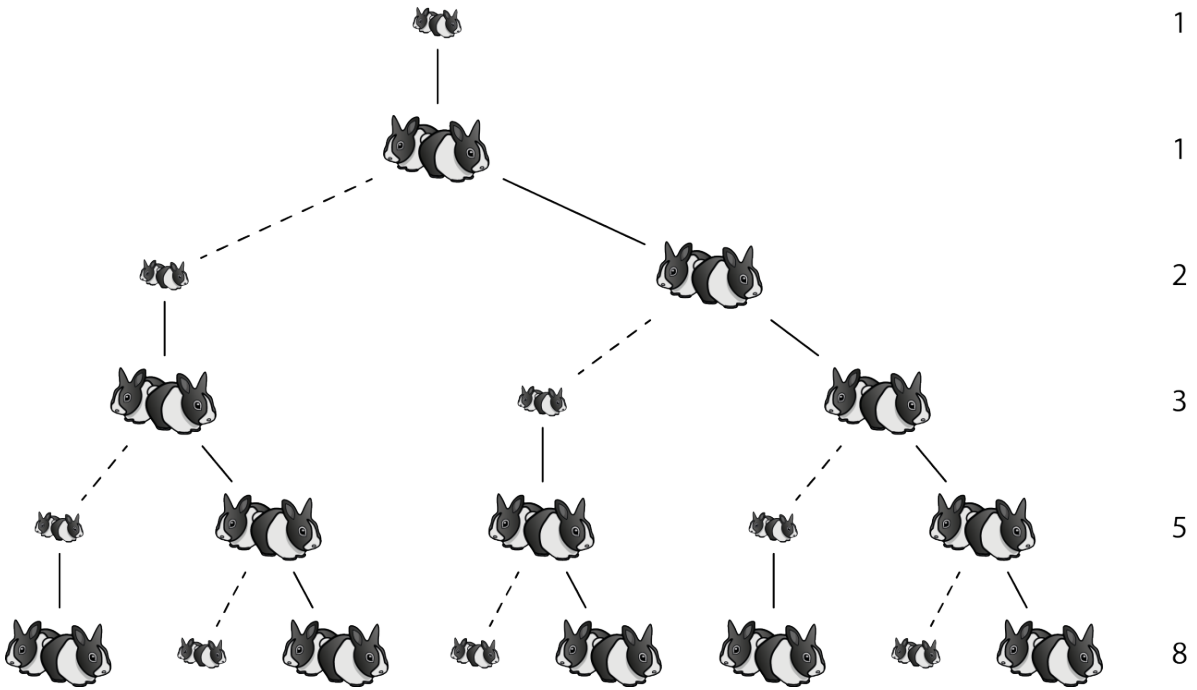
Zadanie o rozmnażaniu królików

Problem: zadanie o rozmnażaniu się królików.
Populacja królików rozmnaża się wg. poniższych zasad:

- rozpoczynamy od pojedynczej pary nowonarodzonych królików,
- króliki stają się płodne po upływie miesiąca życia,
- każda płodna para wydaje na świat parę królików co miesiąc,
- króliki nigdy nie umierają.

Ile par królików będzie w populacji po roku?

Ile par królików będzie w populacji po n miesiącach?



Źródło: Jens Bossaert, Curiosa Mathematica,
http://curiosamathematica.tumblr.com/

$$1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, \ldots,$$

Ciąg Fibinacciego

$$F_n = \begin{cases} 0 & \text{dla } n = 0 \\ 1 & \text{dla } n = 1 \\ F_{n-1} + F_{n-2} & \text{dla } n > 1 \end{cases}$$

Rekurencja

```
1  int fibonacci(int n)
2  {
3     if( n==0 ) return 1;
4     if( n==1 ) return 1;
5     return fibonacci(n-1) + fibonacci(n-2);
6  }
```

☞ fib1.c

Iteracja

```
1  int fibonacci(int n)
2  {
3     int f=1, fp=1, k;
4
5     while( n>1 )
6     {
7        k = f + fp;
8        fp = f;
9        f = k;
10       n--;
11    }
12    return f;
13 }
```

☞ fib2.c

- **Zmienne globalne** mają zasięg całego pliku, **zmienne lokalne** istnieją tylko wewnątrz funkcji
- **Programowanie proceduralne:** funkcje nie powinny korzystać ze zmiennych globalnych
- **Deklaracja funkcji** określa nazwę funkcji, typy argumentów i typ wartości zwracanej
- **Definicja funkcji** to deklaracja + ciało funkcji (implementacja)
- Funkcja przed użyciem musi być przynajmniej zadeklarowana
- `return` zwraca pojedynczą wartość z funkcji
- Pytanie: jak zwrócić z funkcji więcej wartości?
  Np. funkcja wyznaczająca miejsca zerowe paraboli.

 David Griffiths, Dawn Griffiths *„Rusz głową! C.”*, Helion, Gliwice, 2013.

 „Kurs programowania w C”, WikiBooks, `http://pl.wikibooks.org/wiki/C`

 „C Reference”, `http://en.cppreference.com/w/c`

Tablice i struktury

czyli złożone typy danych.

Tablica

przechowuje elementy tego samego typu

struktura jednorodna, homogeniczna

Elementy identyfikowane liczbami (indeksem).

8	1	-6	3	5	7	4	9	2	10	-4	88	6	3	1	3	332	2

Struktura

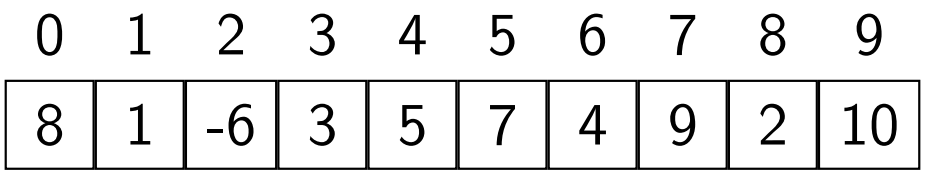
przechowuje elementy dowolnego typu

struktura niejednorodna, heterogeniczna

Elementy identyfikowane przez nazwy.

"Hans"		
"Kloss"		
4	11	2013
'M'		
181.5		

- wszystkie elementy są tego samego typu
- elementy identyfikowane przez liczbę całkowitą (indeks)
- tablice jednowymiarowe
- rozmiar musi być znany w momencie kompilacji
  tablice statyczne
- swobodny dostęp (*random acces*) do elementów
- operator dostępu []
- w C tablice są indeksowane od 0



Deklaracja tablicy

```
typ identyfikator[rozmiar];
```

Przykład

```
#define MAX 1000
const int n=200;

int a[10];
float tablica[MAX];
char napis[n];
```

- operator [] daje dostęp do i-tego elementu
- indeksowanie wartościami całkowitymi
- brak kontroli zakresu tablicy podczas kompilacji

Przykłady

```
tablica[0] = 1.3;
napis[3] = 'x';
i = a[i];
a[i] = a[i] + 5;
tablica[i-1] = tablica[i];
tablica[maxind(x)] = tablica[0];
```

```
float t[10];
```

t[0]	t[1]	t[2]	t[2]	t[4]	t[5]	t[6]	t[7]	t[8]	t[9]

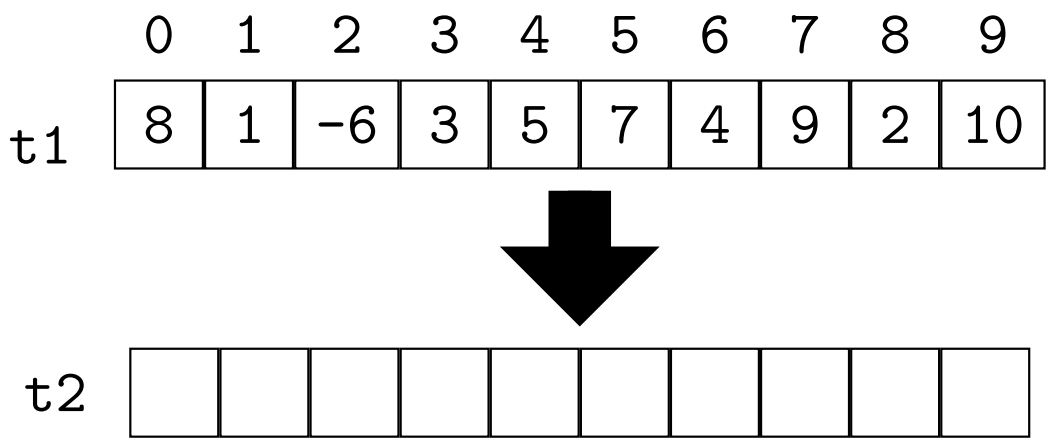
Wczytywanie wartości

```
float t[10];
int i=0;

while(i<10)
{
    printf("t[%d]=", i);
    scanf("%f", &t[i]);
    i = i + 1;
}
```

Zerowanie wartości

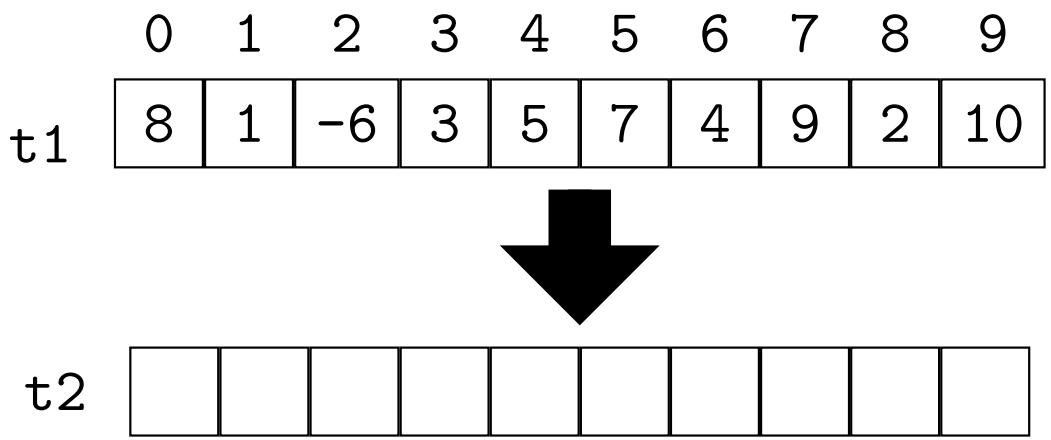
```
float t[10];
int i;

for(i=0; i<10; i++)
{
    t[i] = 0;
}
```

Kopiowanie tablic




```
int t1[10];
int t2[10];

t1 = t2;
```

Kopiowanie tablic




```
int i;
int t1[10];
int t2[10];

i = 0;
while( i<10 )
{
    t2[i] = t1[i];
    i++;
}
```

Tablica jednowymiarowa w argumetach funkcji podawana bez rozmiaru (informacja o rozmiarze jest ignorowana i nie jest dostępna wewnątrz funkcji).

```
1  float max(float t[], int n)
2  {
3      float m = t[0];
4      while( n > 1 )
5      {
6          n = n - 1;
7          if( m < t[n] ) m = t[n];
8      }
9      return m;
10 }
```

☞ max.c

Przykładowe deklaracje funkcji

Dobrze

```
void wczytaj(float tab[], int n);
float max(float t[], int n);
```

Źle

```
float max(float t[10]);
float max(float t, int n);
float max(float t[]);
```

Zawartość tablicy przekazana do funkcji nie jest kopiowana, zaś funkcja może dowolnie modyfikować elementy przekazanej tablicy.

```c
#include<stdio.h>

void funkcja(int tab[], int x)
{
    tab[0]++;
    x++;
}

int main()
{
    int tab[10], x = 5;

    tab[0] = x;
    funkcja(tab, x);
    printf("tab[0]=%d, x=%d\n", tab[0], x);
}
```

☞ funtab.c

Modyfikator `const` pozwala zaznaczyć, że funkcja nie zmienia wartości elementów tablicy.

Przykład:

```
float max(const float t[], int n);
```

```
void funkcja(const int tab[], int x)
{
    tab[0]++;
    x++;
}
```

Błąd! Nie można modyfikować.

Parametrem aktualnym funkcji (w momencie wywołania) jest nazwa tablicy

```
float max(const float t[], int n);
void wczytaj(float t[], int n);

int main()
{
    float t[10], x;
    int n=10;

    wczytaj(t,n);
    x = max(t,n);

    x = max(t[10], 10);
    x = max(t[], 10);
    x = max(float t[], int n);
}
```

Dobrze

Problem: w zbiorze zawierającym n elementów odnajdź element x.

Algorithm Przeszukiwanie liniowe

Dane wejściowe: ciąg $\{t_0, t_1, \ldots, t_{n-1}\}$ zawierający n elementów, szukany element x, pozycja początku przeszukiwania i

Wynik: pozycja pierwszego znalezionego elementu x w ciągu lub wartość -1 jeśli nie znaleziono

1: **dopóki** $i < n$ **wykonuj**
2: **jeżeli** $t_i = x$ **wykonaj**
3: **zwróć** i
4: $i \leftarrow i + 1$
5: **zwróć** -1

Przykład w C: przeszukiwanie liniowe

```
1  int szukaj(const int t[], int n, int x, int i)
2  {
3      while( i < n )
4      {
5          if( t[i]== x ) return i;
6          i = i + 1;
7      }
8      return -1;
9  }
```

☞ przeszukiwanie.c

- Ile porównań należy wykonać w najgorszym przypadku?
- Czy istnieje szybszy sposób przeszukania ciągu elementów?

Algorithm Przeszukiwanie liniowe z wartownikiem

Dane wejściowe: ciąg $\{t_0, t_1, \ldots, t_{n-1}\}$ zawierający n elementów, szukany element x, pozycja początku przeszukiwania i

Wynik: pozycja pierwszego znalezionego elementu x w ciągu lub wartość -1 jeśli nie znaleziono

1: $t_n \leftarrow x$
2: **dopóki** $t_i \neq x$ **wykonuj**
3: $\quad i \leftarrow i + 1$
4: **jeżeli** $i = n$ **wykonaj**
5: $\quad$ **zwróć** -1
6: **w przeciwnym wypadku**
7: $\quad$ **zwróć** i

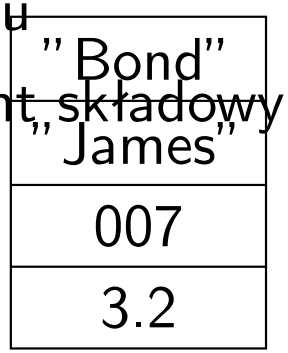
Przykład w C: przeszukiwanie liniowe z wartownikiem

```
1  int szukaj2(int t[], int n, int x, int i)
2  {
3      t[n] = x;                    /* ustawienie wartownika */
4      while( t[i] != x ) i = i + 1;
5      if( i != n ) return i;
6      return -1;
7  }
```

☞ przeszukiwanie2.c

Typ złożony `struct`

- przechowuje zmienne dowolnego typu
- **pole** struktury to pojedynczy element składowy
- pola są identyfikowane nazwami
- operator dostępu bezpośredniego `.`
- struktury ułatwiają organizację danych $\longrightarrow$ zalążek obiektowości
- struktura może być argumentem funkcji oraz wartością zwracaną z funkcji



Deklaracja struktury

```
struct nazwa
{
    typ pole1;
    typ pole2;
    ...
};
```

```
struct student
{
    char nazwisko[30];
    char imie[30];
    int indeks;
    float srednia;
};
```

Utworzenie zmiennej (definicja)

```
struct nazwa identyfikator;
```

```
struct student s;
```

Dostęp do pól struktury

```
identyfikator.pole
```

```
s.srednia = 5.0;
```

```c
#include <stdio.h>

struct zespolona
{
    float re;
    float im;
};

int main()
{
    struct zespolona z1 ,z2;
    z1.re = 2.5;
    z1.im = -2.2;

    z2 = z1;
}
```

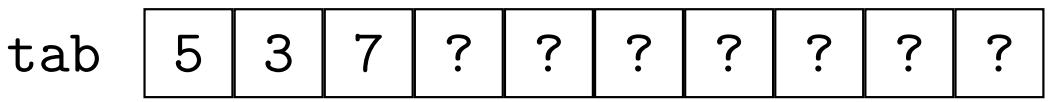
Poprawne kopiowanie

Deklaracje funkcji

```
struct zespolona iloczyn(struct zespolona z1, struct
    zespolona z2);
void wyswietl(struct student s);

int main()
{
    struct zespolona z1, z2, z3;
    struct student s;

    z3 = iloczyn(z1,z2);
    wyswietl(s);

    return 0;
}
```

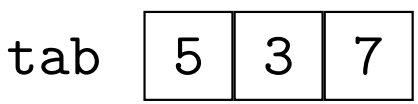
Inicjalizacja elementów tablicy

```
int tab[10] = { 5, 3, 7};
```



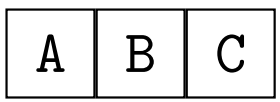
Gdy pominiemy rozmiar tablicy to jest on wyznaczany automatycznie

```
int tab[] = { 5, 3, 7};
```



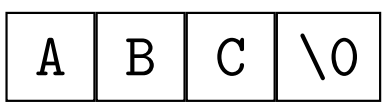
Tablica znaków

```
int tab[] = { 'A', 'B', 'C' };
```



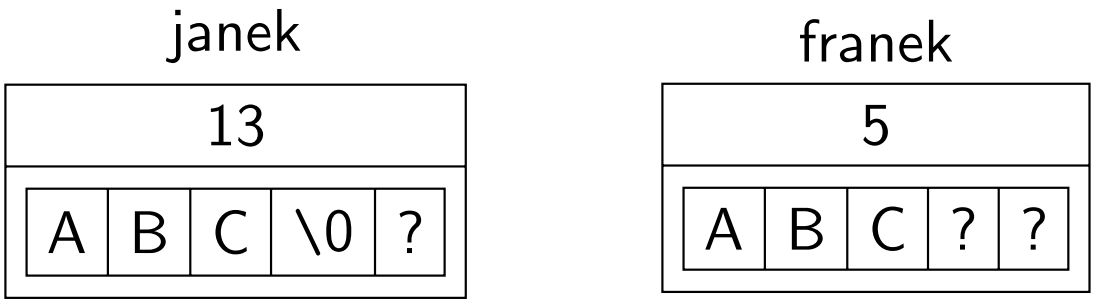
Napis (łańcuch znakowy)

```
int tab[] = "ABC";
```



Inicjalizacja wartości struktur

```
struct student
{
    int numer;
    char nazwisko[5];
};

struct student janek = { 13, "ABC"};
struct student franek = { 5,  { 'A', 'B', 'C' } };
```



- tablice wielowymiarowe, macierze, tablice tablic
  `t[10][2][3]`
- struktury zawierające struktury
  `s.data.dzien = 1`
- tablice struktur
  `s[1].wiek = 31`
- struktury zawierające tablice
  `punkt.wsp[1] = 1.2`

Problem: wyznacz położenie środka masy dla n punktów materialnych.

Punkt materialny

$$p_i = \{m_i, \vec{r}_i\}, \qquad \vec{r}_i = [x_i, y_i, z_i]$$

Środek masy dwóch punktów

$$\vec{r}_{12} = \frac{m_1\vec{r}_1 + m_2\vec{r}_2}{m_1 + m2}, \qquad m_{12} = m_1 + m_2$$

Środek masy n punktów

$$\vec{r}_0 = \frac{\sum_{i=1}^{n} m_i\vec{r}_i}{\sum_{i=1}^{n} m_i}, \qquad m_0 = \sum_{i=1}^{n} m_i$$

Tablica 4 elementowa

konwencja: 0,1,2 - współrzędne kartezjańskie, 3 - masa

```
float punkt[4];
```

Struktura

```
struct punkt
{
    float m;
    float x;
    float y;
    float z;
};
```

```
struct punkt
{
    float m;
    float wsp[3];
};
```

```
float* srodek(const float p1[], const float p2[])
{
    float sm[4];
    int i=0;

    sm[3] = p1[3] + p2[3];

    for(i=0; i<3; i++)
        sm[i] = (p1[3] * p1[i] + p2[3] * p2[i])/sm[3];

    return sm;
}
```

```
float* srodek(const float p1[], const float p2[])
{
    float sm[4];
    int i=0;

    sm[3] = p1[3] + p2[3];

    for(i=0; i<3; i++)
        sm[i] = (p1[3] * p1[i] + p2[3] * p2[i])/sm[3];

    return sm;
}
```

zmienna lokalna

brak kopiowania tablic

Źle!

```
1  void srodek(const float p1[], const float p2[], float sm[])
2  {
3      int i=0;
4
5      sm[3] = p1[3] + p2[3];
6
7      for(i=0; i<3; i++)
8          sm[i] = (p1[3] * p1[i] + p2[3] * p2[i]) / sm[3];
9  }
```

☞ sm1.c

```
1  struct punkt
2  {
3      float x, y, z;
4      float m;
5  };
6
7  struct punkt srodek(struct punkt p1, struct punkt p2)
8  {
9      struct punkt sm;
10     sm.m = p1.m + p2.m;
11     sm.x = ( p1.m * p1.x + p2.m * p2.x ) / sm.m;
12     sm.y = ( p1.m * p1.y + p2.m * p2.y ) / sm.m;
13     sm.z = ( p1.m * p1.z + p2.m * p2.z ) / sm.m;
14     return sm;
15 }
```

☞ sm2.c

```c
struct punkt
{
    float wsp[3];
    float m;
};

struct punkt srodek(struct punkt p1, struct punkt p2)
{
     struct punkt sm;
     int i=0;
     sm.m=p1.m+p2.m;
     while(i<3)
     {
          sm.wsp[i]=(p1.m*p1.wsp[i]+p2.m*p2.wsp[i])/sm.m;
          i = i + 1;
     }
     return sm;
}
```

Algorithm Środek masy n punktów materialnych

Dane wejściowe: zestaw punktów $\{p_1, p_2, \ldots, p_n\}$ określonych przez masę i współrzędne kartezjańskie $p_i = \{x_i, y_i, z_i, m_i\}$

Wynik: $p_0 = \{x_0, y_0, z_0, m_0\}$ położenie środka masy i masa całkowita układu

1: $p_0 \leftarrow \{0, 0, 0, 0\}$
2: $i \leftarrow 0$
3: **dopóki** $i < n$ **wykonuj**
4: **wczytaj** p_i
5: $p_0 \leftarrow srodek(p_i, p_0)$
6: $i \leftarrow i + 1$
7: **wypisz** p_0

Środek masy n punktów

```
1  int main()
2  {
3      struct punkt p = { 0.0, 0.0, 0.0, 0.0 };
4      struct punkt p1;
5      char dalej='t';
6
7      do
8      {
9        p1 = wczytaj();
10       p = srodek(p1, p);
11
12       printf("Czy dodac kolejny punkt [t/n] ? ");
13       scanf(" %c", &dalej);
14     }while(dalej != 'n' );
15
16   printf("Srodek masy:\n");
17   wypisz(p);
18
19   return 0;
20 }
```

☞ sm2.c

Tablica tablic

```
float chmura[1000][4];
```

```
m42 = chmura[42][3]
```

Tablica struktur

```
struct punkt chmura[1000];
```

```
m42 = chmura[42].m
```

Struktura z tablicami

```
struct chmura {
    int n;
    float x[1000];
    float y[1000];
    float z[1000];
    float m[1000];
};
```

```
struct chmura c;
m42 = c.m[42]
```

```
struct chmura {
    int n;
    struct punkt p[1000];
};
```

```
struct chmura c;
m42 = c.p[42].m
```

Środek masy n punktów

Tablica struktur

```
1  struct punkt srodek(const struct punkt p[], int n)
2  {
3      struct punkt sm;
4      int i=0;
5
6      sm.m = 0.0; sm.x = 0.0; sm.y = 0.0; sm.z = 0.0;
7
8      while(i<n)
9      {
10         sm.m = sm.m + p[i].m;
11         sm.x = sm.x + p[i].x * p[i].m;
12         sm.y = sm.y + p[i].y * p[i].m;
13         sm.z = sm.z + p[i].z * p[i].m;
14         i = i + 1;
15     }
16     sm.x = sm.x/sm.m;
17     sm.y = sm.y/sm.m;
18     sm.z = sm.z/sm.m;
19     return sm;
20 }
```

```
1  int main()
2  {
3      struct punkt chmura[MAX];
4      int i=0;
5
6      do
7      {
8          chmura[i] = wczytaj();
9          i = i + 1;
10     }while(czy_dalej() == 1 && i < MAX );
11
12     printf("Srodek masy:\n");
13     wypisz(srodek(chmura,i));
14
15     return 0;
16 }
```

☞ sm4.c

```
1  int main()
2  {
3      struct chmura c;
4      int i=0;
5
6      c.n = 0;
7
8      do
9      {
10         c = dodaj(c, wczytaj());
11         i = i + 1;
12     }while( czy_dalej() && i < MAX );
13
14     printf("Aktualny zbior punktow:\n");
15     wypisz_chmure(c);
16     printf("Srodek masy:\n");
17     wypisz_punkt(srodek(c));
18
19     return 0;
20 }
```

☞ sm6.c

- **Tablica** - zbiór elementów tego samego typu indeksowanych od 0
- **Struktura** - zbiór elementów różnych typów o nazwanych polach
- Tablice trzeba kopiować „ręcznie” element po elemencie
- Właściwie dobrana reprezentacja danych może istotnie ułatwić realizację rozwiązania. Reprezentacja danych ma wpływ na czytelność kodu i efektywność programu
- Dobra zasada: twórz funkcje do manipulowania złożonymi typami danych
- Inne typy złożone: unie, pola bitowe, typ wyliczeniowy (zob. wykład 11)


Maciej M. Sysło, *„Algorytmy”*, WSiP, Warszawa, 2002.

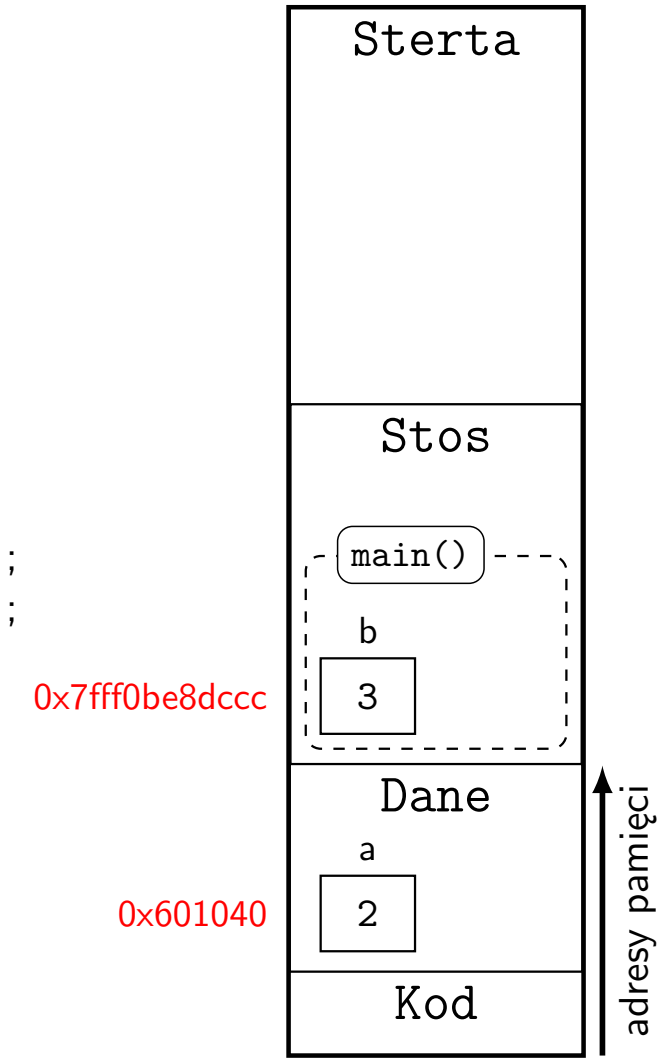

David Griffiths, Dawn Griffiths *„Rusz głową! C.”*, Helion, Gliwice, 2013.


„Kurs programowania w C”, WikiBooks, `http://pl.wikibooks.org/wiki/C`

Wskaźniki

```c
#include<stdio.h>

int a = 2;

int main()
{
    int b = 3;

    printf("adres zmiennej a %p\n", &a);
    printf("adres zmiennej b %p\n", &b);

    return 0;
}
```

```
adres zmiennej a 0x601040
adres zmiennej b 0x7fff0be8dccc
```



Wskaźnik (*pointer*)

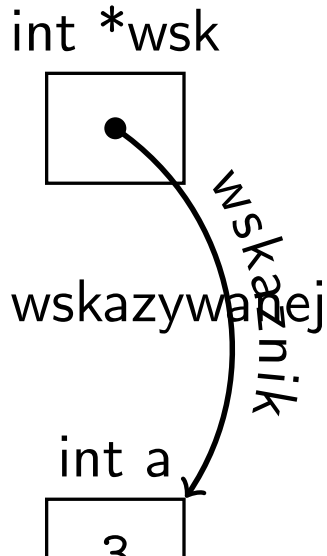
adres zmiennej w pamięci (np. &a)

```
int a = 5;
printf("%p\n", &a);
```

Zmienna wskaźnikowa

zmienna przechowująca adres

```
int *wsk;
wsk = &a;
```



Typ wskaźnikowy

typ zmiennej wskaźnikowej określa typ wartości wskazywanej

np. `int*`, `void*`, `struct punkt*`

Deklaracja

```
typ *identyfikator;
```

lub

```
typ* identyfikator;
```

Przykład

```
int *wa;          /* wskaznik na zmienna typu int */
float *wx;        /* wskaznik na zmienna typu float */
char *wz;
void* w;          /* wskaznik na zmienna dowolnego typu */
int *t[10];       /* tablica zmiennych wskaznikowych */
int* *ww;         /* wskaznik na zmienna wskaznikowa */
```

Operator referencji & zwraca adres zmiennej

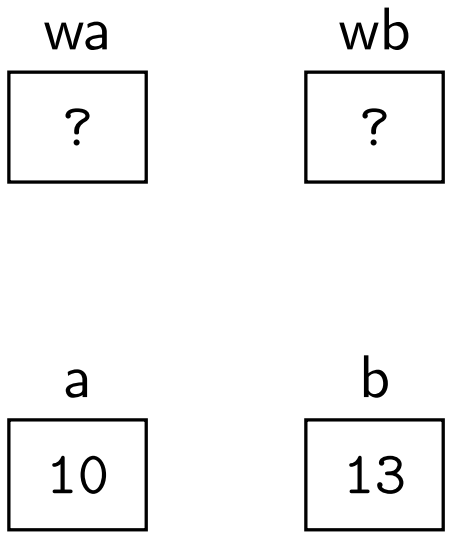
Przykład

```
1  int a=10;
2  int b=13;
3  int *wa;
4  int *wb;
5
6  wa = &a;
7  wb = &b;
8
9  wb = wa;
```

Operator referencji & zwraca adres zmiennej

Przykład

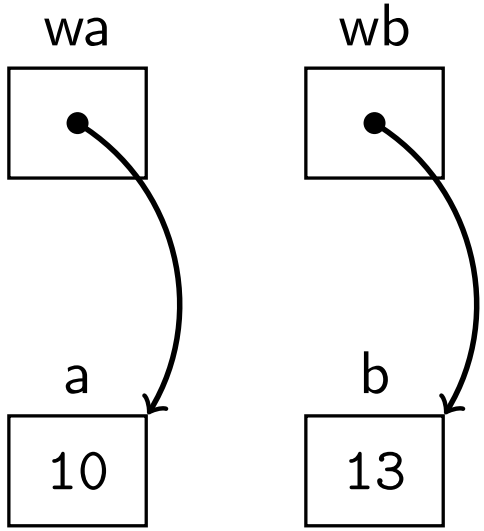
```
1  int a=10;
2  int b=13;
3  int *wa;
4  int *wb;
5
6  wa = &a;
7  wb = &b;
8
9  wb = wa;
```



Operator referencji & zwraca adres zmiennej

Przykład

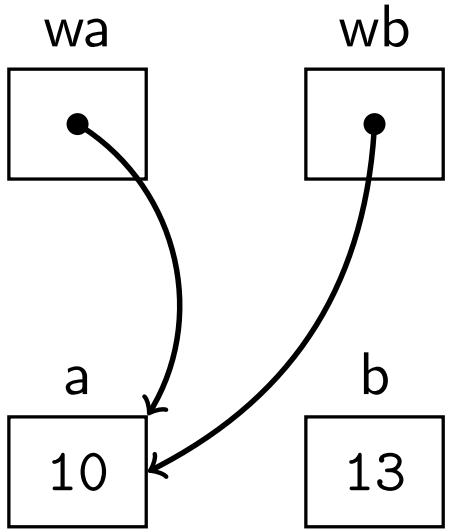
```
1  int a=10;
2  int b=13;
3  int *wa;
4  int *wb;
5
6  wa = &a;
7  wb = &b;
8
9  wb = wa;
```



Operator referencji & zwraca adres zmiennej

Przykład

```
1  int a=10;
2  int b=13;
3  int *wa;
4  int *wb;
5
6  wa = &a;
7  wb = &b;
8
9  wb = wa;
```



Operator dereferencji * daje dostęp do wskazanego adresu

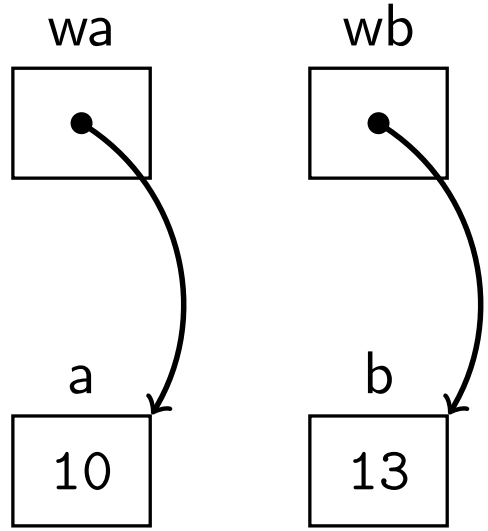
Przykład

```
1  int a=10;
2  int b=13;
3  int *wa = &a;
4  int *wb = &b;
5
6  *wb = 5;
7
8  *wa = *wb;
9
10 wb = wa;
11 *wb = *wb + 1;
```

Operator dereferencji * daje dostęp do wskazanego adresu

Przykład

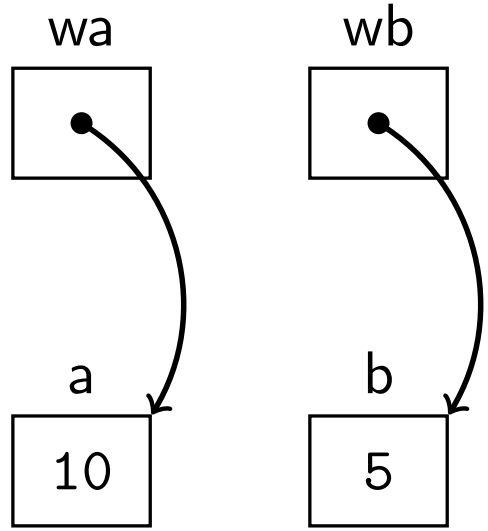
```
1   int a=10;
2   int b=13;
3   int *wa = &a;
4   int *wb = &b;
5
6   *wb = 5;
7
8   *wa = *wb;
9
10  wb = wa;
11  *wb = *wb + 1;
```



Operator dereferencji * daje dostęp do wskazanego adresu

Przykład

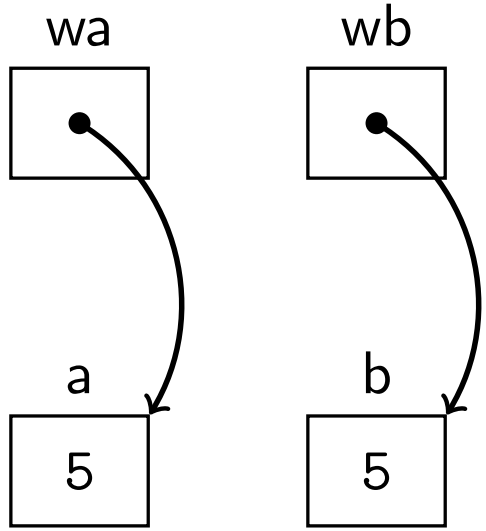
```
1   int a=10;
2   int b=13;
3   int *wa = &a;
4   int *wb = &b;
5
6   *wb = 5;
7
8   *wa = *wb;
9
10  wb = wa;
11  *wb = *wb + 1;
```



Operator dereferencji * daje dostęp do wskazanego adresu

Przykład

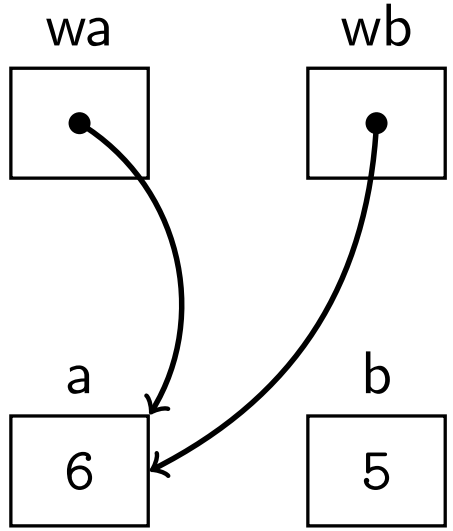
```
1   int a=10;
2   int b=13;
3   int *wa = &a;
4   int *wb = &b;
5
6   *wb = 5;
7
8   *wa = *wb;
9
10  wb = wa;
11  *wb = *wb + 1;
```



Operator dereferencji * daje dostęp do wskazanego adresu

Przykład

```
1   int a=10;
2   int b=13;
3   int *wa = &a;
4   int *wb = &b;
5
6   *wb = 5;
7
8   *wa = *wb;
9
10  wb = wa;
11  *wb = *wb + 1;
```



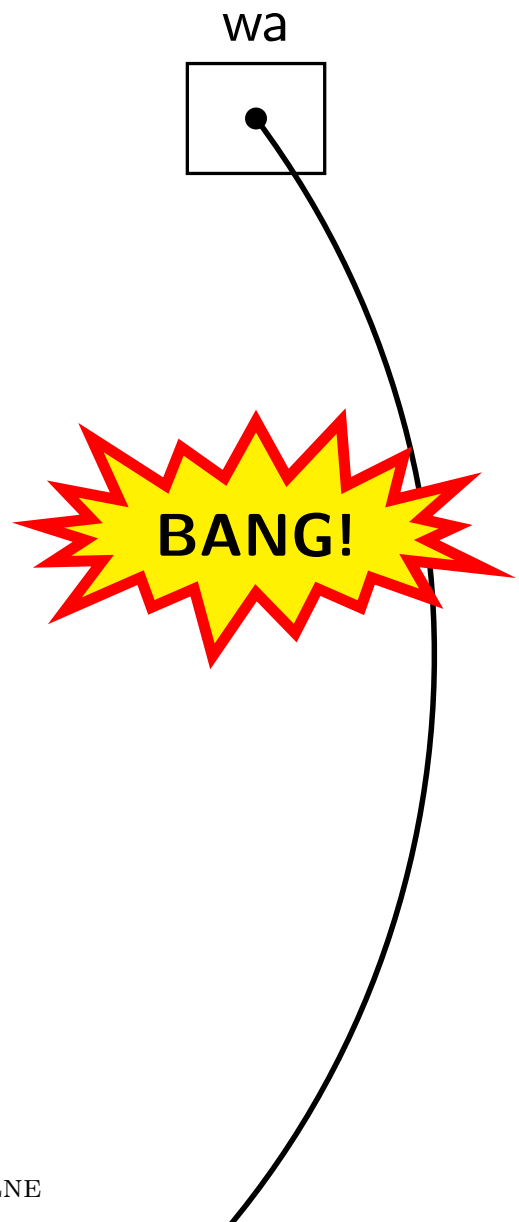
Uważaj na niezainicjowane zmienne wskaźnikowe.

Przykład

```
int *wa;
*wa = 5;
```

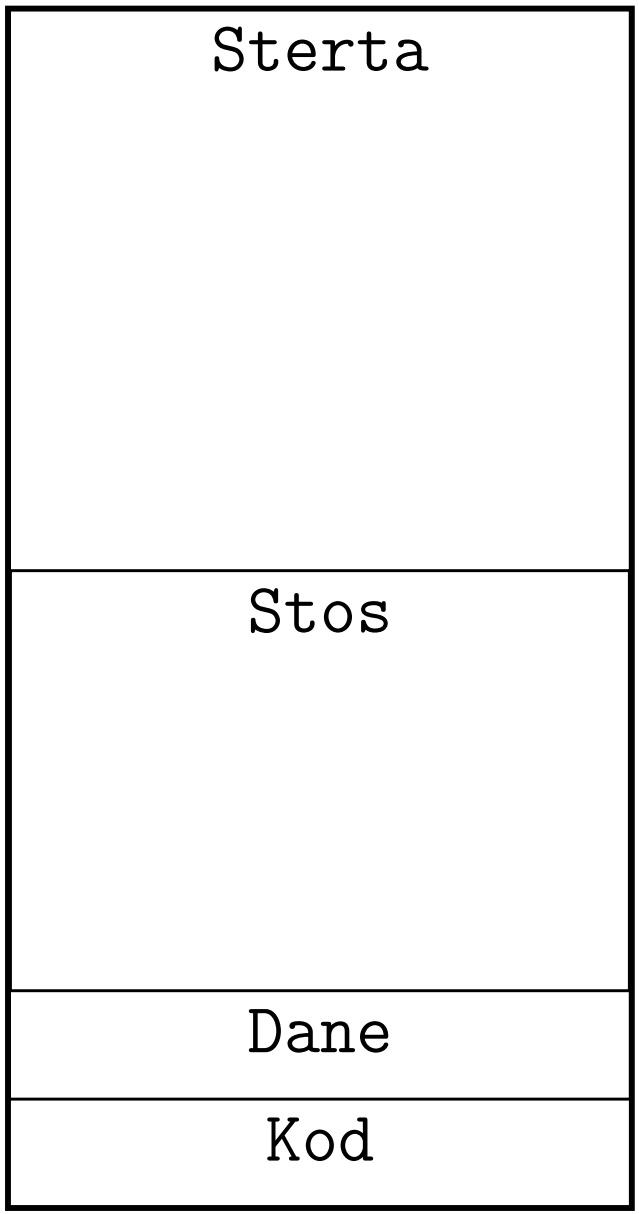
NULL to adres 0

```
int *wa;
wa = 0;
wa = NULL;          /* stdlib.h */
```



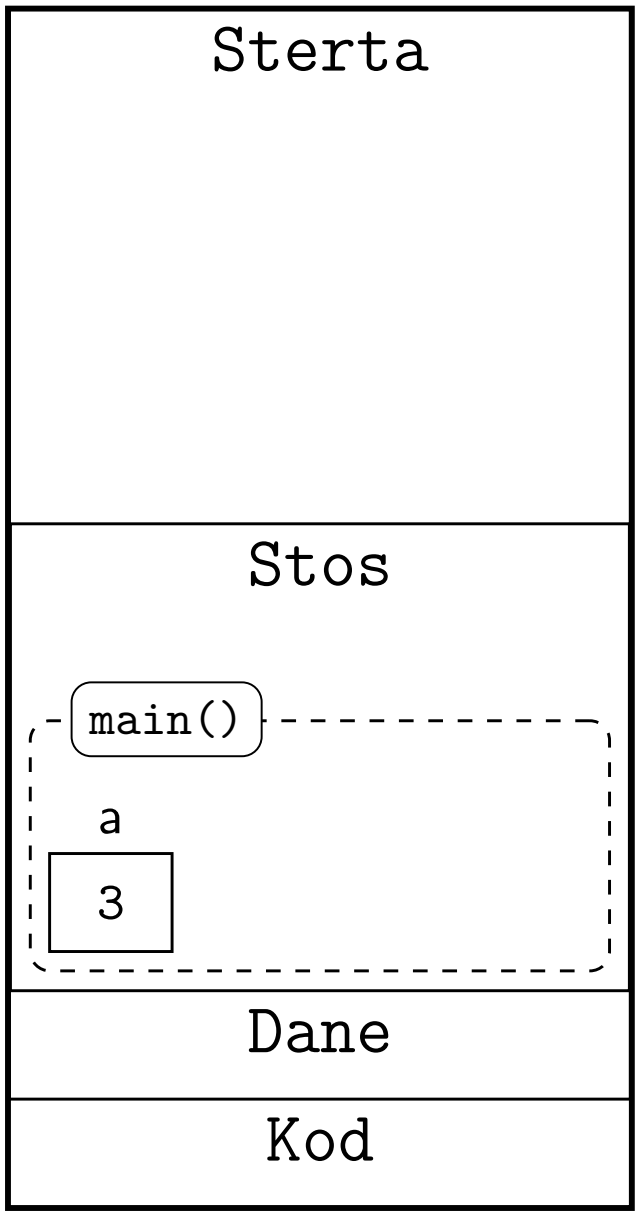
Wskaźniki jako argumenty funkcji

```
1  #include<stdio.h>
2
3  void zwieksz(int a)
4  {
5      a = a + 1;
6  }
7
8
9  int main()
10 {
11     int a = 3;
12
13     zwieksz(a);
14     printf("%d\n",a);
15
16     return 0;
17 }
```

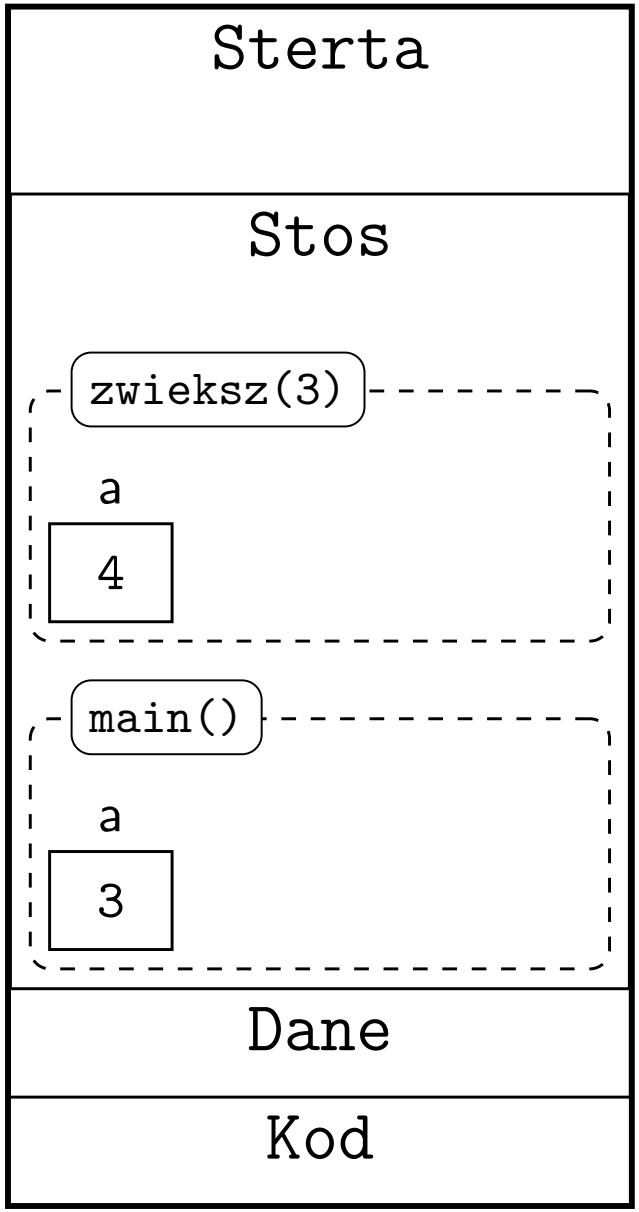


Wskaźniki jako argumenty funkcji

```
1  #include<stdio.h>
2
3  void zwieksz(int a)
4  {
5      a = a + 1;
6  }
7
8
9  int main()
10 {
11     int a = 3;
12
13     zwieksz(a);
14     printf("%d\n",a);
15
16     return 0;
17 }
```

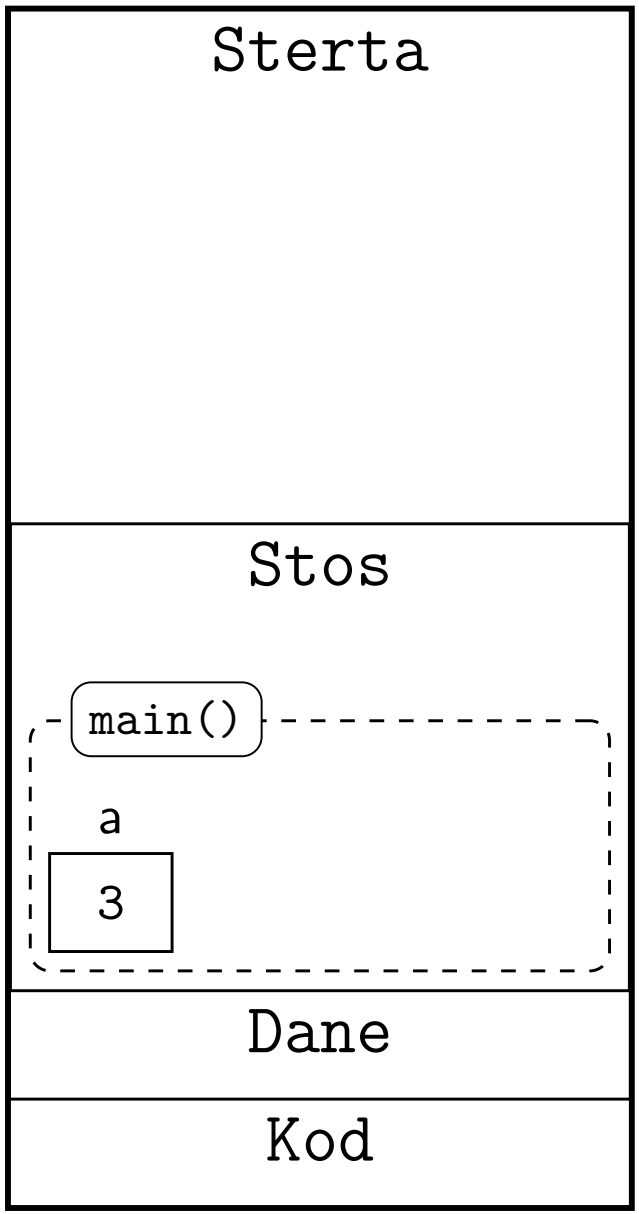


```
1  #include<stdio.h>
2
3  void zwieksz(int a)
4  {
5      a = a + 1;
6  }
7
8
9  int main()
10 {
11     int a = 3;
12
13     zwieksz(a);
14     printf("%d\n",a);
15
16     return 0;
17 }
```

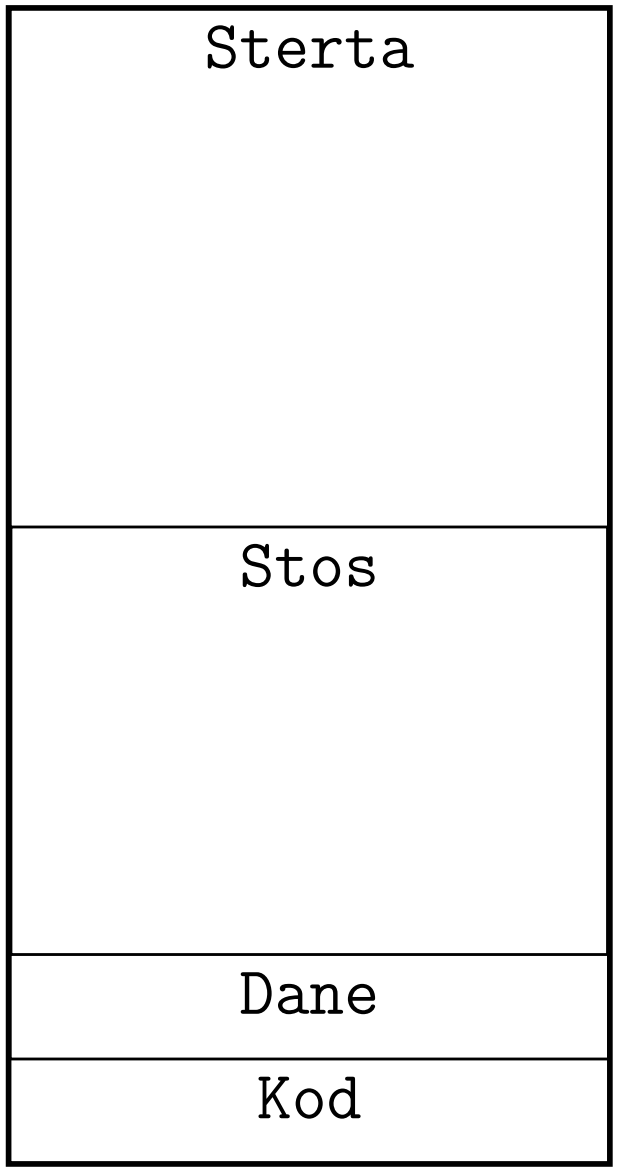


Wskaźniki jako argumenty funkcji

```
1  #include<stdio.h>
2
3  void zwieksz(int a)
4  {
5      a = a + 1;
6  }
7
8
9  int main()
10 {
11     int a = 3;
12
13     zwieksz(a);
14     printf("%d\n",a);
15
16     return 0;
17 }
```

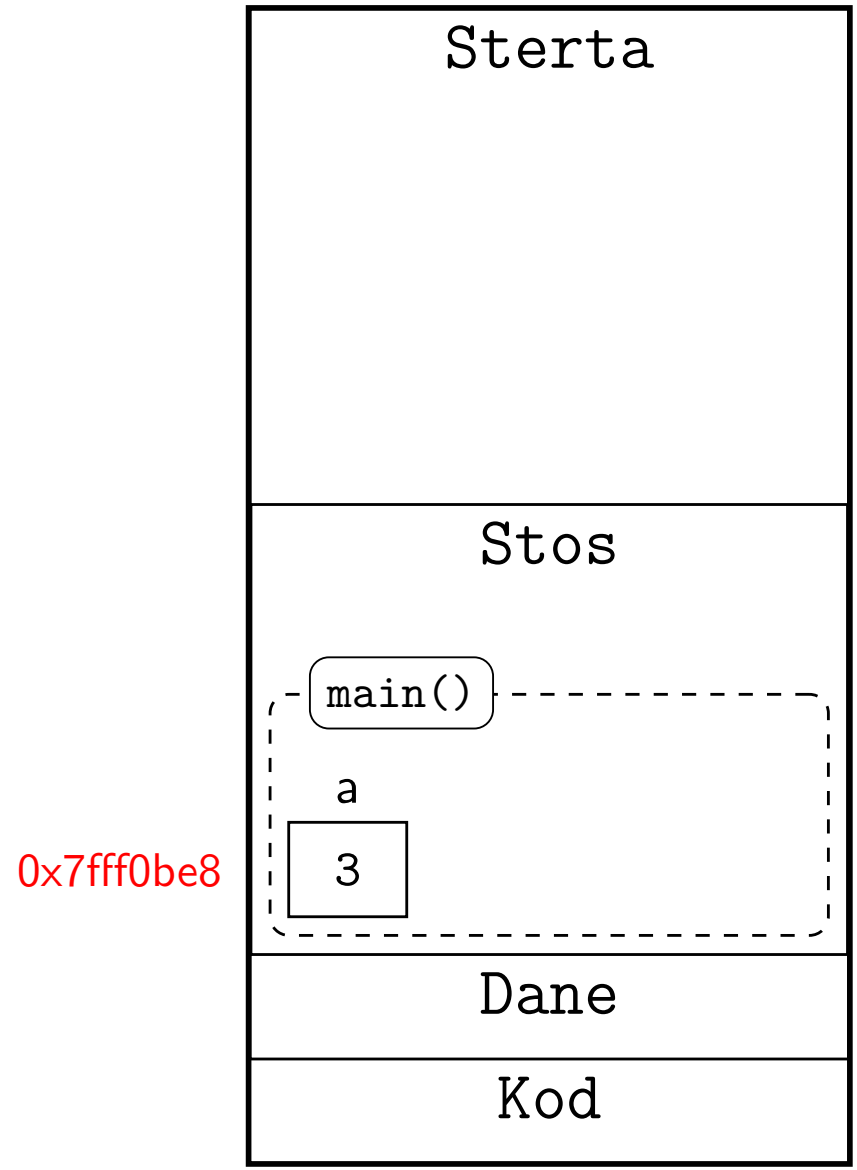


```
 1  #include<stdio.h>
 2
 3  void zwieksz(int *a)
 4  {
 5      *a = *a + 1;
 6  }
 7
 8
 9  int main()
10  {
11      int a = 3;
12
13      zwieksz(&a);
14      printf("%d\n",a);
15
16      return 0;
17  }
```

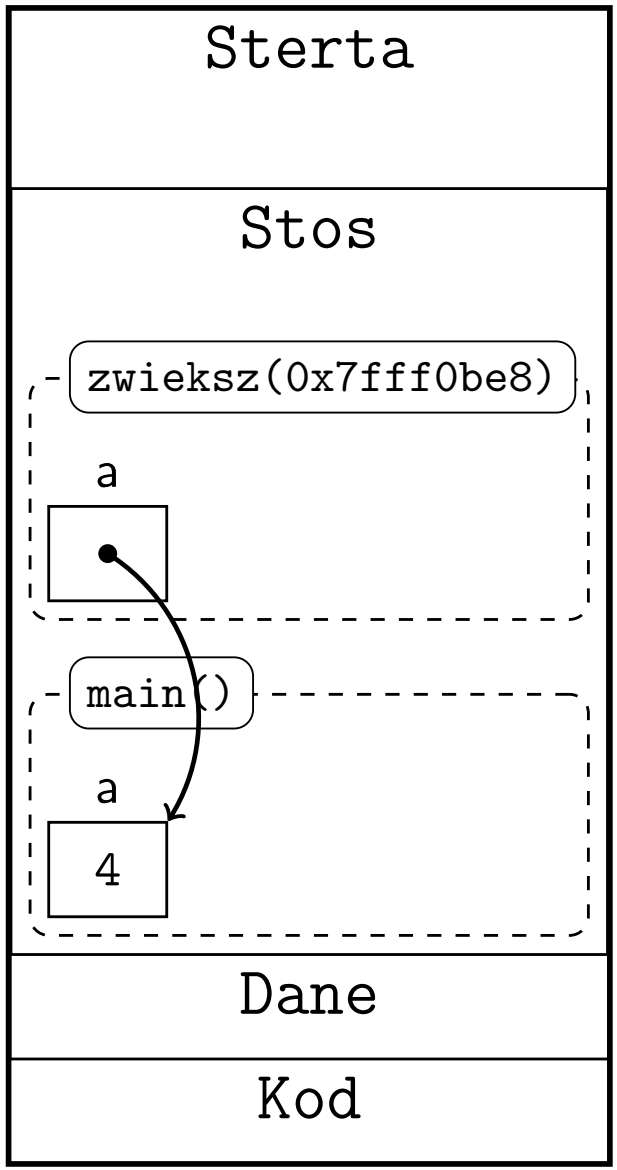


Wskaźniki jako argumenty funkcji

```
 1  #include<stdio.h>
 2
 3  void zwieksz(int *a)
 4  {
 5      *a = *a + 1;
 6  }
 7
 8
 9  int main()
10  {
11      int a = 3;
12
13      zwieksz(&a);
14      printf("%d\n",a);
15
16      return 0;
17  }
```

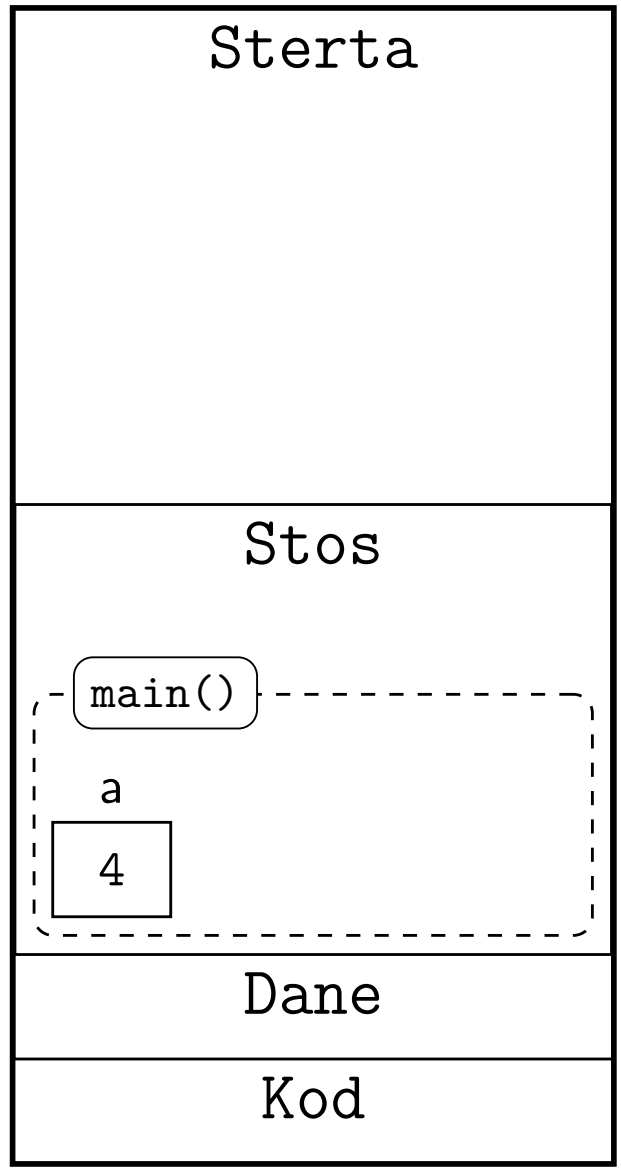


```
1  #include<stdio.h>
2
3  void zwieksz(int *a)
4  {
5      *a = *a + 1;
6  }
7
8
9  int main()
10 {
11     int a = 3;
12
13     zwieksz(&a);
14     printf("%d\n",a);
15
16     return 0;
17 }
```



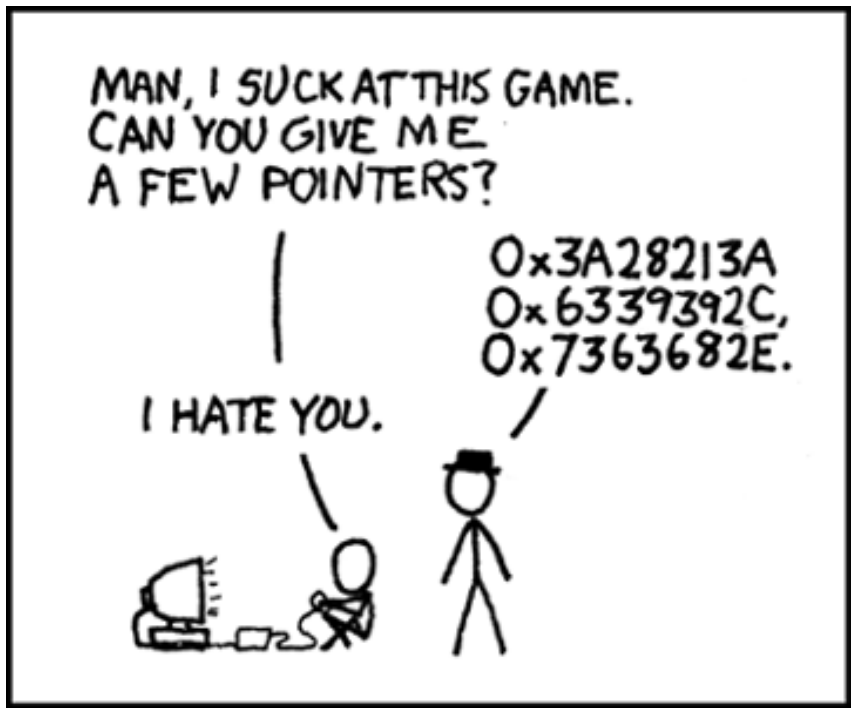
Wskaźniki jako argumenty funkcji

```
 1  #include<stdio.h>
 2
 3  void zwieksz(int *a)
 4  {
 5      *a = *a + 1;
 6  }
 7
 8
 9  int main()
10  {
11      int a = 3;
12
13      zwieksz(&a);
14      printf("%d\n",a);
15
16      return 0;
17  }
```



Wskaźniki jako argumenty funkcji

- poprzez wskaźnik (adres zmiennej) funkcja może zwrócić dodatkową wartość
- `scanf("%d", &x)` ← funkcja modyfikuje zmienną `x`, stąd argumentem musi być adres



http://xkcd.com

Problem: znajdź wartość minimalną i maksymalną w zbiorze liczb

Algorithm Wyznaczanie maksimum i minimum

Dane wejściowe: ciąg n liczb $\{x_1, x_2, \ldots, x_n\}$

Wynik: wartość x_{min} i x_{max}, odpowiednio najmniejszy i największy element podanego ciągu

1: $x_{min} \leftarrow x_1$
2: $x_{max} \leftarrow x_1$
3: **dla każdego** $x \in \{x_2, \ldots, x_n\}$ **wykonuj**
4: **jeżeli** $x < x_{min}$ **wykonaj**
5: $x_{min} \leftarrow x$
6: **jeżeli** $x > x_{max}$ **wykonaj**
7: $x_{max} \leftarrow x$
8: **zwróć** x_{min}, x_{max}

Element minimalny i maksymalny

Przykład w C

```
1  void minmax(const float t[], int n, float *min, float *max)
2  {
3      int i = 1;
4      *min=t[0];
5      *max=t[0];
6
7      while( i < n)
8      {
9          if( *min > t[i] ) *min = t[i];
10         if( *max < t[i] ) *max = t[i];
11         i = i + 1;
12     }
13 }
```

☞ minmax1.c

Element minimalny i maksymalny

Przykład w C

```c
int main()
{
    int n;
    float t[MAX], max, min;

    n = wczytaj(t, MAX);
    minmax(t, n, &min, &max);
    printf("min=%f\nmax=%f\n", min, max);

    return 0;
}
```

☞ minmax1.c

- Ilość porównań: $2(n-1)$
- Czy istnieje szybszy sposób?
- Dziel i zwyciężaj !

Algorithm Wyznaczanie maksimum i minimum

Dane wejściowe: ciąg n liczb $\{x_1, x_2, \ldots, x_n\}$

Wynik: wartość x_{min} i x_{max}, odpowiednio najmniejszy i największy element podanego ciągu

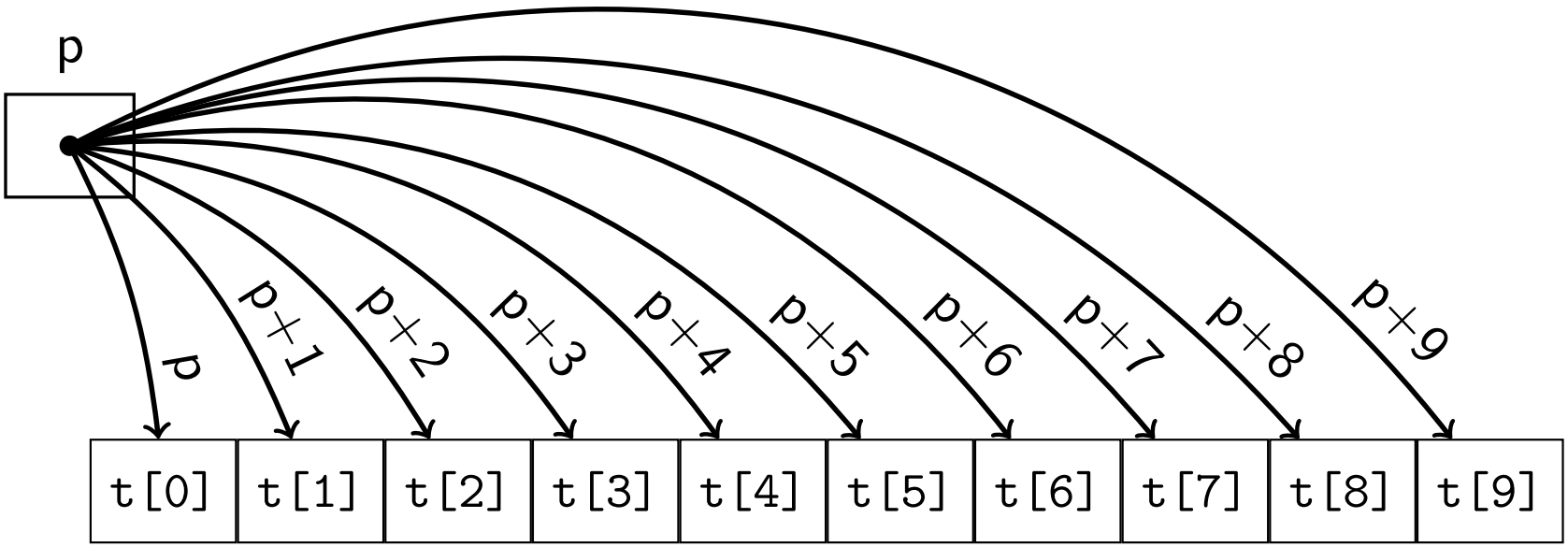
1: $\mathcal{A} \leftarrow \emptyset, \quad \mathcal{B} \leftarrow \emptyset$
2: **dla** $i = 1, 2, \ldots, \lfloor \frac{n}{2} \rfloor$ **wykonuj**
3: **jeżeli** $x_{2i-1} < x_{2i}$ **wykonaj**
4: $\mathcal{A} \leftarrow \mathcal{A} \cup \{x_{2i-1}\}, \qquad \mathcal{B} \leftarrow \mathcal{B} \cup \{x_{2i}\}$
5: **w przeciwnym wypadku**
6: $\mathcal{A} \leftarrow \mathcal{A} \cup \{x_{2i}\}, \qquad \mathcal{B} \leftarrow \mathcal{B} \cup \{x_{2i-1}\}$
7: **jeżeli** n jest nieparzyste **wykonaj**
8: $\mathcal{A} \leftarrow \mathcal{A} \cup \{x_n\}, \qquad \mathcal{B} \leftarrow \mathcal{B} \cup \{x_n\}$
9: $x_{min} \leftarrow min(\mathcal{A})$
10: $x_{max} \leftarrow max(\mathcal{B})$
11: **zwróć** x_{min}, x_{max}

```
1  void minmax(const float t[], int n, float *min, float *max)
2  {
3      int i;
4      float tmin, tmax;
5
6      if( n==1 ){
7          *min=t[0];
8          *max=t[0];
9          return;
10     }
11
12     if( t[0]<t[1] ){
13         *min=t[0];
14         *max=t[1];
15     }
16     else{
17         *min=t[1];
18         *max=t[0];
19     }
20
21     for( i=2; i < n-1; i=i+2 ){
22         if( t[i]<t[i+1] ) {
23             tmin=t[i];
24             tmax=t[i+1];
25         }
26         else  {
```

```
27              tmin=t[i+1];
28              tmax=t[i];
29          }
30          if( *max<tmax ) *max=tmax;
31          if( *min>tmin ) *min=tmin;
32      }
33      if( i == n-1 ){
34          if( *max<t[i] ) *max=t[i];
35          if( *min>t[i] ) *min=t[i];
36      }
37  }
```

☞ **minmax2.c**

```
p = &t[0];
```



```
1    int   a;
2    char  b;
3    int  *pa = &a;
4    char *pb = &b;
5
6    printf("pa   = %p %lu\n", pa   , pa  );
7    printf("pa+1 = %p %lu\n", pa+1 , pa+1);
8    printf("pb   = %p %lu\n", pb   , pb  );
9    printf("pb+1 = %p %lu\n", pb+1 , pb+1);
```

☞ pointer.c

Przykładowy wynik:

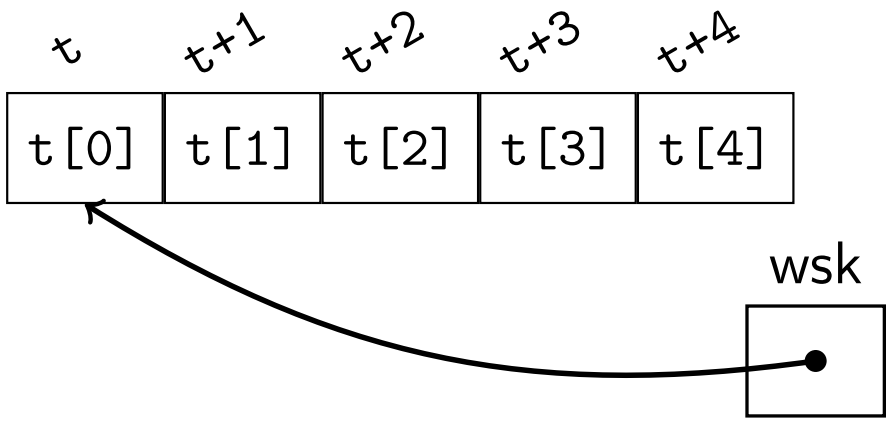
```
pa   = 0x7fff44cb239c 140734347551644
pa+1 = 0x7fff44cb23a0 140734347551648
pb   = 0x7fff44cb239b 140734347551643
pb+1 = 0x7fff44cb239c 140734347551644
```

Tablica jest wskaźnikiem !

i-ty element	`t[i]`	$\Leftrightarrow$	`*(t+i)`
adres i-tego elementu	`&(t[i])`	$\Leftrightarrow$	`t+i`

Przykład

```
1  int t[5];
2  int *wsk;
3
4  wsk=t;
5  *t = 5;
6  *(t+2) = 6;
7  wsk = wsk + 1;
8  t = t + 1;
```



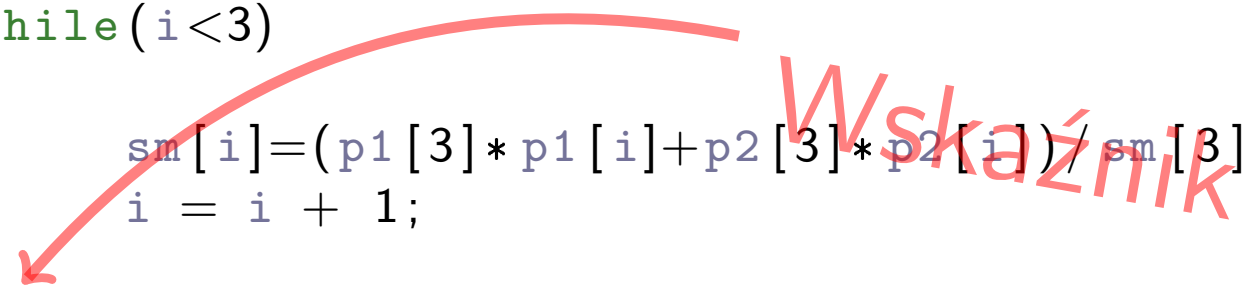
Ponownie środek masy 2 punktów

```
float* srodek(float p1[], float p2[])
{
    float sm[4];
    int i=0;
    sm[3]=p1[3]+p2[3];
    while(i<3)
    {
        sm[i]=(p1[3]*p1[i]+p2[3]*p2[i])/sm[3];
        i = i + 1;
    }
    return sm;
}
```

Ponownie środek masy 2 punktów

- Deklaracja `const` zmiennej wskaźnikowej - kompilator wykryje próbę modyfikacji.
- Zmienna `sm` zawiera adres zmiennej, która zostanie zmodyfikowana przez funkcję `srodek()`.

```
void srodek(const float p1[],const float p2[],float sm[])
{
    int i=0;
    sm[3]=p1[3]+p2[3];
    while(i<3)
    {
        sm[i]=(p1[3]*p1[i]+p2[3]*p2[i])/sm[3];
        i = i + 1;
    }
}
```



Wskaźnik jako wartość zwracana z funkcji

```
1  float *wczytaj(float *t, int n)
2  {
3      float *p=t;
4      printf("Wprowadz %d liczb\n", n);
5      while( n >0 )
6      {
7          scanf("%f",t);
8          t = t + 1;
9          n = n - 1;
10     }
11     return p;
12 }
13
14 int main()
15 {
16     float t[100];
17     float min,max;
18     minmax(wczytaj(t,10), &min, &max);
19 }
```

Przykładowe deklaracje funkcji

```
/* Miejsca zerowe paraboli */
int pierwiastki(float a, float b, float c, float *x1, float *x2);

/* Wyszukiwanie binarne */
int szukaj(const int *t, int n, int x);

/* Srodek masy ukladu punktow */
struct punkt srodek(const struct ogromna_chmura_punktow *u);

/* Dekompozycja liczby zmiennopozycyjnej (math.h) */
float modf(float num, float *i);

/* Alokacja pamieci (stdlib.h) */
void* malloc(int size);

/* Kopiowanie tablic (stdlib.h) */
void* memcpy(void *dest, const void *src, int count);

/* Otwieranie pliku (stdio.h) */
FILE *fopen( const char *filename, const char *mode );
```

Przykład: Wyszukiwanie dominanty

Problem: znajdź wartość występującą najwięcej razy w zbiorze

8	1	-6	**3**	5	7	4	9	2	10	-4	88	6	**3**	1	**3**	332	2

Algorithm Wyznaczanie dominanty (mody) - algorytm naiwny

Dane wejściowe: ciąg n elementów $\{x_1, x_2, \ldots, x_n\}$

Wynik: wartość dominanty x_{moda} oraz ilość wystąpień l_{moda}. Jeżeli istnieje więcej niż jedna wartość dominującą to zwracana jest pierwsza znaleziona.

1: $l_{moda} \leftarrow 0$
2: **dla każdego** $x \in \{x_1, \ldots, x_n\}$ **wykonuj**
3: $\quad k \leftarrow 0$
4: $\quad$ **dla każdego** $y \in \{x_1, \ldots, x_n\}$ **wykonuj**
5: $\quad\quad$ **jeżeli** $x = y$ **wykonaj**
6: $\quad\quad\quad k \leftarrow k + 1$
7: $\quad$ **jeżeli** $k > l_{moda}$ **wykonaj**
8: $\quad\quad l_{moda} \leftarrow k$
9: $\quad\quad x_{moda} \leftarrow x$
10: **zwróć** x_{moda}, l_{moda}

```c
int dominanta(const int *t, int n, int *c)
{
    int i, j, k, x;

    *c = 0;
    i = 0;
    while( i < n )
    {
        k = 0;
        j = 0;
        while( j<n )
        {
            if ( t[i] == t[j] ) k = k + 1;
            j = j + 1;
        }
        if( k > *c )
        {
            *c = k;
            x = t[i];
        }
        i = i + 1;
    }
    return x;
}
```

☞ dominanta1.c

Złożoność algorytmu

- ilość operacji rzędu n^2
- jeżeli pewien element został aktualnie zaznaczony jako dominujący to nie musimy powtarzać dla niego obliczeń
- zliczanie można rozpocząć od $i + 1$ miejsca, jeżeli wartość dominująca pojawiła się wcześniej to już została policzona
- jeśli aktualna wartość dominująca ma k wystąpień, to szukanie możemy przerwać na pozycji $n - k$ w zbiorze

```c
int dominanta2(const int *t, int n, int *c)
{
    int i, j, k, x;

    *c = 0;
    x = t[0]-1;
    i = 0;
    while( i < n-*c )
    {
        if( t[i] != x )
        {
            k = 1;
            j = i+1;
            while( j < n )
            {
                if ( t[i] == t[j] ) k = k + 1;
                j = j + 1;
            }
            if( k > *c )
            {
                *c = k;
                x = t[i];
            }
        }
        i = i + 1;
    }
    return x;
}
```

☞ dominanta2.c

Alokacja pamięci

```
void *malloc(int rozmiar);
```

Funkcja `malloc` zwraca adres przydzielonego bloku pamięci lub wartość 0 (`NULL`) w przypadku niepowodzenia.

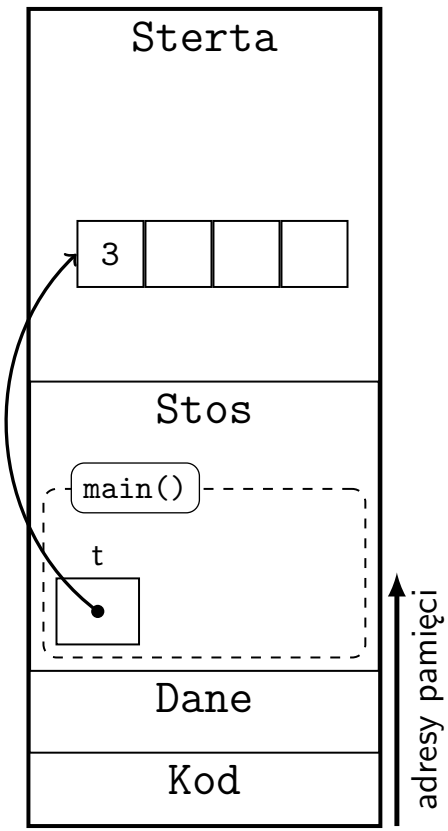
Zwolnienie przydzielonej pamięci

```
void free(void *wskaznik);
```

Argumentem funkcji `free` jest adres uzyskany wcześniej z funkcji `malloc`.

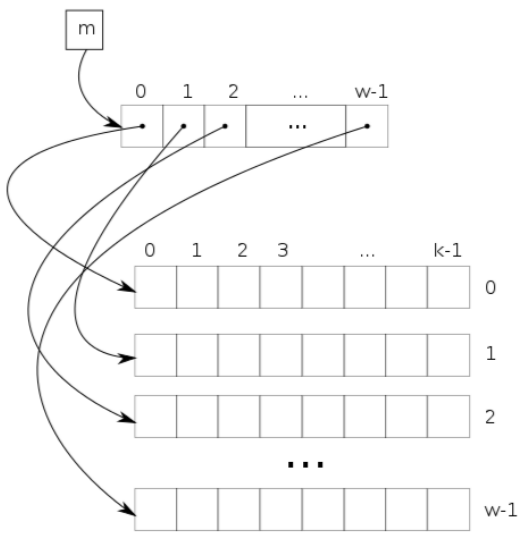
Funkcja `malloc` i `free` zadeklarowane są w pliku `stdlib.h`.

```c
#include<stdlib.h>
#include<stdio.h>

int main()
{
    float *t;

    t = malloc( 4 * sizeof(float));
    if( t == NULL ){
        printf("Blad alokacji pamieci.\n");
        exit(1);
    }

    *t = 3;

    free(t);

    return 0;
}
```



Tablice wskaźników (macierz przydzielona dynamicznie):

```
1  float **utworz_macierz(int w, int k)
2  {
3     float **m;
4     int i;
5     m = (float **) malloc(w * sizeof(float*));
6
7     for(i=0 ; i<w ; i++)
8        m[i] = (float *) malloc(k *sizeof(float));
9
10    return m;
11 }
```

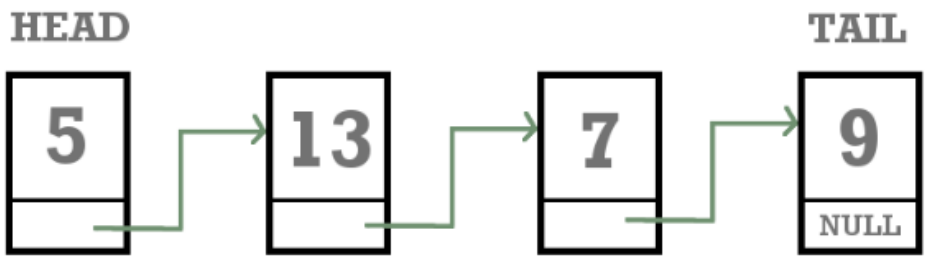


Lista jednokierunkowa:

```
struct element {
  int wartosc;
  struct element *nastepny;
};
```

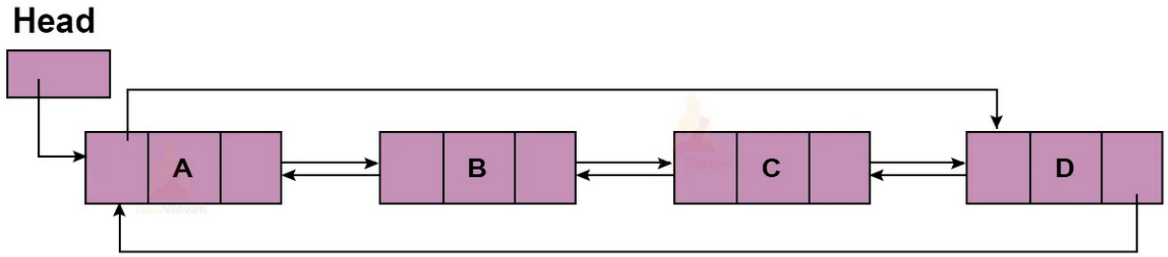
Przykład tworzenia elementu listy:

```
struct element *glowa = NULL;

struct element *nowy = malloc(sizeof(struct element));
nowy->wartosc = 10;
nowy->nastepny = glowa;
glowa = nowy;
```

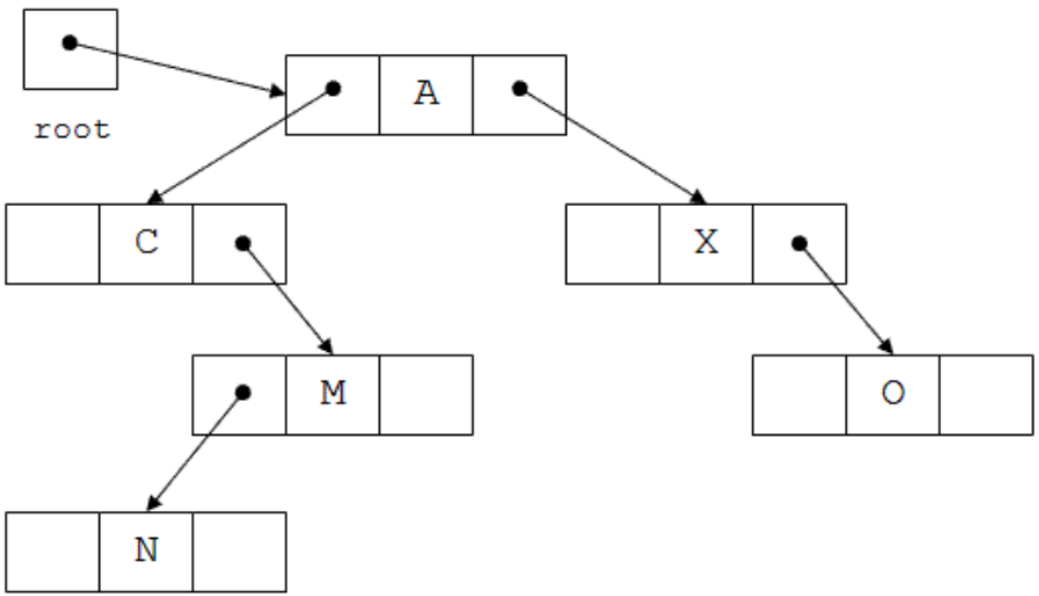


Źródło:https://binarnie.pl/lista-jednokierunkowa/

Lista dwukierunkowa:



Drzewo binarne:



Źródło:https://techvidvan.com/tutorials/doubly-linked-list/

- **Wskaźnik** to adres zmiennej w pamięci a **zmienna wskaźnikowa** to zmienna przechowująca adres
- Operator referencji (adresowania) `&` daje adres zmiennej, `&a` to adres zmiennej `a`
- Operator dereferencji (wyłuskania) `*`
  `*b` daje dostęp do wartości wskazywanej przez zmienną `b`
- Deklaracja zmiennej wskaźnikowej również zawiera znak `*`
  ```
  int *wsk;
  float* wsk2;
  ```
- Tablice to wskaźniki `t[i]` $\Leftrightarrow$ `*(t+i)`
- Przekazanie wskaźnika do funkcji pozwala na modyfikację zmiennej wskazywanej
- Uważaj na co wskazujesz!


Maciej M. Sysło, *„Algorytmy”*, WSiP, Warszawa, 2002.


David Griffiths, Dawn Griffiths *„Rusz głową! C.”*, Helion, Gliwice, 2013.


„Kurs programowania w C”, WikiBooks, `http://pl.wikibooks.org/wiki/C`

Reprezentacja symboli w komputerze.

Liczby całkowite i zmiennoprzecinkowe.

- **Bit** (***bi**nary **d**igit*) najmniejsza ilość informacji $\{0, 1\}$, wysokie/niskie napięcie
- **Kod binarny** - grupa bitów reprezentująca zbiór symboli

1b	$\rightarrow$	2 symbole $\{0, 1\}$
2b	$\rightarrow$	4 symbole $\{00, 01, 10, 11\}$
8b	$\rightarrow$	$256 = 2^8$ symboli
n bitów	$\rightarrow$	2^n symboli

- Do zakodowania n symboli potrzeba co najmniej $\lceil \log_2 n \rceil$ bitów
- Ile bitów potrzeba do zakodowania alfabetu polskiego?

- **Bajt** (*byte*) $1\text{B} = 8\text{b}$ (zazwyczaj ...)
  Wg. standardu C: najmniejsza ilość adresowalnej pamięci
  Stała `CHAR_BIT` z pliku `limits.h`
  Najmniejsza porcja danych, którą może „ugryźć" komputer.
  Utożsamiany ze znakiem (typ `char`).
- Ile pamięci można zaadresować?
  $16\text{b} \rightarrow 2^{16}\text{B} = 64\text{KB}$
  $32\text{b} \rightarrow 2^{32}\text{B} = 4294967296\text{B} \sim 4\text{GB}$
  $64\text{b} \rightarrow 2^{64}\text{B} \sim 16\text{EB}(eksabajty)$

- układ SI: $1\text{k} = 10^3 = 1000 \neq 1024 = 2^{10} = 1K$
- 1998 IEC, przedrostki dwójkowe

IEC		podstawa						SI	
nazwa	symbol	2	16		różnica	10		nazwa	symbol
kibi	Ki	2^{10}	$16^{2.5}$	400_{16}	2,40%	1 024	$> 10^3$	kilo	k
mebi	Mi	2^{20}	16^{5}	$10\ 0000_{16}$	4,86%	1 048 576	$> 10^6$	mega	M
gibi	Gi	2^{30}	$16^{7.5}$	$4000\ 0000_{16}$	7,37%	1 073 741 824	$> 10^9$	giga	G
tebi	Ti	2^{40}	16^{10}	$100\ 0000\ 0000_{16}$	9,95%	1 099 511 627 776	$> 10^{12}$	tera	T
pebi	Pi	2^{50}	$16^{12.5}$	$4\ 0000\ 0000\ 0000_{16}$	12,59%	1 125 899 906 842 624	$> 10^{15}$	peta	P
eksbi	Ei	2^{60}	16^{15}	$1000\ 0000\ 0000\ 0000_{16}$	15,29%	1 152 921 504 606 846 976	$> 10^{18}$	eksa	E
zebi	Zi	2^{70}	$16^{17.5}$	$40\ 0000\ 0000\ 0000\ 0000_{16}$	18,06%	1 180 591 620 717 411 303 424	$> 10^{21}$	zetta	Z
jobi	Yi	2^{80}	16^{20}	$1\ 0000\ 0000\ 0000\ 0000\ 0000_{16}$	20,89%	1 208 925 819 614 629 174 706 176	$> 10^{24}$	jotta	Y

https://pl.wikipedia.org/wiki/Przedrostek_dwójkowy

Operator `sizeof` zwraca rozmiar typu lub zmiennej w bajtach

Składnia

```
sizeof (typ)
sizeof zmienna
```

Przykład

```
int x = 10;
printf("%d\n", sizeof (int));
printf("%d\n", sizeof x);
```

Typowe użycie

```
int *x;
x = malloc(sizeof(int) * n);
```

```c
#include <stdio.h>
#include <limits.h>

struct s {
    int a;
    char b[100];
};

int main()
{
    int tab[5];

    printf("CHAR_BIT           = %d\n", CHAR_BIT);
    printf("sizeof (char)      = %d\n", sizeof (char));
    printf("sizeof (int)       = %d\n", sizeof (int));
    printf("sizeof (long)      = %d\n", sizeof (long));
    printf("sizeof (float)     = %d\n", sizeof (float));
    printf("sizeof (double)    = %d\n", sizeof (double));
    printf("sizeof (int *)     = %d\n", sizeof (int*));
    printf("sizeof (char *)    = %d\n", sizeof (char*));
    printf("sizeof (struct s)  = %d\n", sizeof (struct s));
    printf("sizeof tab         = %d\n", sizeof tab);

    return 0;
}
```

☞ sizeof.c

```c
#include <stdio.h>
#include <limits.h>

struct s {
    int a;
    char b[100];
};

int main()
{
    int tab[5];

    printf("CHAR_BIT           = %d\n", CHAR_BIT);
    printf("sizeof (char)      = %d\n", sizeof (char));
    printf("sizeof (int)       = %d\n", sizeof (int));
    printf("sizeof (long)      = %d\n", sizeof (long));
    printf("sizeof (float)     = %d\n", sizeof (float));
    printf("sizeof (double)    = %d\n", sizeof (double));
    printf("sizeof (int *)     = %d\n", sizeof (int*));
    printf("sizeof (char *)    = %d\n", sizeof (char*));
    printf("sizeof (struct s)  = %d\n", sizeof (struct s));
    printf("sizeof tab         = %d\n", sizeof tab);

    return 0;
}
```

☞ sizeof.c

$$x_{n-1}x_n \ldots x_0 = \sum_{i=0}^{n-1} x_i a^i$$

a - baza (podstawa) systemu

Dziesiętny

$46532_{(10)} = 4 \cdot 10^4 + 6 \cdot 10^3 + 5 \cdot 10^2 + 3 \cdot 10^1 + 2 \cdot 10^0$

Dwójkowy (binarny)

$10011_{(2)} = 1 \cdot 2^4 + 0 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = 19_{(10)}$

Ósemkowy (oktalny)

$351_{(8)} = 3 \cdot 8^2 + 5 \cdot 8^1 + 1 \cdot 8^0 = 233_{(10)}$

Szesnastkowy (heksadecymalny)

$3\mathsf{FC}_{(16)} = 3 \cdot 16^2 + 15 \cdot 16^1 + 12 \cdot 16^0 = 1020_{(10)}$

A=10, B=11, C=12, D=13, E=14, F=15

$$1111110101111110_{(2)} = \mathsf{FD7E}_{(16)} = 176576_{(8)} = 64894_{(10)}$$

Binarny na szesnastkowy

1 cyfrze odpowiadają 4 bity

1111	1101	0111	1110
F	D	7	E

Binarny na ósemkowy

1 cyfrze odpowiadają 3 bity

1	111	110	101	111	110
1	7	6	5	7	6

Liczby ósemkowe i szesnastkowe w C

```c
#include <stdio.h>

int main()
{
    int a = 10;         /* dec */
    int b = 010;        /* oct */
    int c = 0x10;       /* hex */

    printf("dec: %d %d %d\n", a, b, c);
    printf("oct: %o %o %o\n", a, b, c);
    printf("hex: %x %x %x\n", a, b, c);

    return 0;
}
```

☞ dox.c

Problem: wyrazić liczbę $x_{(10)}$ w dowolnym systemie pozycyjnym o podstawie $p \in \{2, \ldots, 10\}$.

139 % 2	1
69 % 2	1
34 % 2	0
17 % 2	1
8 % 2	0
4 % 2	0
2 % 2	0
1 % 2	1

139 % 8	3
17 % 8	1
2 % 8	2

139 % 16	11 B
8 % 16	8

$$139_{(10)} = 10001011_{(2)} = 213_{(8)} = 8\mathrm{B}_{(16)}$$

Algorithm Zapis liczby dziesiętnej w innej podstawie

Dane wejściowe: liczba całkowita przeliczana $x \geqslant 0$ oraz p podstawa docelowego systemu

Wynik: ciąg $\{t_{n-1}, \ldots, t_1, t_0\}$ reprezentujący zapis w nowym systemie

1: $i \leftarrow 0$
2: **dopóki** $x \neq 0$ **wykonuj**
3: $\quad t_i \leftarrow x \bmod p$
4: $\quad x \leftarrow \lfloor \frac{x}{p} \rfloor$
5: $\quad i \leftarrow i + 1$
6: **zwróć** $\{t_{i-1}, \ldots, t_1, t_0\}$ ▷ w odwrotnej kolejności

```c
int zmien_podstawe(int x, int *t, int p)
{
    int i=0;

    while( x != 0 )
    {
        t[i] = x % p;
        x = x / p;
        i = i + 1;
    }
    return i;
}
```

☞ dec2all.c

Operator / dla liczb całkowitych dzieli bez reszty!

Naturalny kod binarny (NKB)

$$b_{n-1} \dots b_1 b_0 = \sum_{i=0}^{n-1} b_i \cdot 2^i$$

- liczby całkowite bez znaku
- zakres $[0, 2^n - 1]$
- operacje arytmetyczne przeprowadza się podobnie jak w systemie dziesiętnym
- Typy całkowite bez znaku w C:

```
unsigned char
unsigned short          unsigned short int
unsigned int
unsigned long           unsigned long int
unsigned long long      unsigned long long int    /* standard C99 */
```

- John Napier, XVI w.

Typy całkowite bez znaku

typ	rozmiar [B]	zakres
unsigned char	1	$[0, 255]$
unsigned short int	2	$[0, 65535]$
unsigned int	4 (lub 2)	$[0, 4294967295]$
unsigned long int	8 (lub 4)	$[0, 18446744073709551615]$
unsigned long long int	8	$[0, 18446744073709551615]$

- Rozmiary typów zależą od implementacji
- Zakresy typów całkowitych są określone w `limits.h`
  `UINT_MAX`, `ULLONG_MAX`

Specyfikator formatu printf/scanf

dec	oct	hex	typ
u	o	x	unsigned int
lu	lo	lx	unsigned long int
llu	llo	llx	unsigned long long int

`unsigned char` i `unsigned short` promowane do `unsigned int`

Przykład

```
unsigned int x = 4294967295;
unsigned long y = 4294967296;
printf("%u\n",  x);
printf("%d\n",  x);                /* -1 */
printf("%o\n",  x);
printf("%x\n",  x);
printf("%u\n",  y);
printf("%lu\n", y);                /*  0 */
```

```
4294967295
-1
37777777777
ffffffff
0
4294967296
```

☞ uint2.c

```c
#include <stdio.h>
#include <limits.h>

int main()
{
    printf("sizeof\n");
    printf("unsigned char          = %lu\n", sizeof (unsigned char));
    printf("unsigned short         = %lu\n", sizeof (unsigned short));
    printf("unsigned int           = %lu\n", sizeof (unsigned int));
    printf("unsigned long int      = %lu\n", sizeof (unsigned long int));
    printf("unsigned long long int = %lu\n", sizeof (unsigned long long int));
    printf("Zakres:\n");
    printf("UCHAR_MAX              = %u\n"  , UCHAR_MAX);
    printf("USHRT_MAX              = %u\n"  , USHRT_MAX);
    printf("UINT_MAX               = %u\n"  , UINT_MAX);
    printf("ULONG_MAX              = %lu\n" , ULONG_MAX);
    printf("ULLONG_MAX             = %llu\n", ULLONG_MAX);

    return 0;
}
```

☞ uint1.c

```
sizeof
unsigned char          = 1
unsigned short         = 2
unsigned int           = 4
unsigned long int      = 8
unsigned long long int = 8
Zakres:
UCHAR_MAX              = 255
USHRT_MAX              = 65535
UINT_MAX               = 4294967295
ULONG_MAX              = 18446744073709551615
ULLONG_MAX             = 18446744073709551615
```

```c
#include <stdio.h>
#include <limits.h>

int main()
{
    printf("sizeof\n");
    printf("unsigned char          = %lu\n", sizeof (unsigned int));
    printf("unsigned short         = %lu\n", sizeof (unsigned long int));
    printf("unsigned int           = %lu\n", sizeof (unsigned long long int));
    printf("unsigned long int      = %lu\n", sizeof (unsigned long long int));
    printf("unsigned long long int = %lu\n", sizeof (unsigned long long int));
    printf("Zakres:\n");
    printf("UCHAR_MAX              = %u\n"  , UCHAR_MAX);
    printf("USHRT_MAX              = %u\n"  , USHRT_MAX);
    printf("UINT_MAX               = %u\n"  , UINT_MAX);
    printf("ULONG_MAX              = %lu\n" , ULONG_MAX);
    printf("ULLONG_MAX             = %llu\n", ULLONG_MAX);

    return 0;
}
```

☞ uint1.c

U2, kod uzupełnień do dwóch

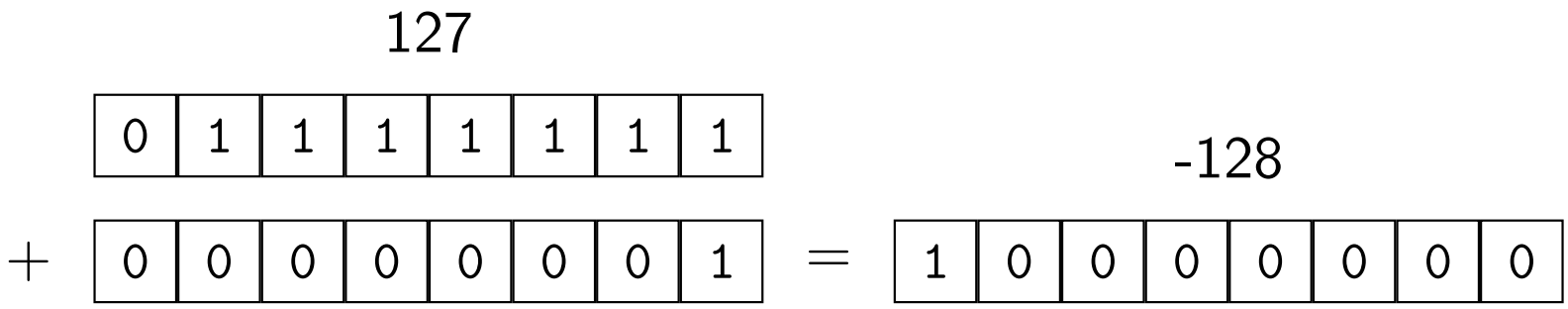
$$b_{n-1} \dots b_1 b_0 = -b_{n-1} \cdot 2^{n-1} + \sum_{i=0}^{n-2} b_i \cdot 2^i$$

- liczby ze znakiem, najstarszy bit b_{n-1} odpowiada za znak
- zakres $\left[-2^{n-1}, 2^{n-1} - 1\right]$
- typy całkowite ze znakiem w C:

```
char
short               short int
int
long                long int
long long           long long int    /* standard C99 */
```

- można także użyć słowa `signed`, np.: `signed long int`

bity	NKB	U2
00000000	0	0
00000001	1	1
⋮		
01111110	126	126
01111111	127	127
10000000	128	-128
10000001	129	-127
⋮		
11111110	254	-2
11111111	255	-1



- **Nadmiar** (*overflow*) - przekroczenie zakresu wynikające ze skończonej liczby bitów reprezentujących liczbę .
- Zazwyczaj błąd nie jest sygnalizowany.
- Dodawanie dużych liczb dodatnich (lub odejmowanie liczb ujemnych). W U2 widoczna zmiana znaku.
- Próba zapisu liczby typu bardziej pojemnego do typu mniej pojemnego (np. `float` do `char`)
- Dodawanie liczby ujemnej i dodatniej nie powoduje nadmiaru.
- 4 czerwiec 1996, pierwszy lot rakiety Ariane 5 zakończony zniszczeniem w skutek nadmiaru, straty 370 mln $.

typ	rozmiar [B]	zakres
char	1	$[-128, 127]$
short int	2	$[-32768, 32767]$
int	4 (lub 2)	$[-2147483648, 2147483647]$
long int	8 (lub 4)	$[-9223372036854775808,$
long long int	8	$9223372036854775807]$

- Zakresy typów całkowitych są określone w `limits.h`
- Specyfikacja formatu printf: d, ld, lld
  `char` i `short` promowane do `int`

```
long int x = 4294967295;
printf("%d\n",  x);        /*  ZLE */
printf("%ld\n", x);        /*  OK  */
```

```c
#include <stdio.h>
#include <limits.h>

int main()
{
    printf("sizeof:\n");
    printf("char           = %lu\n", sizeof (char));
    printf("short          = %lu\n", sizeof (short));
    printf("int            = %lu\n", sizeof (int));
    printf("long int       = %lu\n", sizeof (long int));
    printf("long long int = %lu\n", sizeof (long long int));
    printf("Zakresy:\n");
    printf("CHAR_MIN       = %d\n"  , CHAR_MIN);
    printf("CHAR_MAX       = %d\n"  , CHAR_MAX);
    printf("SHRT_MIN       = %d\n"  , SHRT_MIN);
    printf("SHRT_MAX       = %d\n"  , SHRT_MAX);
    printf("INT_MIN        = %d\n"  , INT_MIN);
    printf("INT_MAX        = %d\n"  , INT_MAX);
    printf("LONG_MIN       = %ld\n" , LONG_MIN);
    printf("LONG_MAX       = %ld\n" , LONG_MAX);
    printf("LLONG_MIN      = %lld\n", LLONG_MIN);
    printf("LLONG_MAX      = %lld\n", LLONG_MAX);

    return 0;
}
```

☞ int1.c

```c
#include <stdio.h>
#include <limits.h>

int main()
{
    printf("sizeof:\n");
    printf("char           = %lu\n", sizeof (char));
    printf("short          = %lu\n", sizeof (short));
    printf("int            = %lu\n", sizeof (int));
    printf("long int       = %lu\n", sizeof (long int));
    printf("long long int = %lu\n", sizeof (long long int));
    printf("Zakresy:\n");
    printf("CHAR_MIN       = %d\n"  , CHAR_MIN);
    printf("CHAR_MAX       = %d\n"  , CHAR_MAX);
    printf("SHRT_MIN       = %d\n"  , SHRT_MIN);
    printf("SHRT_MAX       = %d\n"  , SHRT_MAX);
    printf("INT_MIN        = %d\n"  , INT_MIN);
    printf("INT_MAX        = %d\n"  , INT_MAX);
    printf("LONG_MIN       = %ld\n" , LONG_MIN);
    printf("LONG_MAX       = %ld\n" , LONG_MAX);
    printf("LLONG_MIN      = %lld\n", LLONG_MIN);
    printf("LLONG_MAX      = %lld\n", LLONG_MAX);

    return 0;
}
```

☞ int1.c

Kod stałoprzecinkowy

$$3,14_{(10)} = 3 \cdot 10^0 + 1 \cdot 10^{-1} + 4 \cdot 10^{-2}$$
$$11,001_{(2)} = 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 + 0 \cdot 2^{-1} + 0 \cdot 2^{-2} + 1 \cdot 2^{-3} = 3,125_{(10)}$$

Zapis zmiennoprzecinkowy

$$L = m \cdot p^c$$

c - cecha
p - podstawa (baza)
m - mantysa

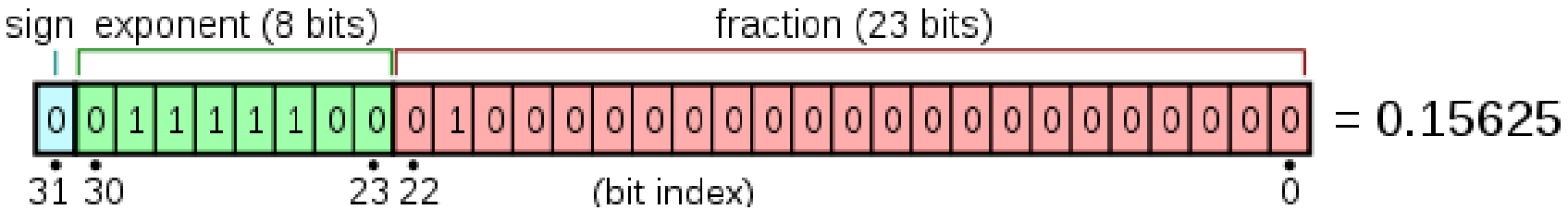
$$3,14 \cdot 10^0 = 0,0314 \cdot 10^2 = 314 \cdot 10^{-2}$$

Normalizacja

$$1 \leqslant |m| < p$$

pojedyncza precyzja (*single precision*), `float`

$$x = (-1)^s \cdot 1.m \cdot 2^{(c-127)}$$



$s = 0$

$1.m = \left(1 + \sum_{i=1}^{23} b_{23-i} \cdot 2^{-i}\right) = 1 + 2^{-2} = 1.25$

$2^{(c-127)} = 2^{(124-127)} = 2^{-3} = 0.125$

$x = (-1)^s \cdot 1.m \cdot 2^{(c-127)} = 1 \cdot 1.25 \cdot 0.125 = 0.15625$

Podobne rozwiązanie stosował Konrad Zuse, 1936 r.

http://en.wikipedia.org/wiki/Single-precision_floating-point_format

typ	rozmiar	zakres	cyfry znaczące
`float`	32 b	$\pm 3.4 \cdot 10^{38}$	6
`double`	64 b	$\pm 1.8 \cdot 10^{308}$	15
`long double`	80 b	$\pm 1.2 \cdot 10^{4932}$	18

- Zakresy typów zmiennopozycyjnych są zdefiniowane w pliku nagłówkowym `float.h`
  np.: `FLT_MAX`, `DBL_MAX`
- Wartości `long double` zależą od implementacji (w MS VC++ tożsame z `double`)

Formatowanie liczb zmiennopozycyjnych za pomocą `printf`

specyfikator	znaczenie	przykład
`f`	dziesiętne	`123.45678`
`e`, `E`	notacja naukowa	`1.2345678e+2`
`g`	krótszy zapis `%f` lub `%e`	`123.4657`
`Lf`, `Le`, `Lg`	dla typu `long double`	1.2345e+400
`.2f`	dokładność 2 miejsc po przecinku	`123.46`

typ `float` jest promowany do `double`

Przykład

```
float  x = 10.14;
double y = 5e-3;

printf("%f  %e  %g\n", x, x, x);
printf("%f  %e  %g\n", y, y, y);
```

```
10.140000  1.014000e+01  10.
0.005000  5.000000e-03  0.00
```

- `NaN`, wartość nieokreślona, np.: $\frac{0}{0}$, $\sqrt{-1}$, $\ln -1$
- `Inf`, nieskończoność, wynik dzielenia przez 0
- Wartości `NaN` i `Inf` są propagowane w dalszych obliczeniach

Operacja	Wynik
$\pm x / \pm\infty$	0
$\pm\infty \cdot \pm\infty$	$\pm\infty$
$\pm x / 0$	$\pm\infty$
$\infty + \infty$	∞
$\pm 0 / \pm 0$	`NaN`
$\infty - \infty$	`NaN`
$\pm\infty / \pm\infty$	`NaN`
$\pm\infty \cdot 0$	`NaN`

```c
#include <stdio.h>

int main()
{
    float x = 0.1;

    if(x  == 0.1 ) printf ("OK, %f jest rowne 0.1\n", x);
    else printf("Nie OK, %f nie jest rowne 0.1\n", x);

    return 0;
}
```

☞ prec.c

```c
#include <stdio.h>

int main()
{
    float x = 0.1;

    if(x == 0.1 ) printf ("OK, %f jest rowne 0.1\n", x);
    else printf("Nie OK, %f nie jest rowne 0.1\n", x);

    return 0;
}
```

☞ prec.c

- Niektóre liczby nie będą dokładnie reprezentowane
- Liczb zmiennoprzecinkowych nie należy przyrównywać do dokładnych wartości. Lepiej $|a - b| < \epsilon$

```c
#include <stdio.h>
#include <math.h>
#define EPS 0.000001

int main()
{
    float x = 0.1;

    if( fabs(x-0.1) < EPS )
        printf ("OK, %f jest rowne 0.1\n", x);
    else
        printf("Nie OK, %f nie jest rowne 0.1\n", x);

    return 0;
}
```

☞ prec2.c

```c
#include <stdio.h>
#include <float.h>

int main()
{
   printf("Limity typu float:\n");
   printf("sizeof(float)         : %lu\n", sizeof(float));
   printf("Najwieksza wartosc    : %e\n", FLT_MAX );
   printf("Najmniejsza dodatnia  : %e\n", FLT_MIN );
   printf("Epsilon maszynowy     : %e\n", FLT_EPSILON );
   printf("Cyfry znaczace        : %d\n", FLT_DIG );

   printf("\nLimity typu double:\n");
   printf("sizeof(double)        : %lu\n", sizeof(double));
   printf("Najwieksza wartosc    : %e\n", DBL_MAX );
   printf("Najmniejsza dodatnia  : %e\n", DBL_MIN );
   printf("Epsilon maszynowy     : %e\n", DBL_EPSILON );
   printf("Cyfry znaczace        : %d\n", DBL_DIG );

   printf("\nLimity typu long double:\n");
   printf("sizeof(long double)   : %lu\n", sizeof(long double));
   printf("Najwieksza wartosc    : %Le\n", LDBL_MAX );
   printf("Najmniejsza dodatnia  : %Le\n", LDBL_MIN );
   printf("Epsilon maszynowy     : %Le\n", LDBL_EPSILON );
   printf("Cyfry znaczace        : %d\n" , LDBL_DIG );

   return 0;
}
```

☞ float.c

```c
#include <stdio.h>
#include <float.h>

int main()
{
   printf("Limity typu float:\n");
   printf("sizeof(float)         : %lu\n", sizeof(flo
   printf("Najwieksza wartosc    : %e\n", FLT_MAX );
   printf("Najmniejsza dodatnia  : %e\n", FLT_MIN );
   printf("Epsilon maszynowy     : %e\n", FLT_EPSILON
   printf("Cyfry znaczace        : %d\n", FLT_DIG );

   printf("\nLimity typu double:\n");
   printf("sizeof(double)        : %lu\n", sizeof(dou
   printf("Najwieksza wartosc    : %e\n", DBL_MAX );
   printf("Najmniejsza dodatnia  : %e\n", DBL_MIN );
   printf("Epsilon maszynowy     : %e\n", DBL_EPSILON
   printf("Cyfry znaczace        : %d\n", DBL_DIG );

   printf("\nLimity typu long double:\n");
   printf("sizeof(long double)   : %lu\n", sizeof(lon
   printf("Najwieksza wartosc    : %Le\n", LDBL_MAX );
   printf("Najmniejsza dodatnia  : %Le\n", LDBL_MIN );
   printf("Epsilon maszynowy     : %Le\n", LDBL_EPSILON );
   printf("Cyfry znaczace        : %d\n" , LDBL_DIG );

   return 0;
}
```

Wartości mogą się różnić zależnie od imple

```
Limity typu float:
sizeof(float)         : 4
Najwieksza wartosc    : 3.402823e+
Najmniejsza dodatnia  : 1.175494e-
Epsilon maszynowy     : 1.192093e-
Cyfry znaczace        : 6

Limity typu double:
sizeof(double)        : 8
Najwieksza wartosc    : 1.797693e+
Najmniejsza dodatnia  : 2.225074e-
Epsilon maszynowy     : 2.220446e-
Cyfry znaczace        : 15

Limity typu long double:
sizeof(long double)   : 16
Najwieksza wartosc    : 1.189731e+
Najmniejsza dodatnia  : 3.362103e-
Epsilon maszynowy     : 1.084202e-
Cyfry znaczace        : 18
```

☞ float.c

- **nadmiar** (*overflow*) - przekroczenie zakresu (`+Inf`, `-Inf`)
- **niedomiar** (*underflow*) - zaokrąglenie bardzo małej liczby do 0
- redukcja cyfr przy odejmowaniu bardzo bliskich sobie liczb
- dodawanie (lub odejmowanie) dużej i małej liczby
- kolejność operacji może mieć wpływ na wynik
  $(a + b) + c \neq a + (b + c)$
- zaokrąglenia, np. liczby 0.1 nie można dokładnie reprezentować w systemie binarnym
- 25 luty 1991 r., wojna w zatoce perskiej, awaria systemu antyrakietowego Patriot (zegar rakiety tykał co 0.1 s.), zginęło 28 amerykańskich żołnierzy a 100 zostało rannych.

Problem: wyznaczyć sumę pierwszych n elementów szeregu harmonicznego

$$\sum_{i=1}^{n} \frac{1}{n} = 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \ldots \xrightarrow[n\to\infty]{} \infty$$

```c
#include <stdio.h>

int main()
{
    float x=0.0, y=0.0;
    int i=1, n;

    printf("n="); scanf("%d", &n);

    for(i=1; i<=n; i++)
        x = x + 1.0/i;

    for(i=n; i>=1; i--)
        y = y + 1.0/i;

    printf("x=%f\ny=%f\n",x,y);
    return 0;
}
```

☞ szereg.c

```
n=66
x=4.774428
y=4.774427

n=600
x=6.974980
y=6.974978

n=2000
x=8.178369
y=8.178370

n=500000
x=13.690692
y=13.699607

n=1000000
x=14.357358
y=14.392652
```

- Typy całkowite: `char`, `short`, `int`, `long`
- Typy całkowite bez znaku: `unsigned`
- Typy zmiennopozycyjne: `float`, `double`
- Nadmiar, niedomiar i inne efekty wynikające z bitowej reprezentacji liczb
- `3/2` wynosi `1`, zaś `3/2.0` wynosi `1.5`
- Porównywanie wartości zmiennopozycyjnych `fabs(a-b)<EPS`

- Jerzy Wałaszek, *„Binarne kodowanie liczb”*, http://edu.i-lo.tarnow.pl/inf/alg/006_bin/index.php
- Thomas Huckle, *„Collection of Software Bugs”*, http://www5.in.tum.de/~huckle/bugse.html
- Piotr Krzyżanowski, Leszek Plaskota, Materiały do wykładu *„Metody numeryczne”*, Uniwersytet Warszawski, WMIiM, http://wazniak.mimuw.edu.pl/
- WikiBooks, *„Kursie programowania w języku C”*, Zaawansowane operacje matematyczne, http://pl.wikibooks.org/wiki/C/Zaawansowane_operacje_matematyczne/

Reprezentacja symboli w komputerze

Znaki i łańcuchy znakowe

ASCII

The American Standard Code for Information Interchange, 1968 r.

- 7 bitów, liczby z zakresu 0-127
- litery (alfabet angielski) `[a-zA-Z]`
- cyfry `[0-9]`,
- znaki przestankowe, np. `,.;'`
- inne symbole drukowalne, np. `*^$`
- białe znaki: spacja, tabulacja, ...
- polecenia sterujące: znak nowej linii `\n`, nowej strony, koniec tekstu, koniec transmisji,...
- 8-bitowe rozszerzenia ASCII: cp1250, latin2, ...

n	znak	n	znak	n	znak	n	znak	n	znak	n	znak
0	NUL '\0'	22	SYN	44	,	66	B	88	X	110	n
1	SOH	23	ETB	45	-	67	C	89	Y	111	o
2	STX	24	CAN	46	.	68	D	90	Z	112	p
3	ETX	25	EM	47	/	69	E	91	[	113	q
4	EOT	26	SUB	48	0	70	F	92	\	114	r
5	ENQ	27	ESC	49	1	71	G	93	]	115	s
6	ACK	28	FS	50	2	72	H	94	^	116	t
7	BEL '\a'	29	GS	51	3	73	I	95	_	117	u
8	BS '\b'	30	RS	52	4	74	J	96	‘	118	v
9	HT '\t'	31	US	53	5	75	K	97	a	119	w
10	LF '\n'	32	SPACE	54	6	76	L	98	b	120	x
11	VT '\v'	33	!	55	7	77	M	99	c	121	y
12	FF '\f'	34	"	56	8	78	N	100	d	122	z
13	CR '\r'	35	#	57	9	79	O	101	e	123	{
14	SO	36	$	58	:	80	P	102	f	124	|
15	SI	37	%	59	;	81	Q	103	g	125	}
16	DLE	38	&	60	<	82	R	104	h	126	~
17	DC1	39	’	61	=	83	S	105	i	127	DEL
18	DC2	40	(	62	>	84	T	106	j		
19	DC3	41	)	63	?	85	U	107	k		
20	DC4	42	*	64	@	86	V	108	l		
21	NAK	43	+	65	A	87	W	109	m		

- typ `char`, 1 bajt, liczba całkowita $[-128, 127]$
- **stała znakowa** - znak zapisany w apostrofach, np.:
  - `'A'` to liczba 65,
  - `'A'+1` to liczba 66 (kod litery `'B'`),
  - nowy wiersz `'\n'` to liczba 10,
  - tabulator `'\t'` to liczba 9,
  - znak `'\0'` ma wartość 0
  - powrót karetki `'\r'`
    W systemie MS Windows koniec linii to dwa bajty `\r\n`
  - znaki o specjalnym zapisie:
    ukośnik w lewo `'\\'`,
    apostrof `'\''`,
    cudzysłów `'\"'`,
    znak zapytania `'\?'`
- Uwaga: `"A"` nie jest pojedynczym znakiem lecz tablicą znaków!

```c
#include<stdio.h>

int main()
{
    char a;

    printf("Podaj znak: ");
    scanf("%c",&a);

    printf("znak %c, dec %d, oct %o, hex %x\n",a,a,a,a);
    return 0;
}
```

☞ char.c

Wykrywanie małej litery

```
int islower(int x)
{
    if(x >= 'a' && x <= 'z' ) return 1;
    return 0;
}
```

Zamiana małej litery na dużą

```
int toupper(int x)
{
    if( islower(x) ) x = x - ('a' - 'A');
    return x;
}
```

Plik nagłówkowy: `ctype.h`

Klasyfikacja znaków - funkcja zwraca 0 lub 1	
`int isalnum(int c)`	litery alfabetu lub cyfry `[A-Za-z0-9]`
`int isalpha(int c)`	litery alfabetu `[A-Za-z]`
`int islower(int c)`	małe litery alfabetu `[a-z]`
`int isupper(int c)`	wielkie litery alfabetu `[A-Z]`
`int isdigit(int c)`	cyfry `[0-9]`
`int isgraph(int c)`	znaki drukowalne (ze spacją)
`int isspace(int c)`	znaki białe
`int isprint(int c)`	znaki drukowalne (bez spacji)
`int ispunct(int c)`	znaki przestankowe (drukowalne bez liter i cyfr)

Zamiana znaków	
`int tolower(int c)`	z wielkiej litery na małą
`int toupper(int c)`	z małej litery na wielką

Przykłady w C: zamiana wielkości znaków

```c
#include <stdio.h>
#include <ctype.h>

int main()
{
    int a;

    while( (a = getchar()) != EOF )
        putchar(toupper(a));

    return 0;
}
```

☞ toupper2.c

`int getchar()`
zwraca pojedynczy znak ze standardowego wejścia lub `EOF`

`void putchar(int c)`
wypisuje znak

`EOF` (*end of file*)
bajt końca pliku

```
toupper2 < plik.txt
```

`EOF` w terminalu:
`Ctrl+Z` (Windows)
`Ctrl+D` (Unix/Linux)

- **Łańcuch znakowy** (*string*, napis) - skończony ciąg symboli alfabetu
- W języku C brak typu `string`, występuje w C++
- Łańcuch to tablica zawierająca ciąg znaków zakończony znakiem `'\0'` (wartość liczbowa zero)

A	l	a		m	a		k	o	t	a	\0

- Dostęp do znaku jak w tablicach: `t[i]`
- Stała napisowa (literał znakowy): `"Ala ma kota"`
- Stała znakowa `'A'` to liczba 65
- Stała napisowa `"A"` to tablica

A	\0

Zmienna wskaźnikowa wskazująca na stały napis (nie można go zmodyfikować)

```
char *s1 = "nieciekawy fragment tekstu.";
```

Tablica zawierająca napis (może być modyfikowana)

```
char s2[]="Ala ma kota";
```

Tablica zawierająca napis "Ala"

```
char s3[] = {'A', 'l', 'a', '\0'};
```

```c
#include<stdio.h>

int main()
{
    char *s1="nieciekawy fragment tekstu.";
    char s2[]="Ala ma kota";

    s1[0]='N';
    s2[0]='E';

    printf(s1);
    printf(" %s\n",s2);

    printf("\nBardzo %s\n", s1+3);

    return 0;
}
```

s1 to staly napis

źle !

`scanf("%s",...);`

```
#include<stdio.h>
int main()
{
    char text[10];
    scanf("%s", text);
}
```

- niebezpieczeństwo przepełnienia tablicy
- `scanf("%10s", text);` poprawnie, wczyta max. 10 znaków
- odczytuje tylko pierwszy wyraz napisu, do wystąpienia białego znaku

```
char *gets(char *s);
```

- funkcja `gets()` czyta linię tekstu ze standardowego wejścia i umieszcza ją w tablicy `s`
- Uwaga: brak zabezpieczenia przed przepełnieniem tablicy, nie należy stosować tej funkcji

```
#include<stdio.h>
int main()
{
   char text[10];
   gets(text);
}
```

`char *fgets(char *s, int n, FILE *f);`

- czyta linię tekstu (ale nie więcej niż `n` znaków) ze strumienia `f` i umieszcza tekst w tablicy `s`
- obowiązkowe podanie parametru `n` - użycie funkcji jest bezpieczne
- standardowy strumień wejściowy to `stdin`
- znak `'\n'` również umieszczony jest na końcu napisu

```
#include<stdio.h>
int main()
{
    char text[10];
    fgets(text, 10, stdin);
}
```

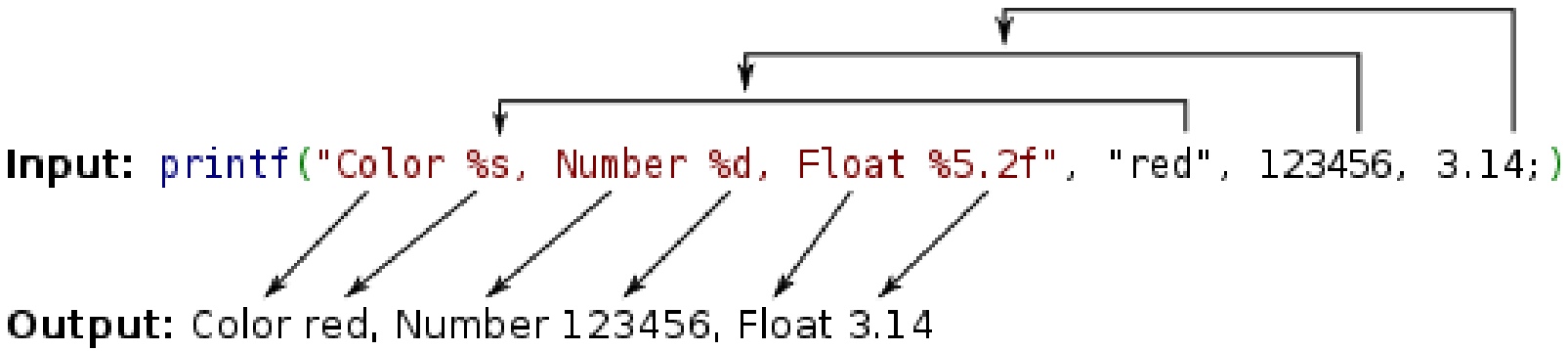
Wypisywanie łańcucha znakowego

```
int puts(char *s);
```

- wypisuje łańcuch i dodaje znak nowej lini

```
int printf(char *s, ...);
```

- wypisuje napis zgodnie z zadanym formatem



Specyfikacja formatu

`%[flagi][szerokość][.precyzja][długość]specyfikator`

http://wikipedia.org

%[flagi][szerokość][.precyzja][długość]specyfikator

specyfikator	znaczenie	przykład	wynik
d lub i	liczba całkowita ze znakiem	`printf("%d", -123)`	-123
u	liczba całkowita bez znaku	`printf("%u", 123)`	123
o	liczba całkowita bez znaku ósemkowa	`printf("%o", 123)`	173
x lub X	liczba całkowita bez znaku szesnastkowo	`printf("%o", 123)`	7b
f lub F	zmiennopozycyjna w zapisie dziesiętnym	`printf("%f", 12.6)`	12.600000
e lub E	notacja naukowa	`printf("%e", 12.6)`	1.260000e+01
g lub G	krótszy zapis %f lub %e	`printf("%g", 12.6)`	12.6
c	pojedynczy znak (ASCII)	`printf("%c", 'a')`	a
s	łańcuch znakowy	`printf("%s", "Ala ma kota")`	Ala ma kota
p	adres (wskaźnik), szesnastkowo	`printf("%p", &a)`	ff01ffab
%	wypisuje znak %	`printf("%%")`	%

%[flagi][szerokość][.precyzja][długość]specyfikator

szerokość	znaczenie	przykład	wynik
liczba	minimalna ilość znaków (szerokość pola), brakujące miejsca są dopełniane spacjami. Jeżeli szerokość pola jest za mała to wynik nie jest obcinany.	`printf("_%5d_", 42)`	`_ 42_`
*	szerokość zależna od argumentu funkcji `printf`	`printf("_%*d_", 5, 42)`	`_ 42_`

flaga	znaczenie	przykład	
-	wyrównanie do lewej (względem podanej szerokości)	`printf("_%-5d_", 42)`	`_42 _`
+	liczby dodatnie poprzedzone znakiem +	`printf("_%-+5d_", 42)`	`_+42 _`
spacja	wstawia spację zamiast znaku +	`printf("_%- 5d_", 42)`	`_ 42 _`
0	wypełnia podaną szerokość znakiem 0	`printf("_%05d_", 42)`	`_00042_`
#	liczby ósemkowe i szesnastkowe poprzedza 0, 0x, 0X	`printf("%#x, 42)`	`0x2a`

%[flagi][szerokość][.precyzja][długość]specyfikator

precyzja	znaczenie	przykład	wynik
.liczba	ilość cyfr wypisywanych po przecinku. Dla napisów oznacza maksymalną liczbę wypisanych znaków (łańcuch jest obcinany)	`printf("%.2f", 1.66666)`	`1.67`
`.*`	precyzja liczby zmiennopozycyjnej nie jest podawana w formacie lecz poprzez argument funkcji `printf`.	`printf("%.*f", 2, 1.66666)`	`1.67`

długość	znaczenie	przykład
brak	typy `char`, `short`, `int`, `double`, `float`	`printf("%f", x)`
l	typ `long int`	`printf("%ld", x)`
ll	typ `long long int`	`printf("%lld", x)`
L	typ `long double`	`printf("%Lf", x)`

```c
#include <stdio.h>

int main()
{
    printf ("Znaki                    : %c %c \n", 'A', 65);
    printf ("Liczby calkowite         : %d \n", 123);
    printf ("  ze znakiem             : %+d \n", 123);
    printf ("  szesnastkowo           : %x %#x \n", 123, 123);
    printf ("  dopelnienie spacjami   : %20d \n", 123);
    printf ("  dopelnienie zerami     : %020d \n", 123);
    printf ("Zmienopozycyjne          : %f \n", 3.1416);
    printf ("  notacja naukowa        : %e \n", 3.1416);
    printf ("  precyzja               : %.3f \n", 3.1416);
    printf ("  dopelnienie            : %20.3f \n", 3.1416);
    printf ("Szerokosc pola  *        : %*d \n", 20, 123);
    printf ("Precyzja  .*             : %20.*f \n", 3, 3.1416);
    printf ("Napis                    : %s \n", "Ala ma kota");
    printf ("  dopelnienie            : %20s \n", "Ala ma kota");
    printf ("  obciecie               : %20.5s \n", "Ala ma kota");

    return 0;
}
```

☞ printf.c

```c
#include <stdio.h>

int main()
{
    printf ("Znaki                    : %c %c \n", 'A', 65);
    printf ("Liczby calkowite         : %d \n", 123);
    printf ("  ze znakiem             : %+d \n", 123);
    printf ("  szesnastkowo           : %x %#x \n", 123, 123);
    printf ("  dopelnienie spacjami   : %20d \n", 123);
    printf ("  dopelnienie zerami     : %020d \n", 123);
    printf ("Zmienopozycyjne          : %f \n", 3.1416);
    printf ("  notacja naukowa        : %e \n", 3.1416);
    printf ("  precyzja               : %.3f \n", 3.1416);
    printf ("  dopelnienie            : %20.3f \n", 3.1416);
    printf ("Szerokosc pola  *        : %*d \n", 20, 123);
    printf ("Precyzja  .
    printf ("Napis
    printf ("  dopelnier
    printf ("  obciecie

    return 0;
}
```

```
Znaki                    : A A
Liczby calkowite         : 123
  ze znakiem             : +123
  szesnastkowo           : 7b 0x7b
  dopelnienie spacjami   :                  123
  dopelnienie zerami     : 00000000000000000123
Zmienopozycyjne          : 3.141600
  notacja naukowa        : 3.141600e+00
  precyzja               : 3.142
...
```

```c
#include <stdio.h>

int main()
{
    printf ("Znaki                    : %20d \n", 123);
    printf ("Liczby calkowite         : %20d \n", 123);
    printf ("  ze znakiem             : %20d \n", 123);
    printf ("  szesnastkowo           : %20x \n", 123);
    printf ("  dopelnienie spacjami   : %20d \n", 123);
    printf ("  dopelnienie zerami     : %020d \n", 123);
    printf ("Zmienopozycyjne          : %f \n", 3.1416);
    printf ("  notacja naukowa        : %e \n", 3.1416);
    printf ("  precyzja               : %.3f \n", 3.1416);
    printf ("  dopelnienie            : %20.3f \n", 3.1416);
    printf ("Szerokosc pola  *        : %*d \n", 20, 123);
    printf ("Precyzja  .*             : %20.*f \n", 3, 3.1416);
    printf ("Napis                    : %s \n", "Ala ma kota");
    printf ("  dopelnienie            : %20s \n", "Ala ma kota");
    printf ("  obciecie               : %20.5s \n", "Ala ma kota");

    return 0;
}
```

```
...
Zmienopozycyjne          : 3.141600
  notacja naukowa        : 3.141600e+00
  precyzja               : 3.142
  dopelnienie            :                3.142
Szerokosc pola  *        :                  123
Precyzja  .*             :                3.142
Napis                    : Ala ma kota
  dopelnienie            :          Ala ma kota
  obciecie               :                Ala m
```

☞ printf.c

Podstawowe operacje na łańcuchach

Plik nagłówkowy `string.h`

- długość łancucha `s`

```
int strlen(const char *s);
```

- łączenie dwóch łańcuchów, do `dest` doklej `src`

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

- porównywanie łańcuchów

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

wynik 0 gdy `s1` i `s2` są takie same, wynik -1 gdy `s1 < s2`, lub 1 gdy `s1 > s2`

- kopiowanie łańcuchów, umieszcza `src` w tablicy `dest`

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

- wyszukiwanie wzorca `wzor` w tekscie `napis`

```
char *strstr(const char *napis, const char *wzor);
```

wynikiem jest adres pierwszego wystąpienia wzorca lub `NULL`

Problem: wyszukiwanie podciągu (*pattern matching*).
W ciągu $\mathcal{T}$ znajdź wystąpienie wzorca $\mathcal{W}$.

Tekst $\mathcal{T}$ = "programowanie"

p	r	o	g	r	a	m	o	w	a	n	i	e	\0

Wzorzec $\mathcal{W}$ = "gra"

g	r	a	\0

Algorithm Naiwne wyszukiwanie wzorca

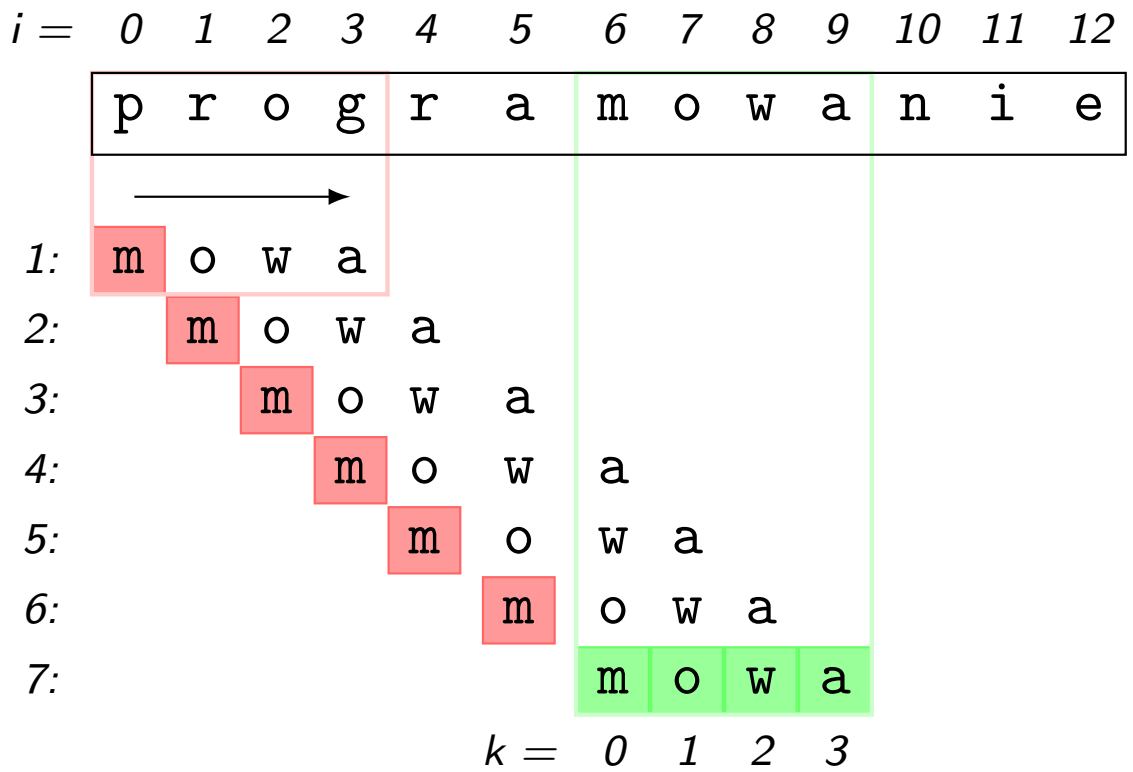
Dane wejściowe: łańcuch znaków $\mathcal{T}$, wzorzec $\mathcal{W}$

Wynik: pozycja tekstu $\mathcal{W}$ w $\mathcal{T}$ lub wartość -1, gdy brak

```
1: dla każdego  i = 0, 1, 2, ..., |T| − |W|  wykonuj
2:     k ← 0
3:     dopóki  T[i + k] = W[k] i k < |W|  wykonuj
4:         k ← k + 1
5:     jeżeli  k = |W|  wykonaj
6:         zwróć i
7: zwróć −1
```

$|\mathcal{W}|$ oznacza długość łańcucha $\mathcal{W}$

Tekst $\mathcal{T}$ = "programowanie"
Wzorzec $\mathcal{W}$ = "mowa"



```c
int strindex(char t[], char w[])
{
    int i, k;

    i=0;
    while(t[i] != '\0')
    {
        k=0;
        while(t[i+k] == w[k] && w[k] != '\0')
        {
            k = k + 1;
        }
        if(w[k] == '\0') return i;
        i = i + 1;
    }
    return -1;
}
```

☞ strindex.c

To samo z użyciem wskaźników

```
1  int strindex(char *t, char *w)
2  {
3      char *pt, *pw, *pt2;
4
5      for(pt=t; *pt != '\0'; pt++)
6      {
7          pw=w;
8          pt2=pt;
9          while(*pt2 == *pw && *pw != '\0')
10         {
11             pw++;
12             pt2++;
13         }
14         if(*pw == '\0') return pt-t;
15     }
16     return -1;
17 }
```

☞ strindex3.c

- Typ znakowy jest liczbą całkowitą
- Łańcuch to tablica znaków zakończona znakiem `'\0'`
- Stała znakowa w apostrofach `'A'`
- Stała napisowa w cudzysłowach `"A"` jest tablicą
- Porównywanie łańcuchów: `t == "napis"` źle, trzeba znak po znaku (funkcja `strcmp()`)
- Kopiowanie napisów: `t = "napis"` źle, kopiowanie tablic (funkcja `srtcpy()`)

- Linux Programmer's Manual
  `man 7 ascii unicode codepages iso_8859-2`
  `http://www.unix.com/man-page/`
- Wikipedia: ☞ Kodowanie polskich znaków diakrycznych
- Jerzy Wałaszek, *„Algorytmy. Struktury danych."*,
  ☞ Łańcuchy znakowe.
- R.S. Boyer, J. Strother Moore, *A Fast String Searching Algorithm* Communications of the Association for Computing Machinery, 20(10), 1977, pp. 762-772.
  `www.cs.utexas.edu/~moore/publications/fstrpos.pdf`

Operatory

Operatory bitowe i uzupełnienie informacji o pozostałych operatorach.

Przypomnienie: operatory

	Operator przypisania		
=	przypisanie	`x = y`	$x \leftarrow y$
	Operatory arytmetyczne		
*	mnożenie	`x * y`	$x \cdot y$
/	dzielenie	`x / y`	$\frac{x}{y}$
+	dodawanie	`x + y`	$x + y$
-	odejmowanie	`x - y`	$x - y$
%	reszta z dzielenia (modulo)	`x % y`	$x \mod 2$
++	inkrementacja	`x++`	$x \leftarrow x + 1$
--	dekrementacja	`x--`	$x \leftarrow x - 1$
	Operatory relacji		
<	mniejszy niż	`x < y`	$x < y$
>	większy niż	`x > y`	$x > y$
<=	mniejszy lub równy	`x <= y`	$x \leqslant y$
>=	większy lub równy	`x >= y`	$x \geqslant y$
==	równy	`x == y`	$x = y$
!=	różny	`x != y`	$x \neq y$
	Operatory logiczne		
!	negacja (NOT)	`!x`	$\neg x$
&&	koniunkcja (AND)	`x>1 && y<2`	$x > 1 \wedge y < 2$
||	alternatywa (OR)	`x<1 || y>2`	$x < 1 \vee y > 2$
	Operatory wskaźnikowe		
&	referencja (pobranie adresu)	`&x`	
*	dereferencja (dostęp pod adres)	`*x`	

operator	znaczenie	przykład
`~`	negacja bitowa (NOT)	`~x`
`&`	koniunkcja bitowa (AND)	`x & y`
`|`	alternatywa bitowa (OR)	`x | y`
`^`	alternatywa rozłączna (XOR)	`x ^ y`

- działają na pojedynczych bitach
- zdefiniowane dla liczb całkowitych
- najbezpieczniej używać wyłącznie dla liczb całkowitych bez znaku (`unsigned`)

Negacja

~	0	1
	1	0

Koniunkcja (AND)

&	0	1
0	0	0
1	0	1

Alternatywa (OR)

|	0	1
0	0	1
1	1	1

Alternatywa rozłączna (XOR)

^	0	1
0	0	1
1	1	0

```c
#include <stdio.h>

int main()
{
    unsigned int a = 9;
    unsigned int b = 12;

    printf("a      = %u\nb      = %u\n", a, b);
    printf("~a     = %u\n~b     = %u\n", ~a, ~b);
    printf("a & b = %u\n", a & b);
    printf("a | b = %u\n", a | b);
    printf("a ^ b = %u\n", a ^ b);

    return 0;
}
```

```
a      = 9
b      = 12
~a     = 4294967286
~b     = 4294967283
a & b = 8
a | b = 13
a ^ b = 5
```

☞ bitowe1.c

```
a              9     00000000000000000000000000001001
~a    4294967286     11111111111111111111111111110110

a              9     00000000000000000000000000001001
b             12     00000000000000000000000000001100
a & b          8     00000000000000000000000000001000

a              9     00000000000000000000000000001001
b             12     00000000000000000000000000001100
a | b         13     00000000000000000000000000001101

a              9     00000000000000000000000000001001
b             12     00000000000000000000000000001100
a ^ b          5     00000000000000000000000000000101
```

Operacja XOR jest wykorzystywana np. w funkcjach haszujących i algorytmach szyfrujących.

$$\texttt{A ^ B ^ B} \longrightarrow A$$

```c
#include<stdio.h>

int main()
{
    unsigned char klucz = 13;
    char znak;

    while( (znak=getchar()) != EOF )
        putchar( znak ^ klucz );

    return 0;
}
```

☞ szyfr–xor.c

operator	znaczenie	przykład
<<	przesunięcie bitowe w lewo	`x << y`
>>	przesunięcie bitowe w prawo	`x >> y`

- pozycje wszystkich bitów są przesuwane
- bity skrajne są tracone, puste miejsca są zastępowane zerami
- odpowiada do mnożeniu/dzieleniu całkowitemu przez 2

```
a       = 5
a << 1  = 10
a << 2  = 20
a >> 1  = 2
a >> 2  = 1
```

```c
#include <stdio.h>

int main()
{
    unsigned int a = 5;

    printf("a       = %u\n", a);
    printf("a << 1  = %u\n", a << 1);
    printf("a << 2  = %u\n", a << 2);
    printf("a >> 1  = %u\n", a >> 1);
    printf("a >> 2  = %u\n", a >> 2);

    return 0;
}
```

☞ bitowe2.c

```
a       = 5     00000000000000000000000000000101
a << 1  = 10    00000000000000000000000000001010
a << 2  = 20    00000000000000000000000000010100

a       = 5     00000000000000000000000000000101
a >> 1  = 2     00000000000000000000000000000010
a >> 2  = 1     00000000000000000000000000000001
```

Maska bitowa: słowo (wartość) używane w operacjach bitowych do ustawienia, zmiany lub odczytu poszczególnych bitów.

Ustawienie pojedyńczego bitu na 1 operatorem OR

```
    10011101    10010101
  | 00001000    00001000
  = 10011101    10011101
```

```
int zapal_bit(int x, int n)
{
    return x | 1 << n;
}
```

Włączenie wielu bitów zadaną maską

`x = x | MASKA`

Ustawienie pojedyńczego bitu na 0 operatorem AND i negacją

```
    10011101    10010101
  & 11110111    11110111
  = 10010101    10010101
```

```
int zgas_bit(int x, int n)
{
    return x & ~(1 << n);
}
```

Wyzerowanie wielu bitów zadaną maską

```
x = x & ~MASKA
```

Sprawdzenie wartości bitu operatorem AND

```
    10011101    10010101
  & 00001000    00001000
  = 00001000    00000000
```

```
int sprawdz_bit(int x, int n)
{
    return x & 1 << n;
}
```

Sprawdzenie czy bity pokrywają się z maską

```
if ( (x & MASKA) == MASKA ) { ... }
```

Zamiana wartości bitu za pomocą operatora XOR

```
    10011101    10010101
  ^ 00001000    00001000
  = 10010101    10011101
```

```
int zamien_bit(int x, int n)
{
    return x ^ 1 << n;
}
```

Zamiana wielu bitów zadaną maską

```
x = x ^ MASKA
```

Rzutowanie: konwersja wartości z jednego typu na inny typ

- **niejawne**, dokonywane automatycznie

```
int a = 3.14;
float x = a;
```

- **jawne**, wykonane przy pomocy operatora rzutowania ()
  (*typ*)*wartość*

```
int a = (int)3.14;
float b = 3/(float)2;
char *w = (char *)malloc(10);
```

Przy rzutowaniu z typu bardziej pojemnego do mniej pojemnego możliwa utrata dokładności (nadmiar, *overflow*), taka sytuacja nie jest (zazwyczaj) sygnalizowana

Skrócony zapis operacji podstawienia:

`a = a ◯ b` $\Leftrightarrow$ `a ◯= b`

`a += b`	`a = a + b`	`a |= b`	`a = a | b`
`a -= b`	`a = a - b`	`a &= b`	`a = a & b`
`a *= b`	`a = a * b`	`a ^= b`	`a = a ^ b`
`a /= b`	`a = a / b`	`a <<= b`	`a = a << b`
`a %= b`	`a = a % b`	`a >>= b`	`a = a >> b`

Uwaga na kolejność, zamiana nie zawsze powoduje błąd:

```
a -=b;        /*  OK  */
a =-b;        /*  czy poprwanie? */
```

- Jednoargumentowy operator inkrementacji ++ i operator dekrementacji --

`++a`	pre-inkrementacja, to samo co a=a+1
`a++`	post-inkrementacja
`--a`	pre-inkrementacja, , to samo co a=a-1
`a--`	post-inkrementacja

- Operator post-inkrementacji i post-dekrementacji zwracają wartość poprzednią (przed zwiększeniem/zmniejszeniem). Zmiana wartości argumentu odbywa się później (po wyliczeniu całego wyrażenia).

```c
#include <stdio.h>

int main()
{
    int a = 1;
    int b;

    b = ++a;
    printf("a=%d, b=%d\n", a, b);

    b = a++;
    printf("a=%d, b=%d\n", a, b);

    b = --a;
    printf("a=%d, b=%d\n", a, b);

    b = a--;
    printf("a=%d, b=%d\n", a, b);

    return 0;
}
```

```c
#include <stdio.h>

int main()
{
    int a = 1;
    int b;

    b = ++a;
    printf("a=%d, b=%d\n", a, b);

    b = a++;
    printf("a=%d, b=%d\n", a, b);

    b = --a;
    printf("a=%d, b=%d\n", a, b);

    b = a--;
    printf("a=%d, b=%d\n", a, b);

    return 0;
}
```

Kopiowanie napisu z tablicy a do b

```
void strcpy(char *a, char *b)
{
    while( *a != '\0' )
    {
        *b = *a;
        a = a + 1;
        b = a + 1;
    }
    *b = '\0';
}
```

Dokładnie to samo

```
void strcpy(char *a, char *b)
{
    while(*b++ = *a++);
}
```

Operator warunkowy ?:

wyrażenie `?` *wartość 1* `:` *wartość 2*

- jeżeli *wyrażenie* jest prawdą to wynikiem jest *wartość 1*, w przeciwnym wypadku wynikiem jest *wartość 2*
- jedyny operator z 3 argumentami

Przykład

Wyznaczanie większej wartości z 2 liczb:

```
a = (b>c) ? b : c;
```

Wartość absolutna:

```
a = (a<0) ? -a : a;
```

- przecinek, wyrażenie rozdzielone przecinkiem wykonywane są od lewej do prawej. Wynikiem jest ostatnia instrukcja.

```
a = 1, b = 2, c = 3;
```

- dostęp do elementów tablicy []

```
a = t[i+1];
```

- wywołanie funkcji ()
- grupowanie wyrażeń ()

```
a = (b + c)/(b - c);
```

- dostęp do pól struktur . (kropka) i ->

```
a = student.nazwisko;
b = wskaznik->nazwisko
```

Priorytety i kolejność operatorów

- **Priorytet** operatora decyduje o kolejności wykonywania operacji, np. mnożenie przed dodawaniem.

```
a = 3;
x = a + a * a;
```

- **Łączność** operatora (lewostronna lub prawostronna) decyduje o kolejności wykonywania obliczeń dla operatorów o takim samym priorytecie

```
a = 1;
x = a - a - a;
```

priorytet ↑

Operator	Łączność
`()`	
`[]  .  ->  ()  ++ --` (wywołanie funkcji; przyrostkowe)	lewostronna
`! ~  + - * &  sizeof()  ++ --  ()` (jednoargumentowe; przedrostkowe; rzutowanie)	prawostronna
`* / %`	lewostronna
`+ -`	lewostronna
`<<  >>`	lewostronna
`<<= >>=`	lewostronna
`==  !=`	lewostronna
`&`	lewostronna
`^`	lewostronna
`|`	lewostronna
`&&`	lewostronna
`||`	lewostronna
`?:`	prawostronna
`=  +=  -=  *=  /=  %=  &=  |=  ^=`	prawostronna
`,`	lewostronna

```
int a, b=1, c=2;
a = -b++ + ++c << 3 / 2 * (int)2.5 ;
printf("a=%d, b=%d, c=%d\n", a ,b ,c);
```

Jaki będzie wynik?

```
int a, b=1, c=2;
a = -b++ + ++c << 3 / 2 * (int)2.5 ;
printf("a=%d, b=%d, c=%d\n", a ,b ,c);
```

Jaki będzie wynik?

a=8, b=2, c=3

```
int a, b=1, c=2;
a = -b++ + ++c << 3 / 2 * (int)2.5 ;
```

1. b++ zwiększa wartość b na 2 ale zwraca 1
   ```
   a = -1 + ++c << 3 / 2 * (int)2.5 ;
   ```
2. ++c zwiększa wartość c na 3, rzutowanie `(int)2.5` daje 2
   ```
   a = -1 + 3 << 3 / 2 * 2 ;
   ```
3. dzielenie 3/2 zwraca 1, które następnie jest mnożone przez 2 (łączność lewostronna)
   ```
   a = -1 + 3 << 2 ;
   ```
4. ```
   a = 2 << 2 ;
   ```
5. ```
   a = 8 ;
   ```

W razie wątpliwości co do kolejności obliczeń używaj nawiasów grupujących (mają najwyższy priorytet)

- Stephan Brumme, *„the bit twiddler”*, http://bits.stephan-brumme.com/
- Alex Aliain, *„Bitwise Operators in C and C++: A Tutorial”*, http://www.cprogramming.com/tutorial/bitwise_operators.html

Typy złożone

Struktury, pola bitowe i unie.

- Typy całkowite:
  - `char`
  - `short`
  - `int`
  - `long`
- Typy zmiennopozycyjne
  - `float`
  - `double`
- Modyfikatory : `unsigned`, `signed`
- Typ wskaźnikowy

- Tablice
- Struktury `struct`
- Unie `union`
- Pola bitowe
- Typ wyliczeniowy `enum`
- Wskaźniki na funkcje i wskaźniki na typy złożone

Deklaracja

```
enum nazwa_typu
{
    element1,
    element2,
    ...
};
```

Przykład

```
enum kolory { czerwony, niebieski, zielony, czarny };

int main()
{
    enum kolory n;
    n = 0;
    if ( n == czerwony ) printf("To kolor czerwony\n");
}
```

- Typ wyliczeniowy `enum` to liczba całkowita (prawie to samo co `int`)
- Operacje arytmetyczne takie same jak na typie całkowitym

```
enum kolory n=zielony;
n++;
n=n+100;
```

- Poprawia czytelność kodu
- Może być zastąpiony przez odpowiednie dyrektywy, np.:

```
#define ZIELONY 1
#define CZERWONY 2
int kolor = ZIELONY;
```

Przykład:

```c
#include <stdio.h>

enum kolory { zielony, niebieski, czerwony, czarny };

int main()
{
    enum kolory n;

    for(n=zielony; n<=10; n++)
        printf("%d\n", n);

    return 0;
}
```

```
0
1
2
3
```

☞ enum1.c

Przykład:

```c
#include <stdio.h>

enum kolory { zielony=3, niebieski=7, czerwony, czarny };

int main()
{
    enum kolory n;

    printf("sizeof = %d\n", sizeof(n));

    for(n=zielony; n<=czarny; n++)
        printf("%d\n", n);

    return 0;
}
```

```
sizeof = 4
3
4
5
6
7
8
9
```

☞ enum2.c

- Polecenie `typedef` pozwala nadać własne nazwy dowolnym typom
- Deklaracja typu wygląda identycznie jak deklaracja zmiennej, należy tylko dodać słowo `typedef` na początku

```
typedef float liczba;
typedef float punkt[4];
typedef enum { false, true } bool;
typedef float *wskaznik;

int main()
{
   liczba x = 3.14;
   punkt y;
   bool czy_koniec = false;
   wskaznik w = &x;
}
```

- Polecenie typedef pozwala uniknąć powtarzania słowa struct lub enum

```
struct student
{
    char nazwisko[100];
    int indeks;
};

typedef struct student student_s;

void wypisz_student(student_s s)
{
    printf("Nazwisko: %s\n", s.nazwisko);
}
```

Operator -> umożliwia dostęp do pola struktury za pomocą wskaźnika.
`wskaznik->pole` jest równoważne z `(*wskaznik).pole`

```c
#include <stdio.h>

typedef enum { M, K } plec;

typedef struct
{
    char nazwisko[100];
    int indeks;
    plec p;
} student;

void wypisz_studenta(const student *s)
{
    printf("Nazwisko: %s\n", s->nazwisko);
    printf("Indeks  : %d\n", (*s).indeks);
    printf("Plec    : %s\n", s->p == M ? "M" : "K");
}

int main()
{
    student s = {"Zenon Adamski", 123456, M};
    wypisz_studenta(&s);
    return 0;
}
```

☞ struct2.c

- Unie, podobnie jak struktury, przechowują w polach zmienne dowolnego typu
- W odróżnieniu od struktur, wszystkie zmienne umieszczone są pod tym samym adresem (przechowywana jest pojedyncza wartość).
- Modyfikacja jednego pola zmienia wartośc pozostałych.

```
1 union ufloat
2 {
3     float f;
4     unsigned int i;
5     unsigned char c[4];
6 };
```

☞ union1.c

```c
#include <stdio.h>

union liczba
{
   float f;
   unsigned int i;
   unsigned char c;
};

int main()
{
  union liczba x;

  x.f = 3.14;

  printf("sizeof = %d\n", sizeof(union liczba));

  printf("adres pola f = %p\n", &x.f);
  printf("adres pola i = %p\n", &x.i);
  printf("adres pola c = %p\n", &x.c);

  printf("wartosc pola f = %f\n", x.f);
  printf("wartosc pola i = %x\n", x.i);
  printf("wartosc pola c = %x\n", x.c);

}
```

☞ union2.c

- Pola bitowe to pola struktury o określonej liczbie bitów
- Pozwalają zoptymalizować zużycie pamięci w reprezentacji zmiennych całkowitych
- Wykorzystywane m. in. przy obsłudze urządzeń zewnętrznych przez porty

```
struct data
{
   unsigned int dzien    :  5 ;
   unsigned int miesiac  :  4 ;
   unsigned int rok      : 11 ;
};
```

```c
#include<stdio.h>

typedef struct
{
   unsigned int dzien   :  5 ;
   unsigned int miesiac :  4 ;
   unsigned int rok     : 11 ;
} data;

int main()
{
   data dzis = { 18, 16, 2022 };

   printf("Data: %u-%u-%u\n",
          dzis.dzien, dzis.miesiac, dzis.rok);

   printf("sizeof(data)=%ld\n", sizeof(data));

   return 0;
```

☞ bitfield.c

Pola bitowe pozwalają poprawić czytelnośc kodu zawierającego operacje na bitach, jednak działają wolniej niż operatory bitowe.

```
typedef struct
{
    int prawo_odczytu: 1;
    int prawo_zapisu : 1;
    int prawo_wykonania : 1;

} atrybuty_pliku;

int main()
{
    atrybuty_pliku plik;

    if ( plik.prawo_odczytu )
    {
        /*  ...  */
    }
}
```

- deklarowanie własnych typów poleceniem `typedef`
- struktury, unie i pola bitowe
- typ wyliczeniowy `enum`

Strumienie i pliki.

- **Plik** - ciąg bajtów o skończonej długości
- Nawa pliku nie stanowi jego zawartości, jest elementem systemu plików
- Położenie pliku określone przez ścieżkę dostępu
- Pliki są opatrzone **atrybutami**: uprawnienia, własności pliku, np. plik ukryty, itp.
- Plik tekstowy, plik binarny - to ciąg bajtów

http://pl.wikipedia.org/wiki/Plik

Format pliku: określa rodzaj i sposób zapisu danych w pliku.

- Rozszerzenia plików (DOS, Winows)
  `txt html c csv bmp mp3 jpg`
- Metadane zawarte w pliku, sygnatura formatu zakodowana najczęściej na początku pliku: nagłówek pliku, liczba magiczna
  `FF D8 FF` dla formatu `jpg`
  `D0 CF 11 E0` dokumenty MS Office
- Metadane zewnętrzne, np. umieszczone w systemie plików.
  Typy **MIME**, Multipurpose Internet Mail Extensions
  `Content-Type: text/plain`
  `Content-Type: audio/mpeg:`

http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_file_signatures
http://en.wikipedia.org/wiki/File_format

System plików: sposób przechowywania plików na nośniku.

- fizyczny zapis danych, blokowa struktura danych (sektory, klastry)
- logiczna struktura widoczna dla użytkownika
- DOS/Windows: FAT, FAT32, NTFS
- Linux: ext2, ext3, ext4
- inne: HFS (Mac OS), NFS (sieć), ISO9660 (CD-ROM)
- Hierarchia systemów plików: katalogi, podkatalogi i pliki.
  Dostęp do pliku: ścieżka + nazwa pliku
  `C:\Documents and Settings\user\moje dokumenty\plik.txt`
  `/home/user/doc/plik.txt`

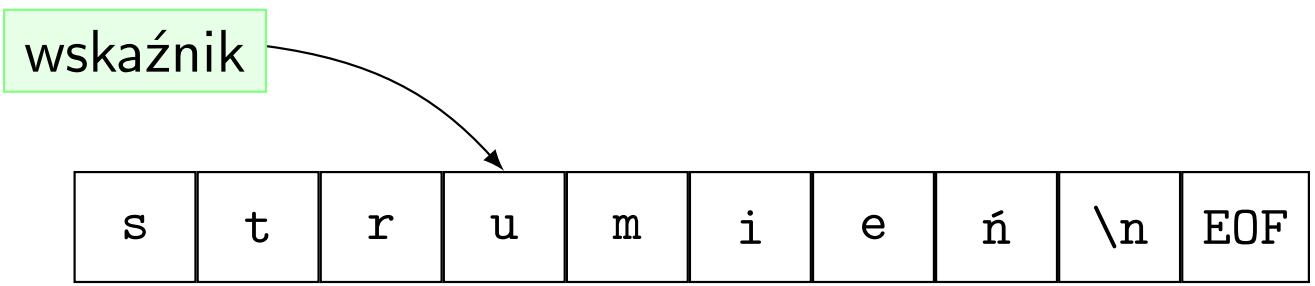
http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_file_systems

Atrybuty plików

- nazwa pliku
- rozmiar
- data utworzenia, data modyfikacji, dostępu
- uprawnienia: właściciel, grupy i ich prawa (odczyt/zapis)
- DOS/Windows: ukryty, tylko do odczytu, archiwalny, systemowy, zaszyfrowany (NTFS), skompresowany (NTFS)
- rodzaje plików: plik zwykły, katalog, dowiązanie, FIFO, blokowe, ...
- położenie pliku, wskaźnik do miejsca na nośniku (często tablica wskaźników FAT), Linux i-węzły

- **Deskryptor pliku**: liczba całkowita, niskopoziomowa reprezentacja
  Potrzebne funkcje systemowe, np. biblioteka `unistd.h`
- **Strumień:** ogólny sposób komunikacji między plikami, urządzeniami i procesami
- Wykorzystanie strumieni: dostęp do plików, komunikacja między procesami, komunikacja sieciowa, komunikacja z urządzeniami, łańcuchy znakowe jako strumienie.
- Plik nagłówkowy `stdio.h`, obsługa wejścia i wyjścia (***St**andar**d** **i**nput **o**utput*)
- Strumień do/z pliku dostępny za pomocą zmiennej typu `FILE*` (wskaźnik do pliku, „uchwyt" do pliku)

- Typ `FILE*` z biblioteki `stdio.h`
- Struktura zawierająca informacje o pliku: nazwa, deskryptor pliku, rodzaj dostępu, znacznik pozycji, adres bufora, ...
- Strumień udostępnia dane jako sekwencję bajtów zakończoną wartością końca pliku `EOF`
- Sekwencyjny odczyt i zapis, automatyczne buforowanie
- Wskaźnik bieżącej pozycji - miejsce odczytu/zapisu
- Obsługa błędów i końca pliku



1. Deklaracja zmiennej typu `FILE*`

```
FILE* plik;
```

2. Uzyskanie dostępu do strumienia `fopen()`

```
plik = fopen("plik.txt","w");
```

3. Odczyt, zapis lub zmiana pozycji w strumieniu, np.:

```
fprintf(plik, "Hello world!\n");
fscanf(plik2, "%d", &x);
```

4. Zamknięcie strumienia `fclose()`

```
fclose(plik);
```

Nie zapomnij o obsłudze błędów.
Każda operacja na pliku może zakończyć się niepowodzeniem.

```
FILE *fopen(char *ścieżka, char *tryb);
```

- ścieżka do pliku:
  - względem bieżącego katalogu `"dane.xml"`, `"../plik.txt"`
  - bezwzględna: `"C:\\plik.txt"`, `"/home/user/plik"`. Nie najlepszy pomysł.
- tryb otwarcia:
  - `"w"` zapis (*write*), plik powstaje od początku
  - `"r"` odczyt (*read*) pliku istniejącego
  - `"a"` dopisanie (*append*) na końcu pliku istniejącego
- tryb binarny: `"rb"`, `"wb"`, `"ab"`. W systemie Linux nie ma różnicy pomiędzy trybem tekstowym i binarnym.

```
FILE *odczyt, *zapis;
odczyt = fopen("plik1.txt", "r");
zapis = fopen("plik2.txt", "w");
```

Błędy przy otwieraniu strumienia

- W przypadku niepowodzenia `fopen()` zwraca wartość `NULL`
- Wówczas nie ma możliwości wykonania jakiejkolwiek operacji na strumieniu
- Zawsze sprawdzaj czy udało się uzyskać dostęp do strumienia

```
FILE *plik;
plik = fopen("plik.txt","r");
if ( plik != NULL ) { /*...*/ }
```

- Możliwe przyczyny niepowodzenia: zła nazwa pliku, zła ścieżka, brak nośnika, uszkodzenie nośnika, brak uprawnień do odczytu lub zapisu, za duża liczba otworzonych strumieni, itp...

Formatowany zapis i odczyt

```
int fprintf(FILE *plik, char *format, ...);
int fscanf(FILE *plik, char *format, ...);
```

Zapis i odczyt pojedynczego bajtu (znaku)

```
int fgetc(FILE *plik);
int fputc(int c, FILE *plik);
```

Odczyt łańcucha

```
char *fgets(char *tablica, int rozmiar, FILE *strumien);
```

- Wartość zwracana może informować o błędach lub końcu pliku
- Odczyt i zapis strumieni binarnych: `fread`, `fwrite`
- Więcej informacji w dokumentacji biblioteki `stdio.h`

Typowy schemat: zapis do pliku

```c
#include<stdio.h>

int main()
{
    FILE *plik = NULL;
    float pi = 3.1415;

    plik = fopen( "plik.txt", "w" );
    if(plik != NULL )
    {
        /* Tutaj operacje na pliku */
        fprintf(plik,"Witaj swiecie!\nPI=%f\n", pi);
        fclose( plik );
    }
    else
    {
        /* Obsluga bledu otwarcia pliku */
        printf("Blad otwarcia pliku %s\n", "plik.txt" );
    }
    return 0;
}
```

☞ zapis.c

Koniec strumienia

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

Wartość niezerowa gdy wystąpił koniec pliku.

Funkcje odczytu: `fscanf()`, `fgetc()`, `fgets()` zwracają `EOF`

Inne błędy operacji wejścia-wyjścia

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

Wartość niezerowa gdy wystąpił błąd.

Typowy schemat: odczyt znaków z pliku

```c
#include<stdio.h>

int main()
{
    FILE *plik = NULL;
    int znak;

    plik = fopen( "plik.txt", "r" );
    if( plik == NULL )
    {
        perror("Wystapil blad");
        return 1;
    }

    while( feof(plik) == 0 )
    {
        znak = fgetc(plik);
        if (znak != EOF) printf("%c\n", znak);
    }
    fclose( plik );

    return 0;
}
```

☞ odczyt.c

Standardowe wejście i wyjście programu

```
cat < plik1.txt > plik2.txt
```

< przekierowanie strumienia wejściowego

> przekierowanie strumienia wyjściowego

Potoki

```
ls | wc
```

- Strumienie to podstawowy sposób komunikacji miedzy procesami.
- Unix/Linux: zbiór małych narzędzi o wielkich możliwościach

Strumienie `FILE*` dostępne w `stdio.h`

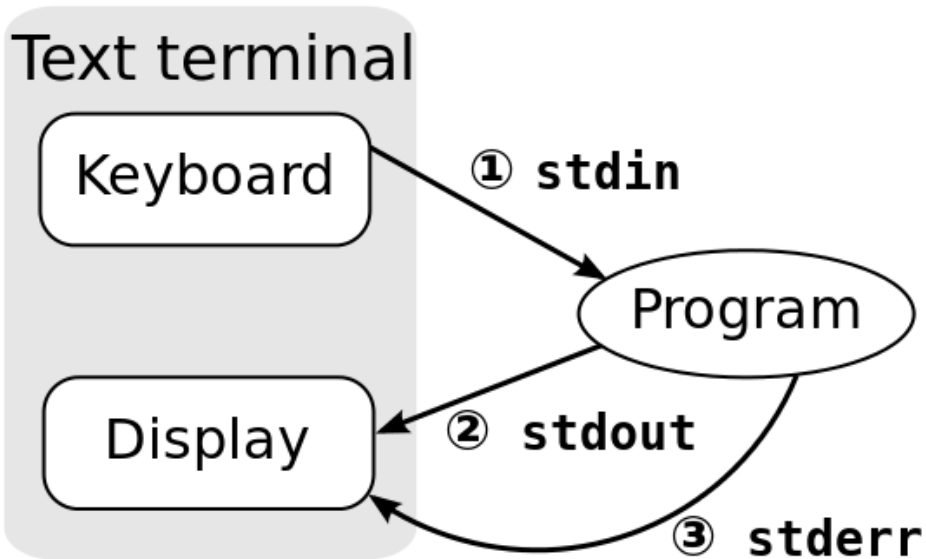
0 `stdin`
standardowe wejście, domyślnie klawiatura
`getchar(), scanf(), ...`

1 `stdout`
standardowe wyjście, domyślnie ekran
`putchar(), printf(), ...`

2 `stderr`
standardowe wejście diagnostyczne, domyślnie ekran
`perror(), ...`

```
z=getchar();
putchar(z);
printf("x=%d\n",x);
scanf("%f", &y);
gets(tab);
```

```
z=fgetc(stdin);
fputc(z, stdout);
fprintf(stdout, "x=%d\n",x);
fscanf(stdin, "%f", &y);
fgets(tab, n , stdin);
```



Źródło: http://upload.wikimedia.org/

- DOS/Windows: konwersja plików tekstowych
  Nowy wiersz: `\r\n` $\Longleftrightarrow$ `\n`
- Niepoprawny format danych dla `scanf()`, `fscanf()`
  Wartość zwracana to ilość wczytanych elementów.

```
if(scanf("%d", &x) > 0 )  {  /* OK */ }
```

- Ostrożnie z mieszaniem odczytu formatowanego z nieformatowanym

```
scanf("%d", &x);
getchar();      /* wczyta co zostawil scanf() */
```

- Jednoczesny zapis i odczyt może wymagać dodatkowych zabiegów (np. czyszczenie bufora)
- W Unix/Linux wielkość liter w ścieżkach ma znaczenie
  `plik.txt` `PLIK.TXT` `Plik.txt` `Plik.TXT`
- W razie niepewności zajrzyj do dokumentacji

- Wikipedia: ☞Plik, ☞List of file signatures, ☞File format. ☞System plików, ☞List of file systems, ☞Comparison of file systems, ☞Standardowe strumienie
- The GNU C Library: ☞Input/Output Overview, ☞Input/Output on Streams