Podstawy programowania

dr inż. Sławomir Koczubiej

Politechnika Świętokrzyska
Wydział Zarządzania i Modelowania Komputerowego
Katedra Technologii Informatycznych

(5 kwietnia 2025)

Kontakt

Budynek C, pokój 3.26
sk@tu.kielce.pl

Materiały do pobrania, aktualności, terminy zaliczeń

http://staff.tu.kielce.pl/sk

Organizacja wykładów

- Wykłady są nieobowiązkowe (zgodnie z postanowieniami regulaminu), ale...
- Na wykłady warto zaglądać.
- Czasem sprawdzam listę obecności.

Warunki zaliczenia wykładu

Egzamin zaliczeniowy po zakończeniu wykładów.

Organizacja laboratoriów i projektu

- Zajęcia laboratoryjne są obowiązkowe.
- Dopuszcza się jedną nieobecność.
- Większa liczba nieobecności powoduje zmniejszenie oceny do niedostatecznej włącznie (3 lub więcej nieobecności).
- W przypadku usprawiedliwionej nieobecności zajęcia można odrobić z inną grupą (jeśli istnieje taka możliwość).

Warunki zaliczenia laboratoriów

Wykonanie ćwiczeń i zaliczenie sprawdzianów kontrolnych.

Warunki zaliczenia projektu

Wykonanie ćwiczeń, opracowanie i obrona sprawozdań.

Tematyka wykładów

- Pojęcie algorytmu, języki zapisu algorytmów. Przykłady algorytmów rozwiązujących wybrane zadania.
- Paradygmaty programowania. Język programowania, jednostki leksykalne.
- Podstawowe struktury sterujące. Syntaktyka i semantyka instrukcji. Operatory i wyrażenia.
- Typy danych, zmienne, stałe. Złożone typy danych: tablice, łańcuchy, struktury, typy wyliczeniowe. Przykłady użycia poszczególnych typów.
- Funkcje i procedury, definicja i deklaracja. Przekazywanie parametrów do podprogramów. Zmienne lokalne i globalne. Biblioteki.
- Pliki, rodzaje, praca z plikami i napisami.

Tematyka laboratoriów

- Struktura programu w języku C. Rola plików nagłówkowych.
- Operacje wejścia-wyjścia.
- Operatory w programie, definiowanie wyrażeń operatorowych. Własności i priorytety operatorów.
- Instrukcje warunkowa i przełączające, pętle. Algorytmy przetwarzania iteracyjnego.
- Tablice, definiowanie tablic. Przetwarzanie tablic, w szczególności iteracyjne.
- Definiowane funkcji; parametry formalne i aktualne, przekazywanie parametrów w programie.
- Rodzaje błędów i ich diagnozowanie. Testowanie programu.
- Obsługa plików.

Tematyka projektu

- Środowiska pracy programisty. Praca w systemach z rodziny GNU i Windows.
- Wyrażenia regularne, wykorzystanie praktyczne.
- Narzędzia wspomagające pracę z plikami, wyszukiwanie plików, przeszukiwanie plików.
- Narzędzia tekstowe wspomagające pracę programisty.
- Zarządzanie projektami programistycznymi i wersjami.
- Praca w grupach.

Literatura

- Dokumentacja poszczególnych narzędzi programistycznych: `MSYS2`, `grep`, `sed`, `awk`, `bash`, `findutils`, `diffutils`.
- Dougherty D., Robbins A. *sed & awk.* Wydawnictwo Helion, Gliwice 2016.
- Friedl J. E. F. *Wyrażenia regularne.* Wydawnictwo Helion, Gliwice 2001.
- Kernighan B., Ritchie P. *Język ANSI C.* Wydawnictwo Naukowo Techniczne, Warszawa 2004.
- Prata S. *Szkoła programowania. Język C.* Wydawnictwo Helion, Gliwice 2006.

Po co mi programowanie?

Linus Torvalds

Computer programming is not for everyone. I think it's reasonably specialized, and nobody really expects most people to have to do it.

Steve Jobs

Everybody in this country should learn how to program a computer, because it teaches you how to think.

Celem nauki programowania jest wykształcenie umiejętności **myślenia komputacyjnego** (*computational thinking*), które obejmuje myślenie algorytmiczne w rozwiązywaniu problemów oraz umiejętność programowania rozszerzone na wszystkie obszary działalności ludzkiej. Takie podejście przede wszystkim pozwala zwiększyć efektywność i ułatwić pracę.

Nawet życiowe problemy i decyzje można potraktować jako problem algorytmiczny.

Języki programowania lub **makropolecenia** udostępniają szereg narzędzi pozwalających na przyśpieszenie i zwiększenie efektywności pracy, zrobienie czegoś w łatwiejszy sposób, a nawet utworzenie kompletnie nowych narzędzi.

Rozwój języków programowania znacznie obniżył próg umiejętności jakie należy posiadać, żeby zacząć naukę. Nie trzeba posiadać żadnych informacji na temat budowy komputera, nie trzeba mieć solidnych podstaw matematycznych (choć te są przydatne), nie trzeba mieć superkomputera ani kupować dodatkowego drogiego oprogramowania.

Przypomnienie podstawowych terminów

Program komputerowy (aplikacja) – sekwencja symboli (zrozumiałych dla komputera rozkazów) przeznaczonych do przetworzenia zgodnie z pewnymi regułami, zwanymi **językiem programowania**.

Program w postaci języka *zrozumiałego* dla człowieka nazywany jest **kodem źródłowym**, podczas gdy program wyrażony w postaci zrozumiałej dla maszyny (to jest za pomocą ciągu liczb, a bardziej precyzyjnie zer i jedynek) nazywany jest kodem maszynowym bądź postacią binarną (wykonywalną).

Program jest zazwyczaj wykonywany przez komputer, bezpośrednio – jeśli wyrażony jest w języku zrozumiałym dla danej maszyny lub pośrednio – gdy jest interpretowany przez inny program (interpreter).

Programy komputerowe można zaklasyfikować według ich zastosowań. Wyróżnia się zatem aplikacje użytkowe, systemy operacyjne, gry, kompilatory i inne. Programy wbudowane wewnątrz urządzeń określa się jako **firmware**.

W najprostszym modelu wykonanie programu (zapisanego w postaci zrozumiałej dla maszyny) polega na umieszczeniu go w pamięci operacyjnej komputera i wskazaniu procesorowi adresu pierwszej instrukcji.

Po tych czynnościach procesor będzie wykonywał kolejne instrukcje programu, aż do jego zakończenia.

Program komputerowy będący w trakcie wykonania nazywany jest **procesem** lub **zadaniem**.

Tworzenie programu komputerowego można podzielić na dwa etapy:

- Po zrodzeniu się **pomysłu** powinien powstać **algorytm**. Algorytm wymusza stosowanie podziału programu na funkcje. zmienne, obiekty, na których program będzie operował, jak również wprowadzenie procedur, które opisują wykonywane operacje.
- Algorytm należy zapisać w języku programowania, stosując dostępne struktury danych i funkcje – tworzenie **kodu źródłowego**. W trakcie tworzenia programu kod jest poddawany **debugowaniu** – wyszukiwanie błędów.

Językiem programowania nazywamy zestaw zasad tekstowego lub graficznego opisu algorytmu za pomocą przyjętych elementów języka.

Podobnie jak języki naturalne, język programowania składa się ze zbiorów reguł syntaktycznych oraz semantyki, które opisują, jak należy budować poprawne wyrażenia oraz jak komputer ma je rozumieć

Język programowania pozwala na precyzyjny zapis algorytmów oraz innych zadań, jakie komputer ma wykonać.

Podział języków programowania

Kod maszynowy (język maszynowy) – język programowania, w którym zapis programu wymaga **instrukcji** bezpośrednio jako liczb, które są rozkazami i danymi bezpośrednio pobieranymi przez procesor wykonujący ten program.

Jest dopasowany do konkretnego typu procesora i przeznaczony do bezpośredniego wykonania przez procesor. Analiza kodu maszynowego jest praktycznie niemożliwa przez człowieka.

Języki niskopoziomowe – przedstawiają one instrukcje udostępniane przez system komputerowy w postaci prostych oznaczeń (o ograniczonej liczbie, zakodowane w procesorze). Do języków niskopoziomowych należą **assemblery**.

Języki wysokopoziomowe – składnia i słowa kluczowe mają maksymalnie ułatwić rozumienie kodu programu dla człowieka, tym samym zwiększając poziom abstrakcji i dystansując się od budowy sprzętu komputerowego.

Kod napisany w języku wysokiego poziomu nie jest bezpośrednio *zrozumiały* dla komputera – większość kodu stanowią tak naprawdę normalne słowa (najczęściej w języku angielskim).

Języki wysokopoziomowe dzielimy na dwie grupy:

- interpretowane,
- kompilowane.

Języki interpretowane nie wymagają kompilacji tylko **interpretera**. Są przechowywane w postaci kodu źródłowego i dopiero podczas uruchomienia wczytywane, analizowane i wykonywane przez interpreter języka – **PHP**, **JavaScript**, **Python**, **PERL**. Programy przeznaczone do interpretacji często nazywane są **skryptami**.

Języki kompilowane wymagają procesu kompilacji kodu źródłowego do postaci kodu maszynowego (postaci binarnej). Robi to specjalny program zwany **kompilatorem**, dzięki czemu możliwe staje się jego późniejsze uruchomienie. Języki kompilowane: **Pascal**, **C**, **C++**, **Fortran**, **Java**.

Do utworzenia programu w danym języku niezbędne są **edytor** tekstu, **debugger** i **kompilator**. Programy te mogą tworzyć integralne środowisko pracy, udostępniające kombinacje tych funkcji – mówimy wówczas o **środowisku programistycznym**.

Aby przyśpieszyć tworzenie aplikacji, szczególnie z interfejsem graficznym, tworzy się narzędzia **RAD** (*Rapid Application Development*), które umożliwiają tworzenie programów z gotowych komponentów (w sensie elementów interfejsu i funkcji z implementacją typowych algorytmów).

Syntaktyka i semantyka

Aby ciąg znaków mógł być rozpoznany jako program napisany w danym języku, musi spełniać reguły **syntaktyki** (składni). Składnia opisuje:

- rodzaje dostępnych symboli,
- zasady, według których symbole mogą być łączone w większe struktury.

Należy zauważyć, że na etapie przetwarzania składni w ogóle nie jest brane pod uwagę znaczenie poszczególnych symboli. W praktyce kod poprawny składniowo nie musi być poprawny semantycznie. Występuje tu analogia do języków naturalnych. Zdanie „Bźdźiągwy się mucioszą!” jest poprawne pod względem gramatycznym, lecz nie posiada żadnego znaczenia, ponieważ zostały w nim użyte nieistniejące słowa.

Semantyka języka programowania definiuje precyzyjnie znaczenie poszczególnych symboli oraz ich funkcję w programie. Semantykę najczęściej definiuje się słownie, ponieważ większość z jej zagadnień jest trudna lub wręcz niemożliwa do ujęcia w jakikolwiek formalizm.

Część błędów semantycznych można wychwycić już w momencie wstępnego przetwarzania kodu programu, np. próbę odwołania się do nieistniejącej funkcji, lecz inne mogą ujawnić się dopiero w trakcie wykonywania.

Błędy

W trakcie pisania kodu nie da się uniknąć błędów. Błędy mogą wynikać z niepoprawnego wpisania instrukcji, pominięcia kropek, przecinków, nawiasów, itp. Takie błędy noszą nazwę **syntaktycznych** (składniowych).

Oprócz błędów syntaktycznych, można spotkać jeszcze błędy **semantyczne** (znaczeniowe, wykonania) i **logiczne**.

Błędy wykonania występują w chwili odtwarzania procedur (programu) i mogą wynikać z próby uruchomienia nieistniejącej procedury, otwarcia nieistniejącego pliku lub złego typowania zmiennych.

Błędy logiczne zwykle nie wywołują żadnych komunikatów błędu. Chociaż program jest poprawny pod względem syntaktycznym i semantycznym, nie powoduje żadnych problemów kompilacji i uruchamiania to sam rezultat działania może być błędny.

Błędy logiczne powodują otrzymanie wyników innych niż się spodziewano. Są to zwykle błędy bardzo trudne do odnalezienia.

Dla początkujących, problemem jest mnogość dostępnych obecnie języków programowania. Najbardziej klasyczne języki programowania to **C** i **C++**, popularne są **Java** i **C#**, modny jest **Python**, **JavaScript** i **Ruby**. Duża liczba użytkowników ceni **Go** i **Rust**.

Analitycy często używają języków pozwalających na szybkie pisanie aplikacji np. **Visual Basic** i eksploracji baz danych: **SQL**, czy dedykowane do analizy danych **R** lub do obliczeń numerycznych (analizy danych też) **MATLAB**.

- **https://www.tiobe.com/tiobe-index/** – wskaźnik popularności języków programowania.
- **https://insights.stackoverflow.com/survey/** – ankiety serwisu społecznościowego programistów i informatyków.

Zwykle podczas pracy programiści używają (zintegrowanych) **środowisk programistycznych** (*IDE*, *integrated development environment*). To program lub grupa programów (środowisko) służących do tworzenia, modyfikowania, testowania i konserwacji oprogramowania.

Środowiska programistyczne charakteryzują się tym, że udostępniają złożoną, wieloraką funkcjonalność obejmującą edycję kodu źródłowego, kompilowanie kodu źródłowego, tworzenie zasobów programu (szablonów, okien dialogowych, menu, raportów, elementów graficznych jak ikony, obrazy), tworzenie baz danych, komponentów i innych.

Środowisko programistyczne może występować jako osobny pakiet oprogramowania. Przykładami są:

- Visual Studio (Microsoft, Windows; C/C++, C#).
- Delphi (Embarcadero, Windows; Object Pascal) i C++ Builder (Embarcadero Windows; C++)
- Eclipse i NetBeans (darmowe, Windows/Linux; Java).
- IntelliJ IDEA (JetBrains, Winows/Linux; Java).
- Anjuta (darmowe, Linux; C/C++, GTK)
- Code::Blocks (darmowe, Windows/Linux; C/C++).
- KDevelop (darmowe, Windows/Linux; C/C++, Qt).
- Lazarus (darmowe, Windows/Linux; Free Pascal, Qt, GTK).
- Qt Creator (darmowe, Windows/Linux; C/C++, Qt).

Środowisko programistyczne może być zintegrowane z systemem operacyjnym, jak w przypadku systemów z rodziny **Unix** lub **maszyn lispowych**.

Wartym wspomnienia jest też środowisko **MSYS2** – zbiór narzędzi i bibliotek znanych z systemu GNU/Linux zapewniających łatwe w użyciu środowisko do budowania, instalacji i uruchamiania natywnych aplikacji dla systemu operacyjnego Windows.

W skład wchodzą terminal wiersza poleceń **mintty**, **bash**, systemy kontroli wersji takie jak **git** i **subversion**, narzędzia takie jak **sed**, **awk**, **grep** czy system kompilacji **autotools**.

Pomimo, że niektóre z narzędzi oparte są na bibliotece **Cygwin**, głównym celem MSYS2 jest zapewnienie środowiska budowy dla natywnego oprogramowania Windows i utrzymywanie Cygwina na minimalnym poziomie.

MSYS2 zapewnia aktualne natywne kompilacje m.in.: **GCC**, **mingw-w64**, **CPython**, **CMake**, **Meson**, **OpenSSL**, **FFmpeg**, **Rust**, **Ruby**.

Paradygmat programowania – wzorzec programowania komputerów, który definiuje sposób patrzenia programisty na przepływ sterowania i wykonywanie programu komputerowego.

Przykładowo, w programowaniu **obiektowym** jest on traktowany jako zbiór współpracujących ze sobą obiektów, podczas gdy w programowaniu **funkcyjnym** definiujemy, co trzeba wykonać, a nie w jaki sposób.

Różne języki programowania mogą wspierać różne paradygmaty programowania. Przykładowo, **Smalltalk** i **Java** są ściśle zaprojektowane dla potrzeb programowania obiektowego, natomiast **Haskell** jest językiem funkcyjnym. Istnieją także języki wspierające kilka paradygmatów, np. **Python**.

Wiele paradygmatów jest dobrze znanych z tego, jakie praktyki są w nich zakazane, a jakie dozwolone.

Na przykład, ścisłe programowanie funkcyjne nie pozwala na tworzenie skutków ubocznych (dowolny efekt wyrażenia, lub wywołania funkcji, który wykracza poza zwrócenie wartości). W programowaniu strukturalnym nie korzysta się z instrukcji skoku.

Zależności między paradygmatami programowania mogą przybierać skomplikowane formy, ponieważ jeden język może wspierać wiele różnych paradygmatów. Na przykład, **C++** posiada elementy programowania proceduralnego, obiektowego oraz uogólnionego, co stanowi o nim, że jest hybrydowym językiem. To projektanci i programiści decydują, jak zbudować z nich w pełni działający program.

Przykłady paradygmatów programowania:

- programowanie **imperatywne**,
- programowanie **deklaratywne**,
- programowanie **proceduralne**,
- programowanie **strukturalne**,
- programowanie funkcyjne,
- programowanie **obiektowe**,
- programowanie uogólnione,
- programowanie **sterowane zdarzeniami**,
- programowanie logiczne,
- programowanie aspektowe,
- programowanie agentowe,
- programowanie modularne.

Programowanie imperatywne – paradygmat programowania, który opisuje proces wykonywania jako sekwencję instrukcji zmieniających stan programu, podobnie jak tryb rozkazujący, wyraża żądania jakichś czynności do wykonania.

Programy imperatywne składają się z ciągu komend do wykonania przez komputer. Rozszerzeniem (w sensie wbudowanych funkcji) i rodzajem (w sensie paradygmatu) programowania imperatywnego jest programowanie proceduralne.

Programowanie deklaratywne – rodzina paradygmatów programowania, które nie są z natury imperatywne. W przeciwieństwie do programów napisanych imperatywnie, programista opisuje warunki, jakie musi spełniać końcowe rozwiązanie (co chcemy osiągnąć), a nie szczegółową sekwencję kroków, które do niego prowadzą (jak to zrobić).

Przykłady języków: **XSLT**, **Prolog**.

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

Procedury nie powinny korzystać ze zmiennych globalnych (w miarę możliwości), lecz pobierać i przekazywać wszystkie dane (czy też wskaźniki do nich) jako parametry wywołania.

Programowanie strukturalne to paradygmat programowania zalecający hierarchiczne dzielenie kodu na bloki, z jednym punktem wejścia i jednym lub wieloma punktami wyjścia.

Chodzi przede wszystkim o nieużywanie instrukcji skoku. Dobrymi strukturami są np. instrukcje: warunkowe, pętle, wyboru.

Strukturalność zakłócają instrukcje typu: `break`, `continue`, `switch`, które jednak w niektórych przypadkach znacząco podnoszą czytelność kodu.

Praktycznie w każdym języku można programować strukturalnie, jednakże w niektórych jest to styl naturalny (np. **Pascal**).

Programowanie obiektowe (*Object-Oriented Programming*) – paradygmat programowania, w którym programy definiuje się za pomocą obiektów – elementów łączących stan (czyli dane, nazywane polami lub właściwościami) i zachowanie (czyli procedury, tu: metody). Obiektowy program komputerowy wyrażony jest jako zbiór takich obiektów, komunikujących się pomiędzy sobą w celu wykonywania zadań.

Podejście to różni się od tradycyjnego programowania proceduralnego, gdzie dane i procedury nie są ze sobą bezpośrednio związane. Programowanie obiektowe ma ułatwić pisanie, konserwację i wielokrotne użycie programów lub ich fragmentów.

Największym atutem programowania, projektowania oraz analizy obiektowej jest zgodność takiego podejścia z rzeczywistością – mózg ludzki jest w naturalny sposób najlepiej przystosowany do takiego podejścia przy przetwarzaniu informacji. Przykłady języków: **C++**, **JAVA**.

Programowanie sterowane zdarzeniami – metodologia tworzenia programów komputerowych, która określa sposób ich pisania z punktu widzenia procesu przekazywania sterowania między poszczególnymi modułami tej samej aplikacji.

Programowanie sterowane zdarzeniami jest mocno powiązane ze środowiskami wieloprocesowymi, z graficznymi środowiskami systemów operacyjnych oraz z programowaniem obiektowym.

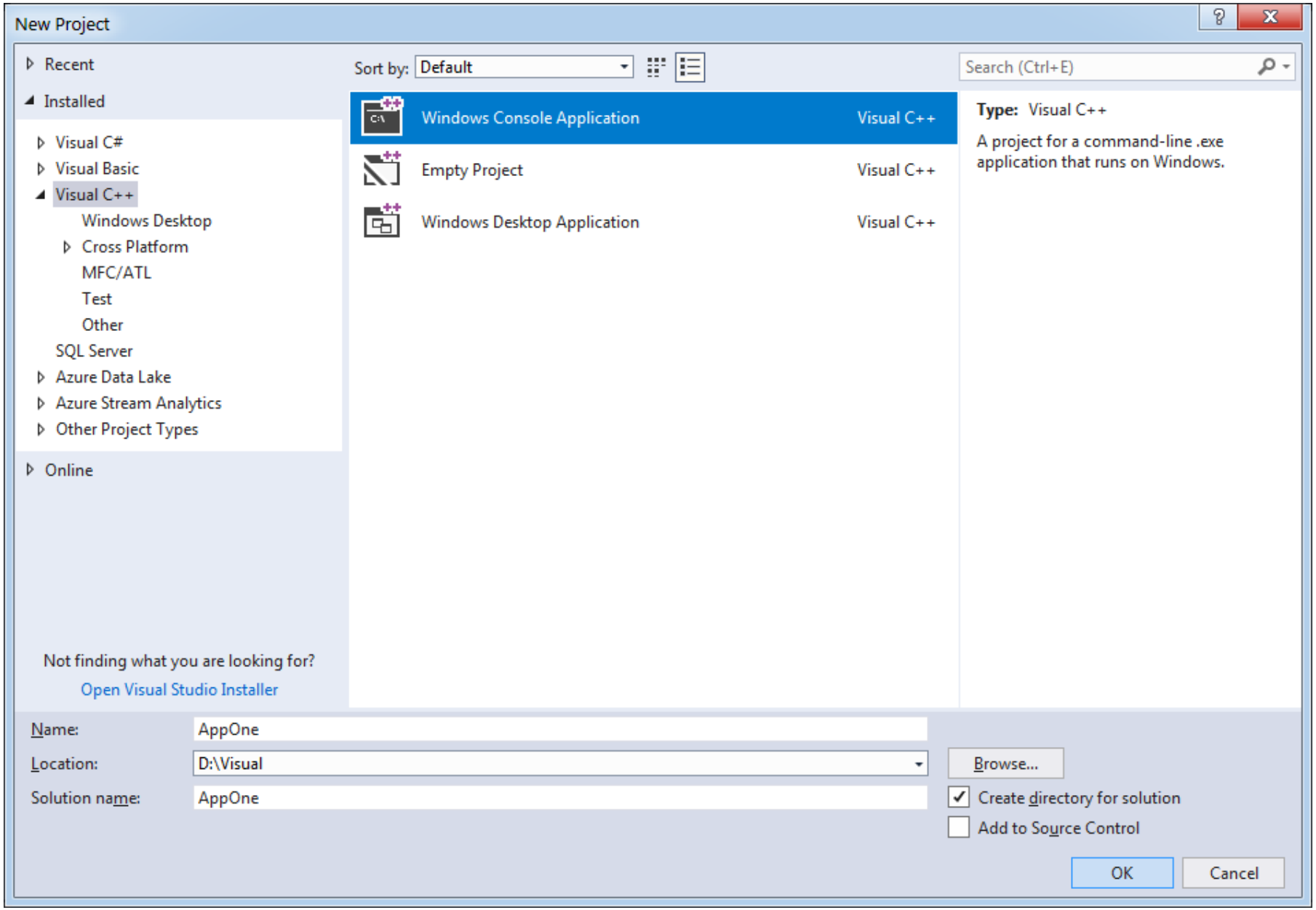
Paradygmat zakłada, że program jest cały czas bombardowany zdarzeniami, na które musi odpowiedzieć, i że przepływ sterowania w programie jest całkowicie niemożliwy do przewidzenia z góry.

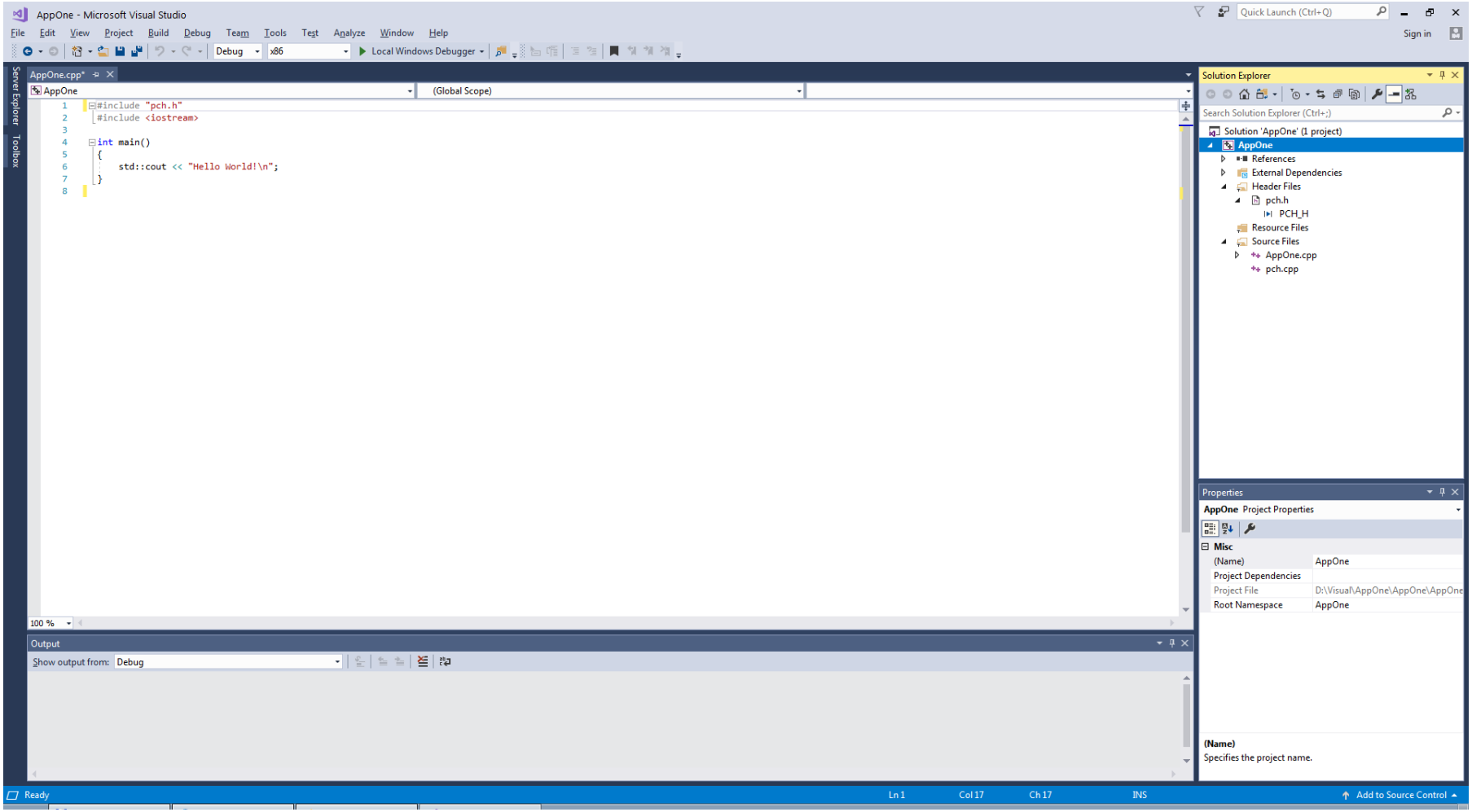
Programowanie zdarzeniowe jest dominującym typem programowania związanego z **graficznym interfejsem użytkownika** (*Graphical User Interface*) – zdarzenia to naciśnięcia myszy, klawiszy, żądania odświeżenia przez system okienkowy, różne zdarzenia sieciowe i inne.

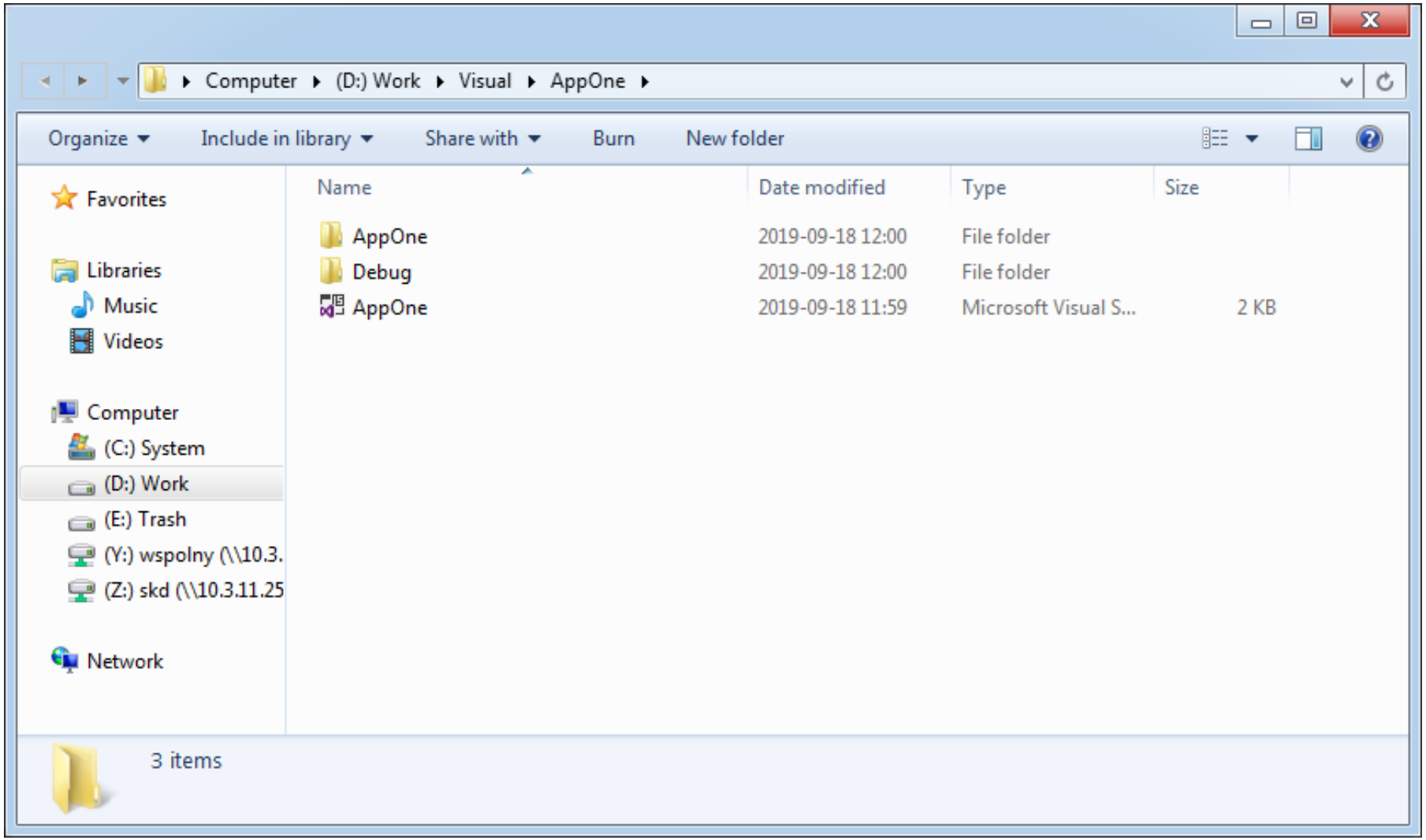
W programowaniu zdarzeniowym ważne jest żeby nie obsługiwać zbyt długo danego zdarzenia, bo blokuje się w ten sposób obsługę innych. W przypadku serwerów obniżyło by to znacznie wydajność, w przypadku GUI program zbyt wolno odpowiadałby na akcje użytkownika.

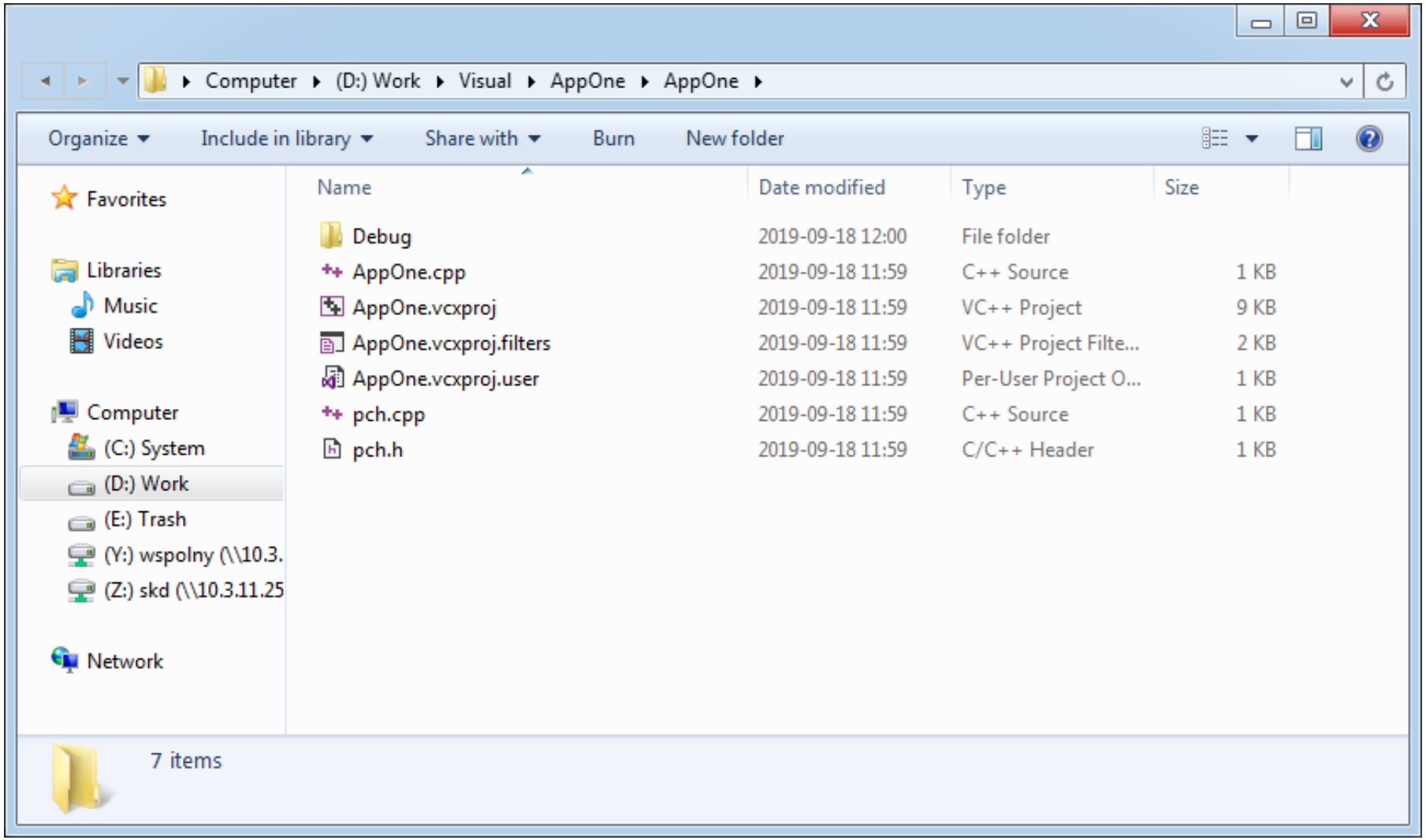
Można to osiągnąć za pomocą asynchronicznego I/O, wielowątkowości, rozbijania zdarzenia na podzdarzenia i wielu innych mechanizmów.

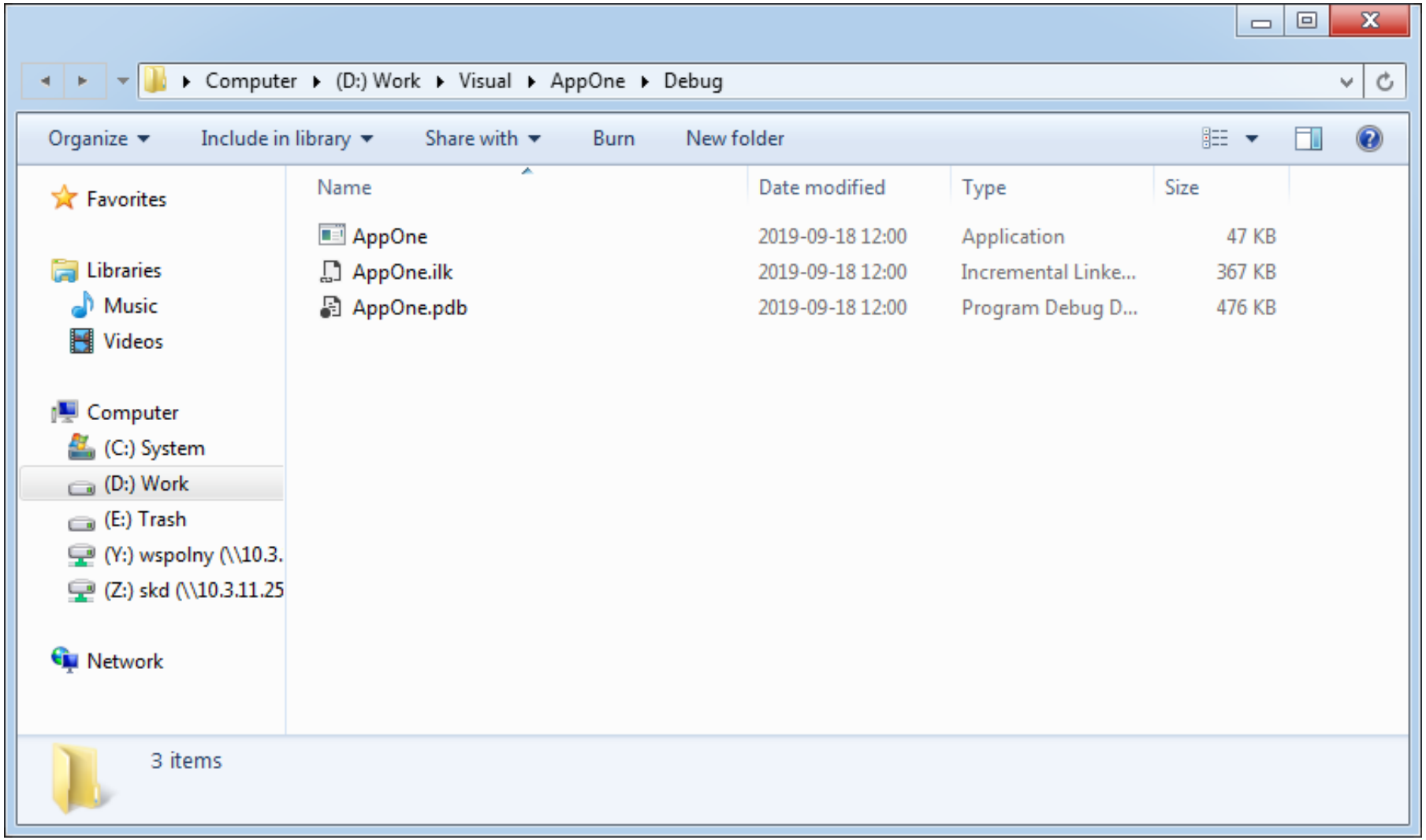
Środowisko programowania Visual Studio - Windows




AppOne - Microsoft Visual Studio
File Edit View Project Build Debug Team Tools Test Analyze Window Help
Debug
x86
Local Windows Debugger
Sign in
Quick Launch (Ctrl+Q)
AppOne.cpp*
AppOne
(Global Scope)
#include "pch.h"
#include <iostream>
int main()
{
std::cout << "Hello World!\n";
}
100 %
Output
Show output from: Debug
Solution Explorer
Search Solution Explorer (Ctrl+;)
Solution 'AppOne' (1 project)
AppOne
References
External Dependencies
Header Files
pch.h
PCH_H
Resource Files
Source Files
AppOne.cpp
pch.cpp
Properties
AppOne Project Properties
Misc
(Name) AppOne
Project Dependencies
Project File D:\Visual\AppOne\AppOne\AppOne
Root Namespace AppOne
(Name)
Specifies the project name.
Ready
Ln 1
Col 17
Ch 17
INS
Add to Source Control


Computer ▸ (D:) Work ▸ Visual ▸ AppOne ▸
Organize
Include in library
Share with
Burn
New folder
Favorites
Libraries
Music
Videos
Computer
(C:) System
(D:) Work
(E:) Trash
(Y:) wspolny (\\10.3.
(Z:) skd (\\10.3.11.25
Network
Name
Date modified
Type
Size
AppOne
2019-09-18 12:00
File folder
Debug
2019-09-18 12:00
File folder
AppOne
2019-09-18 11:59
Microsoft Visual S...
2 KB
3 items


Computer ▸ (D:) Work ▸ Visual ▸ AppOne ▸ AppOne ▸
Organize
Include in library
Share with
Burn
New folder
Favorites
Libraries
Music
Videos
Computer
(C:) System
(D:) Work
(E:) Trash
(Y:) wspolny (\\10.3.
(Z:) skd (\\10.3.11.25
Network
Name
Date modified
Type
Size
Debug 2019-09-18 12:00 File folder
AppOne.cpp 2019-09-18 11:59 C++ Source 1 KB
AppOne.vcxproj 2019-09-18 11:59 VC++ Project 9 KB
AppOne.vcxproj.filters 2019-09-18 11:59 VC++ Project Filte... 2 KB
AppOne.vcxproj.user 2019-09-18 11:59 Per-User Project O... 1 KB
pch.cpp 2019-09-18 11:59 C++ Source 1 KB
pch.h 2019-09-18 11:59 C/C++ Header 1 KB
7 items


Computer ▸ (D:) Work ▸ Visual ▸ AppOne ▸ Debug
Organize
Include in library
Share with
Burn
New folder
Favorites
Libraries
Music
Videos
Computer
(C:) System
(D:) Work
(E:) Trash
(Y:) wspolny (\\10.3.
(Z:) skd (\\10.3.11.25
Network
Name
Date modified
Type
Size
AppOne
2019-09-18 12:00
Application
47 KB
AppOne.ilk
2019-09-18 12:00
Incremental Linke...
367 KB
AppOne.pdb
2019-09-18 12:00
Program Debug D...
476 KB
3 items

Struktura domyślnego projektu

Plik `*.sln` – plik *rozwiązania*, przechowuje globalne informacje o rozwiązaniu (rodzaj kontenera projektów). Rozwiązanie może zawierać projekty wykorzystujące rożne technologie i języki programowania.

Lister - [D:\Visual\AppOne\AppOne.sln]

File Edit Options Encoding Help 100 %

```
Microsoft Visual Studio Solution File, Format Version 12.00
# Visual Studio 15
VisualStudioVersion = 15.0.28307.852
MinimumVisualStudioVersion = 10.0.40219.1
Project("{8BC9CEB8-8B4A-11D0-8D11-00A0C91BC942}") = "AppOne", "AppOne\AppOne.vcxproj", "{44E04467-93A1-4015-8CC6-70A619274
EndProject
Global
        GlobalSection(SolutionConfigurationPlatforms) = preSolution
                Debug|x64 = Debug|x64
                Debug|x86 = Debug|x86
                Release|x64 = Release|x64
                Release|x86 = Release|x86
        EndGlobalSection
        GlobalSection(ProjectConfigurationPlatforms) = postSolution
                {44E04467-93A1-4015-8CC6-70A61927474D}.Debug|x64.ActiveCfg = Debug|x64
                {44E04467-93A1-4015-8CC6-70A61927474D}.Debug|x64.Build.0 = Debug|x64
                {44E04467-93A1-4015-8CC6-70A61927474D}.Debug|x86.ActiveCfg = Debug|Win32
                {44E04467-93A1-4015-8CC6-70A61927474D}.Debug|x86.Build.0 = Debug|Win32
                {44E04467-93A1-4015-8CC6-70A61927474D}.Release|x64.ActiveCfg = Release|x64
                {44E04467-93A1-4015-8CC6-70A61927474D}.Release|x64.Build.0 = Release|x64
                {44E04467-93A1-4015-8CC6-70A61927474D}.Release|x86.ActiveCfg = Release|Win32
                {44E04467-93A1-4015-8CC6-70A61927474D}.Release|x86.Build.0 = Release|Win32
        EndGlobalSection
        GlobalSection(SolutionProperties) = preSolution
                HideSolutionNode = FALSE
        EndGlobalSection
        GlobalSection(ExtensibilityGlobals) = postSolution
                SolutionGuid = {7FEB9663-D918-44FD-9D70-3C2B4DDFF7FD}
        EndGlobalSection
EndGlobal
```

Plik `*.vcxproj` – plik *projektu*, przechowuje informacje specyficzne dla każdego projektu.

Lister - [D:\Visual\AppOne\AppOne\AppOne.vcxproj]

File Edit Options Encoding Help 18 %

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<Project DefaultTargets="Build" ToolsVersion="15.0"
xmlns="http://schemas.microsoft.com/developer/msbuild/2003">
  <ItemGroup Label="ProjectConfigurations">
    <ProjectConfiguration Include="Debug|Win32">
      <Configuration>Debug</Configuration>
      <Platform>Win32</Platform>
    </ProjectConfiguration>
    <ProjectConfiguration Include="Release|Win32">
      <Configuration>Release</Configuration>
      <Platform>Win32</Platform>
    </ProjectConfiguration>
    <ProjectConfiguration Include="Debug|x64">
      <Configuration>Debug</Configuration>
      <Platform>x64</Platform>
    </ProjectConfiguration>
    <ProjectConfiguration Include="Release|x64">
      <Configuration>Release</Configuration>
      <Platform>x64</Platform>
    </ProjectConfiguration>
  </ItemGroup>
  <PropertyGroup Label="Globals">
    <VCProjectVersion>15.0</VCProjectVersion>
    <ProjectGuid>{44E04467-93A1-4015-8CC6-70A61927474D}</ProjectGuid>
    <Keyword>Win32Proj</Keyword>
    <RootNamespace>AppOne</RootNamespace>
    <WindowsTargetPlatformVersion>10.0.17763.0</WindowsTargetPlatformVersion>
  </PropertyGroup>
  <Import Project="$(VCTargetsPath)\Microsoft.Cpp.Default.props" />
  <PropertyGroup Condition="'$(Configuration)|$(Platform)'=='Debug|Win32'"
Label="Configuration">
    <ConfigurationType>Application</ConfigurationType>
    <UseDebugLibraries>true</UseDebugLibraries>
```

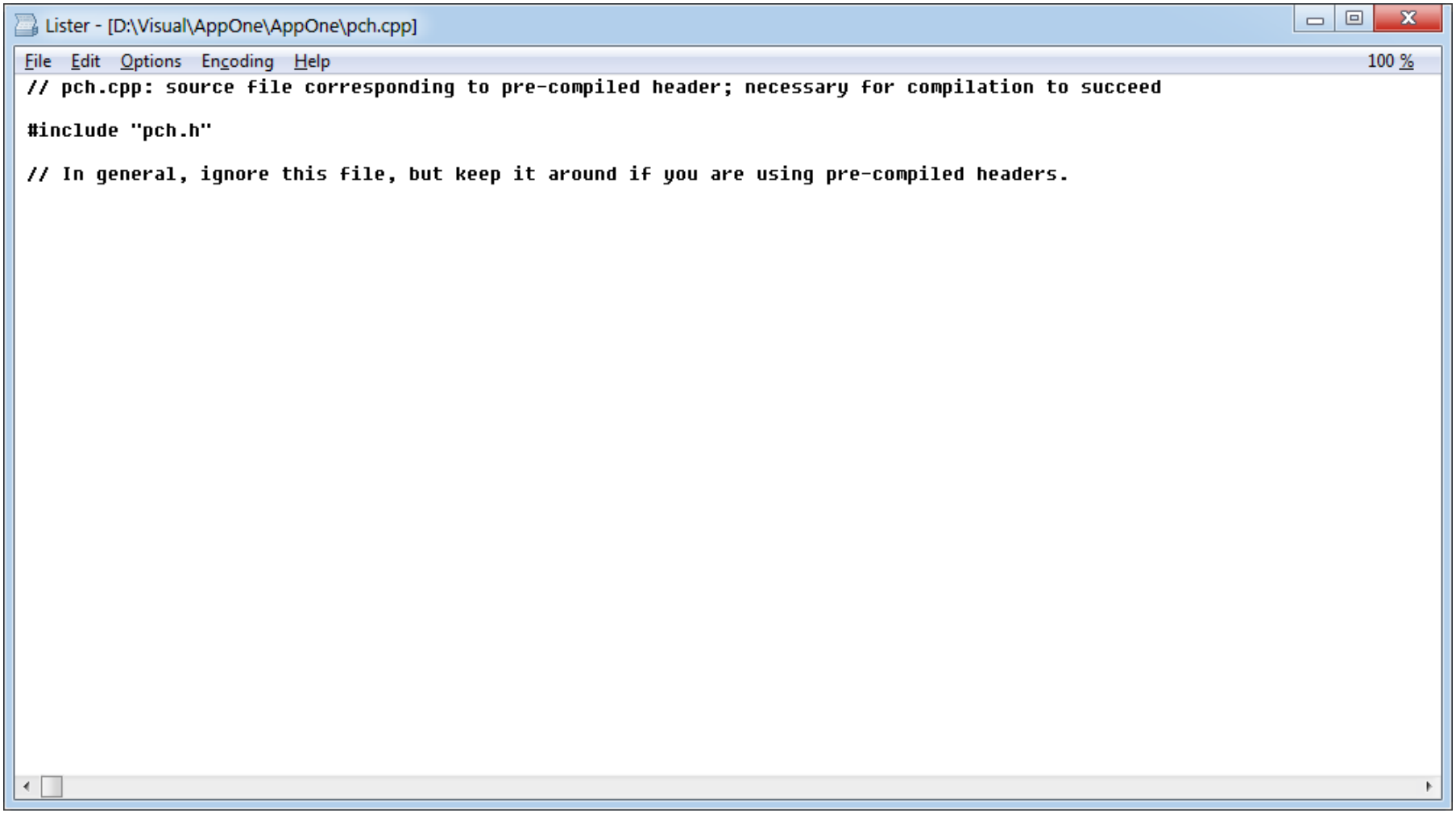
Plik `*.vcxproj.user` – plik *filtrów*, określa miejsce umieszczenia pliku, który jest dodawany do rozwiązania.

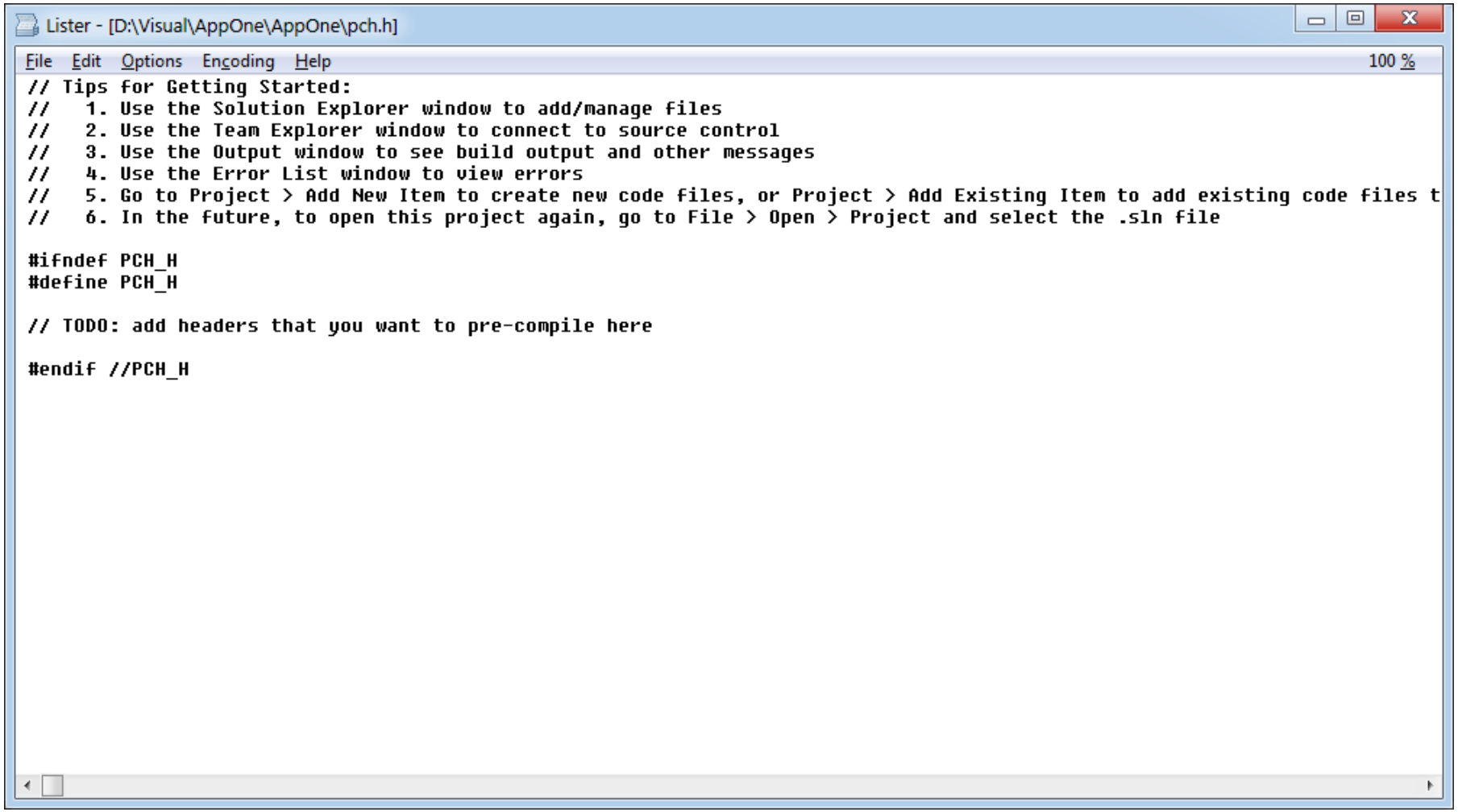
Lister - [D:\Visual\AppOne\AppOne\AppOne.vcxproj.filters]

File Edit Options Encoding Help 100 %

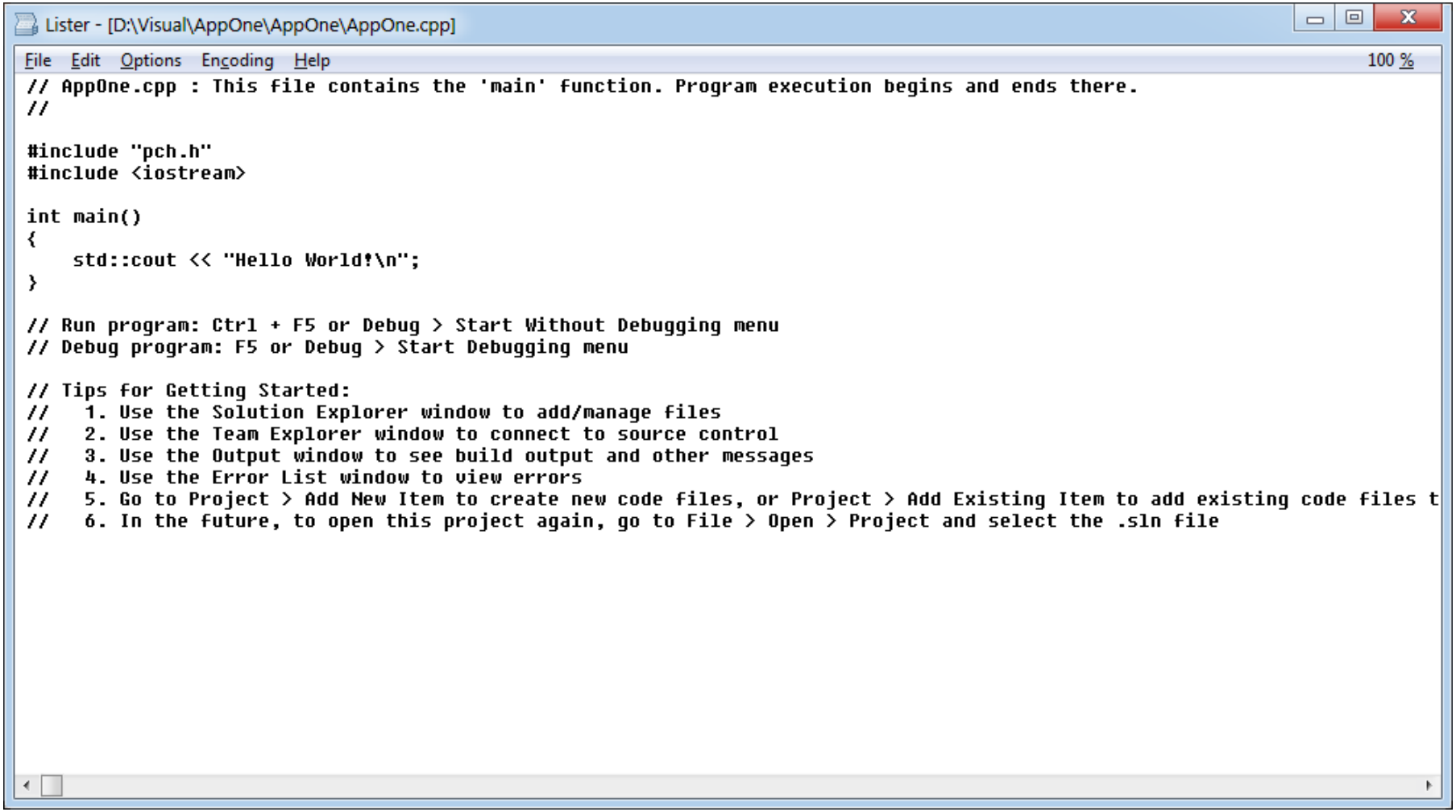
```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<Project ToolsVersion="4.0" xmlns="http://schemas.microsoft.com/developer/msbuild/2003">
  <ItemGroup>
    <Filter Include="Source Files">
      <UniqueIdentifier>{4FC737F1-C7A5-4376-A066-2A32D752A2FF}</UniqueIdentifier>
      <Extensions>cpp;c;cc;cxx;def;odl;idl;hpj;bat;asm;asmx</Extensions>
    </Filter>
    <Filter Include="Header Files">
      <UniqueIdentifier>{93995380-89BD-4b04-88EB-625FBE52EBFB}</UniqueIdentifier>
      <Extensions>h;hh;hpp;hxx;hm;inl;inc;ipp;xsd</Extensions>
    </Filter>
    <Filter Include="Resource Files">
      <UniqueIdentifier>{67DA6AB6-F800-4c08-8B7A-83BB121AAD01}</UniqueIdentifier>
      <Extensions>rc;ico;cur;bmp;dlg;rc2;rct;bin;rgs;gif;jpg;jpeg;jpe;resx;tiff;tif;png;wav;mfcribbon-ms</Extensions>
    </Filter>
  </ItemGroup>
  <ItemGroup>
    <ClInclude Include="pch.h">
      <Filter>Header Files</Filter>
    </ClInclude>
  </ItemGroup>
  <ItemGroup>
    <ClCompile Include="pch.cpp">
      <Filter>Source Files</Filter>
    </ClCompile>
    <ClCompile Include="AppOne.cpp">
      <Filter>Source Files</Filter>
    </ClCompile>
  </ItemGroup>
</Project>
```

Pliki `pch.cpp` i `pch.h` – pliki *prekompilowanych nagłówków*, ich celem jest przyspieszenie procesu kompilacji; wszystkie stabilne pliki nagłówkowe, powinny być zawarte w tym miejscu.

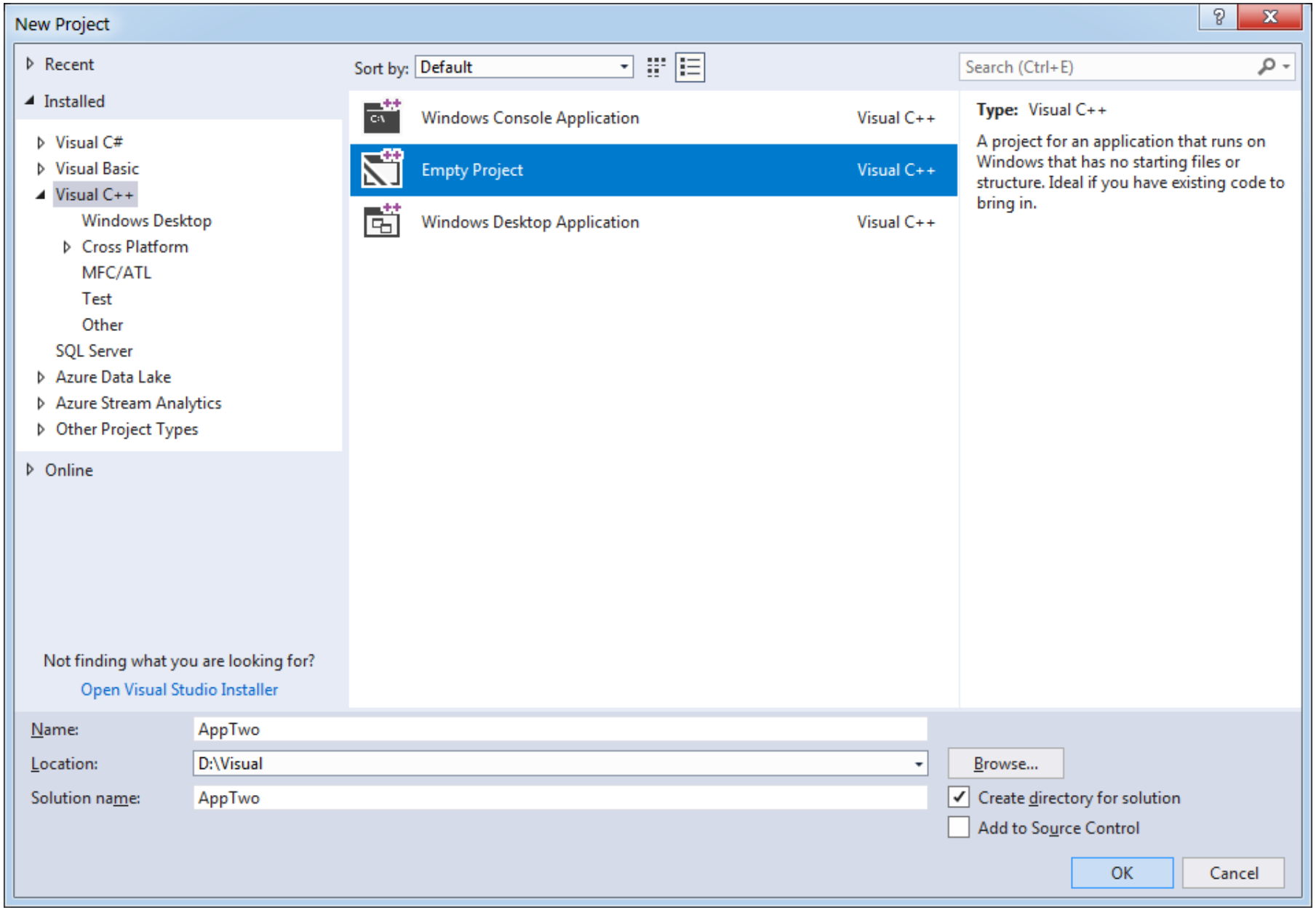


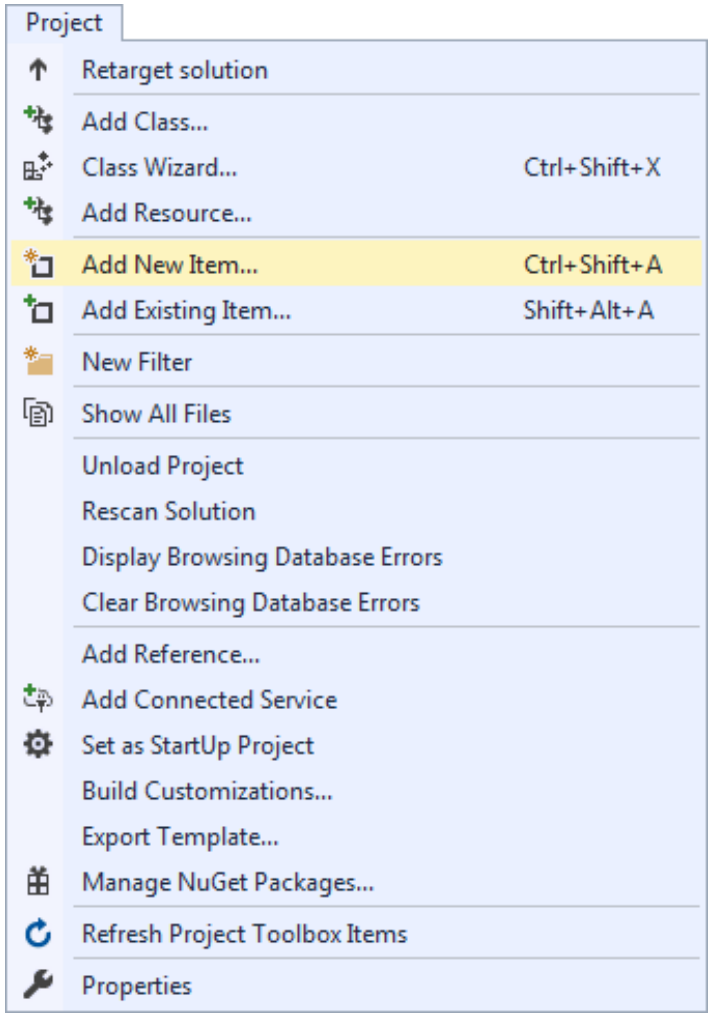

Lister - [D:\Visual\AppOne\AppOne\pch.h]
File Edit Options Encoding Help
100 %
// Tips for Getting Started:
//   1. Use the Solution Explorer window to add/manage files
//   2. Use the Team Explorer window to connect to source control
//   3. Use the Output window to see build output and other messages
//   4. Use the Error List window to view errors
//   5. Go to Project > Add New Item to create new code files, or Project > Add Existing Item to add existing code files t
//   6. In the future, to open this project again, go to File > Open > Project and select the .sln file
#ifndef PCH_H
#define PCH_H
// TODO: add headers that you want to pre-compile here
#endif //PCH_H

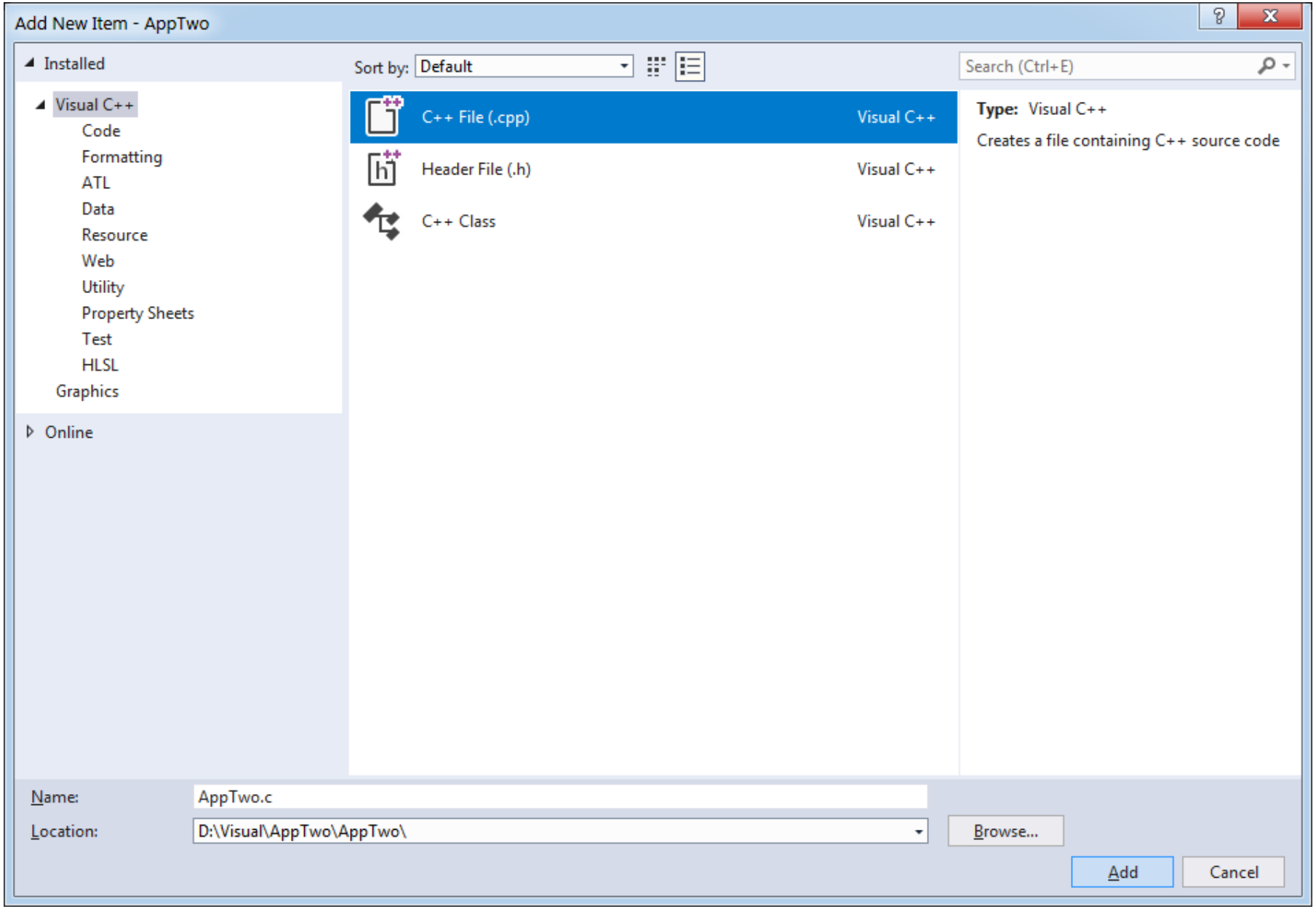
Plik `*.cpp` – plik *źródłowy*, zawiera kod źródłowy programu.

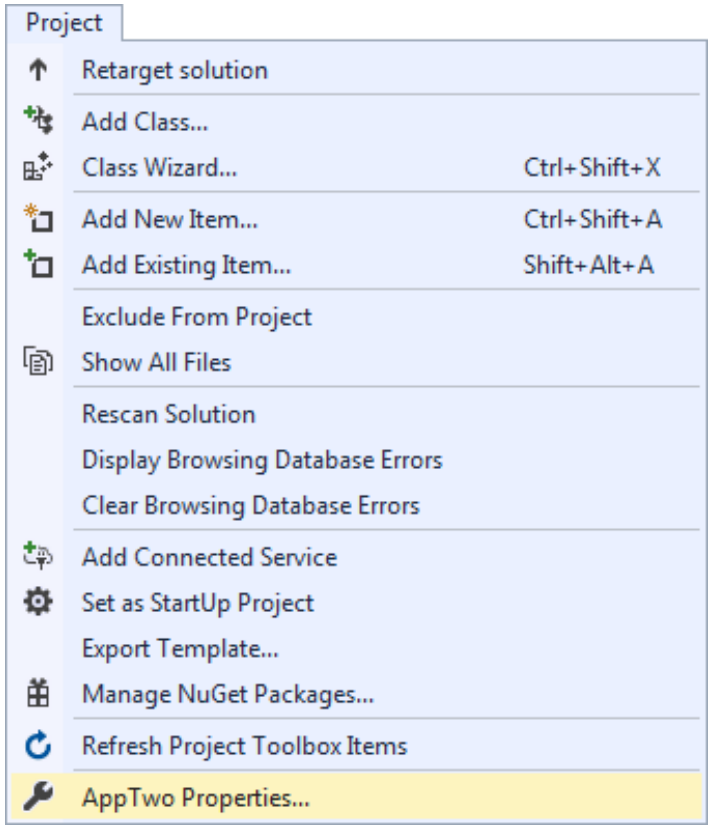


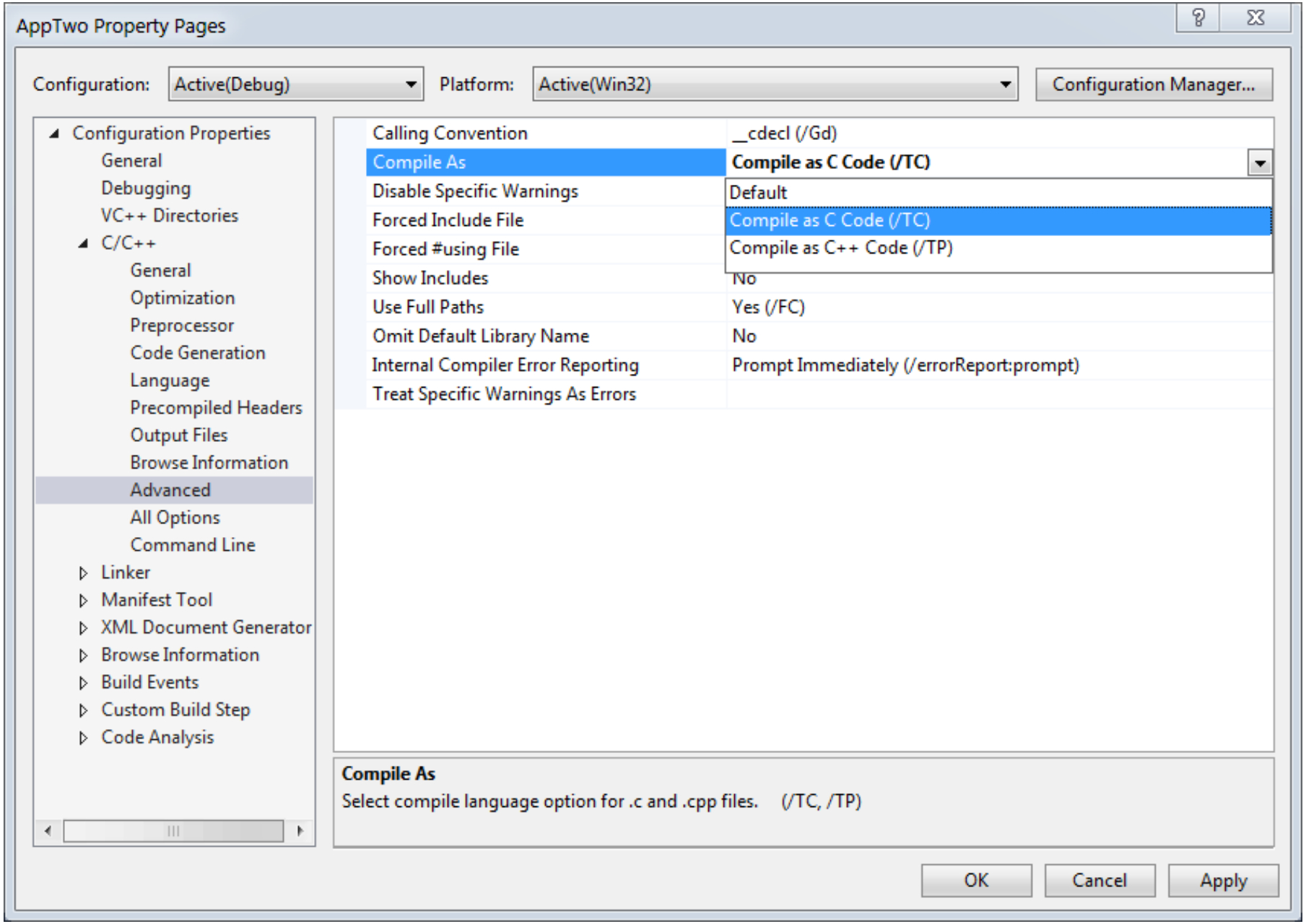
Projekt w języku C

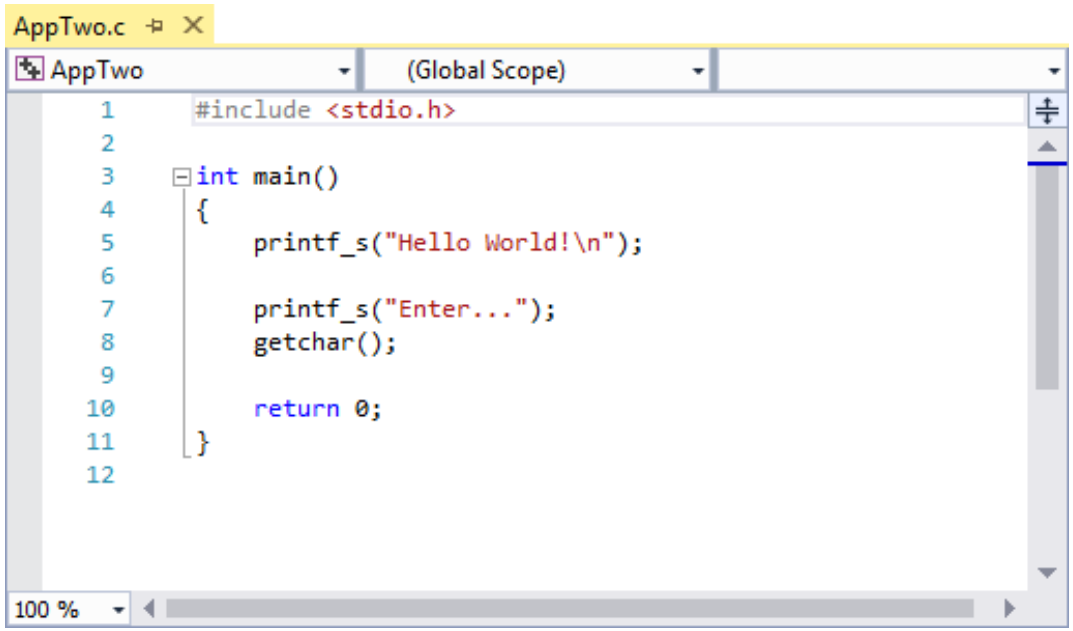



Project
Retarget solution
Add Class...
Class Wizard... Ctrl+Shift+X
Add Resource...
Add New Item... Ctrl+Shift+A
Add Existing Item... Shift+Alt+A
New Filter
Show All Files
Unload Project
Rescan Solution
Display Browsing Database Errors
Clear Browsing Database Errors
Add Reference...
Add Connected Service
Set as StartUp Project
Build Customizations...
Export Template...
Manage NuGet Packages...
Refresh Project Toolbox Items
Properties


Add New Item - AppTwo
Installed
Visual C++
Code
Formatting
ATL
Data
Resource
Web
Utility
Property Sheets
Test
HLSL
Graphics
Online
Sort by: Default
Search (Ctrl+E)
C++ File (.cpp) Visual C++
Header File (.h) Visual C++
C++ Class Visual C++
Type: Visual C++
Creates a file containing C++ source code
Name: AppTwo.c
Location: D:\Visual\AppTwo\AppTwo\
Browse...
Add
Cancel

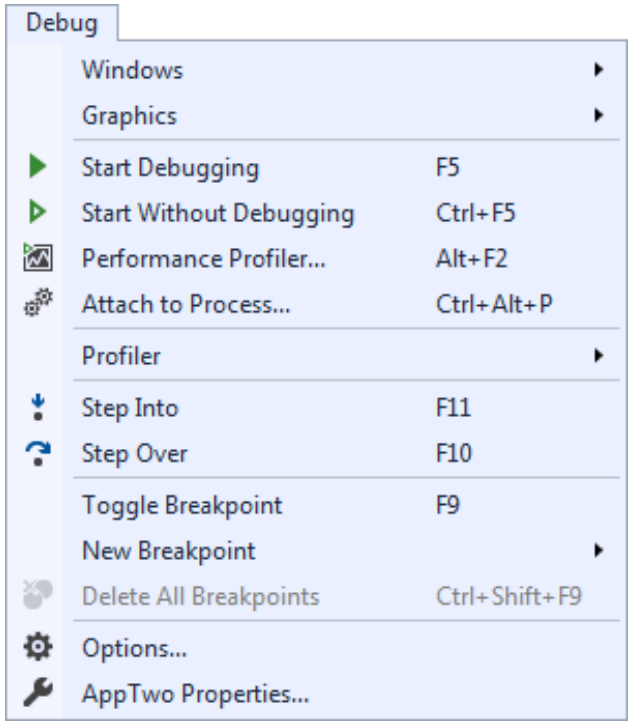

Project
Retarget solution
Add Class...
Class Wizard... Ctrl+Shift+X
Add New Item... Ctrl+Shift+A
Add Existing Item... Shift+Alt+A
Exclude From Project
Show All Files
Rescan Solution
Display Browsing Database Errors
Clear Browsing Database Errors
Add Connected Service
Set as StartUp Project
Export Template...
Manage NuGet Packages...
Refresh Project Toolbox Items
AppTwo Properties...

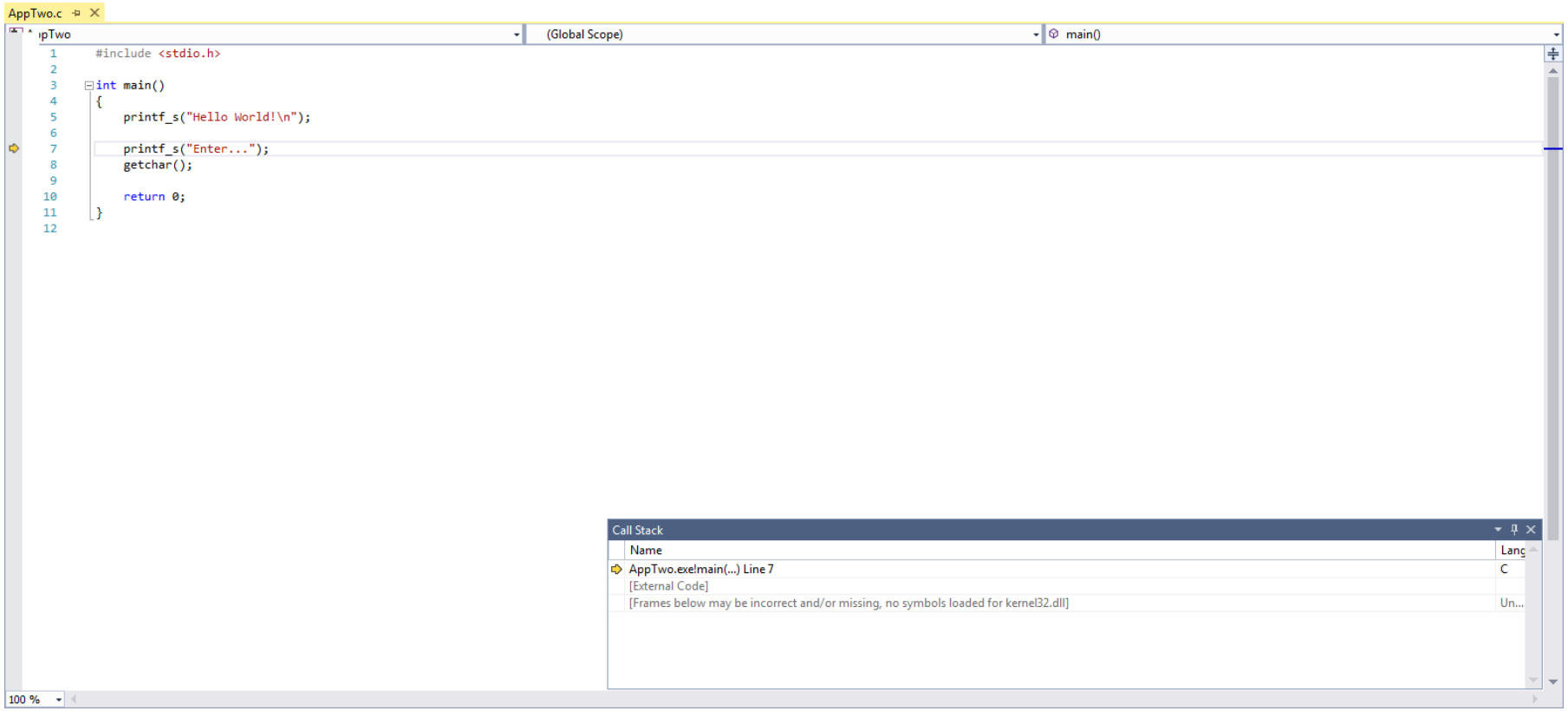

AppTwo Property Pages
Configuration: Active(Debug)
Platform: Active(Win32)
Configuration Manager...
Configuration Properties
General
Debugging
VC++ Directories
C/C++
General
Optimization
Preprocessor
Code Generation
Language
Precompiled Headers
Output Files
Browse Information
Advanced
All Options
Command Line
Linker
Manifest Tool
XML Document Generator
Browse Information
Build Events
Custom Build Step
Code Analysis
Calling Convention
__cdecl (/Gd)
Compile As
Compile as C Code (/TC)
Disable Specific Warnings
Default
Forced Include File
Compile as C Code (/TC)
Forced #using File
Compile as C++ Code (/TP)
Show Includes
No
Use Full Paths
Yes (/FC)
Omit Default Library Name
No
Internal Compiler Error Reporting
Prompt Immediately (/errorReport:prompt)
Treat Specific Warnings As Errors
Compile As
Select compile language option for .c and .cpp files. (/TC, /TP)
OK
Cancel
Apply

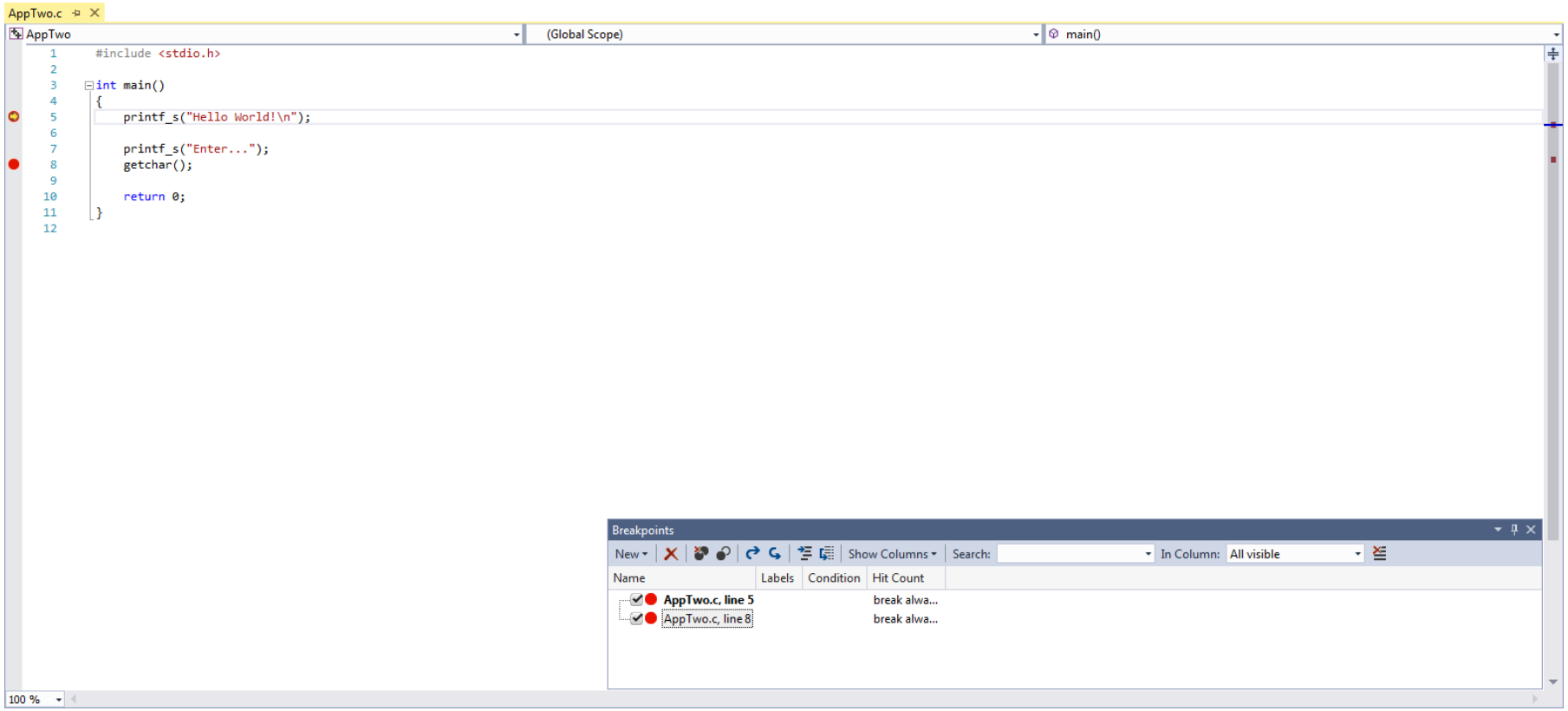

AppTwo.c
AppTwo
(Global Scope)
#include <stdio.h>
int main()
{
printf_s("Hello World!\n");
printf_s("Enter...");
getchar();
return 0;
}
100 %

Kompilowanie, debugowanie, śledzenie

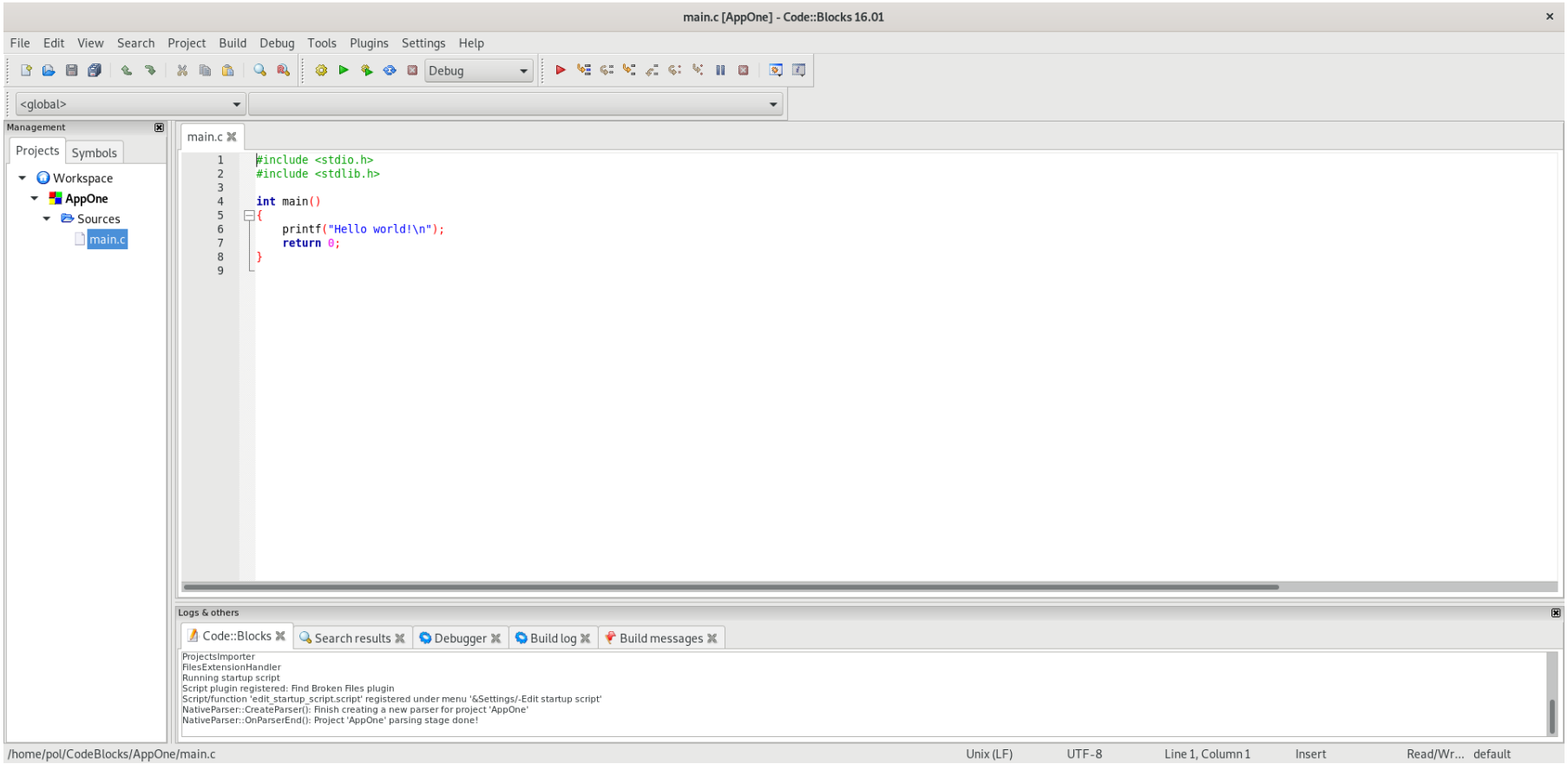
skróty klawiaturowe	
`[F5]`	start z nadzorowaniem (debugger) i kontynuacja wykonywania programu
`[CTRL F5]`	start bez debuggera
`[F11]`	krokowe wykonywanie programu
`[F10]`	krokowe wykonywanie programu, procedury i funkcje w jednym kroku
`[F9]`	wstawianie i usuwanie punktów przerwania (*Break Point*)



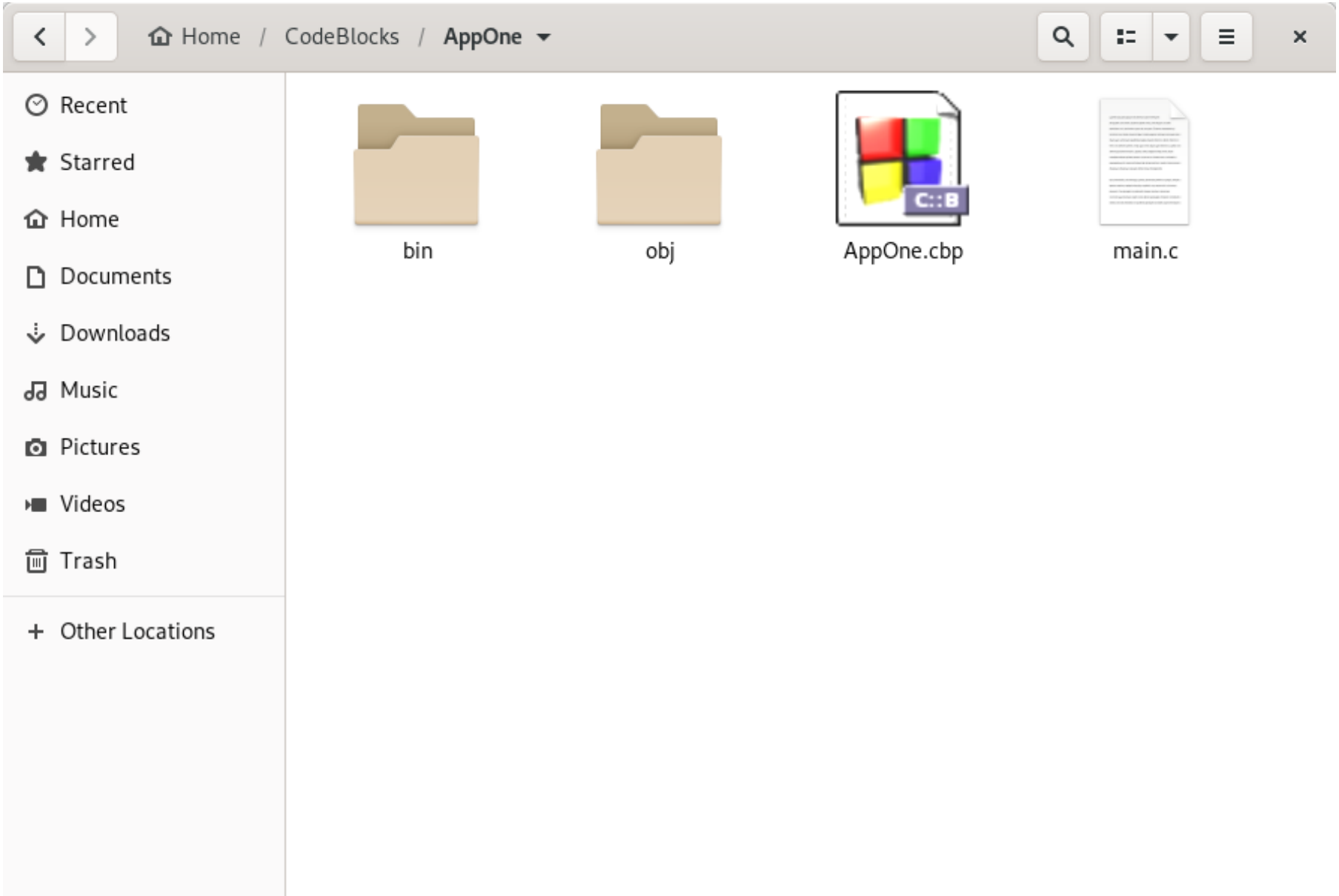

AppTwo.c
ppTwo
(Global Scope)
main()
#include <stdio.h>
int main()
{
printf_s("Hello World!\n");
printf_s("Enter...");
getchar();
return 0;
}
Call Stack
Name
Lang
AppTwo.exe!main(...) Line 7
C
[External Code]
[Frames below may be incorrect and/or missing, no symbols loaded for kernel32.dll]
Un...
100 %

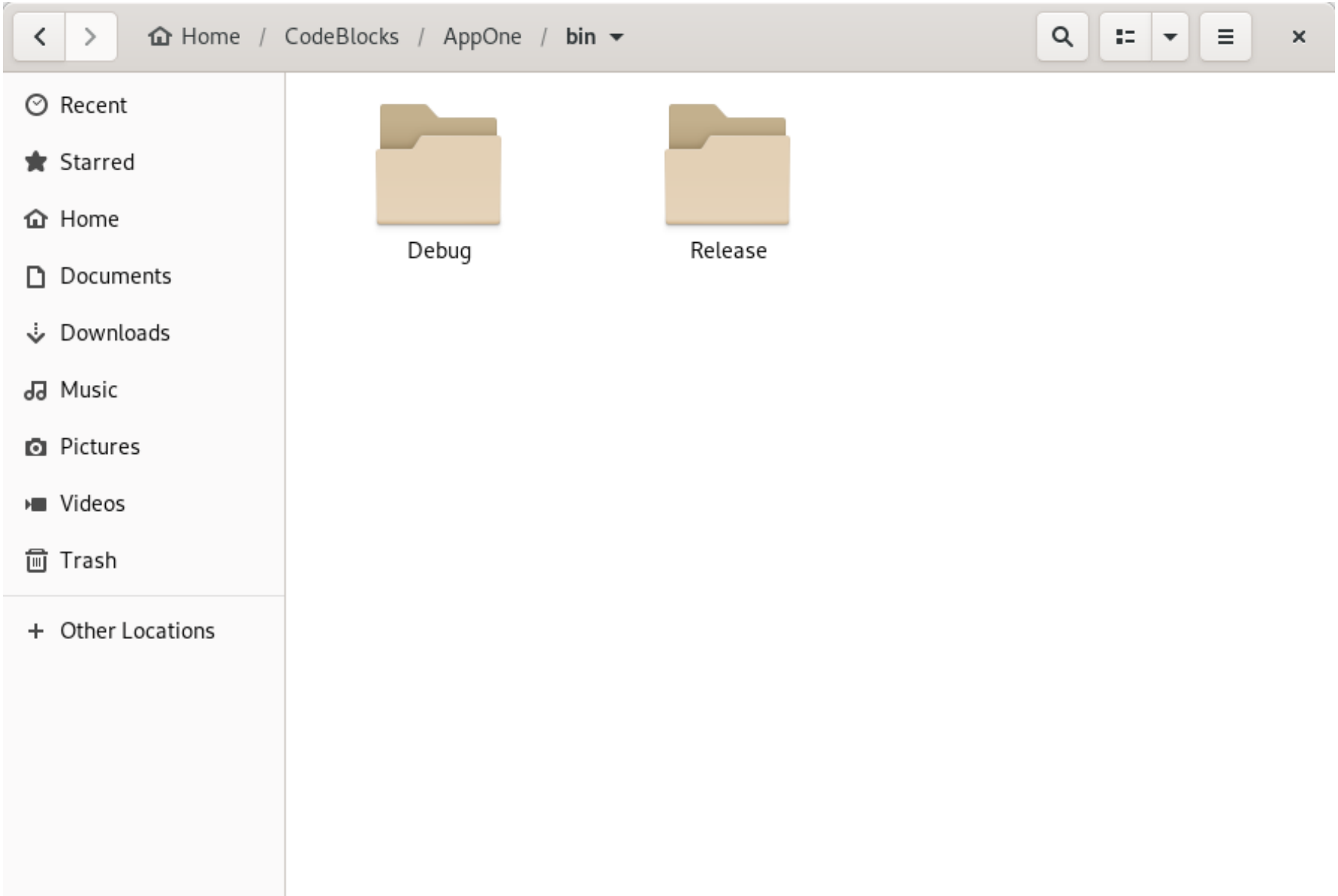

AppTwo.c
AppTwo
(Global Scope)
main()
#include <stdio.h>
int main()
{
printf_s("Hello World!\n");
printf_s("Enter...");
getchar();
return 0;
}
Breakpoints
New
Show Columns
Search:
In Column:
All visible
Name
Labels
Condition
Hit Count
AppTwo.c, line 5
break alwa...
AppTwo.c, line 8
break alwa...
100 %

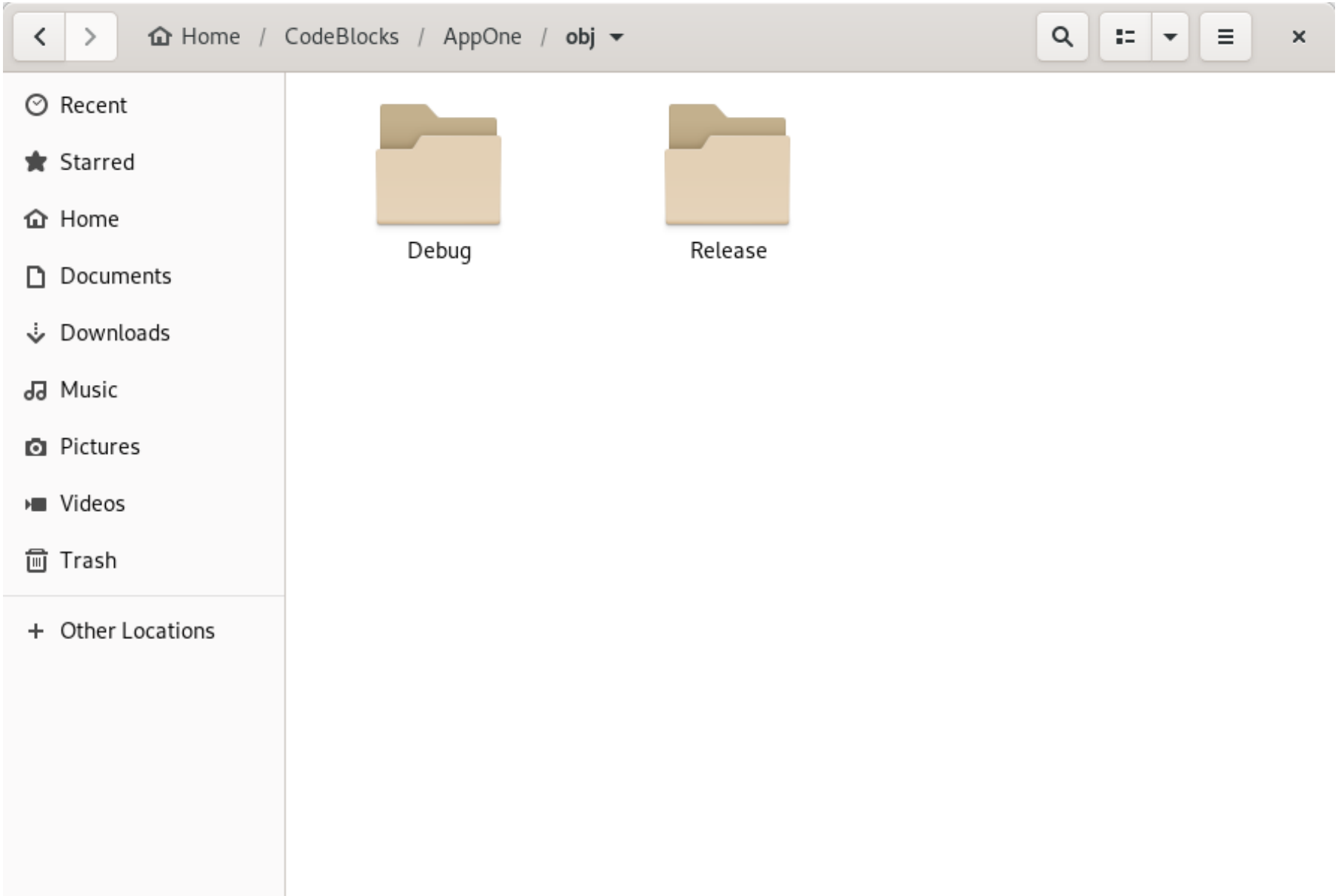
Środowisko programowania Code::Blocks - Linux

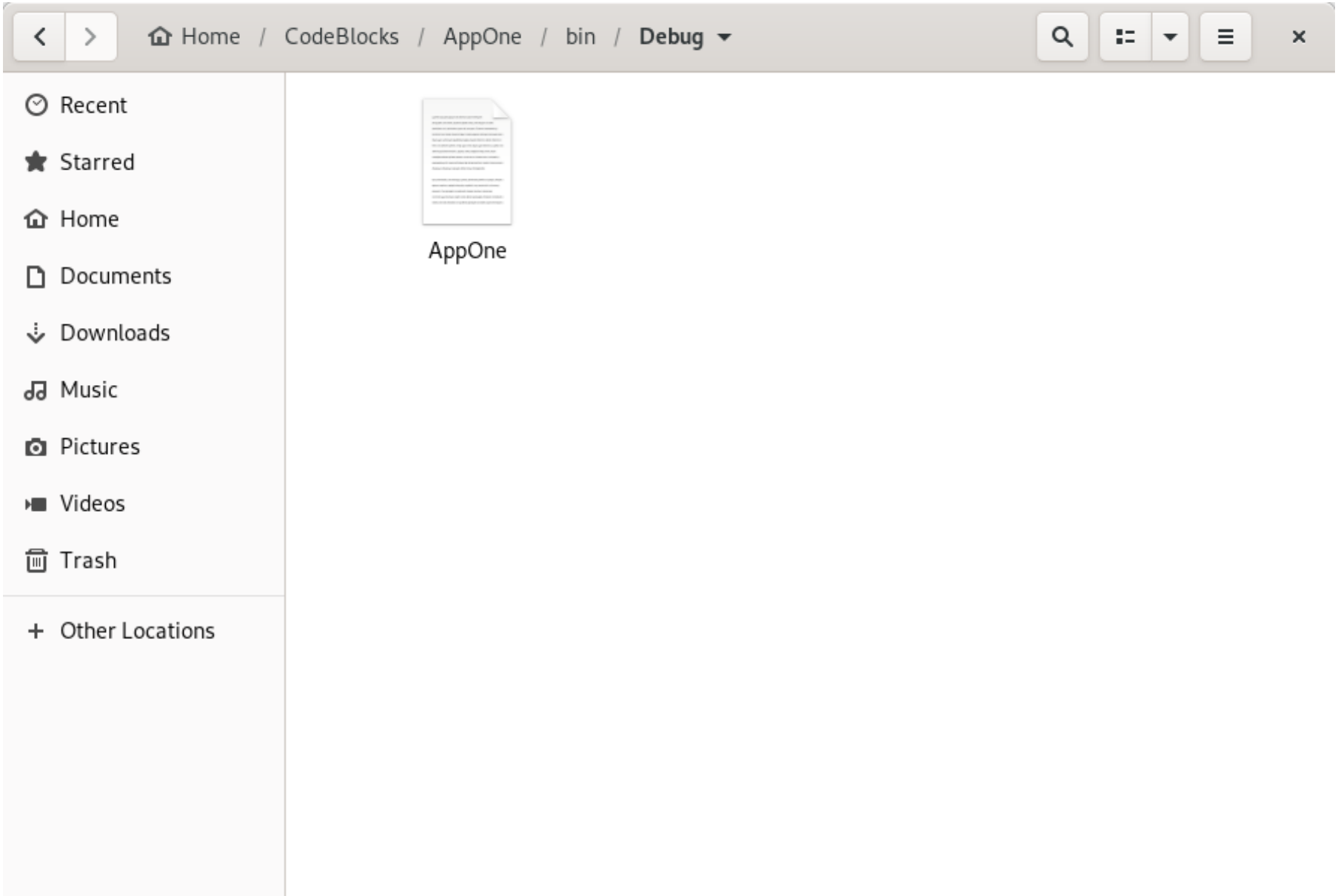


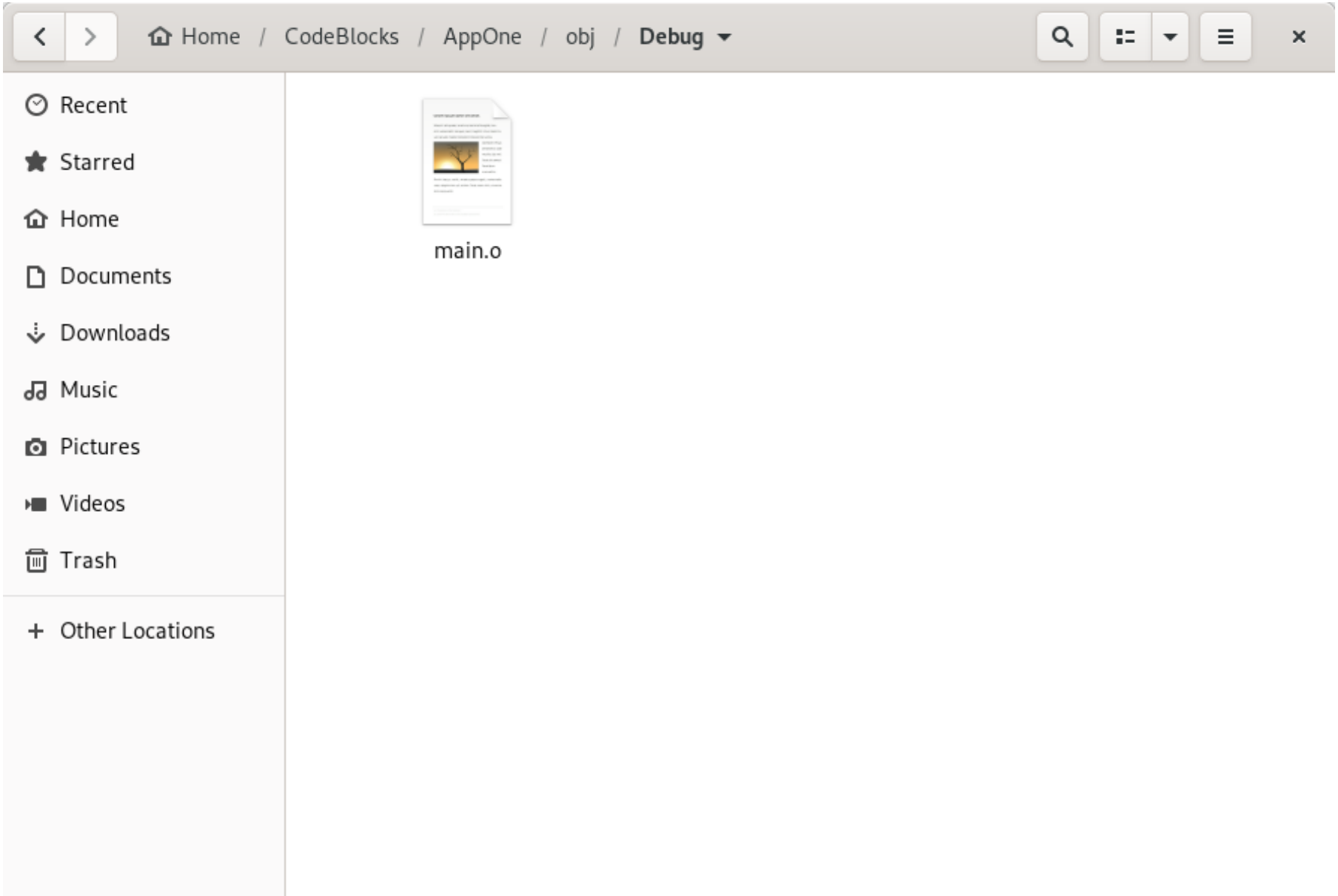
Pliki projektu




Home / CodeBlocks / AppOne / bin
Recent
Starred
Home
Documents
Downloads
Music
Pictures
Videos
Trash
Other Locations
Debug
Release

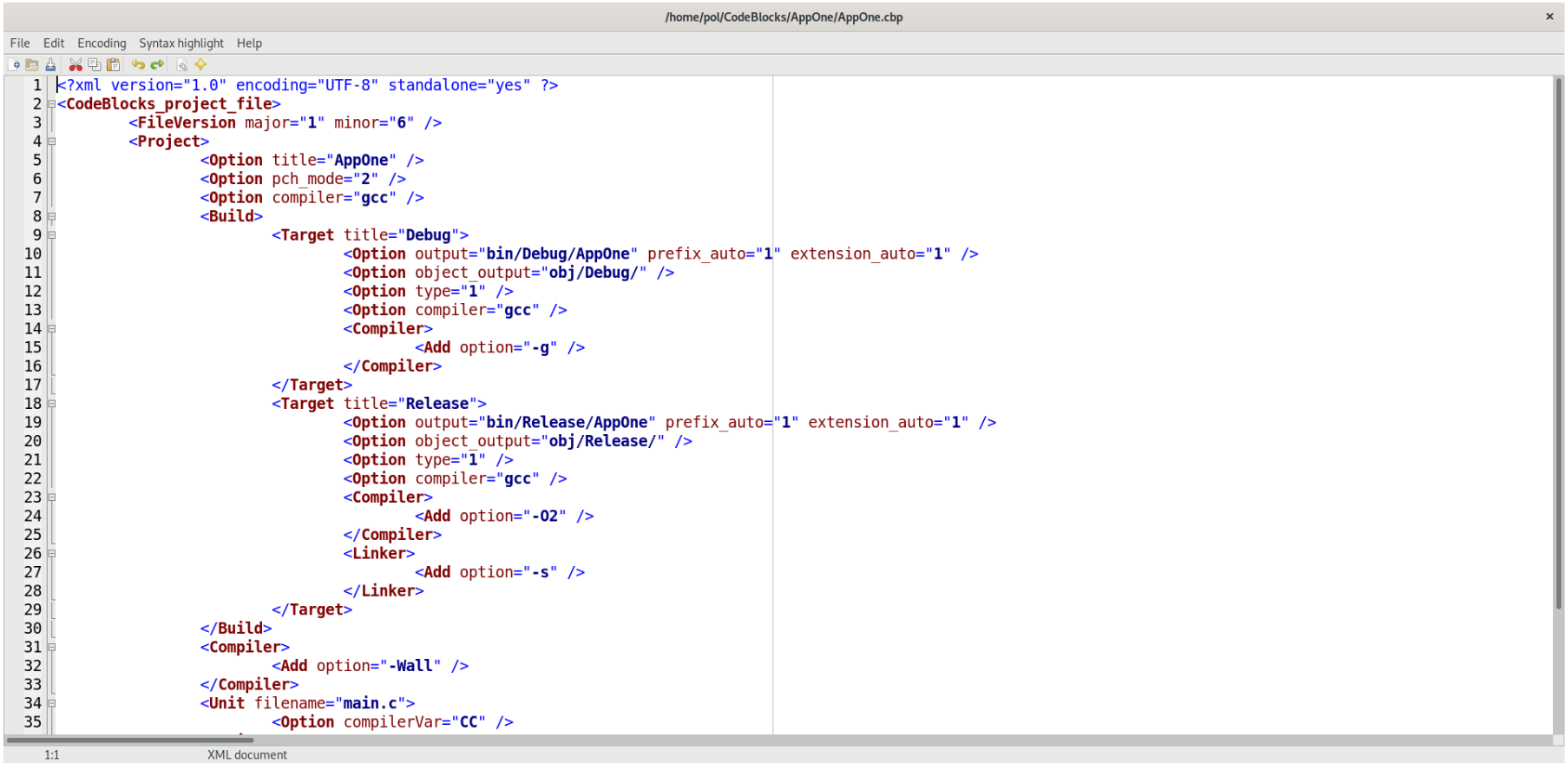

Home / CodeBlocks / AppOne / obj
Recent
Starred
Home
Documents
Downloads
Music
Pictures
Videos
Trash
Other Locations
Debug
Release


Home / CodeBlocks / AppOne / bin / Debug
Recent
Starred
Home
Documents
Downloads
Music
Pictures
Videos
Trash
Other Locations
AppOne


Home / CodeBlocks / AppOne / obj / Debug
Recent
Starred
Home
Documents
Downloads
Music
Pictures
Videos
Trash
Other Locations
main.o

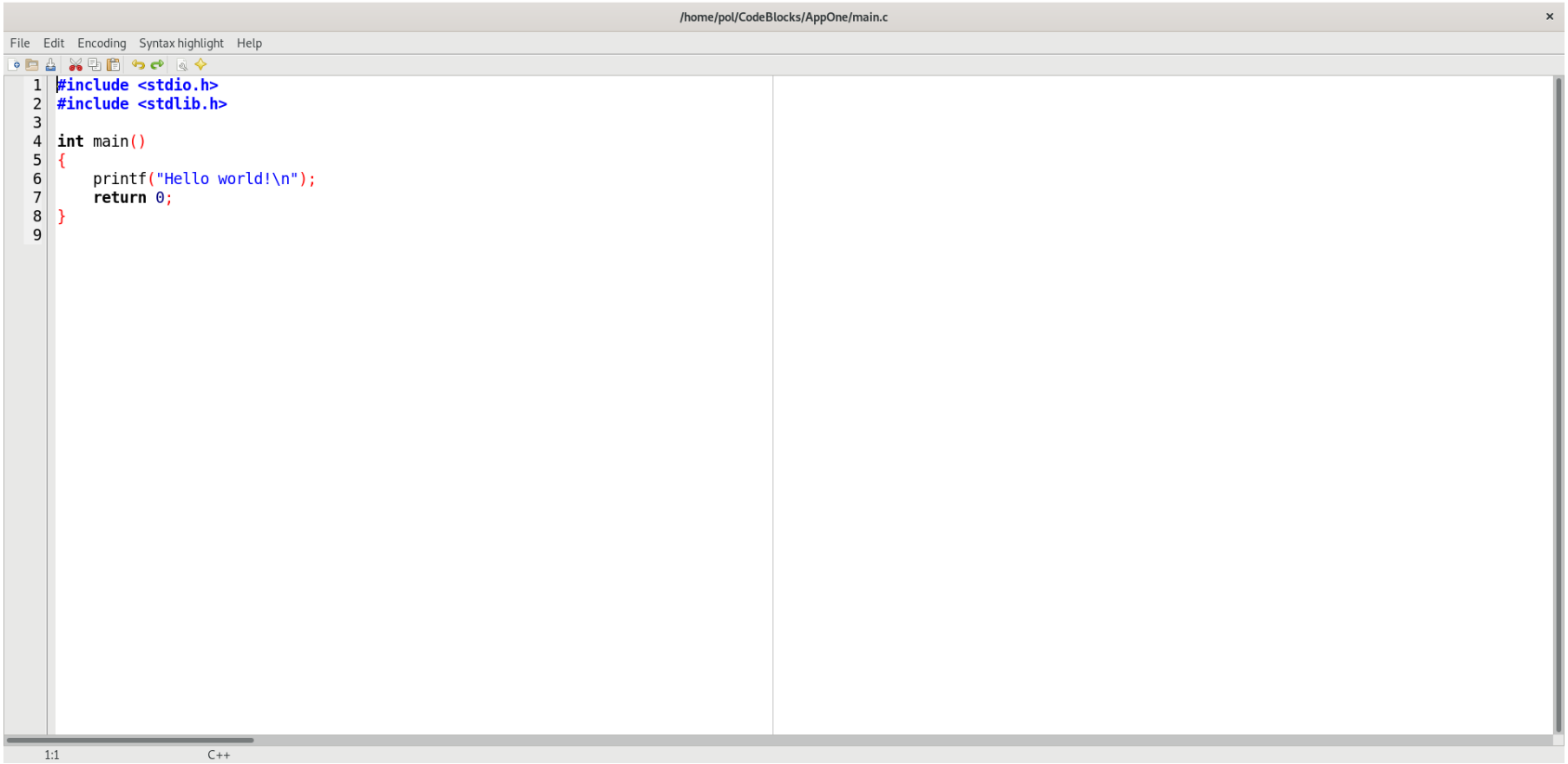
Struktura domyślnego projektu

Plik `*.cbp` – plik *projektu*, przechowuje informacje specyficzne dla każdego projektu.

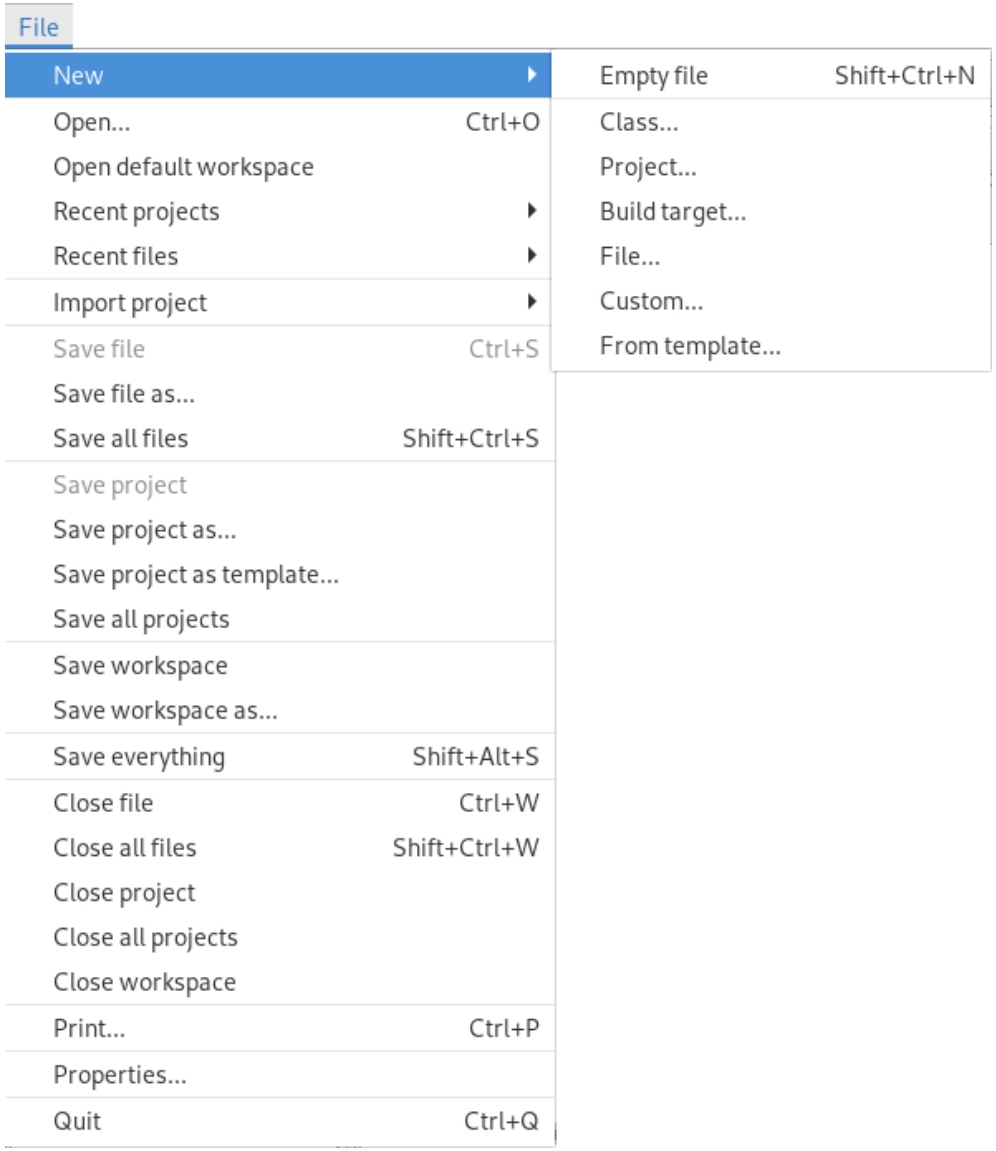


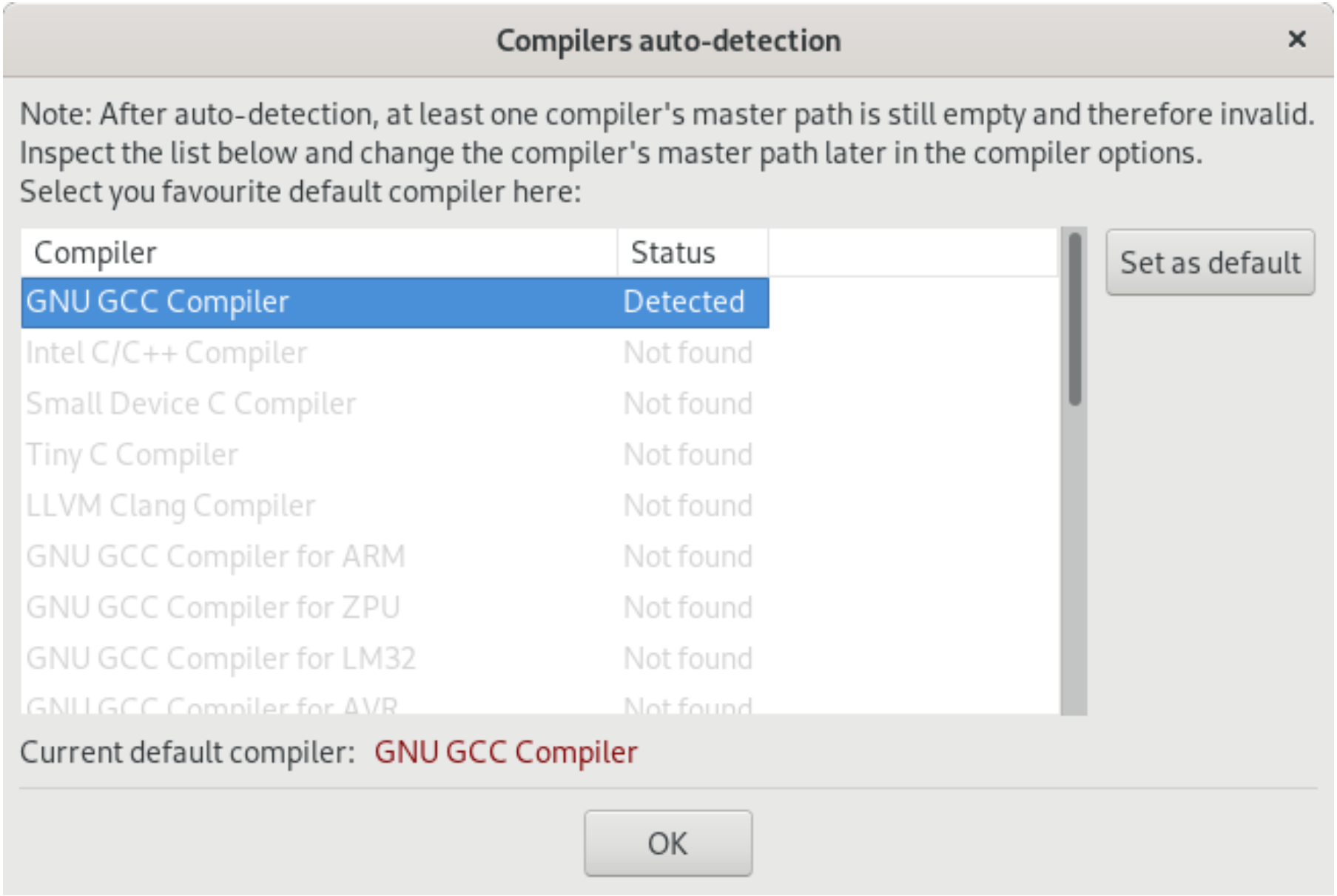

```xml
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="yes" ?>
<CodeBlocks_project_file>
	<FileVersion major="1" minor="6" />
	<Project>
		<Option title="AppOne" />
		<Option pch_mode="2" />
		<Option compiler="gcc" />
		<Build>
			<Target title="Debug">
				<Option output="bin/Debug/AppOne" prefix_auto="1" extension_auto="1" />
				<Option object_output="obj/Debug/" />
				<Option type="1" />
				<Option compiler="gcc" />
				<Compiler>
					<Add option="-g" />
				</Compiler>
			</Target>
			<Target title="Release">
				<Option output="bin/Release/AppOne" prefix_auto="1" extension_auto="1" />
				<Option object_output="obj/Release/" />
				<Option type="1" />
				<Option compiler="gcc" />
				<Compiler>
					<Add option="-O2" />
				</Compiler>
				<Linker>
					<Add option="-s" />
				</Linker>
			</Target>
		</Build>
		<Compiler>
			<Add option="-Wall" />
		</Compiler>
		<Unit filename="main.c">
			<Option compilerVar="CC" />
```

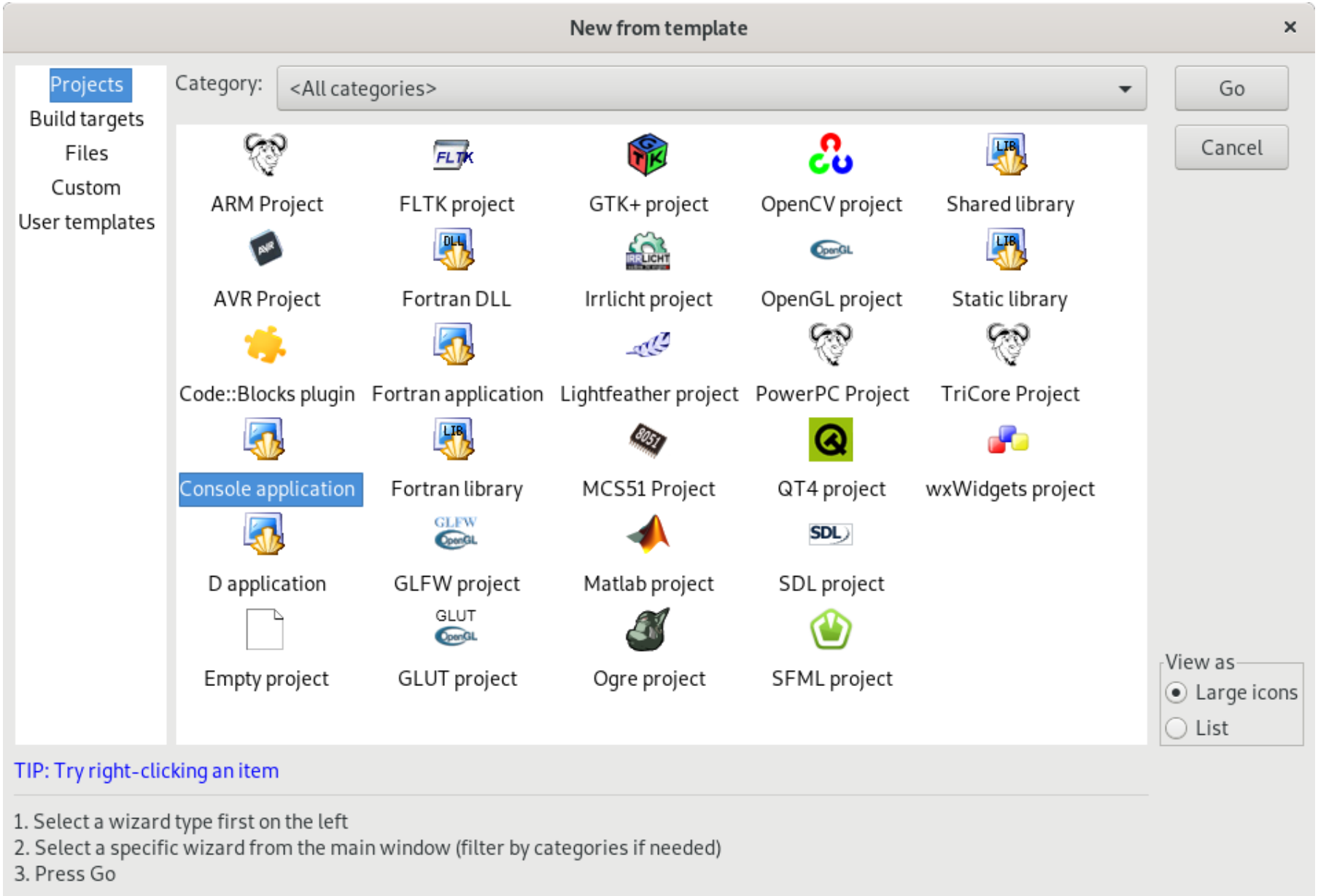
Plik `*.cpp` – plik *źródłowy*, zawiera kod źródłowy programu.

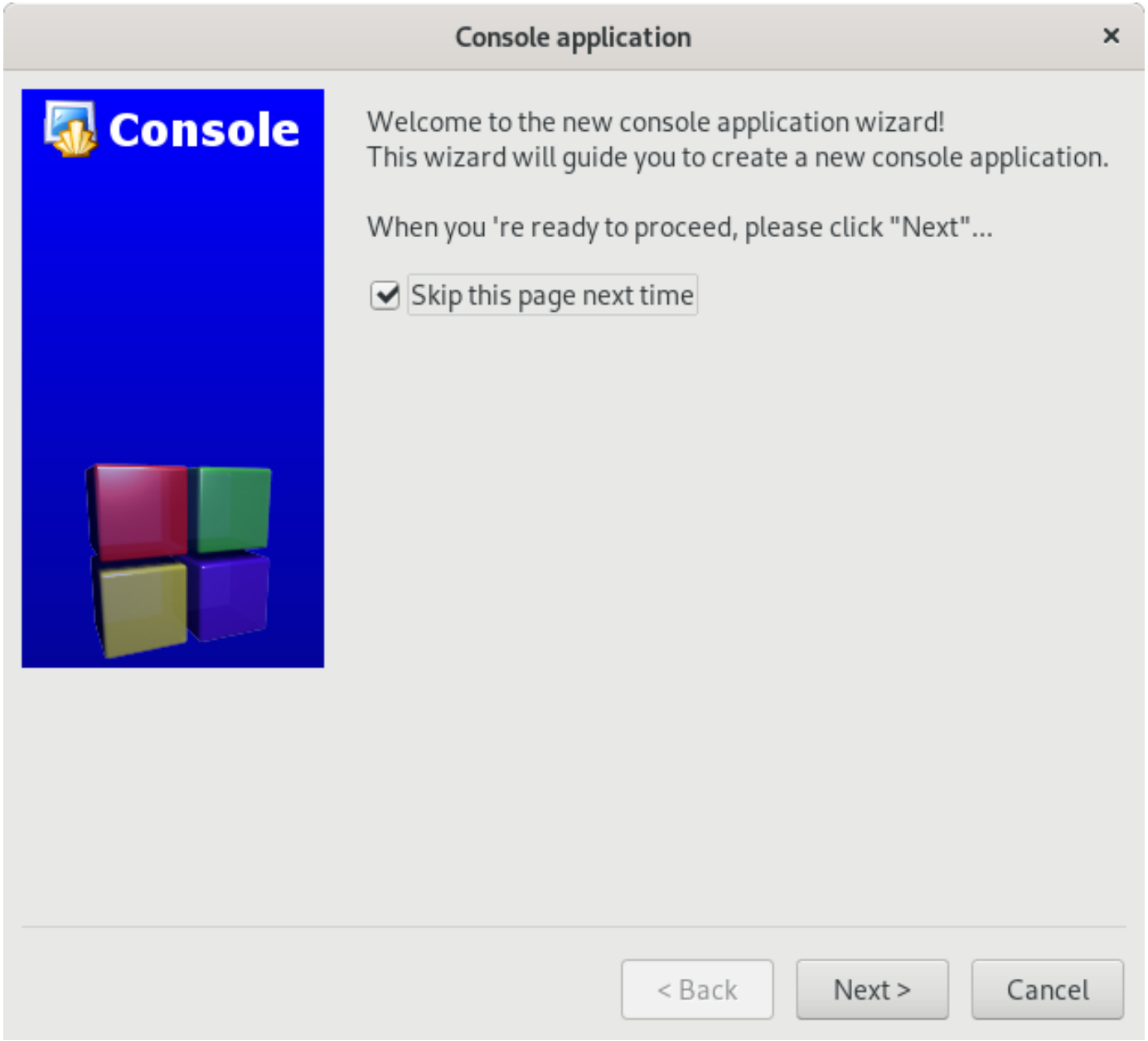


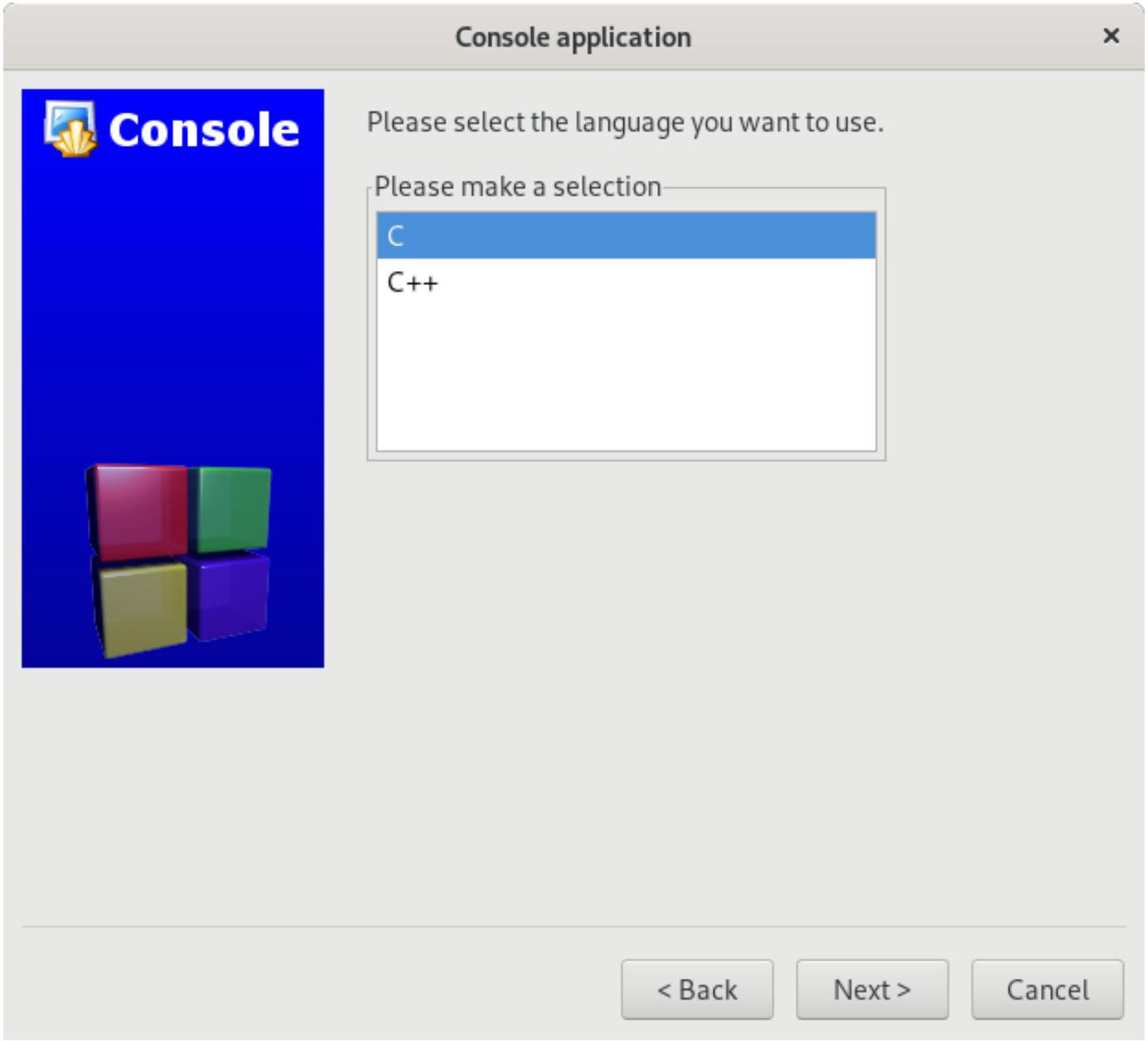
Projekt w języku C



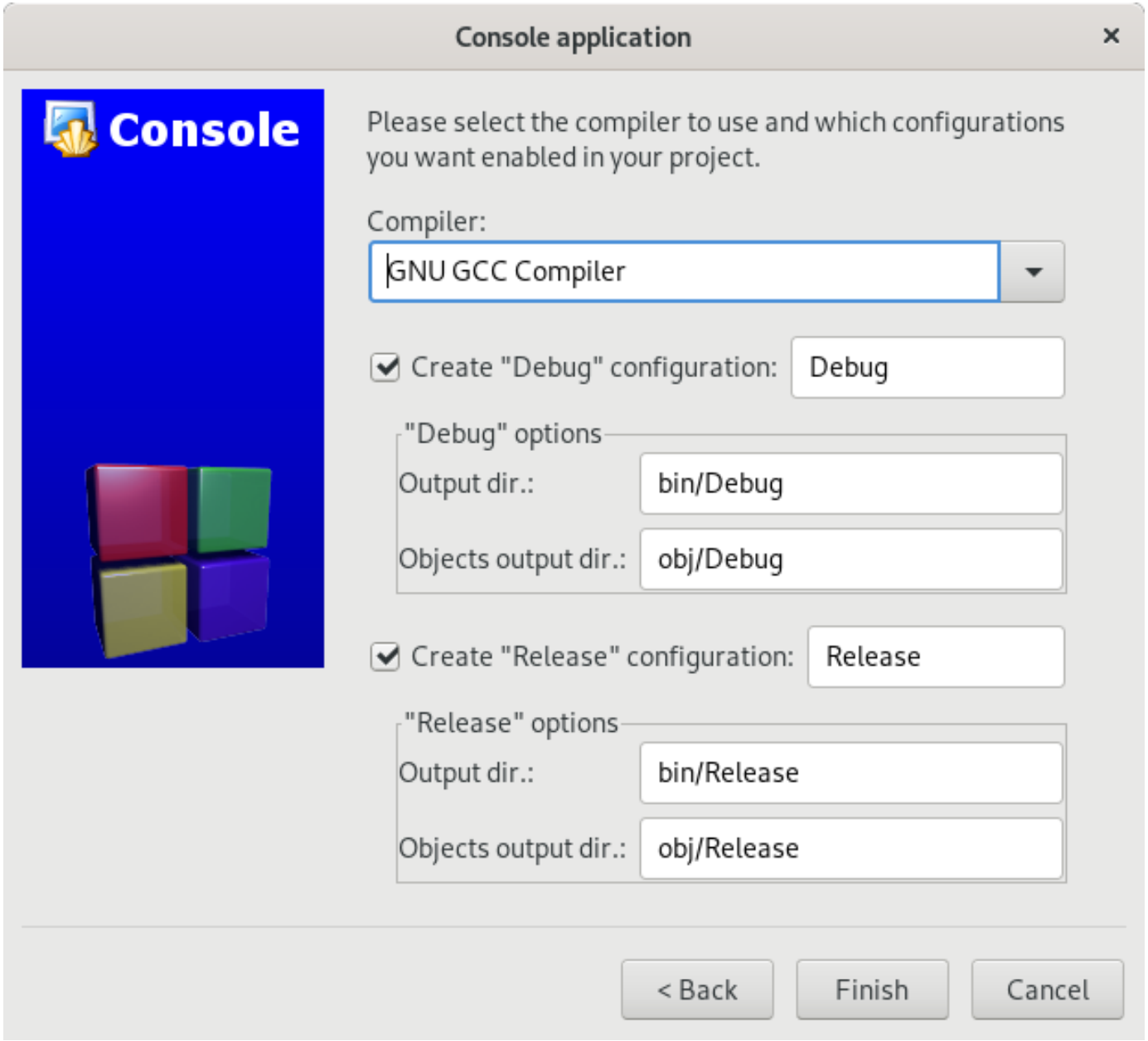

Compilers auto-detection
Note: After auto-detection, at least one compiler's master path is still empty and therefore invalid.
Inspect the list below and change the compiler's master path later in the compiler options.
Select you favourite default compiler here:
Compiler
Status
GNU GCC Compiler
Detected
Intel C/C++ Compiler
Not found
Small Device C Compiler
Not found
Tiny C Compiler
Not found
LLVM Clang Compiler
Not found
GNU GCC Compiler for ARM
Not found
GNU GCC Compiler for ZPU
Not found
GNU GCC Compiler for LM32
Not found
Set as default
Current default compiler: GNU GCC Compiler
OK


New from template
Projects
Build targets
Files
Custom
User templates
Category:
<All categories>
Go
Cancel
ARM Project
FLTK project
GTK+ project
OpenCV project
Shared library
AVR Project
Fortran DLL
Irrlicht project
OpenGL project
Static library
Code::Blocks plugin
Fortran application
Lightfeather project
PowerPC Project
TriCore Project
Console application
Fortran library
MCS51 Project
QT4 project
wxWidgets project
D application
GLFW project
Matlab project
SDL project
Empty project
GLUT project
Ogre project
SFML project
View as
Large icons
List
TIP: Try right-clicking an item
1. Select a wizard type first on the left
2. Select a specific wizard from the main window (filter by categories if needed)
3. Press Go


Console application
Console
Welcome to the new console application wizard!
This wizard will guide you to create a new console application.
When you 're ready to proceed, please click "Next"...
Skip this page next time
< Back
Next >
Cancel


Console application
Console
Please select the language you want to use.
Please make a selection
C
C++
< Back
Next >
Cancel


Console application
Console
Please select the folder where you want the new project to be created as well as its title.
Project title:
AppOne
Folder to create project in:
/home/pol/CodeBlocks
..
Project filename:
AppOne.cbp
Resulting filename:
/home/pol/CodeBlocks/AppOne/AppOne.cbp
< Back
Next >
Cancel

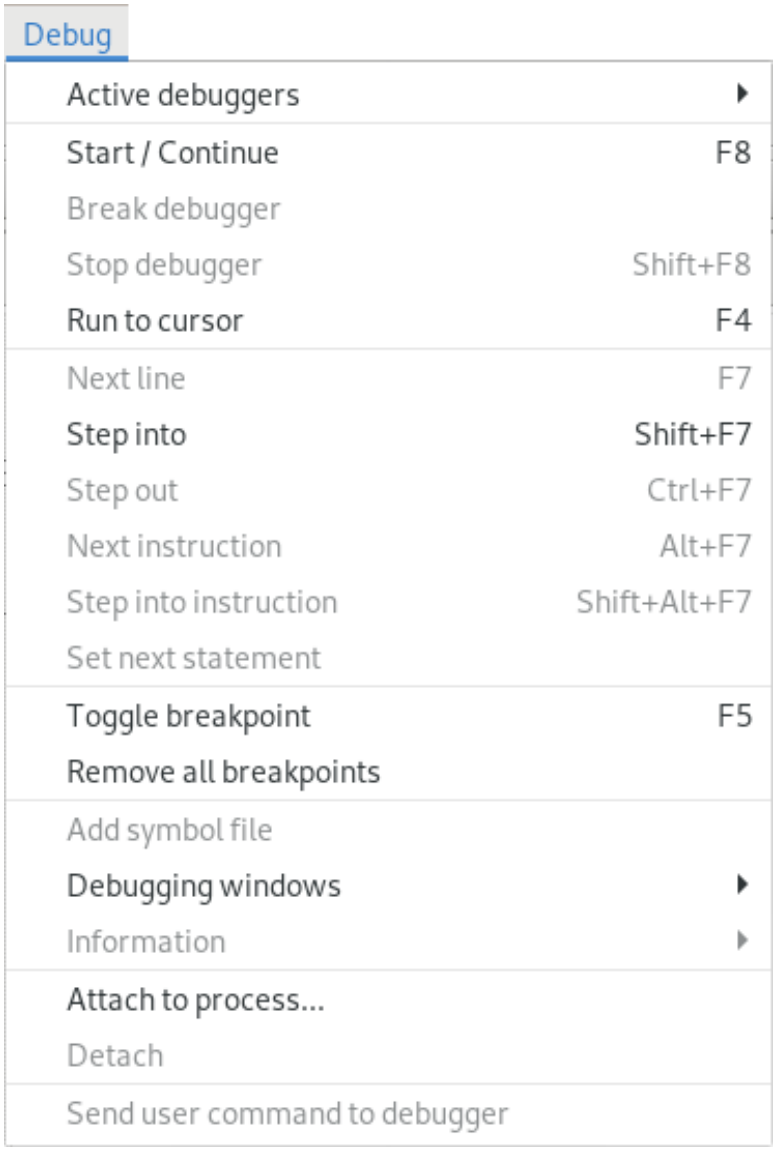

Console application
Console
Please select the compiler to use and which configurations you want enabled in your project.
Compiler:
GNU GCC Compiler
Create "Debug" configuration:
Debug
"Debug" options
Output dir.:
bin/Debug
Objects output dir.:
obj/Debug
Create "Release" configuration:
Release
"Release" options
Output dir.:
bin/Release
Objects output dir.:
obj/Release
< Back
Finish
Cancel

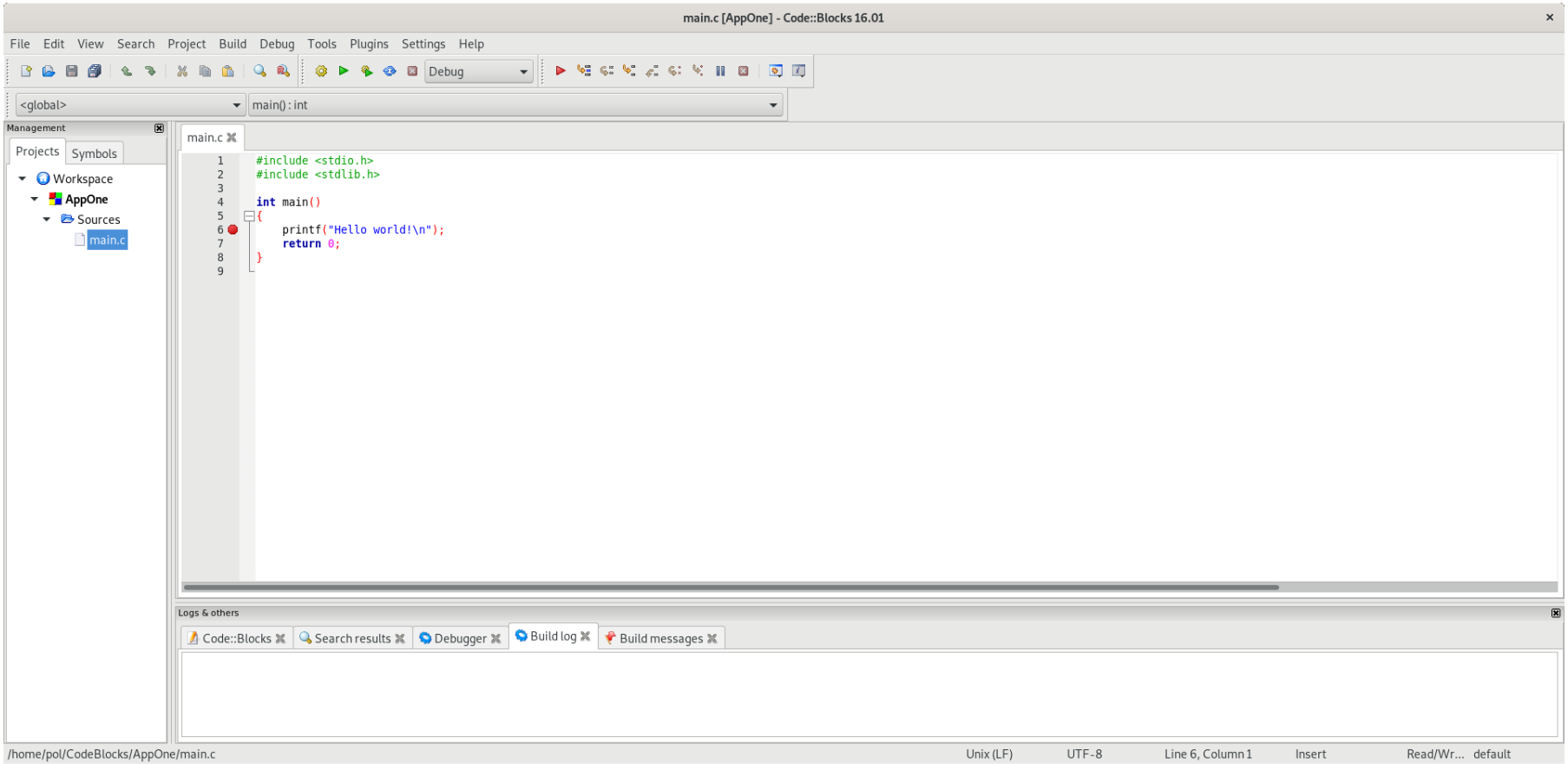
main.c

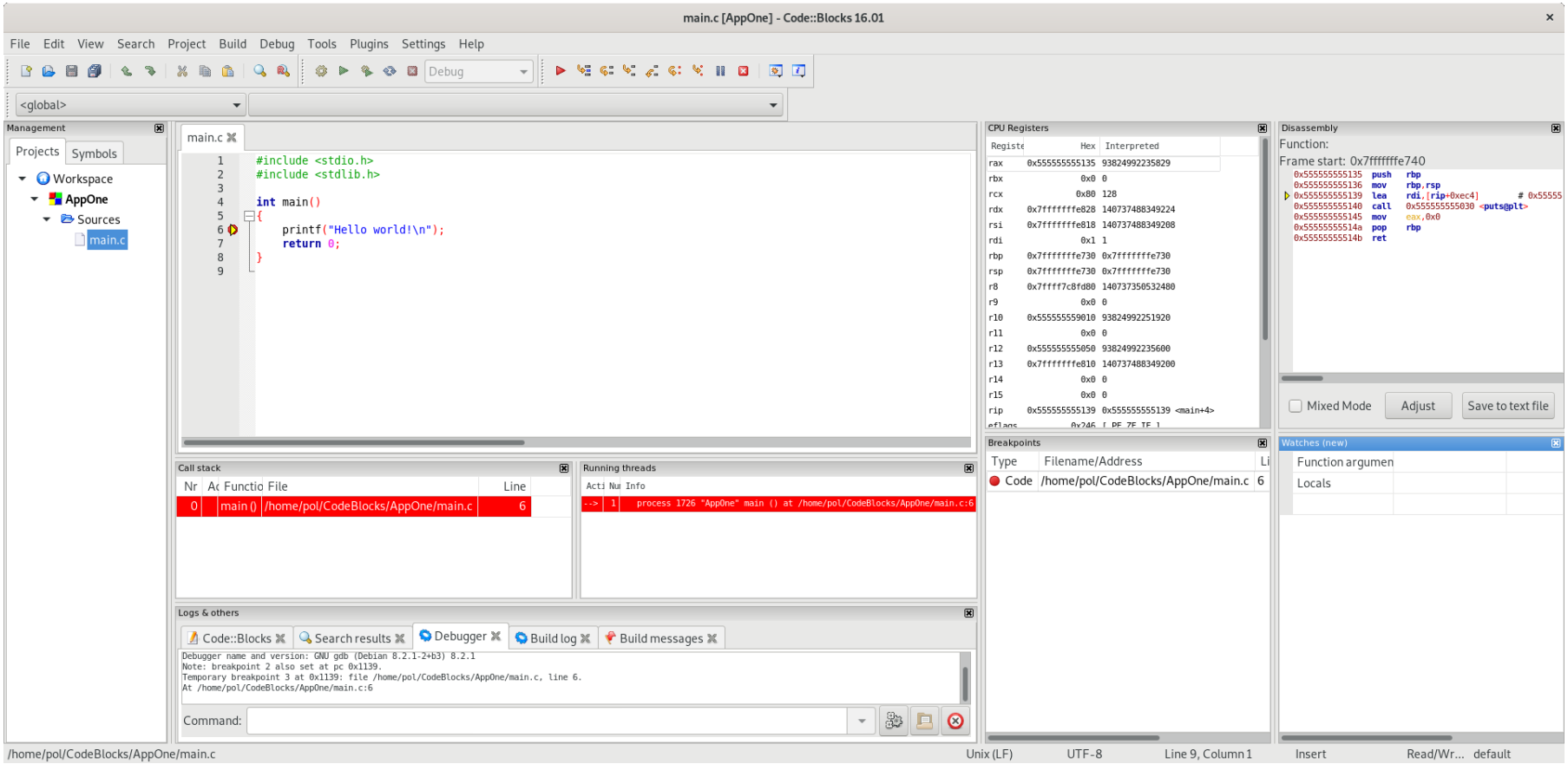
```c
#include <stdio.h>


int main()
{
    printf("Hello world!\n");

    printf("Enter...");
    getchar();

    return 0;
}
```

Kompilowanie, uruchamianie, debugowanie, śledzenie

Skróty klawiaturowe	
`[F9]`	budowanie i uruchomienie programu
`[CTRL + F9]`	budowanie programu
`[F7]`	uruchomienie do następnej linii kodu
`[F8]`	uruchomienie i kontynuowanie do kolejnego punktu przerwania
`[SHIFT + F7]`	kontynuowanie z rozwijaniem funkcji
`[CTRL + F7]`	kontynuowanie do powrotu z funkcji
`[F5]`	wstawianie i usuwanie punktów przerwania (*Breakpoint*)




main.c [AppOne] - Code::Blocks 16.01
File Edit View Search Project Build Debug Tools Plugins Settings Help
Debug
<global>
main() : int
Management
Projects Symbols
Workspace
AppOne
Sources
main.c
main.c
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
int main()
{
printf("Hello world!\n");
return 0;
}
Logs & others
Code::Blocks
Search results
Debugger
Build log
Build messages
/home/pol/CodeBlocks/AppOne/main.c
Unix (LF)
UTF-8
Line 6, Column 1
Insert
Read/Wr...
default


main.c [AppOne] - Code::Blocks 16.01
File Edit View Search Project Build Debug Tools Plugins Settings Help
Debug
<global>
Management
Projects Symbols
Workspace
AppOne
Sources
main.c
main.c
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
int main()
{
printf("Hello world!\n");
return 0;
}
CPU Registers
Disassembly
Function:
Frame start: 0x7fffffffe740
Mixed Mode
Adjust
Save to text file
Call stack
Nr Ac Functio File Line
0 main () /home/pol/CodeBlocks/AppOne/main.c 6
Running threads
Breakpoints
Type Filename/Address
Code /home/pol/CodeBlocks/AppOne/main.c 6
Watches (new)
Function argumen
Locals
Logs & others
Code::Blocks
Search results
Debugger
Build log
Build messages
Debugger name and version: GNU gdb (Debian 8.2.1-2+b3) 8.2.1
Note: breakpoint 2 also set at pc 0x1139.
Temporary breakpoint 3 at 0x1139: file /home/pol/CodeBlocks/AppOne/main.c, line 6.
At /home/pol/CodeBlocks/AppOne/main.c:6
Command:
/home/pol/CodeBlocks/AppOne/main.c
Unix (LF)
UTF-8
Line 9, Column 1
Insert
Read/Wr...
default

Budowa programu (który nic nie robi)

```c
int main()
{
  return 0;
}
```

Każdy program C musi posiadać funkcję o nazwie `main()`, stanowiącą punkt wejściowy programu. Od niej rozpoczyna się wykonanie programu.

Budowa programu:

- typ rezultatu funkcji,
- nazwa funkcji,
- parametry funkcji,
- ciało funkcji,
- instrukcja powrotu z podprogramu,
- wartość przekazywana w miejscu wywołania.

Co i jak wywołuje funkcję main?

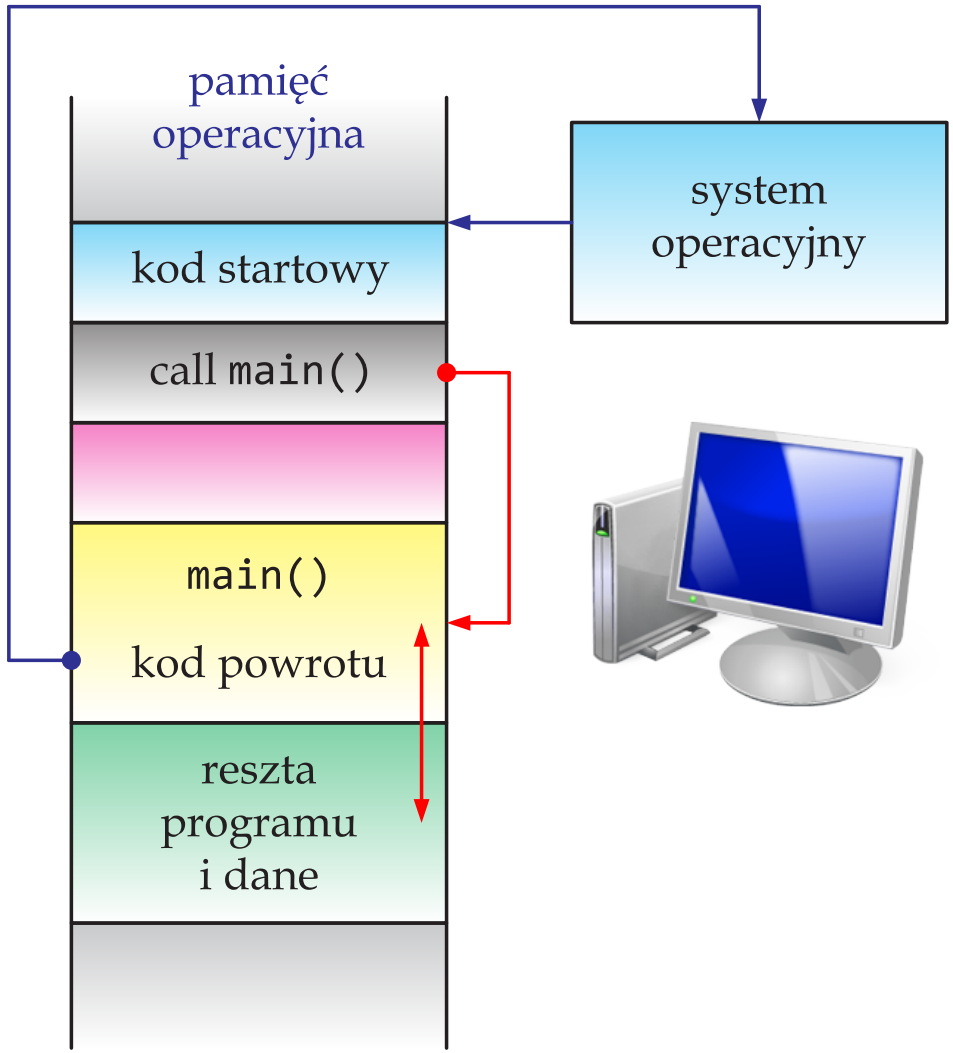
Funkcja `main()` stanowi punkt programu, od którego zaczyna się jego wykonywanie. Upraszczając, funkcja `main()` jest wywoływana przez **system operacyjny**.

Wartość, będąca rezultatem funkcji `main()` jest przekazywana systemowi operacyjnemu (**kod wyjścia programu**).

Kod wyjścia programu może być wykorzystywany w **skryptach systemu operacyjnego**.

Scenariusz uruchomienia kodu wykonywalnego programu:

- użytkownik przekazuje systemowi operacyjnemu zlecenie uruchomienia programu,
- system operacyjny ładuje kod programu do pamięci, przygotowuje jego środowisko i przekazuje sterowanie do bloku **kodu startowego** programu (*startup code*),
- kod startowy wykonuje czynności inicjalizujące, na zakończenie wywołuje funkcję `main()`,
- po zakończeniu działania funkcji `main()` bieżący proces jest kończony i do systemu przekazywany jest kod wyjścia.



Przykładowy skrypt będący tzw. **plikiem wsadowym** (*batch file*) DOS/Windows (`*.bat`) testujący kod wyjścia programu `foo.exe`.

```
@echo off

foo.exe

if errorlevel 1 goto one
if errorlevel 0 goto zero

:zero
  echo Exit code 0
  goto end

:one
  echo Exit code 1
  goto end

:end
  pause
```

Przykładowy skrypt będący tzw. skryptem powłoki (*shell script*) Linuksa (`*.sh`) testujący kod wyjścia programu `foo`.

```
#!/bin/bash

./foo

if [ $? -eq 0 ]; then

  echo "Exit code 0"

else

  echo "Exit code 1"

fi
```

Zamiast rezultatu w postaci wartości numerycznych można wykorzystać symbole:

- `EXIT_SUCCESS` – oznacza zakończenie programu bez błędów,
- `EXIT_FAILURE` – oznacza zakończenie programu z informacją o błędzie.

```c
#include <stdlib.h>

int main()
{
  return EXIT_SUCCESS;
}
```

Stosowanie tych symboli jest zalecane przez standard POSIX.

Biblioteki i dyrektywa `#include`

Symbole `EXIT_SUCCESS` i `EXIT_FAILURE` nie są częścią języków C, są zdefiniowane w bibliotece języka C `stdlib.h`.

Dyrektywa `#include<>` powoduje włączenie do kodu źródłowego programu definicji i deklaracji zawartych w innych plikach źródłowych (często to dodatkowe biblioteki).

Pliki z rozszerzeniem `*.h` to tzw. **pliki nagłówkowe**.

Dyrektywa `#include<>` jest realizowana przez **preprocesor** języka C.

Standardowe strumienie

Standardowe kanały komunikacji między komputerem a otoczeniem (zwykle terminalem). Występują w Linuksie i systemach uniksopodobnych, w środowisku uruchomieniowym C, C++ i ich pochodnych.

Trzy podstawowe połączenia I/O:

- `stdin` – **standardowe wejście** programu, zwykle kojarzone z klawiaturą (*standard input*),
- `stdout` – **standardowe wyjście** programu, zwykle kojarzone z ekranem monitora (*standard output*),
- `stderr` – **standardowe wyjście błędów**, zwykle kojarzone z ekranem monitora (*standard error*).

`stdin` i `stdout` reprezentują normalny kanał komunikacji programu z użytkownikiem.

`stderr` zarezerwowany jest do wyświetlania komunikatów diagnostycznych programu.

Przykład **przekierowania** (redyrekcji) strumieni z poziomu systemu operacyjnego.

```
C:\> foo.exe > output.txt
```

```
C:\> foo.exe < input.txt
```

```
C:\> foo.exe < input.txt > output.txt
```

Poważny program w języku C

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

int main()
{
  float cm, inch;

  printf("Przeliczanie centymetrow na cale\n");
  printf("Podaj wymiar w cm: ");

  scanf("%f", &cm);

  inch = 0.3937 * cm;

  printf("%gcm to %f\"\n", cm, inch);

  return EXIT_SUCCESS;
}
```

```
Przeliczanie centymetrow na cale
Podaj wymiar w cm: 5
5cm to 1.968500"
```

Podstawy obsługi wejścia/wyjścia

Funkcje obsługi wejścia i wyjścia występują w wielu wersjach – głownie wynika to z rozwoju języka. Ich implementacje są wtedy ustandaryzowane.

Część funkcji jest obligatoryjna (wtedy występują we wszystkich kompilatorach zgodnych z odpowiednim standardem), część opcjonalna (mogą nie występować w niektórych kompilatorach), np. funkcje *bzpieczne* ze znakami `_s` w nazwie.

Część funkcji ma odmianę obsługującą tablicę znaków o typie `wchar_t` (*wide character*) zamiast `char`. Wtedy w ich nazwie pojawia się literka `w`.

Mogą zdarzać się też funkcje, które nie są częścią standardu (np. odsługujące *locale*, implementowane w kompilatorach MSVC). Funkcje niestandardowe zwykle są w jakiś sposób oznaczane, np. przez dodanie znaku podkreślenia w na początku nazwy funkcji.

Funkcja `puts()` wysyła na standardowe wyjście napis `str`, a następnie znak nowej linii.

```
int puts(const char *str);
```

Funkcja `gets()` czyta linię ze standardowego wejścia (usuwa ją stamtąd) i umieszcza w tablicy znakowej wskazywanej przez `str`. Ostatni znak linii (znak nowego wiersza `\n`) zastępuje zerem (znakiem `\0`).

```
char * gets(char *str);
```

```
char * gets_s(char *str, rsize_t n);                    ← od C11
```

Funkcja `printf()` formatuje tekst zgodnie z formatem i wypisuje tekst na standardowe wyjście (`stdout`).

```c
int printf(const char *format, ...);                    ← do C99
```

```c
int printf(const char *restrict format, ...);           ← od C99
```

```c
int printf_s(const char *restrict format, ...);         ← od C11
```

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

int main()
{
  int i = 4;
  float f = 3.1415;
  const char *s = "Monty Python";

  printf("i = %d\nf = %.1f\n", i, f);
  printf("Wskaznik *s wskazuje na napis: %s\n", s);

  return EXIT_SUCCESS;
}
```

Format składa się ze znaków innych niż znak `%`, które są kopiowane bez zmian na wyjście oraz sekwencji sterujących, zaczynających się od symbolu procenta, w postaci:

```
%[flagi][szerokość][.precyzja][rozmiar]typ
```

Jeżeli po znaku procenta występuje od razu drugi procent (`%%`) to cała sekwencja traktowana jest jak zwykły znak procenta (tzn. jest on wypisywany na wyjście).

W sekwencji format możliwe są następujące **flagi**:

- `-` – oznacza, że pole ma być wyrównane do lewej, a nie do prawej,
- `+` – oznacza, że dane liczbowe zawsze poprzedzone są znakiem,
- spacja – oznacza, że liczby nieujemne poprzedzone są dodatkową spacją,
- `#` – powoduje, że wynik jest przedstawiony w alternatywnej postaci:
  - dla formatu `o` powoduje zmianę precyzji, jeżeli jest to konieczne, aby na początku wyniku było zero,
  - dla formatów `x` i `X` niezerowa liczba poprzedzona jest ciągiem `0x` lub `0X`,
  - dla formatów `a`, `A`, `e`, `E`, `f`, `F`, `g` i `G` wynik zawsze zawiera kropkę nawet jeżeli nie ma za nią żadnych cyfr,
  - dla formatów `g` i `G` końcowe zera nie są usuwane,
- `0` – dla formatów `d`, `i`, `o`, `u`, `x`, `X`, `a`, `A`, `e`, `E`, `f`, `F`, `g` i `G` do wyrównania pola wykorzystywane są zera zamiast spacji za wyjątkiem wypisywania wartości nieskończoność i `NaN`.

Minimalna **szerokość** pola oznacza ile najmniej znaków ma zająć dane pole. Jeżeli wartość po formatowaniu zajmuje mniej miejsca jest ona wyrównywana spacjami z lewej strony (chyba, że podano flagi, które modyfikują to zachowanie). Domyślna wartość tego pola to 0.

Precyzja dla formatów:

- `d`, `i`, `o`, `u`, `x` i `X` – określa minimalną liczbę cyfr, które mają być wyświetlone i ma domyślną wartość 1,
- `a`, `A`, `e`, `E`, `f` i `F` – określa liczbę cyfr, które mają być wyświetlone po kropce i ma domyślną wartość 6,
- `g` i `G` – określa liczbę cyfr znaczących i ma domyślną wartość 1,
- `s` – określa maksymalną liczbę znaków, które mają być wypisane.

Szerokość pola może być albo dodatnią liczbą zaczynającą się od cyfry różnej od zera albo gwiazdką. Podobnie jest z precyzja z tą różnicą, że jest jeszcze poprzedzona kropką.

Rozmiar argumentu:

- dla formatów `d` i `i` można użyć jednego ze modyfikator rozmiaru:
  - `hh` – oznacza, że format odnosi się do argumentu typu `signed char`,
  - `h` – oznacza, że format odnosi się do argumentu typu `short`,
  - `l` – oznacza, że format odnosi się do argumentu typu `long`,
  - `ll` – oznacza, że format odnosi się do argumentu typu `long long`,
  - `j` – oznacza, że format odnosi się do argumentu typu `intmax_t`,
  - `z` – oznacza, że format odnosi się do argumentu typu będącego odpowiednikiem typu `size_t` ze znakiem,
  - `t` – oznacza, że format odnosi się do argumentu typu `ptrdiff_t`,
- dla formatów `o`, u, `x` i `X` można użyć takich samych modyfikatorów rozmiaru jak dla formatu `d` i oznaczają one, że format odnosi się do argumentu odpowiedniego typu bez znaku,
- dla formatu `n` można użyć takich samych modyfikatorów rozmiaru jak dla formatu `d` i oznaczają one, że format odnosi się do argumentu będącego wskaźnikiem na dany typ,
- dla formatów `a`, `A`, `e`, `E`, `f`, `F`, `g` i `G` można użyć modyfikatorów rozmiaru `L`, który oznacza, że format odnosi się do argumentu typu `long double`,
- dodatkowo, modyfikator `l` dla formatu `c` oznacza, że odnosi się on do argumentu typu `wint_t`, a dla formatu `s`, że odnosi się on do argumenty typu wskaźnik na `wchar_t`.

Funkcje z rodziny `printf()` obsługują następujące **typy**:

- `d`, `i` – argument typu `int` jest przedstawiany jako liczba całkowita ze znakiem w postaci `[-]ddd`,
- `o`, `u`, `x`, `X` – argument typu `unsigned int` jest przedstawiany jako nieujemna liczba całkowita zapisana w systemie oktalnym (`o`), dziesiętnym (`u`) lub heksadecymalnym (`x` i `X`),
- `f`, `F` – argument typu `double` jest przedstawiany w postaci `[-]ddd.ddd`,
- `e`, `E` – argument typu `double` jest reprezentowany w postaci `[i]d.ddde+dd`, gdzie liczba przed kropką dziesiętną jest różna od zera, jeżeli liczba jest różna od zera, a `+` oznacza znak wykładnika,
- `g`, `G` – argument typu `double` jest reprezentowany w formacie takim jak `f` lub `e` zależnie od liczby znaczących cyfr w liczbie oraz określonej precyzji,
- `a`, `A` – argument typu `double` przedstawiany jest w formacie `[-]0xh.hhhp+d` czyli analogicznie jak dla e i E, tyle że liczba zapisana jest w systemie heksadecymalnym,
- `c` – argument typu `int` jest konwertowany do `unsigned char` i wynikowy znak jest wypisywany,

- `s` – argument powinien być typu wskaźnik na `char` (lub `wchar_t`),
- `p` – argument powinien być typu wskaźnik na `void`, jest on konwertowany na serię drukowalnych znaków w sposób zależny od implementacji,
- `n` - argument powinien być wskaźnikiem na liczbę całkowitą ze znakiem, do którego zwracana jest liczba zapisanych znaków.

W przypadku formatów `f`, `F`, `e`, `E`, `g`, `G`, `a` i `A` wartość nieskończoność jest przedstawiana w formacie `[-]inf` lub `[-]infinity` zależnie od implementacji.

Wartość `NaN` jest przedstawiana w postaci `[-]nan` lub `[i]nan(sekwencja)`, gdzie sekwencja jest zależna od implementacji. W przypadku formatów określonych wielką literą również wynikowy ciąg znaków jest wypisywany wielką literą.

Jeżeli funkcje zakończą się sukcesem zwracają liczbę znaków w tekście (wypisanym na standardowe wyjście, do podanego strumienia lub tablicy znaków) nie wliczając kończącego `\0`. W przeciwnym wypadku zwracana jest liczba ujemna.

Funkcja `scanf()` odczytuje dane zgodnie z formatem ze standardowego wejścia (`stdin`).

```c
int scanf(const char *format, ...);                          ← do C99
```

```c
int scanf(const char *restrict format, ...);                 ← od C99
```

```c
int scanf_s(const char *restrict format, ...);               ← od C11
```

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

int main()
{
  int i;
  float f;
  char s[80];

  scanf("%d %f", &i, &f);
  scanf("%s", s);

  return EXIT_SUCCESS;
}
```

Format składa się ze zwykłych znaków (innych niż znak `%`) oraz sekwencji sterujących, zaczynających się od symbolu procenta, w postaci:

```
%[*][szerokość][rozmiar]typ
```

Wystąpienie w formacie białego znaku powoduje, że funkcje z rodziny `scanf()` będą odczytywać i odrzucać znaki, aż do napotkania pierwszego znaku nie będącego białym znakiem. Wszystkie inne znaki muszą dokładnie pasować do danych wejściowych.

Wszystkie białe znaki z wejścia są ignorowane, chyba że sekwencja sterująca określa typ `[`, `c` lub `n`.

Jeżeli w sekwencji sterującej występuje gwiazdka to dane z wejścia zostaną pobrane zgodnie z formatem, ale wynik konwersji nie zostanie nigdzie zapisany. W ten sposób można pomijać część danych.

Rozmiar argumentu:

- dla formatów `d`, `i`, `o`, `u`, `x` i `n` można użyć jednego z modyfikatorów rozmiaru:
  - `hh` – oznacza, że format odnosi się do argumentu typu wskaźnik na `signed char` lub `unsigned char`,
  - `h` – oznacza, że format odnosi się do argumentu typu wskaźnik na `short` lub wskaźnik na `unsigned short`,
  - `l` – oznacza, że format odnosi się do argumentu typu wskaźnik na `long` lub wskaźnik na `unsigned long`,
  - `ll` – oznacza, że format odnosi się do argumentu typu wskaźnik na `long long` lub wskaźnik na `unsigned long long`,
  - `j` – oznacza, że format odnosi się do argumentu typu wskaźnik na `intmax_t` lub wskaźnik na `uintmax_t`,
  - `z` – oznacza, że format odnosi się do argumentu typu wskaźnik na `size_t` lub odpowiedni typ ze znakiem,
  - `t` – oznacza, że format odnosi się do argumentu typu wskaźnik na `ptrdiff_t` lub odpowiedni typ bez znaku,
- dla formatów `a`, `e`, `f` i `g` można użyć modyfikatorów rozmiaru:
  - `l` – który oznacza, że format odnosi się do argumentu typu wskaźnik na `double`,
  - `L` – który oznacza, że format odnosi się do argumentu typu wskaźnik na `long double`,
- dla formatów `c`, `s` i `[` modyfikator `l` oznacza, że format odnosi się do argumentu typu wskaźnik na `wchar_t`.

Funkcje z rodziny `scanf()` obsługują następujące typy:

- `d`, `i` – odczytuje liczbę całkowitą, której format jest taki sam jak oczekiwany format przy wywołaniu funkcji `strtol()` z argumentem `base` równym odpowiednio 10 dla `d` lub 0 dla `i`, argument powinien być wskaźnikiem na `int`,
- `o`, `u`, `x` – odczytuje liczbę całkowitą, której format jest taki sam jak oczekiwany format przy wywołaniu funkcji `strtoul()` z argumentem `base` równym odpowiednio 8 dla `o`, 10 dla `u` lub 16 dla `x`, argument powinien być wskaźnikiem na `unsigned int`,
- `a`, `e`, `f`, `g` – odczytuje liczbę rzeczywistą, nieskończoność lub `NaN`, których format jest taki sam jak oczekiwany przy wywołaniu funkcji `strtod()`, argument powinien być wskaźnikiem na `float`,
- `c` – odczytuje dokładnie tyle znaków ile określono w maksymalnym rozmiarze pola (domyślnie 1), argument powinien być wskaźnikiem na `char`,
- `s` – odczytuje sekwencje znaków nie będących białymi znakami, argument powinien być wskaźnikiem na `char`,

- `[` – odczytuje niepusty ciąg znaków, z których każdy musi należeć do określonego zbioru, argument powinien być wskaźnikiem na `char`,
- `p` – odczytuje sekwencje znaków zależną od implementacji odpowiadającą ciągowi wypisywanemu przez funkcję `printf()`, gdy podano sekwencję `p`, argument powinien być typu wskaźnik na wskaźnik na `void`,
- `n` – nie odczytuje żadnych znaków, ale zamiast tego zapisuje do podanej zmiennej liczbę odczytanych do tej pory znaków, argument powinien być typu wskaźnik na `int`,
- `A`, `E`, `F`, `G` i `X` są również dopuszczalne i mają takie same działanie jak `a`, `e`, `f`, `g` i `x`.

Funkcja zwraca `EOF` jeżeli nastąpi koniec danych lub błąd odczytu zanim jakiekolwiek konwersje zostaną dokonane lub liczbę poprawnie wczytanych pól (która może być równa zero).

sekwencja specjalna, wartość, znak, znaczenie			
`\a`	`0x07`	BEL	Audible bell
`\b`	`0x08`	BS	Backspace
`\f`	`0x0C`	FF	Formfeed
`\n`	`0x0A`	LF	Newline
`\r`	`0x0D`	CR	Carriage return
`\t`	`0x09`	HT	Tab
`\v`	`0x0B`	VT	Vertical tab
`\\`	`0x5c`	\	Backslash
`\'`	`0x27`	’	Quote
`\"`	`0x22`	”	Quotation marks
`\?`	`0x3F`	?	Question
`\O`			O = łańcuch cyfr ósemkowych
`\xH`			H = łańcuch cyfr szesnastkowych

Z czego jest zbudowany program?

W trakcie procesu kompilacji kod źródłowy jest dzielony na **jednostki leksykalne**.

Rozróżnia się naspępujące klasy jednostek leksykalnych:

- identyfikatory (*identifiers*),
- słowa kluczowe (*keywords*),
- stałe (*constants*),
- napisy (łańcuchy znaków, *string literals*),
- operatory (*operators*),
- separatory (*punctuators*).

Identyfikatory

Identyfikatory to ciągi liter, cyfr i znaków podkreślenia, muszą zaczynać się od litery lub znaku podkreślenia. Wielkie i małe litery są rozróżniane.

Kompilatory zwykle rozróżniają pierwsze 8 lub 32 znaki. Polskie znaki nie są traktowane jak litery i nie mogą być używane.

Identyfikatory są arbitralnie wybranymi nazwami dla **zmiennych**, **stałych**, **funkcji**, **typów danych** definiowanych przez programistę. Identyfikatory nie mogą być **słowami kluczowymi**.

```
maxvalue      mindelta      _5Pi
max_value     min_delta     _5_Pi
MaxValue      MinDelta      JW23
maxValue      minDelta      JW_23
```

Słowa kluczowe

Słowa kluczowe to identyfikatory zastrzeżone i nie mogą być inaczej stosowane niż określa to standard języka.

Słowa kluczowe powinny być pisane tak jak je podano, a więc wyłącznie z wykorzystaniem małych liter. Słowa kluczowe wg. standardu C89.

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

W kolejnych wersjach pojawiły się kolejne słowa kluczowe.

```
inline          restrict        _Complex        _Imaginary                      ← C99
```

```
_Atomic         _Generic                                                        ← C11
```

```
alignas         alignof         bool            constexpr   false               ← C23
nullptr         static_assert   thread_local    true        typeof
typeof_unqual   _BitInt         _Decimal128     _Decimal32  _Decimal64
```

Separatory

Nawiasy kwadratowe (*brackets*) `[ ]` wykorzystywane są do deklarowania i odwoływania się do jedno- i wielowymiarowych tablic.

Nawiasy okrągłe (*parentheses*) `( )` wykorzystywane są do grupowania wyrażeń, izolowania wyrażeń warunkowych, wskazują wywołanie funkcji i jej parametry.

Nawiasy klamrowe (*braces*) `{ }` oznaczają początek i koniec instrukcji złożonej, (blok).

Przecinek (*comma*) `,` rozdziela zwykle elementy na liście parametrów funkcji, występuje również w wyrażeniach przecinkowych.

Średnik (*semicolon*) `;` jest znakiem kończącym instrukcję. Każde wyrażenie w języku C (również wyrażenie puste) zakończone znakiem średnika jest interpretowane jako instrukcja wyrażeniowa.

Komentarze

Komentarze to fragmenty tekstu spełniające funkcje dowolnych objaśnień robionych przez programistów dla programistów.

Komentarze nie mogą występować w napisach i stałych znakowych. Komentarze są usuwane z tekstu źródłowego programu.

```
/* To jest komentarz jednoliniowy */

/*
Ten komentarz obejmuje
kilka linii
kodu
*/

// Komentarz jednowierszowy, bez znacznika konca                    ← od C99
```

Standard C89 (zgodny z ANSI C) nie dopuszcza stosowania komentarzy zagnieżdżonych, choć niektóre kompilatory na to zezwalają.

Zmienne

Zmienna to konstrukcja programistyczna posiadająca trzy podstawowe atrybuty:

- symboliczną nazwę,
- miejsce przechowywania,
- wartość.

Zmienna pozwala w kodzie źródłowym na odwoływanie się przy pomocy nazwy do wartości lub miejsca przechowywania. Nazwa służy do identyfikowania zmiennej w związku z tym często nazywana jest **identyfikatorem**.

Miejsce przechowywania przeważnie znajduje się w pamięci komputera i określane jest przez adres i długość danych. Wartość to zawartość miejsca przechowywania.

Zmienna zazwyczaj posiada również czwarty atrybut: **typ**, określający rodzaj danych przechowywanych w zmiennej i co za tym idzie sposób reprezentacji wartości w miejscu przechowywania.

W programie wartość zmiennej może być odczytywana lub zastępowana nową wartością, tak więc wartość zmiennej może zmieniać się w trakcie wykonywania programu, natomiast dwa pierwsze atrybuty (nazwa i miejsce przechowywania) nie zmieniają się w trakcie istnienia zmiennej.

Konstrukcją podobną lecz nie pozwalającą na modyfikowanie wartości jest **stała**.

W językach ze **statycznym typowaniem** zmienna ma określony typ danych jakie może przechowywać. Jest on wykorzystywany do określenia reprezentacji wartości w pamięci, kontrolowania poprawności operacji wykonywanych na zmiennej (kontrola typów) oraz konwersji danych jednego typu na inny.

W językach z **typowaniem dynamicznym** typ nie jest atrybutem zmiennej lecz wartości w niej przechowywanej. Zmienna może wtedy w różnych momentach pracy programu przechowywać dane innego typu.

Deklaracja zmiennej to stwierdzenie, że dany identyfikator jest zmienną, przeważnie też określa typ zmiennej. W zależności od języka programowania deklaracja może być obligatoryjna, opcjonalna lub nie występować wcale.

Definicja oprócz tego, że deklaruje zmienną to przydziela jej pamięć. Podczas definiowania lub deklarowania zmiennej można określić jej dodatkowe atrybuty wpływające na sposób i miejsce alokacji, czas życia, zasięg i inne.

Zasięg zmiennej określa gdzie w treści programu zmienna może być wykorzystana, natomiast **czas życia** zmiennej to okresy w trakcie wykonywania programu gdy zmienna ma przydzieloną pamięć i posiada (niekoniecznie określoną) wartość.

Ze względu na zasięg można wyróżnić podstawowe typy zmiennych:

- **globalne** – obejmujące zasięgiem cały program,
- **lokalne** – o zasięgu obejmującym pewien blok, podprogram.

Podobnie ze zmiennymi w klasie mogą być dostępne:

- tylko dla danej klasy (zmienna **prywatna**),
- dla danej klasy i jej potomków (**zmienna chroniona**),
- w całym programie (**zmienna publiczna**).

Zmienne mogą zmieniać swój pierwotny zasięg na przykład poprzez importowanie/włącznie do zasięgu globalnego modułów, pakietów czy przestrzeni nazw.

Ze względu na czas życia i sposób alokacji zmienna może być:

- statyczna,
- automatyczna,
- dynamiczna.

Dla zmiennej **statycznej** pamięć jest rezerwowana w momencie kompilacji lub ładowania programu. Takimi zmiennymi są zmienne globalne, zmienne klasy (współdzielone przez wszystkie obiekty klasy, a nawet dostępne spoza klasy), statyczne zmienne lokalne funkcji (współdzielone pomiędzy poszczególnymi wywołaniami funkcji i zachowujące wartość po zakończeniu).

Zmiennej **automatycznej** pamięć jest automatycznie przydzielana w trakcie działania programu. Są to przeważnie zmienne lokalne podprogramów i ich parametry formalne, znikają po zakończeniu podprogramu.

Pamięć dla zmiennej **dynamicznej** alokowana jest ręcznie w trakcie wykonywania programu przy pomocy specjalnych konstrukcji lub funkcji. W zależności od języka zwalnianie pamięci może być ręczne lub automatyczne, Zazwyczaj nie posiada własnej nazwy, lecz odwoływać się do niej trzeba przy pomocy wskaźnika, referencji lub zmiennej o semantyce referencyjnej.

Typy zmiennych w języku C

typ, wielkość, charakterystyka		
`char`	1	liczba całkowita od `0` do `255`
`int`	4	liczba całkowita od `-2147483648` do `2147483647`
`float`	4	liczba rzeczywista
		od `-3.4028235e+38` do `-1.401298e-45`
		od `1.401298e-45` do `3.4028235e+38`
`double`	8	liczba rzeczywista długa
		od `-1.79769313486231570e+308` do `-4.94065645841246544e-324`
		od `4.94065645841246544e-324` do `1.79769313486231570e+308`

Typ znakowy char

Zmienne zadeklarowane jako znakowe char są dostatecznie duże aby pomieścić dowolny element zbioru znaków dla danej maszyny bądź systemu operacyjnego.

Wartość zmiennej znakowej to liczba całkowita równa kodowi danego znaku. Zmienna typu char jest zatem krótką liczbą całkowitą i tak może być traktowana, można zmiennych tego typu używać w wyrażeniach.

```
char c, d;

c = 'A';
d = c + 1;

printf("%c\n", c);  ← A
printf("%c\n", d);  ← B

printf("%d\n", c);  ← 65
printf("%d\n", d);  ← 66
```

Literał znakowy jest ciągiem złożonym z jednego lub więcej znaków, zawartych w **apostrofach**.

Wartością literału znakowego, zawierającego tylko jeden znak jest numeryczna wartość tego znaku, w zbiorze znaków maszyny wykonującej program.

Wartość literału wieloznakowego jest zależna od implementacji. W języku C literał znakowy reprezentowany jest jako wartość typu całkowitoliczbowego `int`.

Przykładowo: `'A'` – dla maszyn wykorzystujących kod ASCII literał ten reprezentuje wartość całkowitą odpowiadającą kodowi znaku, jest to wartość dziesiętna 65.

Zwyczajowo dane typu `char` reprezentowane są na jednym bajcie i służą do reprezentowania znaków kodowanych wg. ASCII. Do przechowywania kodów znaków wg. kodowania międzynarodowego wykorzystuje się typ `wchar_t`. Standard ANSI wprowadza typ całkowity `wchar_t`, jest to typ całkowity

zdefiniowany w pliku nagłówkowym `stddef.h`.

Stałe rozszerzonego zbioru znaków zapisuje się z prefixem `L`, np.:
```
wchar_t x = L'A';
```

To czy właściwy znak się pojawi, zależy nie tylko od języka, ale od jego bibliotek i tego, czy środowisko systemowe obsługuje dany zestaw kodowania.

Typ całkowitoliczbowy `int`

Zmienne typu całkowitego `int` mają zwykle naturalny rozmiar wynikający z modelu programistycznego architektury maszyny lub środowiska systemowego.

Zwykle w środowiskach 16-bitowych rozmiar danej typu `int` to dwa bajty, w środowiskach 32-bitowych to 4 bajty.

Domyślnie typ `int` reprezentuje liczbę ze znakiem (wartości dodatnie i ujemne).

Rozmiar i zakres typu zmienia się, wraz ze zmianą architektury sprzętowej, oprogramowania systemowego i kompilatorów.

Standardy zakładają, że typ `int` będzie reprezentowany minimalnie na 16-tu bitach (z uwzględnieniem bitu znaku), co odpowiada zakresowi -32768 do 32767.

Typy pochodne typów całkowitych

Modyfikatory `signed` i `unsigned` mogą być stosowane do typów `char` i `int`. Zmieniają one sposób traktowania najstarszego bitu liczby.

Modyfikatory pozwalają na tworzenie specyfikacji typów pochodnych:

- `unsigned int` – typ całkowity służący do reprezentacji liczb całkowitych bez znaku; najstarszy bit liczby jest uznawany za jeden z bitów wartości,
- `signed int` – typ całkowity służący do reprezentacji liczb całkowitych ze znakiem; najstarszy bit liczby jest bitem przechowującym informację o znaku liczby, nie wchodzi do bitów wartości,
- `unsigned char` i `signed char` analogicznie jak dla typu `int`.

Domyślnie typ `int` jest całkowity ze znakiem, natomiast typ `char` często zależy od implementacji.

Modyfikator `short` sygnalizuje chęć skrócenia danej w stosunku do rozmiaru.

Modyfikator `long` sygnalizuje chęć posłużenia się daną dłuższą w stosunku do rozmiaru typu `int`.

Modyfikatory `short` i `long` mogą być stosowane do typu `int`:

- `short int` – typ całkowity służący do reprezentowania liczb o potencjalnie *krótszej* reprezentacji wewnętrznej niż typ `int`, zatem potencjalnie o mniejszym zakresie wartości,
- `long int` – to typ całkowity służący do reprezentowania liczb o potencjalnie *dłuższej* reprezentacji wewnętrznej niż typ `int`, zatem potencjalnie o większym zakresie wartości,
- `long long int` – to typ wprowadzony w C99, służy do reprezentowania bardzo dużych liczb całkowitych (powinien być implementowany na min. 64 bitach).

Standard ANSI zakłada, że `int` oraz `short int` są co najmniej 16-bitowe, `long int` jest co najmniej 32-bitowy.

Modyfikatory `short` i `long` wprowadzono po to, by umożliwić posługiwanie się różnymi zakresami liczb całkowitych tam, gdzie programiście może się to przydać.

Dodatkowo można powiedzieć:

sizeof(char) <= sizeof(short int) <= sizeof(int) <= sizeof(long int)

Każdy kompilator powinien posiadać dokumentację określającą szczegółowy zakres poszczególnych typów. Czasem warto skompilować i uruchomić program, wykorzystujący stałe zdefiniowane w plikach nagłówkowych `limits.h` i `float.h` określające zakresy liczbowe typów.

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

int main()
{
  printf("         char: %d ... %d\n", CHAR_MIN, CHAR_MAX);
  printf("    short int: %hd ... %hd\n", SHRT_MIN, SHRT_MAX);
  printf("          int: %d ... %d\n", INT_MIN, INT_MAX);
  printf("     long int: %ld ... %ld\n", LONG_MIN, LONG_MAX);
  printf("long long int: %lld ... %lld\n\n", LLONG_MIN, LLONG_MAX);
  // LONG_LONG_MIN, LONG_LONG_MAX
  printf("         unsigned char: 0 ... %u\n", UCHAR_MAX);
  printf("    unsigned short int: 0 ... %hu\n", USHRT_MAX);
  printf("          unsigned int: 0 ... %u\n", UINT_MAX);
  printf("     unsigned long int: 0 ... %lu\n", ULONG_MAX);
  printf("unsigned long long int: 0 ... %llu\n", ULLONG_MAX);
  // ULONG_LONG_MAX

  return EXIT_SUCCESS;
}
```

```
         char: -128 ... 127
    short int: -32768 ... 32767
          int: -2147483648 ... 2147483647
     long int: -2147483648 ... 2147483647
long long int: -9223372036854775808 ... 9223372036854775807

         unsigned char: 0 ... 255
    unsigned short int: 0 ... 65535
          unsigned int: 0 ... 4294967295
     unsigned long int: 0 ... 4294967295
unsigned long long int: 0 ... 18446744073709551615
```

Przybliżone zakresy zmiennych

Wybierając typ dla zmiennej trzeba oszacować jej, zakres wartości. Źle dobrane zakresy grożą postaniem przepełnienia zmiennych całkowitoliczbowych.

- typ `char` to ok. 128 na plus i minus, `unsigned char` to 255 na plus,
- typ `short int` to ok. 32 tyś. na plus i minus, `unsigned short int` to ok. 65 tyś. na plus,
- typ `int` (16 bitów) jak `short int`,
- typ `int` (32 bity) to ok. 2 miliardy na plus i minus, `unsigned int` to ok. 4 miliardy na plus (miliard to rząd wielkości odpowiadający komputerowemu gigabajtowi, GB),
- typ `long` jak `int` (32 bity),
- typ `long long int` (64 bity) to ok. 9 trylionów na plus i minus, `unsigned long long` to ok. 18 trylionów na plus (trylion to rząd wielkości odpowiadający komputerowemu eksabajtowi, EB).

Przepełnienie czyli przekroczenie zakresu zmiennej

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

int main()
{
  unsigned short int ui = USHRT_MAX;
  printf("%d\n", ui);
  ui++;
  printf("%d\n", ui);
  ui++;
  printf("%d\n\n", ui);

  signed short int si = SHRT_MAX;
  printf("%d\n", si);
  si++;
  printf("%d\n", si);
  si++;
  printf("%d\n", si);

  return EXIT_SUCCESS;
}
```


65535
0
1
32767
-32768
-32767

Typy pochodne typów zmiennopozycyjnych

Modyfikatory `short` i `long` a typy zmiennopozycyjne:

- można stosować modyfikatory `short` i `long` z typami `float` i `double`, jednak tylko kombinacja `long double` ma sens,
- typ `double` naturalnie rozszerza typ `float` zatem zapis `long float` to po prostu przestarzały synonim typu `double`,
- z kolei typu `double` nie można skrócić, zatem specyfikacja `short double` nie ma sensu,
- nie można również skrócić typu `float`, zatem specyfikacja `short float` nie ma sensu.

Wybrane stałe symboliczne z pliku `float.h`.

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

int main()
{
  printf("        Rozmiar mantysy float w bitach: %d\n", FLT_MANT_DIG);
  printf("Minimalna liczba cyfr znaczacych float: %d\n\n", FLT_DIG);

  printf("      Minimalny ujemny wykladnik float: %+d\n", FLT_MIN_10_EXP);
  printf("    Maksymalny dodatni wykladnik float: %+d\n\n", FLT_MAX_10_EXP);

  printf("      Minimalna dodatnia wartosc float: %+e\n", FLT_MIN);
  printf("     Maksymalna dodatnia wartosc float: %+e\n\n", FLT_MAX);

  printf("Roznica miedzy 1.00 a najmniejsza wart. wieksza od 1.00: %+e\n", FLT_EPSILON);

  return EXIT_SUCCESS;
}
```

```
        Rozmiar mantysy float w bitach: 24
Minimalna liczba cyfr znaczacych float: 6

      Minimalny ujemny wykladnik float: -37
    Maksymalny dodatni wykladnik float: +38

      Minimalna dodatnia wartosc float: +1.175494e-38
     Maksymalna dodatnia wartosc float: +3.402823e+38

Roznica miedzy 1.00 a najmniejsza wart. wieksza od 1.00: +1.192093e-07
```

Definiowanie synonimów typów

Specyfikacja `typedef` pozwala na przypisanie **identyfikatora** do istniejącej wcześniej **definicji typu**.

```
typedef unsigned char      byte;
typedef unsigned short int word;
typedef unsigned long int  counter;
```

Literały całkowitoliczbowe

Literał całkowity może być zapisywana dziesiętnie, ósemkowo, szesnastkowo.

Wszystkie literały rozpoczynające się od zera traktowane są jako ósemkowe.

Wszystkie literały rozpoczynające się od przedrostka `0x` lub `0X` są traktowane jako szesnastkowe.

```
int i = 10;    ← stała dziesiętna
int o = 077;   ← stała ósemkowa
int h = 0xff;  ← stała szesnastkowa
```

Literał całkowitoliczbowy może być zakończona przyrostkiem `u` lub `U` co oznacza, że liczba jest **bez znaku**.

Literał całkowitoliczbowy może być zakończona przyrostkiem `l` lub `L` co oznacza, że liczba **jest długa**.

Wartość literału całkowitoliczbowego nie może przekraczać zakresu typu liczby całkowitej długiej bez znaku (`unsigned long int`). Wartości większe będą obcinane.

Dla implementacji zakładającej 32-bitową długość liczby długiej bez znaku, wartość maksymalna wynosi odpowiednio:

```
DEC: 4 294 967 295, OCT: 037777777777, HEX: 0xFFFFFFFF
```

Typ wyliczeniowy

Typ wyliczeniowy pozwala na uporządkowanie listy elementów, które można przedstawić jedynie nazwami. Przykładem mogą być tygodnia, miesiące, kolory.

Typ wyliczeniowy to tak na prawdę, lista nazwanych stałych całkowitych.

```
enum rgbColors
{
  RED,
  GREEN,
  BLUE
};
```

Stałe wyliczeniowe, są typu `int`, mogą wystąpić w każdym miejscu dozwolonym dla danej całkowitej.

Identyfikatory stałych wyliczeniowych powinny być unikatowe w ramach danego wyliczenia.

Każda stała wyliczeniowa ma swoją wartość całkowitą. Pierwsza stała na liście otrzymuje wartość 0, następna 1, itd.

Każda stała występująca w wyliczeniu może posiadać swój **inicjalizator**, przypisujący mu wartość (również ujemną) wyznaczoną przez programistę.

Każdy element wyliczenia nie posiadający inicjalizatora otrzymuje **wartość o jeden większą** od swojego poprzednika na liście.

```
enum bodyType
{
  HATCHBACK = 1,
  ESTATE,
  SEDAN,
  COUPE,
  SUV
};
```

```
int body;

switch(body)
{
  case SEDAN: ...
  case SUV:   ...
}
```

Zmienne wyliczeniowe

Deklarowanie zmiennych wyliczeniowych spotyka się sporadycznie.

```
enum months
{
  JAN = 1, FEB, MAR, APR, MAY, JUN, JUL, AUG, SEP, OCT, NOV, DEC
};

enum months m = MAY;
```

Zwyczajowo, można tak.

```
int m = MAY;
```

Przykład iteracji po kolejnych miesiącach.

```
int m;

for(m = JAN; m <= DEC; m++)
```

Typ logiczny

W standardzie C23 wprowadzono **typ logiczny** `bool` o predefiniowanych wartościach `true` i `false`.

W standardzie C99 wprowadzono typ logiczny `_Bool` oraz wartości `true` i `false` (plik nagłówkowy `stdbool.h`).

W standardzie C89 wykorzystuje się standardowy typ całkowitoliczbowy oraz wartości całkowite 0 i 1 lub własne definicje.

```
enum boolean
{
  FALSE,
  TRUE
};
```

```
#define TRUE 1
#define FALSE 0
```

```
#define TRUE (0 == 0)
#define FALSE (!TRUE)
```

Typ zmiennopozycyjny

Standard nie określa wewnętrznej reprezentacji danych zmiennopozycyjnych, zwykle implementacje są zgodne z formatem IEEE dotyczącym takich liczb.

`float` to typ przeznaczony do reprezentowania liczb rzeczywistych pojedynczej precyzji.

`double` to typ przeznaczony do reprezentowania liczb rzeczywistych w podwójnej precyzji.

Literał zmiennopozycyjny składa się z:

- części całkowitej (ciąg cyfr),
- kropki dziesiętnej,
- części ułamkowej (ciąg cyfr),
- opcjonalnej litery `e` lub `E` oraz wykładnika potęgi ze znakiem,
- opcjonalnego przyrostka `f` lub `F` i `l` lub `L`.

Można pominąć część całkowitą lub część ułamkową (lecz nie obie jednocześnie).

W przypadku braku przyrostków stałe zmiennopozycyjne są typu `double`.

Dodając przyrostek `f` lub `F` można wymusić aby stała była typu `float`, podobnie dodając przyrostek `l` lub `L` wymusza aby stała była typu `long double`.

zapis, znaczenie stałych	
23.45e6	$23,45 \cdot 10^6$
.0	0
0.	0
1.	0
-1.23	$-1,23$
2e-5	$2 \cdot 10^{-5}$
3E+10	$3 \cdot 10^{10}$
.09E34	$0,09 \cdot 10^{34}$

Typ `void`

Wystąpienie typu `void` (pusty, próżny) w deklaracji oznacza **brak wartości**.

W zależności od kontekstu interpretacja zapisu `void` może się nieznacznie zmieniać, zawsze jednak jest to sygnał, że w danym miejscu nie przewiduje się wystąpienia żadnej konkretnej wartości lub konkretnego typu.

Funkcja bezparametrowa.

```
int funnp(void)
{
  ...
}
```

Funkcja nie udostępniająca rezultatu.

```
void fun(int i)
{
  ...
}
```

Bezparametrowa funkcja, nie udostępniająca rezultatu.

```
void fun(void)
{
  ...
}
```

Rzutowanie rezultatu funkcji na typ `void`.

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

Plik nagłówkowy `inttypes.h` definiuje *przenośne* typu całkowite o określonych właściwościach.

Typy o dokładnym rozmiarze (*exact width types*), np.: `int16_t`, `uint16_t`, `int_32_t`, `uint_32_t`, itp.

Najszybsze typy o minimalnym rozmiarze (*fastest minimum width types*), np.: `int_fast16_t`, `uint_fast16_t`, `int_fast32_t`, `uint_fast32_t`, itp.

Dla obsługi wartości takich typów zdefiniowano specjalne stałe formatujące, np.:`PRIu8`, `PRIu16`, `PRIu32`, `PRIu64`, `PRIuFAST8`, `PRIuFAST16`, `PRIuFAST32`, `PRIuFAST64`, itp.

Tablice

Tablica jest to kontener danych, w którym poszczególne komórki dostępne są z pomocą pewnych kluczy, które najczęściej przyjmują wartości numeryczne.

Tablica zwykle pozwala na przechowywanie wartości tego samego typu. Tablice mogą być **jednowymiarowe** lub **wielowymiarowe**.

Rozmiar tablicy jest albo ustalony z góry (tablice **statyczne**), albo może się zmieniać w trakcie wykonywania programu (tablice **dynamiczne**).

W matematyce odpowiednikiem tablicy jednowymiarowej jest ciąg, a tablicy dwuwymiarowej macierz.

Zgodnie ze standardem C89 i C++:

- tablica zawsze składa się z **ustalonej** i **znanej na etapie kompilacji** liczby elementów,
- liczba elementów tablicy **nie ulega zmianie** w trakcie działania programu – tablice są statyczne.

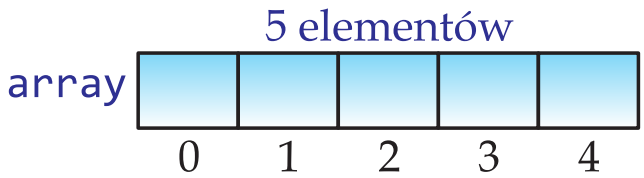
W standardzie C99 istnieją tablice VLA (*Variable Length Array*):

- liczba elementów tablicy może być **zdefiniowana w trakcie wykonania programu** – może być określona wartością zmiennej, wartość ta nie musi być znana na etapie kompilacji,
- liczba elementów tablicy **nie ulega zmianie** w trakcie działania programu – raz utworzona tablica zachowuje swój rozmiar.

Deklarowanie tablic jednowymiarowych

```
int array[5];
```

```
char buffer[80];
```



Parametryzacja liczby elementów tablicy pozwala na łatwiejszą modyfikację liczby przetwarzanych elementów.

```
#define MAXN 5
int array[MAXN];
```

```
#define MAXBUF 80
char buffer[MAXBUF];
```

Zmienna z kwalifikatorem `const` w języku C nie jest traktowana jako wartość stała i nie może być wykorzystywana do określania rozmiaru tablicy.

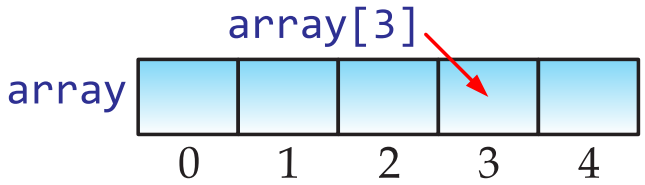
Zmienna z kwalifikatorem `const` w języku C++ może być wykorzystywana do określania rozmiaru tablicy.

```
const int MAXN = 5;
int array[MAXN];
```

```
const int MAXBUF = 80;
char buffer[MAXBUF];
```

Odwołania do elementów tablic

Elementy tablicy numerowane są zawsze od 0. Zatem jeżeli `n` oznacza liczbę elementów tablicy, to ostatni jej element ma numer `n - 1`.



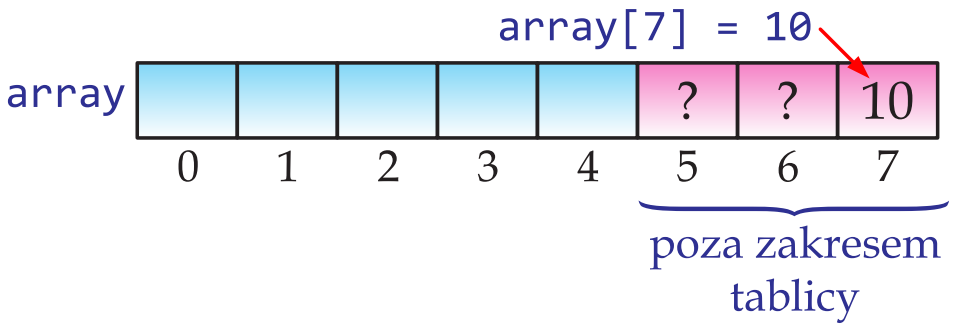

```
array[0] = 1;
```

```
array[n - 1] = 5;
```

```
a = 2 * array[3];
```

```
int i = 0;
int j = n - 1;
a = array[i] + array[j];
```

W języku C nie ma żadnych wbudowanych mechanizmów zabezpieczających przed odwoływaniem się do *elementów* leżących poza zakresem indeksowym tablic.



Badanie rozmiaru tablicy

```
int monthDays[] = {31, 28, 31, 30, 31, 30, 31, 31, 30, 31, 30, 31};

int monthDays = sizeof(monthDays) / sizeof(int);
```

lub

```
int monthDays[] = {31, 28, 31, 30, 31, 30, 31, 31, 30, 31, 30, 31};

int monthDays = sizeof(monthDays) / sizeof(monthDays[0]);
```

Typowe operacje na tablicach

Przetwarzanie tablic realizowane jest zwykle z wykorzystaniem instrukcji **iteracyjnych**. Do przetwarzania tablic najczęściej wykorzystuje się pętlę `for()`.

Ustawianie wartości wszystkich elementów tablicy (na przykład zerowanie).

```
for(i = 0; i < n; i++)
  array[i] = 0;
```

lub z wykorzystaniem operatora postinkrementacji.

```
for(i = 0; i < n; array[i++] = 0);
```

Wczytywanie danych ze strumienia wejściowego do tablicy.

```
for(i = 0; i < n; i++)
{
  printf("%d: ", i + 1);
  scanf("%d", &array[i]);
}
```

Wyprowadzanie danych z tablicy do strumienia wyjściowego.

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

Wersja *uproszczona*.

```
for(i = 0; i < n; printf("%d: %d\n", i, array[i++]));
```

Wersja wspak.

```
for(i = n; i > 0; printf("%d: %d\n", i + 1, array[--i]));
```

Zagadka.

```
int array[5] = {1, 2, 3, 4, 5};
int i, j;

i = 2;
array[++i] = 2 * ++i;  ← array = ?
```

Zagadka.

```
int array[5] = {1, 2, 3, 4, 5};
int i, j;

i = 2;
j = array[++i] + array[i];  ← j = ?
```

Zagadka.

```
int array[5] = {1, 2, 3, 4, 5};
int i, j;

i = 2;
array[++i] = 2 * ++i;  ← array = 1, 2, 3, 4, 8
```

Zagadka.

```
int array[5] = {1, 2, 3, 4, 5};
int i, j;

i = 2;
j = array[++i] + array[i];  ← j = 8
```

Sumowanie wartości elementów tablicy.

```
int sum = 0;

for(i = 0; i < n; i++)
  sum += array[i]; // sum = sum + array[i];
```

Wersja *uproszczona*.

```
int sum;

for(i = 0, sum = 0; i < n; sum += array[i++]);
```

Zagadka.

```
int sum;

for(i = 0, sum = 0; i < n; i += 2)
  if(array[i] > 0)
    if(!(array[i] % 3))
      sum += array[i];
```

Suma co drugiego, dodatniego elementu tablicy, podzielnego przez 3.

```
int sum;

for(i = 0, sum = 0; i < n; i += 2)
  if(array[i] > 0)
    if(!(array[i] % 3))
      sum += array[i];
```

Kopiowanie zawartości tablic (tablice mają te same rozmiary).

```
for(i = 0; i < n; i++)
  b[i] = a[i];
```

Wersja *uproszczona*.

```
i = n;
while(--i >= 0)
  b[i] = a[i];
```

W języku C nazwy tablic są traktowane w specyficzny sposób, jest to wskaźnik na pierwszy element tablicy (więcej później).

Z tego powodu można definiować parametry formalne **bez rozmiaru**. Taki parametr może przyjąć tablicę o **dowolnym rozmiarze**.

Przekazywanie tablic jako parametry może wyglądać jak przez wartość (pozornie).

Alternatywne kopiowanie tablic

Tablice to spójne obszary pamięci operacyjnej, dlatego można do ich kopiowania używać funkcji `memmove()` lub `memcpy()` (nagłówek `mem.h`)

```
memmove(b, a, n * sizeof(int));
```

lub

```
memmove(b, a, n * sizeof(b[0]));
```

`memmove()` kopiuje blok `n` bajtów z lokalizacji źródłowej do docelowej. Lokalizacje te mogą się nakładać.

`memcpy()` kopiuje blok `n` bajtów z lokalizacji źródłowej do docelowej. Gdy lokalizacje te się nakładają, działanie funkcji jest niezdefiniowane. Funkcja `memcpy()` jest szybsza niż `memmove()`

```
memcpy(b, a, n * sizeof(int));
```

lub

```
memcpy(b, a, n * sizeof(b[0]));
```

Na marginesie, alternatywa dla iteracyjnego zerowania tablicy – można do tego wykorzystać funkcję `memset()`.

```
memset(a, 0, n * sizeof(a[0]));
```

`memset()` wypełnia `n` bajtów obszaru pamięci bajtem o zadanej wartości.

Łańcuchy znakowe jako tablice znaków

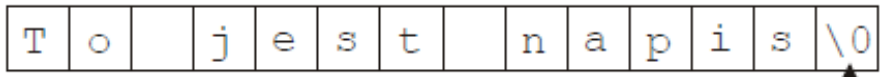
Typ `char` jest wbudowanym typem języków C/C++ służącym do reprezentacji pojedynczego znaku o wielkości 1 bajta. Do reprezentacji **łańcuchów znaków** (**napisów**) wykorzystuje się zwykłe tablice znakowe.

Tablice takie nie różnią się od innych tablic w języku C, wprowadzano jedynie *kilka udogodnień*, czyniących łatwiejszym manipulowanie takimi tablicami.

W języku C przyjęto koncepcję łańcuchów ze **znacznikiem końca** (*null terminated strings*). Znak zerowy nie jest liczbą zero, jest znakiem niedrukowanym o kodzie `0`. Łańcuchy zawsze przechowywane razem z tym znakiem.

```
"To jest napis"
```

a to jego reprezentacja wewnętrzna:



Fizyczna długość napisu = liczba znaków + 1

Znacznik końca napisu
\0 to znak o kodzie 0

Tablice znakowe można inicjować w zwykły sposób, przewidziany dla tablic.

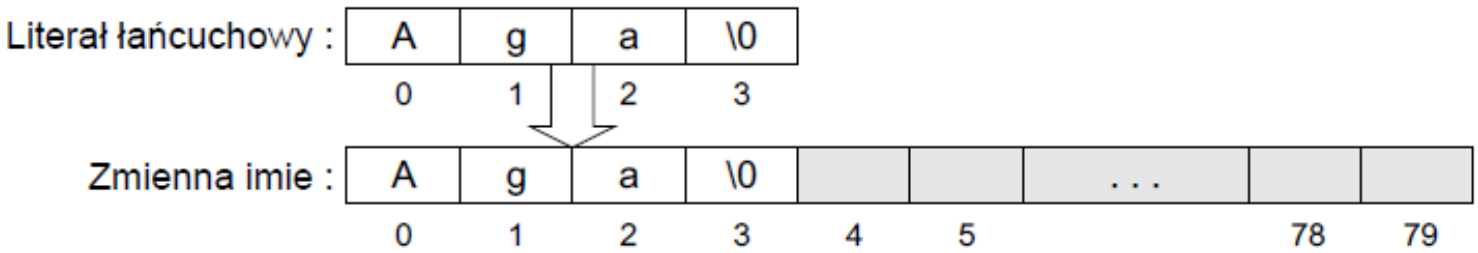
```
char name[80] = {'A', 'g', 'a'};          ← czy dobrze?
char name[80] = {'A', 'g', 'a', '\0'};    ← czy dobrze?
```

Można wykorzystywać wygodniejszą formę

```
char name[80] = "Aga";
```

lub

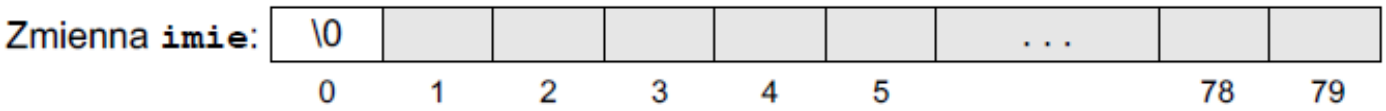
```
char imie[] = "Aga";
```



Deklaracja łańcucha zainicjowanego napisem pustym.

```
char imie[80] = {'\0'};
char imie[80] = "";
```

Reprezentacja wewnętrzna łańcucha pustego.

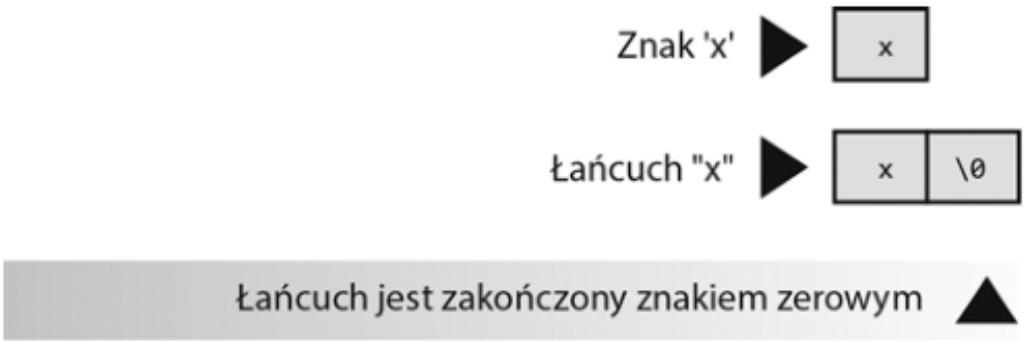


Ustawianie łańcucha pustego po deklaracj.:

```
imie[0] = '\0';
```

Stała łańcuchowa `"x"` nie jest tym samym co stała znakowa `'x'`. Pierwszą różnicą jest fakt, iż `'x'` jest typu prostego `char`, natomiast `"x"` jest typu pochodnego, tablicy opartej na typie `char`.

Druga różnica polega na tym, że `"x"` naprawdę składa się z dwóch znaków: `'x'` oraz `'\0'`.



Przetwarzanie tablic polega zwykle na *przemaszerowaniu* zmienna indeksową po tablicy, dopóki nie ma końca napisu, oznaczanego znakiem `'\0'`.

```
int i;
char str[80];

for(i = 0; str[i] != '\0'; i++)
  → operacje na każdym znaku str[i]
```

Wyprowadzanie zawartości napisu `str` do strumienia wyjściowego znak po znaku

```
for(i = 0; str[i] != '\0'; i++)
  putchar(str[i]);
```

lub krócej

```
for(i = 0; str[i] != '\0'; putchar(str[i++]));
```

Do manipulowania tablicami znakowymi opracowano szereg funkcji bibliotecznych (plik nagłówkowy `string.h`). Wybrane funkcje do pracy z tablicami znakowymi:

- `atol()` – konwertuje wartość zapisaną w łańcuchu znaków do postaci liczby typu całkowitego,
- `memchr()` – szuka wystąpienia bajtu,
- `memcmp()` – porównuje bloki pamięci,
- `memcpy()` – kopiuje zawartość jednego bloku pamięci do drugiego,
- `memmove()` – kopiuje zawartość jednego bloku pamięci do drugiego (bloki mogą na siebie zachodzić),
- `memset()` – wypełnia pamięć bajtem,
- `strcat()` – scala dwa łańcuchy znaków w jeden,
- `strchr()` – szuka pierwszego wystąpienia znaku w łańcuchu znaków,

- `strcmp()` – porównuje dwa łańcuchy znaków,
- `strcoll()` – porównuje dwa łańcuchy znaków leksykograficznie,
- `strcpy()` – kopiuje łańcuch znaków do tablicy znaków,
- `strcspn()` – szuka pierwszego wystąpienia znaku (z puli znaków) w łańcuchu znaków,
- `stricmp()` – porównuje dwa łańcuchy znaków (ignoruje wielość liter),
- `stricoll()` – porównuje dwa łańcuchy znaków leksykograficznie (ignoruje wielkość liter),
- `strlen()` – oblicza długość łańcucha znaków,
- `strncat()` – scala dwa łańcuchy znaków w jeden; uwzględnia maksymalną liczbę znaków jaka może zostać dopisana,
- `strncmp()` – porównuje określoną liczbę znaków dwóch łańcuchów znaków,

- `strncpy()` – kopiuje określoną liczbę znaków łańcucha,
- `strpbrk()` – szuka pierwszego wystąpienia znaku (z puli znaków bez `'\0'`) w łańcuchu znaków,
- `strrchr()` – szuka ostatniego wystąpienia znaku w łańcuchu znaków,
- `strspn()` – zwraca indeks pierwszego znaku, który nie należy do puli znaków,
- `strstr()` – szuka pierwszego wystąpienia łańcucha znaków w innym łańcuchu znaków,
- `strtok()` – zastępuje (w łańcuchu znaków) pierwszy znaleziony znak znakiem terminalnym,
- `strtol()` – konwertuje wartość zapisaną w łańcuchu znaków w dowolnym systemie liczbowym do liczby całkowitej,
- `strtoul()` – konwertuje wartość zapisaną w łańcuchu znaków w dowolnym systemie liczbowym do liczby całkowitej bez znaku.

Tablice dwuwymiarowe

Tablice dwuwymiarowe są rozszerzeniem tablic jednowymiarowych.

```
float deszcz[5][12];
```

Deklaracja składa się z dwóch części, pierwsza:

```
float deszcz[5][12];
```

będąca tablicą pięciu elementów, oraz druga:

```
float deszcz[5][12];
```

deklaracji tych elementów `float[12]`.

Zgodnie tą logiką `deszcz[0]`, będący pierwszym elementem **tablicy** `deszcz`, jest **tablicą dwunastu** wartości typu `float`.

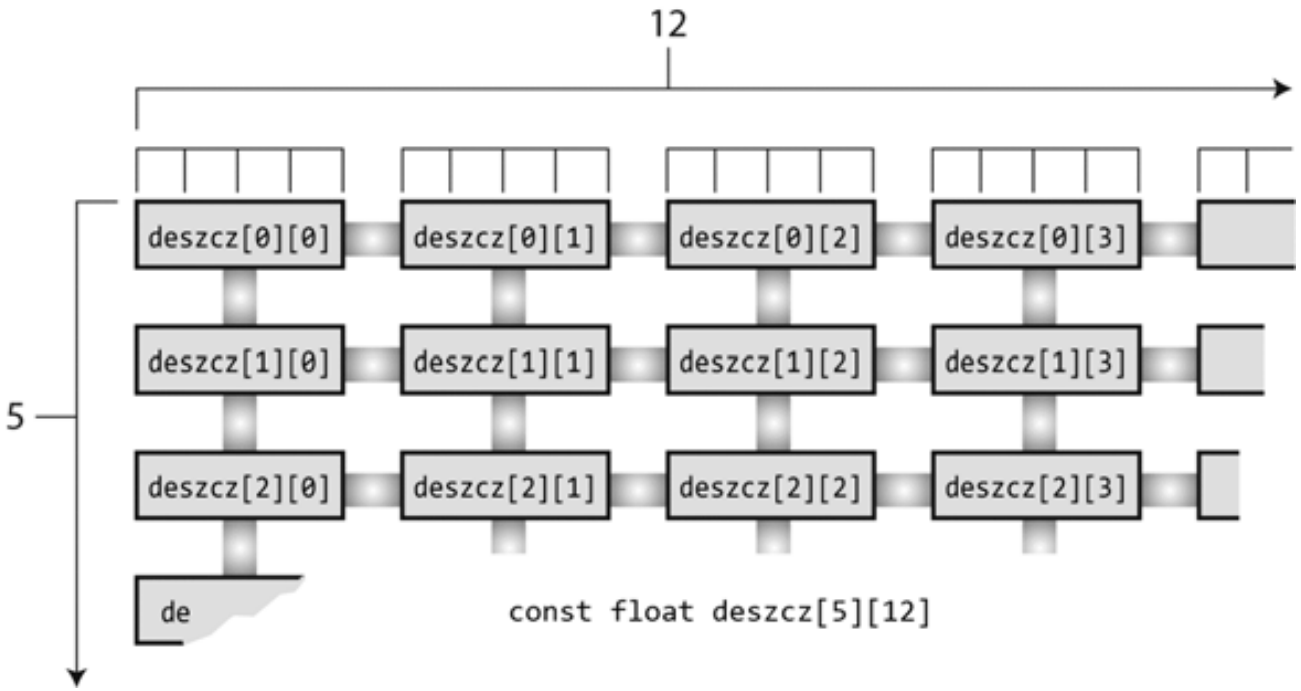
Podobnie jest w przypadku elementów `deszcz[1]`, `deszcz[2]` itd.

Skoro `deszcz[0]` jest tablicą, to jej pierwszym elementem jest `deszcz[0][0]`, drugim jest `deszcz[0][1]` itd.

Zatem `deszcz` jest tablicą pięciu elementów, które są dwunastoelementowymi tablicami typu `float`, `deszcz[0]` jest tablicą dwunastu wartości typu `float`, a `deszcz[0][0]` jest zmienną typu `float`.

Aby odwołać się, do zmiennej w drugim wierszu i trzeciej kolumnie, musimy napisać `deszcz[2][3]`.

Tablicę `deszcz` można przedstawić jako dwuwymiarową tablicę składającą się z pięciu wierszy, każdy po dwanaście kolumn.



Widok dwuwymiarowy jest jedynie wygodnym sposobem przedstawienia.
W rzeczywistości taka tablica przechowywana jest w ciągłym obszarze pamięci – najpierw pierwsza dwunastoelementowa tablica, potem druga dwunastoelementowa tablica i tak po kolei.

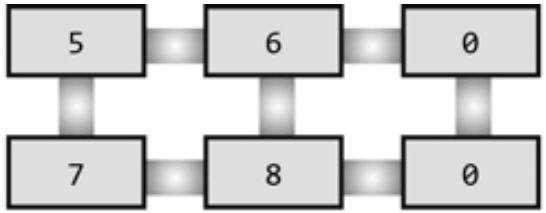
Inicjalizacja tablic dwuwymiarowych

Inicjalizacja tablic dwuwymiarowych stanowi rozwinięcie techniki inicjalizacji tablicy jednowymiarowej.

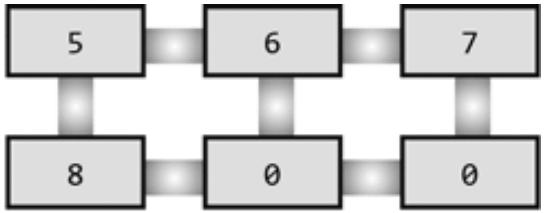
```
#define MIESIACE 12
#define LATA 5
...
float deszcz[LATA][MIESIACE] =
{
  {4.3, 4.3, 4.3, 3.0, 2.0, 1.2, 0.2, 0.2, 0.4, 2.4, 3.5, 6.6},
  {8.5, 8.2, 1.2, 1.6, 2.4, 0.0, 5.2, 0.9, 0.3, 0.9, 1.4, 7.3},
  {9.1, 8.5, 6.7, 4.3, 2.1, 0.8, 0.2, 0.2, 1.1, 2.3, 6.1, 8.4},
  {7.2, 9.9, 8.4, 3.3, 1.2, 0.8, 0.4, 0.0, 0.6, 1.7, 4.3, 6.2},
  {7.6, 5.6, 3.8, 2.8, 3.8, 0.2, 0.0, 0.0, 0.0, 1.3, 2.6, 5.2}
};
```

Można także pominąć wewnętrzne klamry i zachować jedynie obie zewnętrzne. Tak długo, jak długo w klamrach znajduje się właściwa liczba wartości, skutek będzie identyczny.

Jeżeli podamy zbyt mało wartości, tablica będzie wypełniana kolejno wiersz po wierszu, dopóki nie zabraknie danych. Pozostałe elementy będą inicjalizowane wartością `0`.




```
int sq[2][3] = {{5,6},{7,8}};
```




```
int sq[2][3] = {5,6,7,8};
```

Odwołania do elementów tablic

```
array[0][1] = 1;
```

```
array[n - 1][3] = 5;
```

```
a = 2 * array[3][5];
```

```
int i = 0;
int j = n - 1;
a = array[i][j] + array[j][i];
```

```
int rok, miesiac;
float suma, podsuma;

suma = 0;
for(rok = 0, rok < LATA; rok++)
{
  posduma = 0;

  for(miesiac = 0; miesiac < MIESIACE; miesiac++)
    podsuma += deszcz[rok][miesiac];

  suma += podsuma;
}
```

Tablice wielowymiarowe

Wszystkie podane informacje można uogólnić na tablice, które mają więcej wymiarów.

Przykładowa deklaracja tablicy trójwymiarowej.

```
int box[10][20][30];
```

Przykładowa deklaracja tablicy pięciowymiarowej

```
int box[10][20][30][40][50];
```

Stałe

Stała jest to symbol, któremu przypisana wartość (liczbowa, tekstowa, itp.) nie może być zwykle zmieniana podczas wykonywania programu. Choć wartość ta jest określana tylko raz, można się do niej odwoływać w programie wielokrotnie.

Stosowanie stałej zamiast wielokrotnie tych samych wartości, wyrażeń stałych, literałów itp., nie tylko ułatwia konserwację kodu, ale i dostarcza dla niej nazwę opisową, zwiększając czytelność kodu.

Stała jest często mylona z literałem, który jest zapisem danej wartości w danym punkcie programu. Stała jest natomiast identyfikatorem przypisanym do danego literału.

Wartość stałej w zależności od języka może być:

- znana na etapie kompilacji i nie może się zmienić w trakcie działania programu,
- ustawiona jednorazowo (jeśli dotyczy stałego wskaźnika), a potem nie może się zmienić, jednak obiekt wskazywany przez ten stały wskaźnik może zmieniać swoje wartości (`const` w C++),
- ustawiona jednorazowo (jeśli dotyczy przekazywania parametrów funkcji przez stałą), a potem również nie może się zmienić, ponieważ takie parametry są przekazywane przez wartość (`const` w C/C++).

W języku C nie ma typowych stałych, w zamian używa się dyrektywy preprocesora `#define` lub literałów zmiennych (zmiennych wraz ze wszystkimi ich własnościami), które są jest traktowane jak stała.

```
#define PI 3.1415
```

Dyrektywa `#define` jest poleceniem dla preprocesora, aby ten odpowiednio zmodyfikował tekst kodu źródłowego przed przekazaniem go kompilatorowi – czyli zastąpił odpowiednią nazwę określonym tekstem.

```
#define PI 3.1415

const float foo = 2.7182 * sin(PI);
```

`const` zabrania zmiany wartości zmiennej w trakcie działania programu. Nie mamy jednak gwarancji, że taka stała będzie miała tę samą wartość przez cały czas wykonania, możliwe jest bowiem dostanie się do wartości stałej (miejsca jej przechowywania w pamięci) pośrednio – za pomocą wskaźników.

Można zatem dojść do wniosku, że słowo kluczowe `const` służy tylko do poinformowania kompilatora, aby ten nie zezwalał na jawną zmianę wartości stałej.

Próba modyfikacji wartości stałej ma niezdefiniowane działanie (*undefined behaviour*) i w związku z tym może się powieść lub nie, może też spowodować jakieś subtelne zmiany, które w efekcie spowodują, że program będzie źle działał.

Konwersja typów

Konwersja typu, zmiana typu, rzutowanie typu, przekształcenie typu – konstrukcja programistyczna umożliwiająca traktowanie danej pewnego, konkretnego typu, jak daną innego typu.

Konwersją będziemy też nazywać zmianę tej danej albo jej reprezentacji w pamięci operacyjnej, aby wartość tej danej, odpowiadała według przyjętych kryteriów odwzorowania, danej innego, wybranego typu.

Pojęcie konwersji odnosi się także do sytuacji wyboru, rzutowania danych, które nie posiadają przypisanego typu, na wybrany, konkretny typ, celem interpretacji tych danych.

W językach programowania wartości, dane (reprezentowane przez np. literał, wyrażenie, zmienną, parametry, itd.), mogą mieć przypisane różne atrybuty, w szczególności typ danych.

Fizyczną reprezentacją danych jest ciąg bitów, a atrybuty przypisane danej, decydują między innymi o tym:

- jak długi ciąg bitów stanowi określoną daną,
- w jaki sposób jest interpretowany ciąg bitów określonej długości, stanowiący daną,
- ten sam ciąg bitów może być interpretowany zarówno jako liczba, łańcuch znaków, wartość logiczna, itd.

Konwersje typu mogą być rozróżniane według różnych kryteriów podziału.

- Podział ze względu na sposób specyfikacji:
  - jawne,
  - niejawne.
- Podział według konstrukcji programistycznej:
  - automatyczne,
  - wymuszone,
  - operator konwersji,
  - podprogram,
  - referencja.
- Podział według sposobu realizacji:
  - konwersje bez zmiany sposobu reprezentacji danej w pamięci i rozmiaru danej – tylko zmiana interpretacji,
  - konwersje ze zmianą atrybutu rozmiaru danej, bez zmiany sposobu interpretacji danej,
  - konwersje ze zmianą sposobu reprezentacji bez zmiany interpretacji danej,
  - konwersje ze zmianą sposobu interpretacji danej.
- Podział ze względu na utratę informacji:
  - konwersje bez utraty informacji,
  - konwersje z częściową utratą informacji.

Kilk przykładów niejawnego rzutowania.

```
int i = 42.7;              ← konwersja z double do int
float f = i;               ← konwersja z int do float
double d = f;              ← konwersja z float do double
unsigned u = i;            ← konwersja z int do unsigned int
f = 4.2;                   ← konwersja z double do float
i = d;                     ← konwersja z double do int
char *str = "foo";         ← konwersja z const char * do char *
const char *cstr = str;    ← konwersja z char * do const char *
void *ptr = str;           ← konwersja z char * do void *
```

Podczas konwersji zmiennych musimy liczyć się z możliwą utratą informacji, jak to ma miejsce w pierwszej linijce.

Niejawna konwersja z typu `const char*` do typu `char*` nie jest dopuszczana przez standard C, jednak literały napisowe (które są typu `const char*`) stanowią tutaj wyjątek.

Wynika on z faktu, że były one używane na długo przed wprowadzeniem słówka `const`.

Do jawnego wymuszenia konwersji służy jednoargumentowy operator rzutowania ( ), np. (notacja rzutowa z C).

```
double d = 3.14;
int iD = (int)d;
```

```
int val = 3;
float fVal = (float)val;
```

W języku C++ stosuje się notację funkcyjną.

```
double d = 3.14;
int iD = int(d);
```

```
int val = 3;
float fVal = float(val);
```

Dodatkowo wiele bibliotek dodatkowo oferuje funkcję do konwersji odpowiednich typów, zgodne z ich algorytmami zamiany. Na przykład po włączaniu pliku nagłówkowego `stdlib.h` będziemy mieli do dyspozycji m.in.:

- `double atof(const char *str)` – funkcja pobiera liczbę w postaci ciągu znaków, a następnie zwraca jej wartość typu `double`,
- `int atoi(const char *str)` – funkcja pobiera liczbę w postaci ciągu znaków, a następnie zwraca jej wartość typu `int`,
- `long atol(const char *str)` – funkcja pobiera liczbę w postaci ciągu znaków, a następnie zwraca jej wartość typu `long`.

Dziwne deklaracje

Język C pozwala tworzyć bardzo zawiłe formy danych. Znaczenie deklaracji może zostać zmienione przez dodanie do nazwy zmiennej *modyfikatora*. Możliwe jest też użycie wielu modyfikatorów w jednej deklaracji.

```
int foo[8][8];       ← tablica tablic typu int
int **bar;           ← wskaźnik do wskaźnika do int
int *baz[10];        ← 10-elementowa tablica wskaźników do int
int (*qux)[10];      ← wskaźnik do 10-elementowej tablicy typu int
int *buff[3][4];     ← tablica 3 × 4 wskaźników do int
int (*puff)[3][4];   ← wskaźnik do tablicy 3 × 4 wartości int
int (*huff[3])[4];   ← 3-elementowa tablica wskaźników do
                       4-elementowych tablic typu int
```

```
char *foo(int);        ← funkcja zwracająca wskaźnik do char
char (*bar)(int);      ← wskaźnik do funkcji, która zwraca
                         wartość typu char
char (*baz[3])(int);   ← tablica 3 wskaźników do funkcji
                         zwracających wartość typu char
```

Operator w programowaniu konstrukcja językowa jednoargumentowa, bądź wieloargumentowa zwracająca wartość.

Do podstawowych operatorów, będących elementem większości języków programowania, należą operatory: **przypisania**, **arytmetyczne**, **relacji** (porównania), **logicznie**.

Główne cechy opisujące operator to:

- liczba i typy argumentów,
- typ wartości zwracanej,
- wykonywane działanie,
- priorytet,
- łączność lub jej brak,
- umiejscowienie operatora względem operandów.

Operator przypisania

Przypisanie (podstawienie) jest to operacja nadania, umieszczenia, wpisania do określonej **L-wartości** (jest to wartość, która istnieje dłużej niż przez jedno wyrażenie i można pobrać jej adres, jest nią też zmienna) nowej wartości.

Przypisanie może zostać dokonane:

- instrukcją przypisania,
- operatorem przypisania,
- innym operatorem,
- w inicjalizacji zmiennej,
- w wywołaniu podprogramu,
- w wyniku efektów ubocznych,
- w instrukcji wejścia.

Operator przypisania to jednen z podstawowych operatorów prostych występujących w językach programowania.

Zwykle nie jest słowem kluczowym, choć istnieją języki programowania wymagające lub zezwalające opcjonalnie na użycie słowa kluczowego.

W C/C++ operatorem przypisania jest znak równości =.

Operator przypisania powoduje przypisanie, i zwraca wartość równą wartości przypisanej do L-wartości. Instrukcja przypisania nie zwraca wartości.

Operator przypisania może wystąpić w instrukcji przypisania ale może także wystąpić wewnątrz wyrażeń, tak jak każdy inny operator.

Operator przypisania w C/C++ jest **prawostronnie łączny**. Umożliwia to łączenie przypisań.

```
int i = 5, j, k, l;

l = k = j = i;
```

Zamiast

```
j = i + 5;
k = j + 10;
l = k * 2;
```

można napisać

```
l = (k = (j = i + 5) + 10) * 2;
```

Często zamiast.

```
x = sin(alfa);

if(x == 0)
{
   ...
}
```

stosuje się

```
if((x = sin(alfa)) == 0)
{
   ...
}
```

Operator arytmetyczny to operator, który działając na podanych argumentach reprezentujących wartości liczbowe, w wyniku zwraca również wyznaczoną wartość liczbową, realizując podstawowe operacje arytmetyki.

To jakie operatory arytmetyczne są dostępne w konkretnym języku programowania zależy od jego składni, a to jakie są zasady ich stosowania, w tym priorytet tych operatorów i kolejność opracowywania argumentów, od przyjętej implementacji języka.

Zróżnicowany jest również sposób zapisu operatorów arytmetycznych. Stosuje się zapis, bądź za pomocą symboli (znaku lub znaków nie będących literami), w konwencji zbliżonej do matematycznej, bądź zdecydowanie rzadziej w postaci słów kluczowych.

Operatory arytmetyczne realizują następujące operacje arytmetyczne (przykłady):

- jednoargumentowe:
  - zmiana znaku liczby (wyznaczenie liczby przeciwnej),
  - zachowanie znaku liczby,
  - inkrementacja,
  - dekrementacja,
- dwuargumentowe:
  - dodawanie,
  - odejmowanie,
  - mnożenie,
  - dzielenie,
  - dzielenie całkowitoliczbowe,
  - reszta z dzielenia całkowitoliczbowego,
  - potęgowanie.

operatory arytmetyczne	
*	mnożenie
/	dzielenie
&	reszta z dzielenia całkowitoliczbowego
+	dodawanie
-	odejmowanie, zmiana znaku liczby

Wyrażenie arytmetyczne jest to językach programowania dowolne wyrażenie typu liczbowego. Może być ono złożone ze zmiennych, liczb, funkcji, symboli działań (tu: operatorów), itp.

```
float wynik;

wynik = 10 / 3;      ← 3 - wynik zależny od typów literałów i zmiennej
wynik = 10.0 / 3.0   ← 3.333333
```

```
int result;

result =  10 * 3;  ← 30
result =  10 / 3;  ← 3
result =  10 % 3;  ← 1
result =  10 + 3;  ← 13
result =  10 - 3;  ← 7
result =  5;       ← 5
result = -result;  ← -5
```

Kolejność (priorytety) wykonywania działań jest taka jak w matematyce, można ją regulować za pomocą nawiasów okrągłych. Operatory równoważne wykonywane są od strony lewej do prawej (należy wziąć pod uwagę wiązanie).

wybrane funkcje matematyczne z `math.h`	
`sin()`	sinus
`cos()`	cosinus
`tan()`	tangens
`asin()`	arcus sinus
`acos()`	arcus cosinus
`atan()`	arcus tangens
`exp()`	eksponent (e^x)
`log()`	logarytm naturalny
`log10()`	logarytm dziesiętny
`pow()`	potęga
`sqrt()`	pierwiastek kwadratowy
`ceil()`	zaokrąglenie do liczby całkowitej w górę
`floor()`	zaokrąglenie do liczby całkowitej w dół
`round()`	zaokrąglenie do najbliższej liczby całkowitej
`fabs()`	wartość bezwzględna

Operatory relacji i wyrażenia logiczne

Operator **relacji** jest to operator który działając na podanych argumentach, w wyniku zwraca wartość logiczną, określającą spełnienie bądź nie spełnienie reprezentowanej przez ten operator relacji zachodzącej między argumentami.

Wynikiem działania operatora relacji jest więc wartość reprezentująca zgodnie z zasadami obowiązującymi w składni języka programowania jedną z wartości logicznych: **prawdę** (*true*) lub **fałsz** (*false*).

W języku C będą to wartości całkowitoliczbowe odpowiednio: wartość różna od zera (1) i zero (0).

W językach programowania dostępne są operatory, które badają relacje:

- równości,
- nierówności,
  - negacji równości,
  - nierówności ostrych,
    - mniejsze,
    - większe,
  - nierówności nieostrych,
    - mniejsze lub równe,
    - większe lub równe,
- przynależności (zawierania),
- równoważności.

operatory relacji	
==	czy równe?
!=	czy różne?
>	czy większe?
<	czy mniejsze?
>=	czy większe lub równe?
<=	czy mniejsze lub równe?

Operatory relacji mogą działać na wszystkich typach danych, jednak najczęściej odnoszą się do danych numerycznych.

Porównanie danych całkowitych nie powinno budzić zastrzeżeń, ponieważ operacje wykonywane są w sposób naturalny.

Należy zachować ostrożność przy porównywaniu wartości zmiennoprzecinkowych.

```
double first, second;

first = 1.00000000000001;
second = 1.00000000000002;

if(first == second)
{
   ...
}

if(fabs(first - second) < 0.000001)
{
   ...
}
```

Operator **logiczny** to operator, który działając na argumentach reprezentujących wartości logiczne, w wyniku zwraca również wartość logiczną, realizując podstawowe operacje algebry Boole'a.

Dostępność operatorów logicznych, priorytet i kolejność opracowywania argumentów zależy od przyjętej implementacji języka.

Zróżnicowany jest również sposób zapisu operatorów logicznych, stosuje się zapis, bądź w postaci słów kluczowych, bądź symboli (znaku lub znaków nie będących literami).

Operatory logiczne realizują następujące operacje logiczne:

- jednoargumentowe:
  - negacja,
- dwuargumentowe:
  - koniunkcja,
  - alternatywa,
  - alternatywa wykluczająca,
  - implikacja,
  - ekwiwalencja.

operatory logiczne	
!	negacja (zaprzeczenie)
&&	koniunkcja
||	alternatywa

!

argument	wynik
prawda	fałsz
fałsz	prawda

&&

lewy argument	prawy argument	wynik
prawda	prawda	prawda
prawda	fałsz	fałsz
fałsz	prawda	fałsz
fałsz	fałsz	fałsz

||

lewy argument	prawy argument	wynik
prawda	prawda	prawda
prawda	fałsz	prawda
fałsz	prawda	prawda
fałsz	fałsz	fałsz

Wyrażenie logiczne jest to językach programowania dowolne wyrażenie zawierające operatory relacji i operatory logiczne, stałe, zmienne logiczne, którego wynik jest typu logicznego (prawda lub fałsz).

Wyrażenia logiczne mogą zawierać wyrażenia innego typu, np. arytmetyczne.

```
int result;

result = (5 < 3 * 2) && ('L' > 'A');
result = (5 <> 3 * 2) || ('L' == 'A');
result = !(2 + 2 == 5);
```

```
int value, even, range, result;

value = 25;

even = (liczba % 2) == 0;
range = ((liczba >= 10) && (liczba <= 20));
result = even && range;
```

Dla większości operatorów dwuargumentowych:

```
*   /   %   +   -   <<   >>   &   ^   |
```

można wykorzystać specjalne operatory przypisania (*shorthands*), pozwalające skrócić zapis:

- mnożenie: `a !*= b` zamiast `a = a !* b`,
- dzielenie: `a /= b` zamiast `a = a / b`,
- reszta z dzielenia całkowitoliczbowego: `a %= b` zamiast `a = a % b`,
- dodawanie: `a += b` zamiast `a = a + b`,
- odejmowanie: `a -= b` zamiast `a = a - b`,
- przesunięcie bitowe w lewo: `a <<= b` zamiast `a = a << b`,
- przesunięcie bitowe w prawo: `a >>= b` zamiast `a = a >> b`,
- koniunkcja bitowa: `a &= b` zamiast `a = a & b`,
- bitowa różnica symetryczna: `a ^= b` zamiast `a = a ^ b`,
- alternatywa bitowa: `a |= b` zamiast `a = a | b`.

Inkrementacja i dekrementacja

Operator **inkrementacji** `++` powoduje zwiększenie wartości argumentu o 1.
Operator **dekrementacji** `--` powoduje zmniejszenie wartości argumentu o 1.

Oba operatory występują w wersji **prefixowej** i **postfixowej** – są wymieniane przed lub za argumentem. Nie zmienia to działania operatora, tylko wpływa na *moment* ich wykonania:

- wersja przedrostkowa zwiększa (zmniejsza) wartość argumentu przed użyciem jego wartości,
- wersja przyrostkowa zwiększa (zmniejsza) wartość argumentu po użyciu jego wartości.

```
int a = 5, b;

b = ++a;  ← a = 6, b = 6
```

```
int a = 5, b;

b = a++;  ← a = 6, b = 5
```

Ponieważ operatory te wykonują niejawną instrukcję przypisania to wyrażenia typu

```
(a + b)++;
```

nie są poprawne.

Na wyrażenia operatorowe trzeba uważać (poniższe przykłady są poprawne, ale co one robią?).

```
x=a+++(b+=c);
```

```
x*=(a!='a')?a--:++a;
```

```
i=++i---i+++i+i--;
```

Operator warunkowy

Często spotyka się *symetryczne* instrukcje warunkowe.

```
if(delta > 0)
  isSolution = 1;
else
  isSolution = 0;
```

```
if(a > b)
  max = a;
else
  max = b;
```

Można je zapisać krócej z wykorzystaniem operatora warunkowego.

```
isSolution = (delta > 0) ? 1 : 0
```

```
max = (a > b) ? a : b;
```

Priorytety niektórych operatorów

operator, wiązanie	
`( )` (funkcja, zmiana kolejności) `[]` (odwołanie do tablic)	
`->` `.` (składowe klas)	L
`*` (wskaźnik) `&` (adres) `+` `-` (znak) `!` (negacja) `~` (negacja bitowa)	
`++` `--` (inkrementacja, dekrementacja)	P
`*` (mnożenie) `/` (dzielenie) `%` (reszta)	L
`+` (dodawanie) `-` (odejmowanie)	L
`<<` `>>` (przesunięcia bitowe)	L
`<` `>` `<=` `>=` (porównania)	L
`==` `!=` (równość, nierówność)	L
`&` (koniunkcja bitowa)	L
`^` (bitowa różnica symetryczna)	L
`|` (alternatywa bitowa)	L
`&&` (koniunkcja)	L
`||` (alternatywa)	L
`?` (operator warunkowy)	P
`=` `+=` `-=` `/=` `<<=` `>>=` `&=` `^=` `|=` (przypisania)	P
`,` (połączenie)	L

Litery **L** i **P** określają kolejność wykonywania operacji danego typu. L – łączność lewostronna – a więc zapis

```
a + b + c + d;
```

jest interpretowany jak

```
(((a + b) + c) + d);
```

P – łączność prawostronna np. dla przypisania powoduje że zapis

```
a = b = c = d;
```

jest interpretowany jak

```
(a = (b = (c = d)));
```

Stąd wyrażenia.

```
a = 1 = b;  ← jest niepoprawne
a = b = 1;  ← jest poprawne
```

Instrukcja wyrażeniowa

Instrukcja wyrażeniowa – to każde poprawne wyrażenie w języku C (również wyrażenie puste) zakończone znakiem średnika.

Wykonanie takiej instrukcji polega na wyznaczeniu wartości danego wyrażenia.

```
x = 0;
```

```
x = a + b;
```

```
a + b;
```

```
;
```

Instrukcja złożona – zwana inaczej blokiem, to lista instrukcji ujęta w nawiasy klamrowe {}.

Blok traktowany jest jako pojedyncza instrukcja. Identyfikator zadeklarowany w obrębie bloku ma jego zakres.

Bloki mogą być zagnieżdżone do dowolnej głębokości. W obrębie zagnieżdżonych bloków następuje przesłanianie nazw.

```
{
  int k = 2;
  {
    float k = 10.2;
    printf("k = %f", k);   ← k = 10.2
  }
  printf("k = %d", k);     ← k = 2
}
```

Instrukcja warunkowa

Instrukcja warunkowa jest elementem języka programowania, który pozwala na wykonanie różnych obliczeń (zadań) w zależności od tego czy zdefiniowane przez programistę **wyrażenie logiczne** jest prawdziwe, czy fałszywe.

if - then

```
int a, b;

a = 1;
b = 2;

if(a + b == 3)
  printf("Suma jest rowna 3")
```

if - then - else

```
float take, bonus;

take = 29999.99;

if(take >= 30000)
{
  bonus = 0.05 * take;
  printf("Premia w wysokosci: %f", bonus);
}
else
{
  bonus = 0;
  printf("Premii nie bedzie!");
}
```

if - then - else if - then - else

```
int a, b, c;
float delta, x0, x1, x2;

a = 1;
b = 8;
c = 2;

delta = b * b - 4 * a * c;

if(delta > 0)
{
  x1 = (-b - sqrt(delta)) / (2 * a);
  x2 = (-b + sqrt(delta)) / (2 * a);
}
else

  if(delta == 0)

    x0 = -b / (2 * a);

  else

    printf("Brak pierwiastkow rzeczywistych");
```

Uwaga na zagnieżdżone instrukcje warunkowe

Która wersja sugerowana przez wcięcia jest poprawna?

```
if(value >= 0)
  if(value > 0)
    printf("Liczba dodatnia");
else
  printf("Liczba ujemna");
```

```
if(value >= 0)
  if(value > 0)
    printf("Liczba dodatnia");
  else
    printf("Zero");
```

Instrukcja wyboru

Instrukcja wyboru jest instrukcją umożliwiającą wybór instrukcji do wykonania spośród wielu opcji.

Składnia instrukcji wyboru różni się w zależności od języka programowania, lecz można wyróżnić w niej charakterystyczne elementy:

- nagłówek instrukcji wyboru – słowo kluczowe rozpoczynające instrukcję, nazwa zmiennej lub wyrażenie, na podstawie którego następuje wybór,
- ciało instrukcji wyboru – kolejne instrukcje (bloki instrukcji) podlegające selekcji, poprzedzone frazami zawierającymi wartości, listy lub zakresy porównywane z wyrażeniem (zmienną) z nagłówka instrukcji,
- opcjonalnie fraza domyślna, wykonywana gdy żadna z fraz nie spełni warunku,
- koniec instrukcji wyboru.

```c
int body;

printf("1. SEDAN\n");
printf("2. COUPE\n");
printf("3. SUV\n");

printf("Podaj typ nadwozia: ");
scanf("%d", &body);

if(body == 1)
  printf("Lubisz eleganckie limuzyny!");

if(body == 2)
  printf("Pewnie lubisz szybka jazde!");

if(body == 3)
  printf("Widze, ze ciagnie Cie w teren!");
```

W powyższym przykładzie wykorzystana jest wielokrotnie sama zmienna, porównanie następuje z wartościami znanymi na etapie kompilacji.

```c
int body;

printf("1. SEDAN\n");
printf("2. COUPE\n");
printf("3. SUV\n");

printf("Podaj typ nadwozia: ");
scanf("%d", &body);

switch(body)
{
  case 1:
    printf("Lubisz eleganckie limuzyny!");
    break;

  case 2:
    printf("Pewnie lubisz szybka jazde!");
    break;

  case 3:
    printf("Widze, ze ciagnie Cie w teren!");
    break;
}
```

```c
enum bodyType
{
  SEDAN = 1,
  COUPE,
  SUV
};

int body;

printf("1. SEDAN\n");
printf("2. COUPE\n");
printf("3. SUV\n");

printf("Podaj typ nadwozia: ");
scanf("%d", &body);
...
```

```
...
switch(body)
{
  case SEDAN:
    printf("Lubisz eleganckie limuzyny!");
    break;

  case COUPE:
    printf("Pewnie lubisz szybka jazde!");
    break;

  case SUV:
    printf("Widze, ze ciagnie Cie w teren!");
    break;

  default:
    printf("Chyba wolisz pedalowac!");
}
```

Pętle

Pętla to jedna z podstawowych konstrukcji programowania strukturalnego (obok instrukcji warunkowej i instrukcji wyboru). Umożliwia cykliczne wykonywanie ciągu instrukcji:

- określoną liczbę razy (pętla **iteracyjna**, licznikowa),
- do momentu zajścia pewnych warunków (pętla **repetycyjna**, warunkowa),
- dla każdego elementu kolekcji (pętla **foreach**, po kolekcji),
- w nieskończoność.

Pętla iteracyjna, to rodzaj pętli, w której następuje wykonanie określonej liczby iteracji. Do kontroli przebiegu wykonania pętli iteracyjnej stosuje się specjalną zmienną, którż nazywa się **zmienną sterująca**, **kontrolną** lub **licznikową**.

W ramach pętli przejście do kolejnej iteracji wiąże się ze zmianą wartości zmiennej sterującej o określoną wielkość i sprawdzenie warunku, czy nowa wartość zmiennej sterującej znajduje się nadal w dopuszczalnym zakresie wartości, określonym dla tej zmiennej.

Kolejność wykonywania działań jest następująca:

- przypisanie wartości początkowej do zmiennej sterującej,
- sprawdzenie, czy wartość zmiennej sterującej mieści się w dopuszczalnym zakresie wartości, tzn. jej wartość jest równa lub mniejsza od wartości granicznej, albo jest równa lub większa od wartości granicznej:
  - jeżeli wartość zmiennej sterującej nie mieści się w dopuszczalnym zakresie wartości to kończy wykonywanie pętli,
  - jeżeli wartość zmiennej sterującej mieści się w dopuszczalnym zakresie wartości to nie przerywa działania,
- wykonuje iterację,
- zmienia wartość zmiennej sterującej o zadany krok, wartość ta może być zwiększana lub zmieszana.

Zmienna sterująca służy do kontroli przebiegu realizacji pętli iteracyjnej. Przyjmuje ona kolejne wartości z zadanego zakresu zmieniane o określoną wartość kroku.

W różnych językach programowania mogą być stawiane określone wymagania i ograniczenia dotyczące zmiennych sterujących. Ograniczenia te mogą dotyczyć takich atrybutów tej zmiennej jak np. dozwolony typ danych, zasięgu.

Zmiana wartości zmiennej sterującej może nastąpić:

- automatycznie, w sposób ukryty,
- jawnie, w kodzie bloku pętli, o ile dany język programowania dopuszcza taką konstrukcję.

Ogólniejszą konstrukcją jest pętla **repetycyjna** (warunkowa), która jest wykonywana, aż do odpowiedniej zmiany warunków.

Warunek zawarty w definiowanej pętli jest pewnym wyrażeniem, które najczęściej zwraca wartość typu logicznego. Istnieją języki programowania, w których składnia nie przewiduje takiego typu danych.

W językach tych stosuje się wyrażenia zwracające pewną wartość innego typu, która następnie podlega odpowiedniej interpretacji, np. wartość zero może być utożsamiana z wartością **false** typu logicznego, a pozostałe wartości z wartością **true**.

Zapis wyrażenia, oraz typ wartości wyrażenia, zależny jest od składni konkretnego języka programowania. Powszechnym jest zapis wyrażeń kontrolnych analogicznie do zapisu tych wyrażeń dla instrukcji warunkowej.

Szczególne znaczenie mają w tym przypadku operatory porównań, choć warunek może zostać wyrażony także całkiem inaczej, np. jako wywołanie funkcji zwracającej wartość logiczną, bądź jako identyfikator zmiennej logicznej, której wcześniej przypisano rezultat ewaluacji wyrażenia warunkowego.

Ponadto operator logiczny realizujący operację negacji pozwana na rekompensatę ewentualnego braku pętli powtarzanej przy spełnieniu lub niespełnieniu warunku, gdyż zastosowanie tego operatora do podanego warunku jest równoważne zastosowaniu frazy przeciwnej.

Warunki decydujące o kontynuacji lub zaprzestaniu wykonywania pętli mogą być sprawdzane:

- na początku pętli, przed wykonaniem pierwszej instrukcji zawartej w bloku definiowanej pętli,
- wewnątrz pętli, w jej bloku, po wykonaniu części instrukcji,
- na końcu pętli, po wykonaniu wszystkich instrukcji zawartych w bloku definiowanej pętli.

Jeżeli warunek jest sprawdzany na początku pętli, to może nastąpić taka sytuacja, że instrukcje zawarte w pętli nigdy nie zostaną wykonane. Będzie to miało miejsce w sytuacji, gdy przy pierwszym wykonaniu warunek nie będzie spełniony.

Inaczej jest, gdy warunek jest sprawdzany na końcu pętli. W tym przypadku instrukcje zawarte w pętli zostaną wykonane co najmniej jeden raz.

Często pożądane jest, aby instrukcje pętli zostały wykonane dla każdego elementu tablicy, kolekcji itp.

Oczywiście można to zrobić za pomocą pętli iteracyjnych lub repetycyjnych, ale często szybszym i bardziej przejrzystym sposobem jest użycie pętli typu **foreach**, która zwalnia programistę z obowiązku *ręcznego* iterowania po kolekcji.

Działanie pętli foreach, polega na powtarzaniu kolejnych iteracji dla wszystkich elementów wybranego kontenera danych, takiego jak, np. tablica, lista, kolekcja, kolejka, itp.

Pętla taka automatycznie przed przejściem do wykonania kolejnej iteracji przypisuje zadanej w nagłówku pętli zmiennej sterującej wartość kolejnego elementu.

Działanie tej pętli polega na wykonaniu następujących kroków:

- ustaleni jako bieżący, pierwszego element kontenera danych, jeżeli kontener jest pusty, zakończenie działanie pętli,
- przypisanie wartość bieżącego elementu do zmiennej sterującej,
- wykonanie iteracji,
- sprawdzenie czy istnieje kolejny element w kontenerze:
  - jeżeli istnieje, to ustala jako bieżący kolejny element kontenera i wykonuje iterację,
  - jeżeli nie istnieje to kończy działanie.

do - while

```
int index, counter;

index = 20;
counter = 0;

do
{
  index--;
  counter++;
}
while(indeks > 10);

printf("Indeks = %d, licznik = %d", index, counter);  ← index = 10
                                                        counter = 10
```

Instrukcja stanowiąca ciało iteracji wykona się **przynajmniej raz**.

Wyrażenie występujące w nawiasach określa **warunek kontynuacji**, zatem iteracja kończy się gdy wartość wyrażenia będzie zerowa.

Innymi słowy, pętla wykonuje się dopóty, dopóki **warunek jest prawdziwy**.

while

```
int index, counter;

index = 20;
counter = 0;

while(index > 10)
{
  index--;
  counter++;
}

printf("Indeks = %d, licznik = %d", index, counter);  ← index = 10
                                                        counter = 10
```

Instrukcja stanowiąca ciało iteracji może **nie wykonać się ani razu**.

Wyrażenie występujące w nawiasach określa **warunek kontynuacji**, zatem iteracja kończy się gdy wartość wyrażenia będzie zerowa.

Innymi słowy, pętla wykonuje się dopóty, dopóki **warunek jest prawdziwy**.

Iteracja `for( )` w języku C/C++ stanowi uogólnienie schematu iteracji `while( )`.

```
int counter;

counter = 0;                              ← inicjalizacja

while(index < 10)                         ← warunek kontynuacji
{
  printf("Licznik = %d\n", counter);      ← cialo iteracji
  counter++;                              ← modyfikacja zmiennej sterującej
}
```

```
int counter;

for(counter = 0; counter < 10; counter++)  ← inicjalizacja
                                             warunek kontynuacji
                                             modyfikacja zmiennej
  printf("Licznik = %d\n", counter);       ← ciało iteracji
```

m W części inicjalizacyjnej w C++ wolno deklarować zmienne.

Poszczególne sekcje iteracji mogą być dowolnymi legalnymi, wyrażeniami w języku C. Mogą to też być wyrażenia przecinkowe.

```c
int counter;

for(counter = 0; counter < 10; printf("Licznik = %d\n", counter),
  counter++);
```

Pętla `for( )` może występować bez warunku kontynuacji.

```
char key;

printf("Wpisz dowolna litere, zero konczy iteracje.\n");

for ( ; ; )
{
  printf("Klawisz: ");
  key = getchar();

  while((getchar()) != '\n');

  if(key == '0')
    break;

  if(key >= '0' && key <= '9')
  {
    printf("Wpisales cyfre %c\n", key);
    continue;
  }
  printf("Wpisales litere %c o kodzie %d\n", key, key);
}
```

Instrukcje `break` i `continue`

Instrukcja `break` pozwala na **natychmiastowe zakończenie** nawet zagnieżdżonej, dowolnej instrukcji **pętli** lub **wyboru**.

Instrukcja `continue` pozwala na **przerwanie bieżącego przebiegu** dowolnej iteracji i przejście do wykonania następnego jej przebiegu.

W przypadku iteracji `while()` i `do while()` instrukcja powoduje przeniesienie sterowania do fazy testowania warunku kontynuacji.

W przypadku iteracji `for()` sterowanie przenoszone jest do wyrażenia modyfikującego a potem do testowania warunku.

Podprogramy

Podprogram – termin związany jest z programowaniem proceduralnym. Podprogram to wydzielona część programu wykonująca jakieś operacje. Podprogramy stosuje się, aby uprościć program główny, zwiększyć czytelność kodu. Wartościową cechą podprogramu jest możliwość wielokrotnego jego wywołania.

W wielu językach programowania dzieli się podprogramy na funkcje i procedury.

Funkcja ma wykonywać obliczenia i zwracać jakąś wartość, nie powinna natomiast mieć żadnego innego wpływu na działanie programu.

Procedura natomiast nie zwraca żadnej wartości, zamiast tego wykonuje pewne działania.

Przez **zwracanie wartości** należy rozumieć możliwość użycia wywołania funkcji wewnątrz wyrażenia.

Procedury często też zwracają wartości, ale poprzez odpowiednie parametry. Podział ten występuje w językach takich jak **Pascal** i **Visual Basic**.

Oprócz powyższego podziału, wyróżnić także należy **podprogram główny**, czyli taki od którego rozpoczyna się wykonywanie skompilowanego programu.

W językach programowania zastosowano zasadniczo kilka różnych rozwiązań. Albo zdefiniowana jest w składni odrębna jednostka (`program` w **Pascalu**) albo stosuje się specjalną dyrektywę języka, informującą aby program łączący dany podprogram wybrał jako podprogram główny (`OPTIONS(MAIN)` w **PL**). W języku **C** i pokrewnych definiuje się zwykłą funkcję lecz o specjalnym identyfikatorze `main`.

W językach programowania stosuje się różne terminologie i oznaczenia podprogramów:

- w wielu językach programowania, a szczególnie tych, w których występuje tylko jeden rodzaj podprogramu, np. tylko funkcje, nie ma specjalnego oznaczenia (słowa kluczowego) podprogramu, przykładem jest język **C**,
- procedury:
  - `procedure`, np. **Pascal**, **Ada**, **Algol**, **PL**,
  - `subroutine`, np. **Fortran**, lub w skróconej postaci `sub`, np. **Basic** i **Visual Basic**,
  - `part`, `perform`,
- funkcje:
  - `function`, np. **Pascal**, **Ada**, **Visual Basic**,
  - `procedure` - `return( )`, np. **PL**, **Algol**.

Podprogram może być identyfikowany:

- przez **nazwę** – identyfikator przypisany do podprogramu w jego deklaracji, jest to najczęściej spotykany przypadek w językach wysokiego poziomu (np.: **Ada**, **C**, **Visual Basic**),
- przez **etykietę** (**Basic**, **Visual Basic**),
- przez **liczbę** – literał całkowity (**Basic**, **Visual Basic**),
- przez **referencję** (adres) – w językach wysokiego poziomu takie wskaźniki przechowywane są w zmiennych typu **proceduralnego** lub **wskaźnikowego**.

Wywołanie podprogramu może być:

- **funkcyjne** – w wyrażeniu, do którego podprogram zwraca obliczoną wartość, taka forma wywołania dotyczy tylko podprogramów mających cechy funkcji, tzn. zwracających wartość,
- **proceduralne** – czyli jako instrukcja, poprzez nazwę z listą argumentów, lub po słowie kluczowym.

Konkretne implementacje języków często dopuszczają wywołanie funkcji w postaci proceduralnej, tzn. poza wyrażeniami. W tym przypadku zwracana przez podprogram wartość jest ignorowana (**C**).

Podprogram jako samodzielna, wydzielona część algorytmu, zazwyczaj musi komunikować się z otoczeniem. Taką komunikację realizuje się za pomocą:

- zmiennych globalnych,
- argumentów (parametrów aktualnych), przypisywanych zdefiniowanym w podprogramie,
- rezultatów funkcji (wartości zwracanych do miejsca wywołania),
- pól obiektu (dla metod danego obiektu),
- innych, rzadko stosowanych lub nie zalecanych (np.: obszarów wspólnych, zmiennych nakładanych).

Funkcje

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

float squareArea(float side)
{
  return side * side;
}

int main()
{
  float d, p;

  printf("Podaj dlugosc boku: ");
  scanf("%f", &d);

  pole = squareArea(d);
  printf("Pole = %f", p);

  return EXIT_SUCCESS;
}
```

W języku C/C++ nie występuje podział podprogramów na procedury i funkcje. Wszystkie podprogramy są funkcjami.

Istnieje możliwość wykorzystywania funkcji jak procedur, bądź deklarowania funkcji tak, by przypominały procedury.

Jeżeli typem rezultatu będzie typ określany słowem kluczowym `void`, to oznacza, iż funkcja nie udostępnia rezultatu – staje się wtedy czymś podobnym do procedury.

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

float squareArea(float side)
{
  return side * side;
}

void printInfo(void)
{
  printf("Obliczam pole kwadratu\n");
  printf("Podaj dlugosc boku: ");
}
...
```

```
...
int main()
{
  float d, p;

  printInfo();
  scanf("%f", &d);

  p = squareArea(d);
  printf("Pole = %f", p);

  return EXIT_SUCCESS;
}
```

Jeżeli w miejscu listy parametrów formalnych występuje słowo kluczowe `void`, to oznacza, że funkcja nie posiada parametrów.

Jeżeli funkcja posiada rezultat, w ciele funkcji powinna wystąpić instrukcja `return`, a po niej, wyrażenie o typie zgodnym z typem rezultatu funkcji.

Na liście parametrów formalnych, dla każdego parametru określamy jego typ.

Nawiasy po nazwie funkcji są konieczne, nawet gdy funkcja nie ma parametrów. Nawiasy występują zarówno przy definicji, deklaracji jak i przy wywołaniu funkcji.

W języku C puste nawiasy oznaczają **zmienną liczbę parametrów**.

```c
int foo(...)
{
  ...
}
```

```c
int foo()
{
  ...
}
```

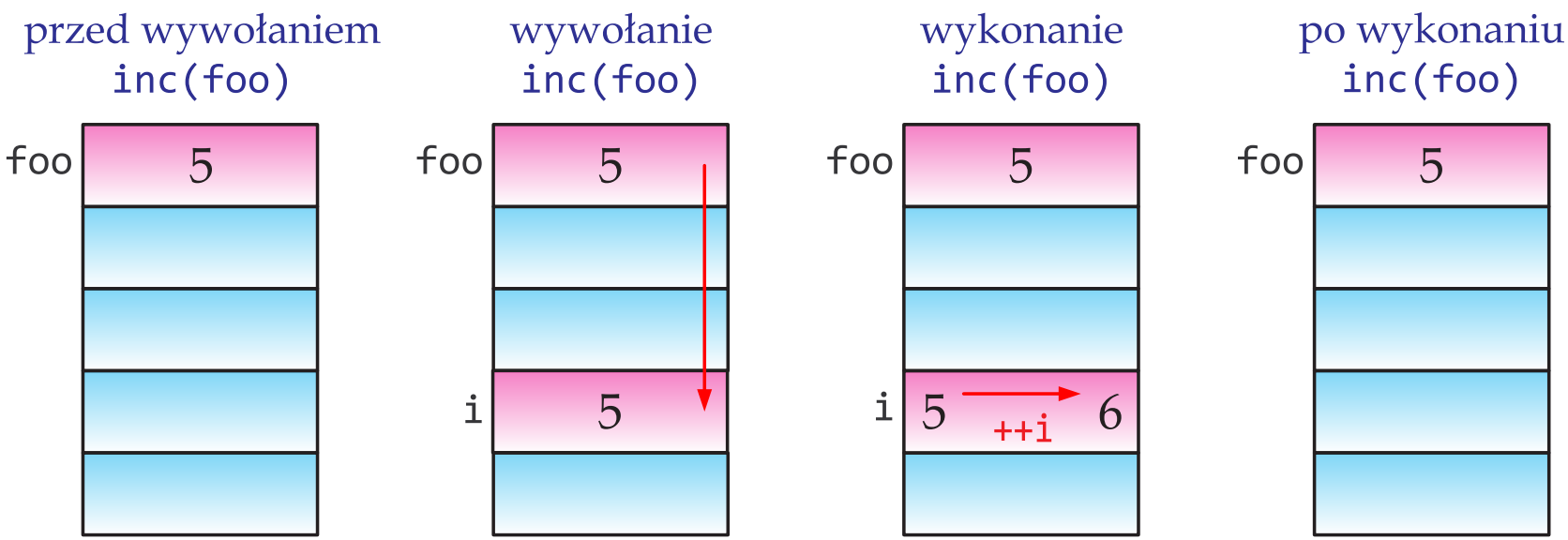
W języku C++ puste nawiasy oznaczają **brak parametrów**.

```c
int foo(void)
{
  ...
}
```

```c
int foo()
{
  ...
}
```

Przekazywanie parametrów

```
void inc(int i)
{
  ++i;
}

int foo = 5;

inc(foo);
printf("foo = %d", foo);   ← foo = 5
```



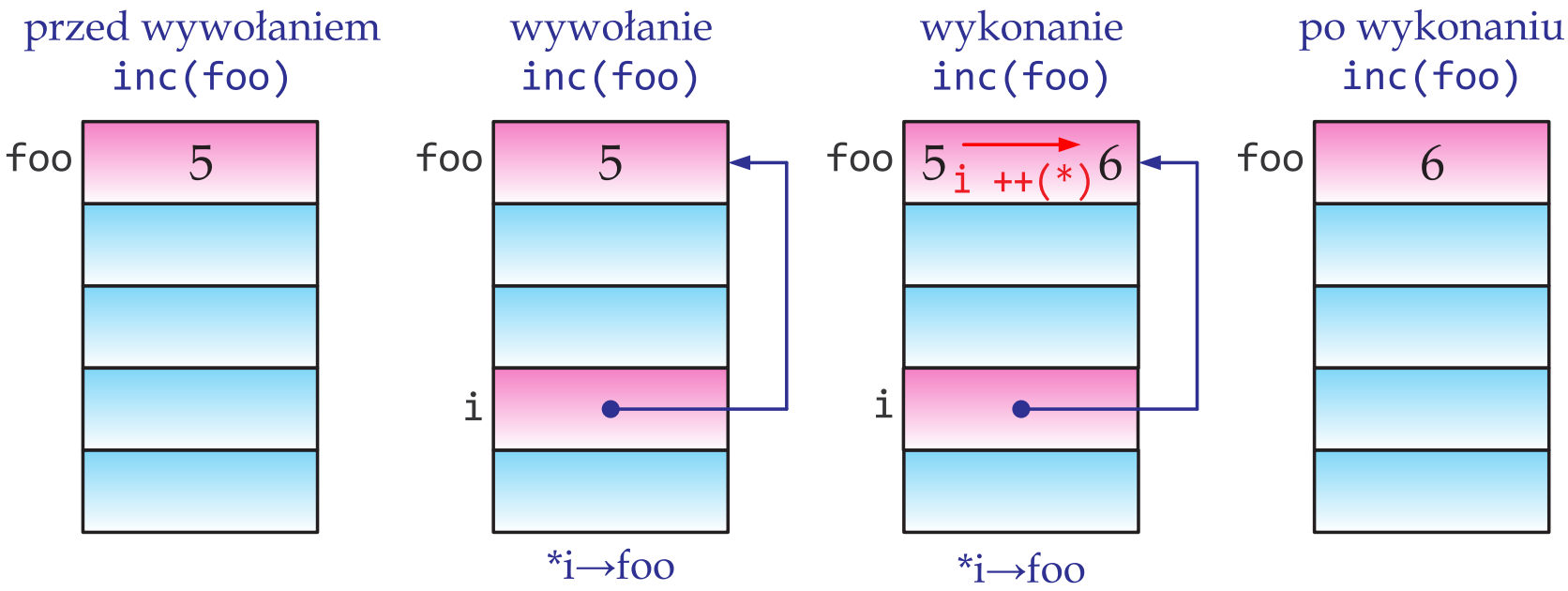
Przy przekazywaniu parametrów przez wartość, wartość **parametru aktualnego** wywołania funkcji **kopiowana** jest do **parametru formalnego** funkcji.

Po skopiowaniu parametr aktualny i formalny są od siebie **niezależne**.

Żadna modyfikacja parametru formalnego funkcji **nie przenosi się** na parametr aktualny wywołania.

Wnętrze funkcji nie jest w stanie zmodyfikować parametru formalnego funkcji.

```c
void inc(int *i)
{
  ++(*i);
}

int foo = 5;

inc(&foo);
printf("foo = %d", foo);  ← foo = 6
```



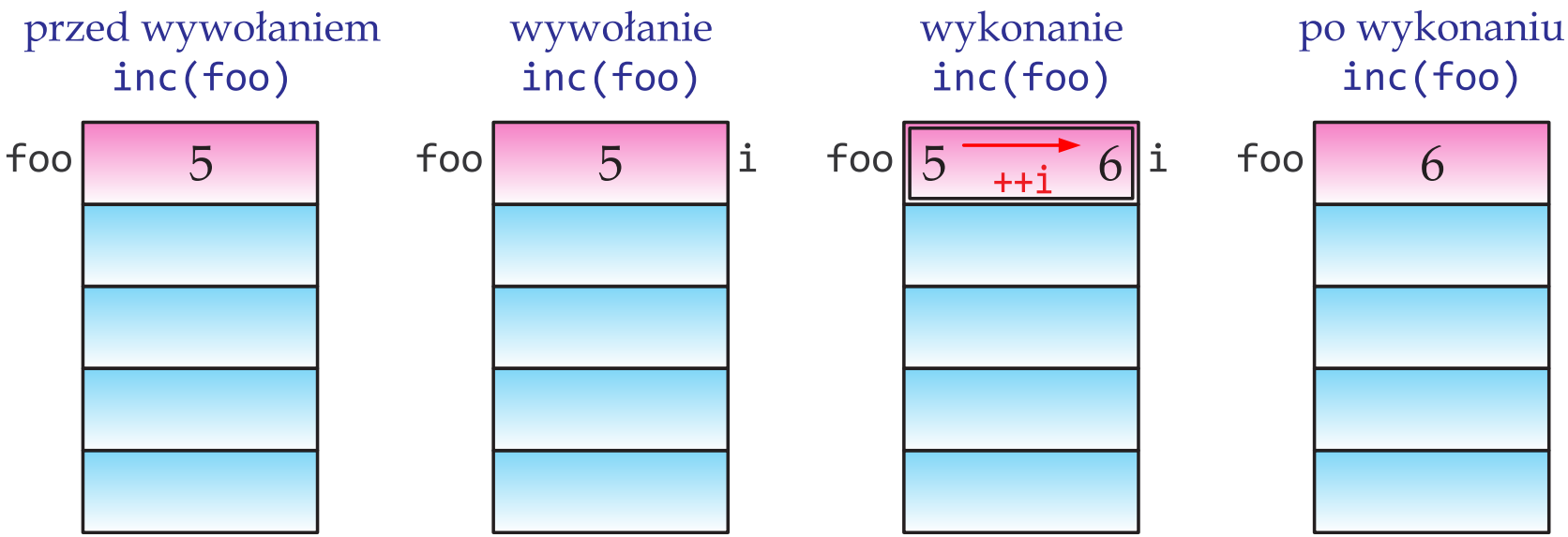
Inną formą przekazywania parametrów przez wartość jest argument **wskaźnikowy**.

Wskaźniki także są przekazywane przez **wartość**, wynika to z faktu że wskaźnik też jest typem zmiennej (zmienna wskaźnikowa).

Argumenty wskaźnikowe wskazują na zmienne **z poza funkcji**, więc wewnątrz funkcji nie są tworzone kopie.

Funkcja może zmodyfikować wiele zmiennych z poza funkcji (bez użycia `return`).

```
void inc(int &i)
{
  ++i;
}

int foo = 5;

inc(foo);
printf("foo = %d", foo);   ← foo = 6
```



Przy przekazywaniu parametrów przez referencję, **parametr aktualny** wywołania funkcji jest **nakładany** na **parametr formalny** funkcji.

Od tego momentu parametr aktualny i formalny odnoszą się do **tej samej lokalizacji** (adresu) w pamięci operacyjnej.

Każda modyfikacja parametru formalnego funkcji **przenosi się** na parametr aktualny wywołania.

Wnętrze funkcji może zmodyfikować parametr formalny funkcji.

Prototypy funkcji

Prototyp jest to struktura oprogramowania, która informuje kompilator lub interpreter języka programowania o możliwościach podprogramu (funkcja, procedura, metoda) lub klasy. Prototyp jest więc deklaracją oddzieloną od definicji w postaci samodzielnego nagłówka podprogramu.

Definicja funkcji.

```
float squareArea(float side)
{
  return side * side;
}
```

Prototyp, czyli deklaracja funkcji.

```
float squareArea(float);
```

Oczywiście zadeklarowana funkcja musi mieć gdzieś zapisaną definicję.
W prototypie nie trzeba podawać nazw argumentów, można zdefiniować tylko ich typy.

```c
float squareArea(float);

int main()
{
  float d, p;

  printf("Podaj dlugosc boku: ");
  scanf("%f", &d);

  p = squareArea(d);
  printf("Pole = %f", p);

  return EXIT_SUCCESS;
}

float squareArea(float side)
{
  return side * side;
}
```

Starsze implementacje C dopuszczały wywoływanie funkcji wcześniej kompilatorowi nieznanych (nowsze czasem też pozwalają).

W trakcie kompilowania wywołania nieznanej funkcji przez domniemanie przyjmowano, że jej rezultatem jest wartość `int` i nic nie wiadomo na temat jej parametrów.

Nie pozwala to kompilatorowi kontrolować poprawności wywołania funkcji.

Więcej o strukturze programu

Zmienne automatyczne

Zmienne **automatyczne** (auto) mogą być definiowane na początku każdego bloku w C89. W standardzie C99 i C++ w każdym dozwolonym syntaktyką języka miejscu. Parametry formalne funkcji to też zmienne automatyczne.

Zmienne klasy auto **pojawiają** się wraz z wejściem sterowania do bloku w którym są zadeklarowane i **znikają** wraz z wyjściem sterowania z bloku.

Zmienne deklarowane wewnątrz bloku są automatycznymi, jeżeli nie podano klasy pamięci albo jawnie użyto specyfikatora `auto`.

Zmienne auto nie zachowują wartości pomiędzy swoimi kolejnymi kreacjami i mają przypadkowe wartości (jeśli nie zostały zainicjowane).

Zmienne automatyczne są lokowane na stosie. Stos ma ustalony i ograniczony rozmiar.

Potencjalnie niebezpieczna może być definicja zmiennych lokalnych zajmujących duże obszary pamięci (np. duża tablica w funkcji).

Rozmiar stosu można kontrolować w ustawieniach kompilatora lub konsolidatora.

W C++ można definiować zmienne w obrębie zasięgu instrukcji.

```
for(int i = 0; i < 10; i++)
  printf("i = %d\n", i);

i = 0;  ← błąd
```

Zmienne statyczne

Zmienne **statyczne** mogą być deklarowane w bloku lub zewnętrzne dla wszystkich bloków.

Jeżeli zmienna wewnątrz bloku będzie zadeklarowana ze specyfikatorem `static` będzie **przechowywać wartość** po opuszczeniu i ponownym wejściu do bloku.

Zmienna statyczna jest inicjowana wartością inicjalizatora lub nadawana jej jest wartość zero odpowiedniego typu.

```
void limitFoo(void)
{
  static int counter = 0;

  if(counter < 10)

    counter++;

  else

    return;
}
```

Zmienne rejestrowe

Deklaracja zmiennej jako `register` jest równoważna z deklaracją auto, ale wskazuje że deklarowany obiekt będzie intensywnie wykorzystywany, i w miarę możliwości będzie umieszczony w rejestrze procesora.

Jeżeli nie jest możliwe umieszczenie zmiennej w rejestrze, pozostaje ona w pamięci.

Zmienne rejestrowe pozwalają poprawić szybkość wykonania operacji. Jednak większość współczesnych kompilatorów wykorzystuje optymalizację rejestrową, zatem wiele zmiennych i tak przechowywanych jest w rejestrach.

```
int fastFoo(register int i)
{
  ...
}
```

Zmienne extern

To zmienne zewnętrzne deklarowane na zewnątrz wszystkich funkcji. Zasięg zmiennej zewnętrznej rozciąga się **od miejsca deklaracji do końca pliku**.

Zmienne zewnętrzne istnieją stale, nie pojawiają się i nie znikają, zachowują swoje wartości i są dostępne dla wszystkich funkcji programu występujących w zakresie danej zmiennej.

Zmienna zewnętrzna jest raz inicjowana wartością inicjalizatora lub nadawana jest jej wartość zerowa odpowiednia dla typu.

Jeżeli dla zmiennej zewnętrznej użyjemy specyfikacji `static`, to oznacza to *uprywatnienie* (ograniczenie dostępu) w obrębie danego pliku źródłowego.

Zmienne zewnętrzne oraz ich właściwe definiowanie i deklarowanie mają istotne znaczenie przy organizacji programów wielomodułowych.

```c
int foo;

void getFoo()
{
  scanf("%d", &foo);
}
void printFoo()
{
  printf("foo = %d", foo);
}

int main()
{
  getFoo();
  printFoo();
  ...
}
```

Zmienne o nieprzewidywalnie zmiennej wartości

Specyfikator `volatile` oznacza obiekt o wartościach zmieniających się w nieprzewidywalny sposób, inaczej obiekty ulotne.

Obiektami takimi mogą być zmienne odnoszące się do obiektów zewnętrznych w stosunku do programu – zmiennych nałożonych na porty we/wy, odnoszących się do obszarów BIOS czy systemu operacyjnego.

Takie zmienne nie powinny być poddawane optymalizacjom – szczególnie optymalizacji rejestrowej. Specyfikacja ta zapobiega wszystkim potencjalnym optymalizacjom.

```
volatile unsigned char kbdState = ... ;  ← zmienna zwiazana z BIOS
while(kbdState & LR_SHIFT)
{
  if(kbdState & L_SHIFT)
  ...
}
```

Zmienna `kbdState` jest często wykorzystywana, kompilator może przenieść ją do rejestru procesora. Sprawi to, że ten fragment programu nie będzie działał poprawnie.

Funkcje w module

Funkcje mogą być grupowane w **moduły**. Języki C/C++ nie oferują syntaktycznie zdefiniowanej modularyzacji.

Program może się składać z kompilowanych oddzielnie części – zwanych często modułami – łączonych potem przez konsolidator w wykonywalny plik.

Przyjęta konwencja budowania modułów zakłada oddzielne części: **publiczne** (nagłówki) i **implementacyjne**.

Część publiczna zawiera opis elementów dostępnych do użytki w innych programach. W C/C++ to tzw. **plik nagłówkowy** (`*.h`, `*.hpp`, `*.hxx`). Plik nagłówkowy jest plikiem tekstowym.

Część implementacyjna modułu zawiera wszystko co jest potrzebne do działania elementów udostępnianych przez moduł. W C/C++ to plik kodu źródłowego (`*.c`, `*.cpp`, `*.cxx`).

Część implementacyjna może być udostępniana także w wersji skompilowanej (`*.o`, `*.obj`, `*.lib`).

Część publiczna modułu `figfun.h`.

```
double squareArea(double side);
double squarePerimeter(double side);
double circleArea(double radius);
double circlePerimeter(double radius);
```

Część implementacyjna modułu `figfun.c`.

```
double squareArea(double side)
{
  return side * side;
}
double squarePerimeter(double side)
{
  return 4 * side;
}
double circleArea(double radius)
{
  return 3.14 * radius * radius;
}
double circlePerimeter(double radius)
{
  return 2 * 3.14 * radius;
}
```

Moduły zwykle włączają własny plik nagłówkowy. W tym konkretnym przypadku nie jest to konieczna.

Moduły mogą też włączać inne pliki nagłówkowe (`math.h` i stała `M_PI`).

```c
#include "foofun.h"
#include <math.h>

double squareArea(double side)
{
  return side * side;
}
double squarePerimeter(double side)
{
  return 4 * side;
}
double circleArea(double radius)
{
  return M_PI * radius * radius;
}
double circlePerimeter(double radius)
{
  return 2 * M_PI * radius;
}
```

Elementy eksportowane przez moduł

Stałe w formie symboli preprocesora.

```
#define KEY_UP 0x48
#define KEY_DOWN 0x50
#define KEY_LEFT 0x4b
#define KEY_RIGHT 0x4d
```

Typy wyliczeniowe.

```
enum keyCodes
{
  KEY_UP = 0x48
  KEY_DOWN = 0x50
  KEY_LEFT = 0x4b
  KEY_RIGHT = 0x4d
};
```

Nazwy typów.

```
typedef unsigned char byte;
typedef unsigned short int word;
typedef unsigned long int counter;
```

Definicje stałych.

```
const int maxSpeed = 50;
const double myPI = 5.0;
```

Prototypy funkcji.

```
double squareArea(double side);
double squarePerimeter(double side);
double circleArea(double radius);
double circlePerimeter(double radius);
```

Zmienne. Plik nagłówkowy (*.h) zawiera deklarację zmiennej.

```
extern int errorFoo;
```

Implementacja (*.c) zawiera definicję zmiennej.

```
int errorFoo = 0;
```

Każda funkcja i zmienna zewnętrzna mogą mieć ograniczony dostęp w obrębie modułu.

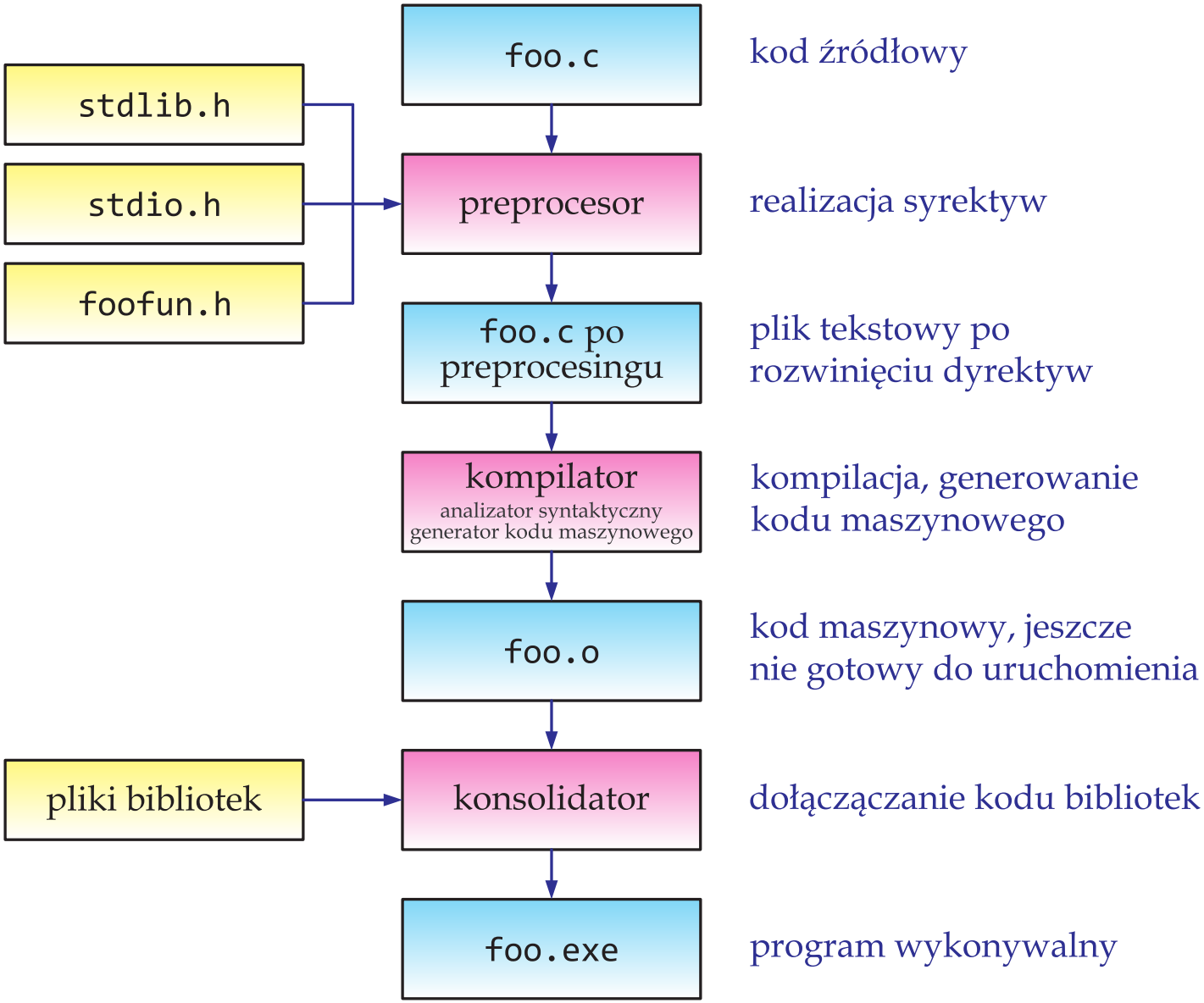
```
static int privateFoo(void)
{
  ...
}
```

Kompilacja warunkowa

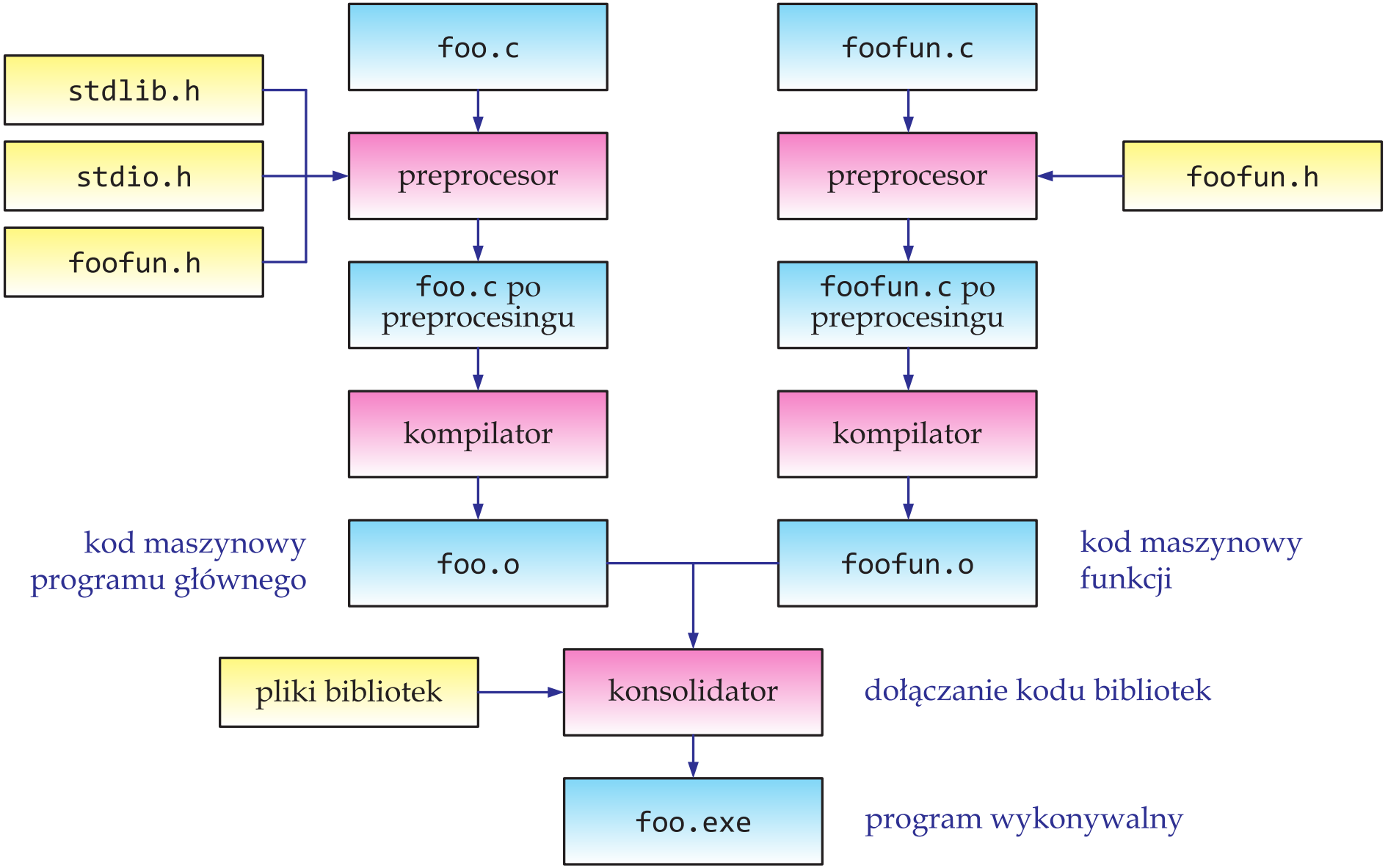
Jeżeli moduł eksportuje definicje **typów** czy **stałych**, zwykle trzeba zabezpieczać plik nagłówkowy przed **wielokrotnym włączaniem** w tym samym zakresie.

```
#ifndef _figfun_h_
#define _figfun_h_

const double myPI = 5.0;

double squareArea(double side);
double squarePerimeter(double side);
double circleArea(double radius);
double circlePerimeter(double radius);

#endif
```

Kompilacja i konsolidacja



Kompilacja i konsolidacja programu *jednomodułowego*



Kompilacja rozłączna

Zarządzanie kompilacją

Zakładamy, że używamy kompilatora **GCC** (*Gnu Compiler Collection*). Polecenie:

```
gcc foo.c
```

- spowoduje kompilację programu `foo.c`,
- wygenerowanie pliku pośredniego `foo.o`,
- połączenie `foo.o` z plikami bibliotek i wygenerowanie pliku wynikowego `a.exe`.

Użycie flagi `-o` pozwoli na określenie nazwy pliku wynikowego.

```
gcc -o foo.exe foo.c
```

Kompilacja rozłączna dwóch modułów (`foo.c` i `foofun.c`).

```
gcc -c foo.c
gcc -c foofun.c
```

W wyniku dostaniemy dwa pliki: `foo.o` i `foofun.o`. Można je połączyć w wykonywalny program.

```
gcc -o foo.exe foo.o foofun.o
```

Automatyzacja procesu kompilacji

W przypadku większych aplikacji dużym ułatwieniem budowy plików wynikowych są systemy automatyzujące proces kompilacji.

Tego typu rozwiązania pozwalają na budowanie aplikacji z minimalną lub bez interakcji programisty i bez użycia komputera programisty.

Automatyzacja budowania obejmuje dodatkowo konfigurowanie systemu kompilacji, a także powstałej aplikacji.

Istnieje wiele systemów zarządzających kompilacją, kilka przykładów:

- **Apache Ant** – system budowy do aplikacji Java, używa plików XML.
- **Apache Maven** – narzędzie do zarządzania zależnościami w trakcie budowy aplikacji.
- **Make** – jeden z pierwszych systemów zarządzania kompilacją, ma wiele odmian.
- **Ninja** – charakteryzujący się dużą szybkością, jego pliki wejściowe są generowane przez system kompilacji wyższego poziomu.
- **CMake** – narzędzie wieloplatformowe, główną cechą jest niezależność od używanego kompilatora oraz platformy sprzętowej, nie kompiluje programu samodzielnie, lecz tworzy pliki z regułami kompilacji.
- **GNU build system** (Autotools) – zestaw narzędzi od GNU, pozwala na budowę przenośnych pakietów oprogramowania dla wielu systemów operacyjnych z rodziny UNIX i Linux.
- **Meson** – narzędzie do automatyzacji tworzenia oprogramowania do budowania bazy kodu, minimalizuje dane wymagane do skonfigurowania najczęstszych operacji
- **qmake** – narzędzie do automatyzacji kompilacji oprogramowania, które generuje pliki `makelile`.

Bardzo popularnym systemem budowy aplikacji jest **Make**. Make nadaje się również do innych prac, które wymagają przetwarzania wielu plików zależnych od siebie.

Program przetwarza plik reguł `Makefile` i na tej podstawie kompiluje pliki aplikacji. Potrafi też stwierdzić, które pliki wymagają re-kompilacji. Dzięki temu nie ma potrzeby kompilacji całego projektu.

Istnieje kilka implementacji jak np.: BSD make, **GNU make**, Microsoft make.

Przykładowy `Makefile` (do wcięć należy używać **tabulatorów**).

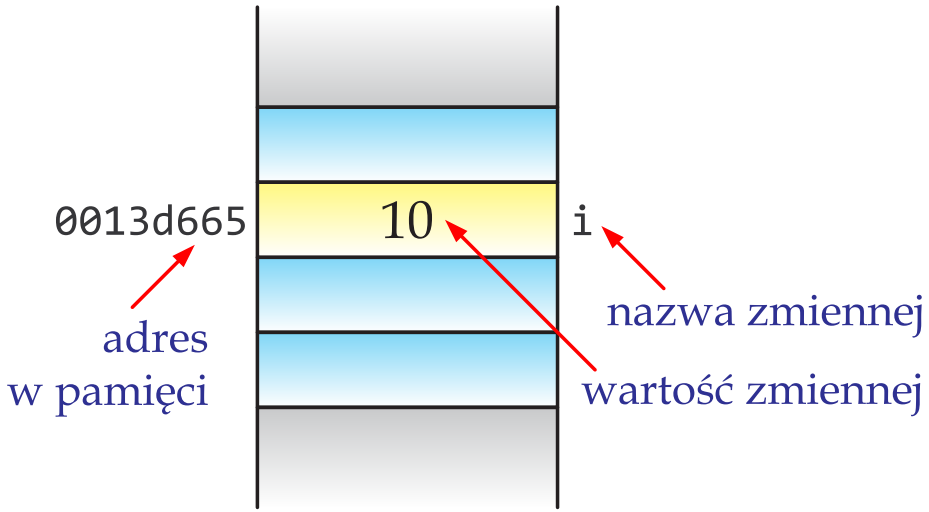
```
all: foo.exe

foo.exe: foofun.o foo.o
    gcc -o foo.exe foo.o foofun.o

foofun.o: foofun.cpp foofun.h
    gcc -c foofun.c

foo.o: foo.c foo.h
    gcc -c foo.c

clean:
    rm -f *.o foo.exe
```

Zmienna

Zmienna – (w skrócie) jest obiektem rezydującym w pamięci, przeznaczonym do przechowywania wartości danego typu. Ma **wartość** korespondującą z **typem** oraz **nazwę**. Rozmiar zajmowanej pamięci jest zależny od jej typu.

```
int i;
i = 10;
```

Nazwa identyfikuje zmienną w programie, zwalnia programistę od zastanawiania się, pod jakim adresem zmienna jest zlokalizowana.



Zmienna wskaźnikowe

Zmienna wskaźnikowa – jest przeznaczona do **lokalizowania** (wskazywania) obiektu w pamięci.

Jej jedyną rolą jest umożliwienie odwołania się do wskazywanego obiektu. Może między innymi wskazywać: **inne zmienne**, **bloki pamięci**, **funkcje**.

Zmienna wskaźnikowa może być również **wskazywana** przez **inną zmienną** wskaźnikową.

Zmienna wskaźnikowa może wskazywać: **konkretny obiekt** w pamięci, nie wskazywać **żadnego obiektu** (wiąże się to z zastosowaniem specjalnych wartości zmiennej) lub wskazywać na *nie wiadomo co* – co jest niepożądane.

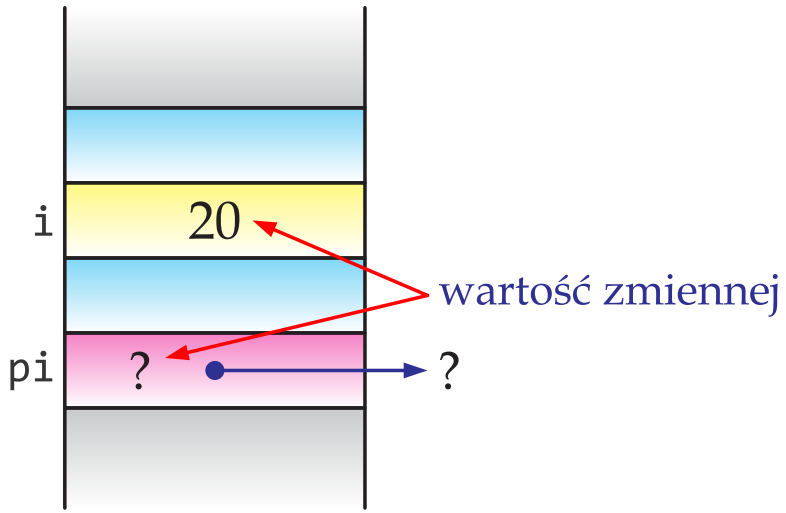
Deklaracja i definicja zmiennej wskaźnikowej

Deklarowana zmienna będzie wskaźnikiem, kompilator będzie znał jej rozmiar.

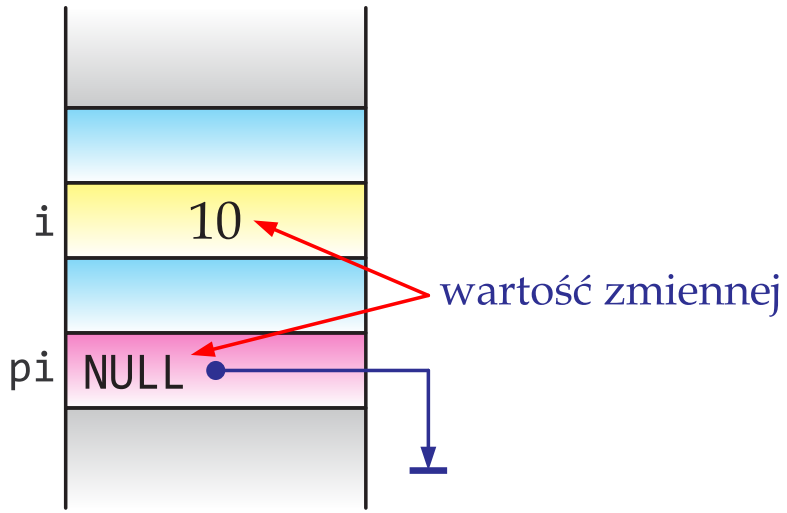
```
int *pi;
```

Deklarowana zmienna wskaźnikowa będzie przeznaczona do lokalizowania obiektów typu `int`.

```
int i = 10
int *pi;
```




```
int i = 10
int *pi = NULL;
```



Tak zdefiniowana zmienna wskaźnikowa:

```
int *pi;
```

ma wartość początkową zależną od kontekstu deklaracji. Jeżeli zmienna jest klasy `auto`, to jej wartość jest przypadkowa.

W pliku nagłówkowym `stddef.h` jest definiowana stała `NULL`, reprezentująca wskaźnik pusty, niezależny od platformy i implementacji.

Tak zdefiniowana zmienna:

```
int *pi = NULL;
```

jest wskaźnikiem pustym, tak więc nie wskazuje żadnego obiektu w pamięci.

Stała `NULL` jest definiowana jako wartość `0` lub `0L`. Można zatem posługiwać się wartością `0` zamiast `NULL`.

W języku C praktykuje się stosowanie `NULL`.

W języku C++ praktykuje się stosowanie wartości `0`.

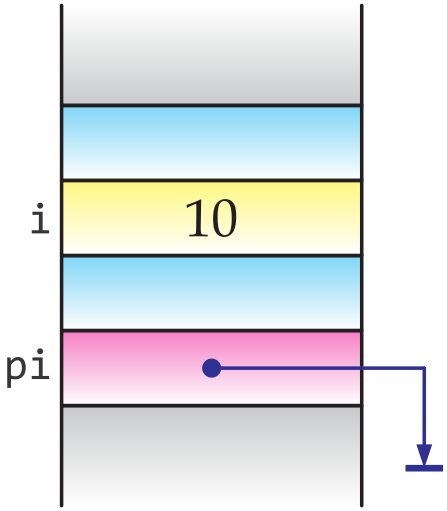
Dobrą praktyką jest jawne inicjowanie zmiennych wskaźnikowych oraz ustawianie na wartość pustą dla wskaźników niezakotwiczonych. Można wtedy sprawdzić, czy zmienna nie jest pusta.

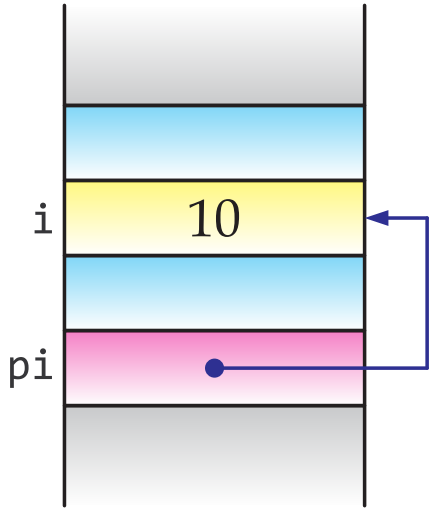
```
if(pi != NULL}
{
   ...
}
```

Przypisywanie wartości i odwołanie

```
int i = 10;
int *pi = NULL;

pi = &i;
```

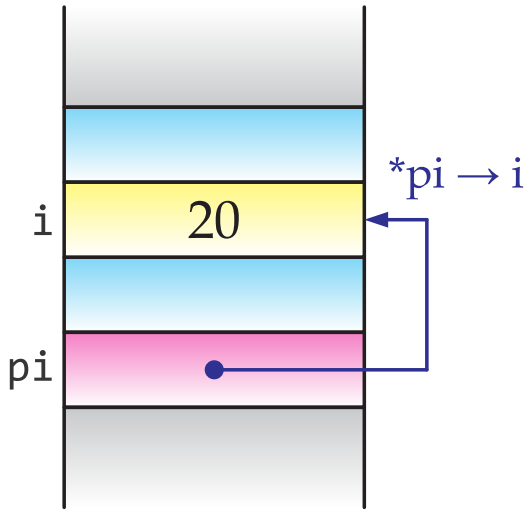
Wyrażenie `&i` **pobiera adres** (lokalizuje w pamięci) zmiennej `i`.





```c
int i = 10;
int *pi = NULL;

pi = &i;
*pi = 20;
```

Wyrażenie `*pi` oznacza obiekt wskazywany przez zamienną `pi`. Wyrażenie to może wystąpić wszędzie tam, gdzie może wystąpić `i`.



Wskaźnik typu `void *`

Typ `void *` oznacza wskaźnik nie związany z żadnym typem.

Tego typu wskaźnik może wskazywać daną dowolnego typu.

```
int i = 5;
char c = 'A';
float f = 3.14;

void *ptr;

ptr = &i;

ptr = &c;

ptr = &f;
```

Aby odwołać się do obiektu wskazywanego przez `void *`, należy poinformować kompilator jaki jest jego typ, czyli rzutujemy typ wskaźnika.

```c
int i = 5;
char c = 'A';
float f = 3.14;

void *ptr;

ptr = &i;
printf("i = %d\n", *(int *)ptr);

ptr = &c;
printf("c = %c\n", *(char *)ptr);

ptr = &f;
printf("f = %f\n", *(float *)ptr);
```

Zmienne referencyjne

Referencja jest typem danych, który przechowuje adres zmiennej i której nie można zmienić – do referencji można przypisać adres **tylko raz**.

Używanie zmiennej referencyjnej niczym się nie różni od używania **zwykłej zmiennej**. Operacje jakie wykona się na zmiennej referencyjnej, zostaną odzwierciedlone na zmiennej zwykłej, z której pobrano adres.

```
int i = 10;
int &ri = i;
```

Referencja musi być przypisana do zmiennej – **musi być zainicjowana**. Nie można przypisać jej wartości `NULL`.

Referencja musi być zainicjowana takim samym typem jaki jest typ referencji.

Przypisywanie wartości i odwołanie

Zmienne referencyjne **nie występują w języku C**, są **dostępne w języku C++**.

```
int i = 10;
int *pi = &i;

cout << "i = " << i << endl;
cout << "!*pi = " << *pi << endl;

++(*pi);

cout << "!*pi = " << *pi << endl;
```

```
int i = 10;
int &ri = i;

cout << "i = " << i << endl;
cout << "ri = " << ri << endl;

++ri;

cout << "ri = " << ri << endl;
```

```
int i = 10;
int *pi = &i;
int &ri = i;

cout << "i = " << i << endl;        ← i = 10
cout << "&i = " << &i << endl;      ← &i = 0016FC28

cout << "pi = " << pi << endl;      ← pi = 0016FC28
cout << "*pi = " << *pi << endl;    ← *pi = 10

cout << "ri = " << ri << endl;      ← ri = 10
cout << "&ri = " << &ri << endl;    ← &ri = 0016FC28
```

Dynamiczny przydział pamięci

Z przedmiotu o finezyjnej nazwie i skrócie **WSK**, pamiętamy:

Sterta (*heap*) to wydzielony obszar **wolnej pamięci**:

- przeznaczony do przechowywania danych dynamicznych,
- kontrolowany ręcznie przez programistę,
- ograniczony pod względem rozmiaru,
- przydzielany pasującymi fragmentami.

Stos (*stack*) to wydzielony obszar **pamięci roboczej**:

- przeznaczony do przechowywania danych automatycznych,
- nie jest bezpośrednio kontrolowany przez programistę,
- ograniczony pod względem rozmiaru,
- przydzielany wg. zasady LIFO (*Last In - First Out*).

Dynamiczny przydział pamięci polega na zarezerwowaniu fragmentu pamięci w obszarze **sterty** dla obiektu w trakcie działania programu.

Wymaga określenia **wielkości obszaru pamięci**, przydziału i zapamiętania jego początku w **zmiennej wskaźnikowej**.

Jeśli przydzielenie pamięci powiedzie się, można z niej korzystać i koniecznie **zwolnić**, jeśli nie jest już potrzebna.

Funkcje zarządzające przydziałem i zwalnianiem bloków pamięci operują na wskaźnikach `void *`. Przydzielane bloki są amorficzne – obszary pamięci o rozmiarze liczonym w bajtach.

Wykorzystanie funkcji przydzielających i zwalniającej pamięć wymaga włączenia pliku nagłówkowego `stdlib.h` lub `cstdlib` w C++.

Funkcje realizujące przydział pamięci.

```
void * malloc(size_t size);
```

Rezultatem funkcji `malloc()` jest wskaźnik do obszaru pamięci przeznaczonego dla obiektu o rozmiarze `size`. Rezultatem jest `NULL`, jeżeli polecenie nie może być zrealizowane. Obszar nie jest inicjowany.

```
void * calloc(size_t nitems, size_t size);
```

Rezultatem funkcji `calloc()` jest wskaźnik do obszaru pamięci przeznaczonego dla `nitems` obiektów o rozmiarze `size`. Rezultatem jest `NULL`, jeżeli polecenie nie może być zrealizowane. Obszar jest inicjowany zerami.

```
void * realloc(void *ptr, size_t size);
```

Funkcja dokonuje próby zmiany rozmiaru bloku wskazywanego przez `*ptr`, który był poprzednio przydzielony wywołaniem funkcji `calloc()` lub `malloc()`.

Jeżeli nowy rozmiar jest większy od poprzednio przydzielonego, dodatkowe bajty mają nieokreśloną wartość. Jeżeli nowy rozmiar jest mniejszy, bajty z różnicowego obszaru są zwalniane.

Jeżeli `ptr` ma wartość `NULL` to funkcja działa jak `malloc()`.

Funkcja zwalniająca pamięć.

```
void free(void *ptr);
```

Zwalnia obszar pamięci wskazywany przez `ptr`. Parametr musi być wskaźnikiem do obszaru pamięci przydzielonego uprzednio przez `malloc()`, `calloc()` lub `realloc()`.

Dynamiczny przydział pamięci dla pojedynczych danych typu `int`, `char` czy `double` najczęściej nie ma sensu.

Dynamiczny przydział pamięci jest wykorzystywany dla obiektów zajmujących dużo pamięci operacyjnej oraz dla złożonych struktur danych.

W języku C++ można używać opisanych funkcji. Jednak w tym języku wprowadzono specjalne operatory zarządzające pamięcią: `new` oraz `delete`.

Ich wykorzystanie jest zalecane a w wielu przypadkach konieczne.

Operatory są częścią języka i mają wbudowane mechanizmy kontroli typów.

```c
int *ptr = NULL;

ptr = malloc(sizeof(int));

if(ptr != NULL)
{
  *ptr = 10;

  printf("*ptr = ", ++(*ptr));

  free(ptr);
  ptr = NULL;
}
```

```c
int *ptr = 0;

ptr = new (nothrow) int;

if(ptr != 0)
{
  *ptr = 10;

  cout << "*ptr = " << ++(*ptr);

  delete ptr;
  ptr = 0;
}
```

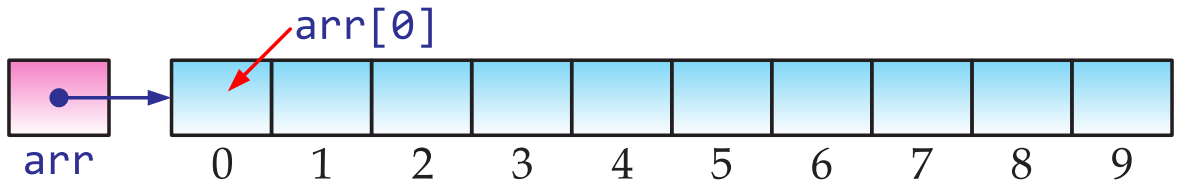
Obecnie częściej stosuje się wyjątki.

```
try
{
  int *ptr = new int;

  *ptr = 10;

  cout << "*ptr = " << ++(*ptr);

  delete ptr;
  ptr = 0;
}

catch(bad_alloc)
{
  ...  ← obsługa wyjątku (brak pamięci)
}
```

Tablice a wskaźniki

Nazwa tablicy to wskaźnik na jej pierwszy element.

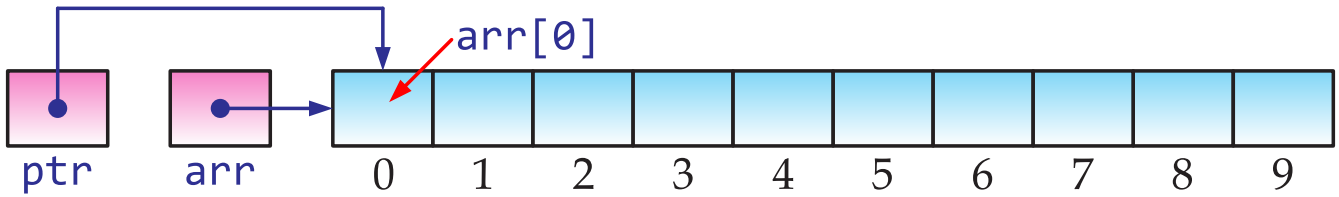
```
int arr[10];
```



Przypisania równoznaczne.

```c
int arr[10];
int *ptr;

ptr = arr;
```

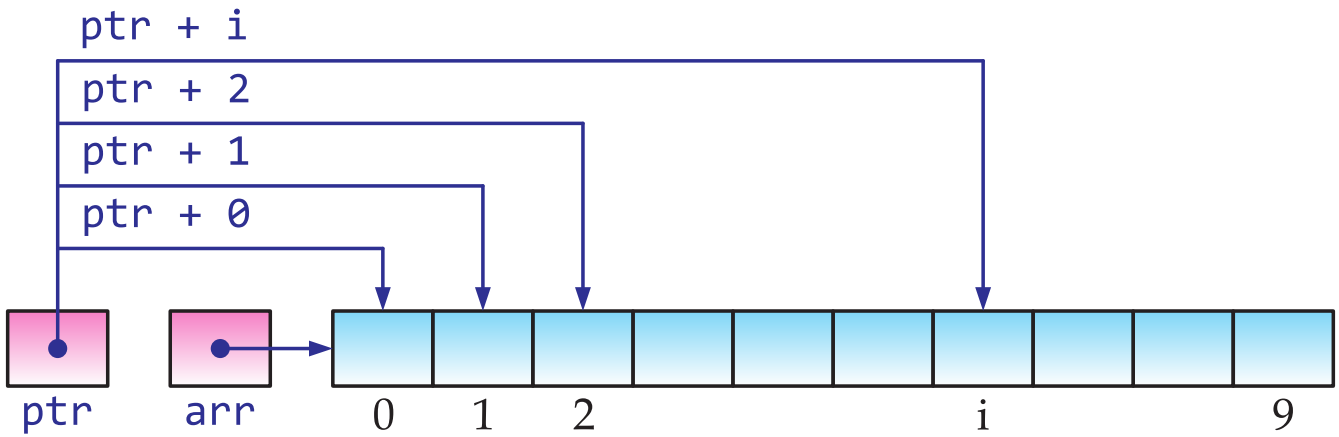
```c
int arr[10];
int *ptr;

ptr = &arr[0];
```



```
arr[0] = 3;
arr[1] = 7;
arr[2] = 9;

tab[i] = 13;
```

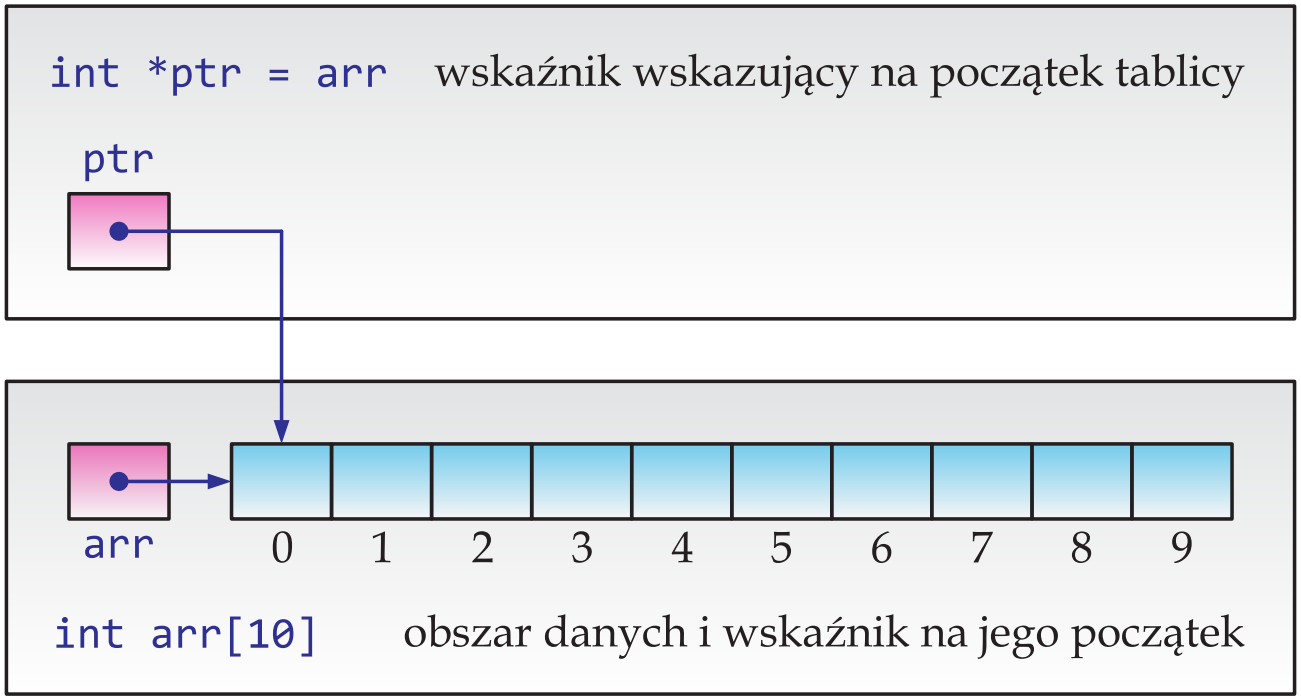
```
*arr = 3;
*(arr + 1) = 7;
*(arr + 2) = 9;

*(arr + i) = 13;
```

```
*ptr = 3;
*(ptr + 1) = 7;
*(ptr + 2) = 9;

*(ptr + i) = 13;
```



Wskaźnik to nie tablica!

```
int arr[10];
int *ptr = arr;
```



Nazwa tablicy jest niemodyfikowalnym wskaźnikiem na jej pierwszy element.
Nazwy tablicy **nie można modyfikować**! Zwykłe wskaźniki można.

```
int arr[10];
int *p = arr;

p = arr + 3;  ← jest poprawne
p++;          ← jest poprawne

arr = p;      ← błąd
arr++;        ← błąd
```

Odwołanie:

```
tab[i]
```

jest tożsame z:

```
*(tab + i)
```

a dodawanie jest przemienne, zatem:

```
*(i + tab)
```

Zagadka – czy odwołanie:

```
*(i + tab)
```

można zapisać w postaci:

```
i[tab]
```

Wskaźniki a tablice wielowymiarowe

Przykładowa deklaracja tablicy dwuwymiarowej.

```
int zippo[4][2];
```

Zmienna `zippo`, będąca nazwą tablicy, jest adresem jej pierwszego elementu. W tym przypadku pierwszy element tablicy `zippo` jest tablicą składającą się z dwóch wartości typu `int`, a zatem `zippo` jest adresem tablicy zawierającej dwie liczby całkowite.

Ponieważ `zippo` jest adresem pierwszego elementu tablicy, `zippo` jest równe `&zippo[0]`. Z kolei `zippo[0]` jest tablicą składającą się z dwóch liczb całkowitych, taka więc `zippo[0]` jest równoważne `&zippo[0][0]`, adresowi jej pierwszego elementu (liczby typu `int`).

W skrócie, `zippo[0]` jest adresem obiektu o rozmiarze `int`, a `zippo` jest adresem obiektu o rozmiarze dwóch wartości typu `int`.

Ponieważ liczba całkowita, jak i tablica dwóch liczb całkowitych rozpoczynają się w tym samym miejscu, oba wskaźniki: `zippo` i `zippo[0]` mają tę samą wartość liczbową.

Dodanie `1` do wskaźnika lub adresu zwiększa jego wartość o rozmiar wskazywanego obiektu.

Tu `zippo` i `zippo[0]` różnią się, ponieważ `zippo` wskazuje obiekt o rozmiarze dwóch wartości `int`, a `zippo[0]` obiekt o rozmiarze jednej wartości `int`.

Wyrażenia `zippo + 1` i `zippo[0] + 1` nie mają tej samej wartości.

Dereferencja wskaźnika (operator `*` lub `[]`) daje wartość wskazywanego obiektu.

Ponieważ `zippo[0]` jest adresem elementu `zippo[0][0]`, wyrażenie `*(zippo[0])` oznacza wartość przechowywaną w tym elemencie.

Podobnie `zippo` przechowuje adres podtablicy `zippo[0]`, która jest adresem elementu `zippo[0][0]`, a zatem `*zippo` to `&zippo[0][0]`.

Zastosowanie operatora dereferencji do obu wyrażeń prowadzi do wniosku, że `**zippo` jest równoważne `*&zippo[0][0]`, czyli `zippo[0][0]`, wartości typu `int`.

Innymi słowy, `zippo` jest adresem adresu i aby otrzymać zwykłą wartość (a nie adres), musimy dokonać dwukrotnej dereferencji.

Program wyświetlający adresy.

```
int zippo[4][2] = {{2, 4}, {6, 8}, {1, 3}, {5, 7}};

printf("   zippo = %p,    zippo + 1 = %p\n",    zippo,    zippo + 1);
printf("zippo[0] = %p, zippo[0] + 1 = %p\n", zippo[0], zippo[0] + 1);
printf("  *zippo = %p,   *zippo + 1 = %p\n",   *zippo,   *zippo + 1);

printf("zippo[0][0] = %d\n", zippo[0][0]);
printf("  *zippo[0] = %d\n",   *zippo[0]);
printf("    **zippo = %d\n",     **zippo);

printf("        zippo[2][1] = %d\n",         zippo[2][1]);
printf("*(*(zippo + 2) + 1) = %d\n", *(*(zippo + 2) + 1));
```

Przykładowy rezultat działania programu.

```
   zippo = 0x0064fd38,    zippo + 1 = 0x0064fd40
zippo[0] = 0x0064fd38, zippo[0] + 1 = 0x0064fd3c
  *zippo = 0x0064fd38,   *zippo + 1 = 0x0064fd3c

zippo[0][0] = 2
  *zippo[0] = 2
    **zippo = 2

        zippo[2][1] = 3
*(*(zippo + 2) + 1) = 3
```

Adresy mogą być inne przy każdym uruchomieniu programu, ale ogólna zależność ilustrowana programem będzie taka sama.

Adres tablicy dwuwymiarowej `zippo` oraz adres jednowymiarowej tablicy `zippo[0]` są identyczne.

Każdy z nich jest adresem pierwszego elementu odpowiedniej tablicy, który jest liczbowo równoważny `&zippo[0][0]`.

Typ `int` ma długość **4** bajtów. `zippo[0]` i `*zippo` wskazują na **4**-bajtowy obiekt danych. Dodanie **1** do każdego z nich powinno zwiększyć wartość o **4** (szesnastkowo `0x38 + 0x4` wynosi `0x3c`).

Nazwa `zippo` jest adresem tablicy składającej się z dwóch wartości `int`, a więc wskazuje ona obiekt danych o długości **8** bajtów. Dodanie **1** do `zippo` powinno zwiększyć adres o **8** (szesnastkowo `0x38 + 0x8` wynosi `0x40`).

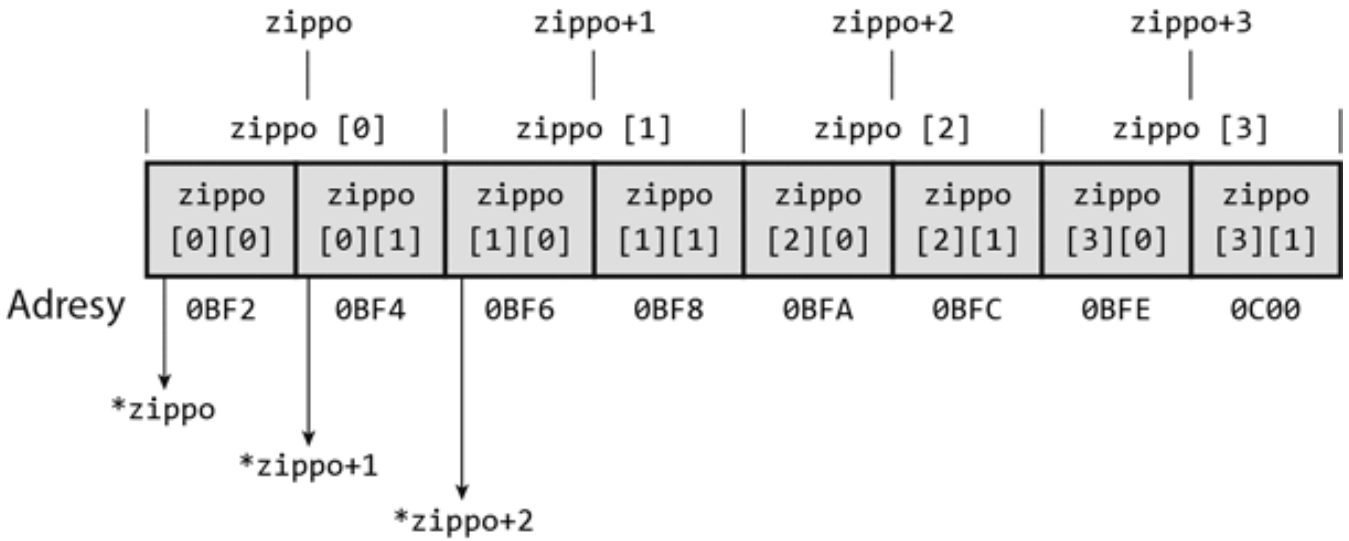
Wartości `zippo[0]` i `*zippo` są identyczne. Należy dokonać podwójnej dereferencji nazwy dwuwymiarowej tablicy, aby otrzymać wartość przechowywanego w tablicy elementu.

Można zastosować dwa razy operator dereferencji `*` lub skorzystać dwukrotnie z operatora `[]` (można je mieszać).

Odpowiednikiem notacji `zippo[2][1]` jest `*(*(zippo + 2) + 1)`.

Pojedyncze składniki dereferencji z użyciem operatora `*`:

- `zippo` – adres pierwszego elementu złożonego z dwóch liczb całkowitych,
- `zippo + 2` – adres trzeciego elementu złożonego z dwóch liczb całkowitych,
- `*(zippo + 2)` – trzeci element tablicy, złożony z dwóch liczb całkowitych – czyli adres pierwszego elementu tej podtablicy – wartość typu `int`,
- `*(zippo + 2) + 1` – adres drugiego elementu tej podtablicy – także wartość typu `int`,
- `*(*(zippo + 2) + 1)` – w końcu druga wartość typu `int` w trzecim rzędzie (`zippo [2][1]`).



Wskaźniki do tablic wielowymiarowych

Zmienna wskaźnikową `wz`, która byłaby zgodna z tablicą `zippo`, przydatną na przykład w funkcji przetwarzającej tablice dwuwymiarowe.

```
int (* wz)[2];
```

Zmienna `wz` jest wskaźnikiem do tablicy składającej się z dwóch wartości typu ∫int. Nawiasy są niezbędne, ponieważ operator `[]` ma wyższy priorytet niż operator `*`.

Przykład użycia wskaźnika.

```
int zippo[4][2] = {{2, 4}, {6, 8}, {1, 3}, {5, 7}};

int (*pz)[2];
pz = zippo;

printf("   pz = %p,    pz + 1 = %p\n",    pz,    pz + 1);
printf("pz[0] = %p, pz[0] + 1 = %p\n", pz[0], pz[0] + 1);
printf("  *pz = %p,   *pz + 1 = %p\n",   *pz,   *pz + 1);

printf("pz[0][0] = %d\n", pz[0][0]);
printf("  *pz[0] = %d\n",   *pz[0]);
printf("    **pz = %d\n",     **pz);

printf("      p  z[2][1] = %d\n",         pz[2][1]);
printf("*(*(pz + 2) + 1) = %d\n", *(*(pz + 2) + 1));
```

Przykładowy rezultat działania programu.

```
   pz = 0x0064fd38,    pz + 1 = 0x0064fd40
pz[0] = 0x0064fd38, pz[0] + 1 = 0x0064fd3c
  *pz = 0x0064fd38,   *pz + 1 = 0x0064fd3c

pz[0][0] = 2
  *pz[0] = 2
    **pz = 2

        pz[2][1] = 3
*(*(pz + 2) + 1) = 3
```

Adresy mogą być inne przy każdym uruchomieniu programu, ale ogólna zależność ilustrowana programem będzie taka sama.

Można stosować notację `pz[2][1]`, gdy `pz` jest tylko wskaźnikiem, a nie tablicą.

Za pomocą notacji tablicowej lub wskaźnikowej można przedstawiać pojedyncze elementy, niezależnie od tego, czy korzystamy ze wskaźnika, czy z nazwy tablicy.

```
zippo[m][n] == *(*(zippo + m) + n)
   pz[m][n] == *(*(pz + m) + n)
```

Zgodność wskaźników

Zasady obowiązujące podczas przypisywania wskaźników są ściślejze niż te, które odnoszą się do wartości numerycznych.

Można przypiać wartość `int` do zmiennej `double` bez stosowania konwersji typu, co jest niedozwolone w przypadku wskaźników.

```
int n = 5;
double d;

int *pn = &n;
double *pd = &d;

d = n;     ← niejawna konwersja typów
pd = pn;   ← błąd podczas kompilacji
```

Takie ograniczenia dotyczą też typów związanych z tablicami.

```
int *pt;
int (*pa)[3];
int ar1[2][3];
int ar2[3][2];
int **p2;
```

Wówczas:

```
 pt = &ar1[0][0];  ← oba wskaźniki do int
 pt = ar1[0];      ← oba wskaźniki do int
 pt = ar1;         ← instrukcja nieprawidłowa
 pa = ar1;         ← oba wskaźniki do int[3]
 pa = ar2;         ← instrukcja nieprawidłowa
 pa = &pt;         ← oba wskaźniki do int *
*p2 = ar2[0];      ← oba wskaźniki do int
 p2 = ar2;         ← instrukcja nieprawidłowa
```

Dynamiczna alokacja tablic jednowymiarowych

Tablice **automatyczne** w języku C są **statyczne**. Oznacza to, że ich rozmiar powinien być **znany** w trakcie kompilacji i **nie może być zmieniany** w trakcie działania programu.

Z tego powodu często zdarzają się sytuacje, w których wielkość tablicy jest niewystarczająca lub zużywany więcej pamięci niż jest to konieczne.

Aby rozwiązać ten problem, można stosować tablice dynamiczne.

Tablica dynamiczna jest przydzielana w trakcie działania programu i może być zmieniana.

Do tego celu można funkcji alokowania, realokowania i zwalniania pamięci. Funkcje powinny być dostępne po dołączeniu pliku nagłówkowego `stdlib.h`

Przykład z zastosowaniem funkcji `malloc()` z notacją tablicową (sterta).

```
int i, size = 10;
int *ptr;

ptr = (int *) malloc(size * sizeof(int));

if(ptr == NULL)
  printf("Pamiec nie zaalokowana.");
else
  printf("Pamiec zaalokowana.");

for(i = 0; i < size; ++i)
  ptr[i] = i + 1;

for(i = 0; i < size; ++i)
  printf("%d ", ptr[i]);

free(ptr);
```

Przykład z zastosowaniem funkcji `calloc()` z notacją tablicową (sterta).

```
int i, size = 10;
int *ptr;

ptr = (int *) calloc(size, sizeof(int));

if(ptr == NULL)
  printf("Pamiec nie zaalokowana.");
else
  printf("Pamiec zaalokowana.");

for(i = 0; i < size; ++i)
  ptr[i] = i + 1;

for(i = 0; i < size; ++i)
  printf("%d ", ptr[i]);

free(ptr);
```

Tablica VLA (stos).

```
int i, size = 10;
int arr[size];

for(i = 0; i < size; ++i)
  arr[i] = i + 1;

for(i = 0; i < size; ++i)
  printf("%d ", arr[i]);
```

Dynamiczna alokacja tablic dwuwymiarowych

W przypadku tablic wielowymiarowych jest więcej możliwości.

Przykład z użyciem wskaźnika i arytmetyki wskaźnikowej.

```
int i, j, row = 3, col = 4;
int *ptr;

ptr = malloc((row * col) * sizeof(int));

for(i = 0; i < row * col; i++)
  ptr[i] = i + 1;

for(i = 0; i < row; i++)
  for (j = 0; j < col; j++)
    printf("%d ", ptr[i * col + j]);

free(ptr);
```

Przykład z użyciem wskaźnika do wskaźnika.

```
int i, j, row = 3, col = 4, count = 0;
int **ptr;

ptr = (int **) malloc(row * sizeof(int *));

for(i = 0; i < r; i++)
  ptr[i] = (int *) malloc(col * sizeof(int));

for(i = 0; i < row; i++)
  for(j = 0; j < col; j++)
    ptr[i][j] = ++count; // *(*(ptr + i) + j) = ...

for(i = 0; i < row; i++)
  for(j = 0; j < col; j++)
    printf("%d ", ptr[i][j]);

for(int i = 0; i < row; i++)
  free(ptr[i]);

free(ptr);
```

Przykład z użyciem tablicy wskaźników.

```
int i, j, row = 3, col = 4, count = 0;
int *arr[row];

for(i = 0; i < row; i++)
  arr[i] = (int *) malloc(col * sizeof(int));

for(i = 0; i < row; i++)
  for(j = 0; j < col; j++)
    arr[i][j] = ++count; // *(*(arr + i) + j) = ...

for(i = 0; i < row; i++)
  for(j = 0; j < col; j++)
    printf("%d ", arr[i][j]);

for(int i = 0; i < row; i++)
  free(arr[i]);
```

Przykład z użyciem wskaźnika do tablic.

```
int i, j, row = 3, col = 4, count = 0;
int (*arr)[col];

arr = malloc(row * sizeof(*arr));

for(i = 0; i < row; i++)
  for(j = 0; j < col; j++)
    arr[i][j] = ++count; // *(*(arr + i) + j) = ...

for(i = 0; i < row; i++)
  for(j = 0; j < col; j++)
    printf("%d ", arr[i][j]);

free(arr);
```

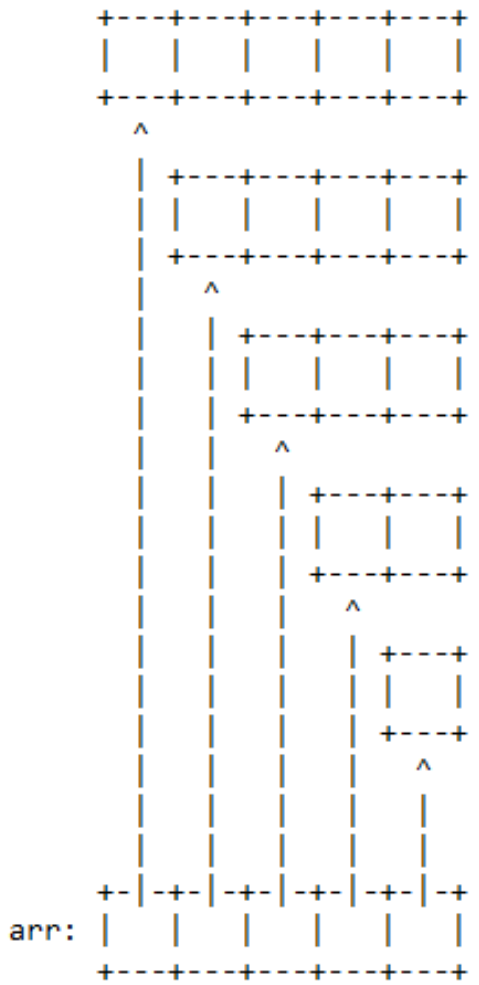
Tablica VLA.

```c
int i, j, row = 3, col = 4, count = 0;
int arr[row][col];

for(i = 0; i < row; i++)
  for(j = 0; j < col; j++)
    arr[i][j] = ++count;

for(i = 0; i < row; i++)
  for(j = 0; j < col; j++)
    printf("%d ", arr[i][j]);
```

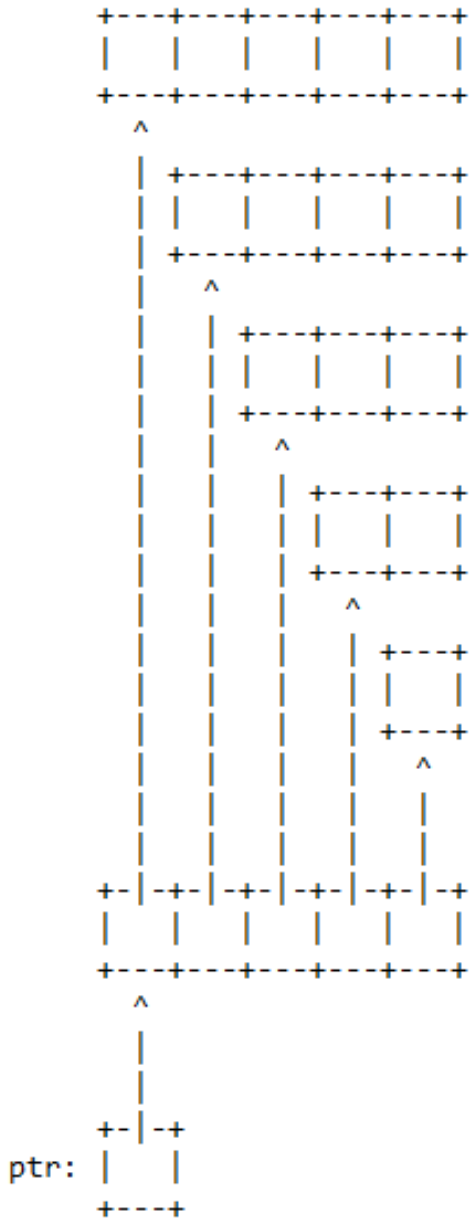
Tablice o zmiennej liczbie elementów

Używanie wskaźników pozwala ma deklarację tablic o różnej liczbie elementów w wierszach. Takie tablice są przydane do reprezentowania np. macierzy symetrycznych.

```
int i, j, size = 5, count = 0;
int *arr[size];

for(i = 0; i < size; i++)
  arr[i] = (int *) malloc((size - i) * sizeof(int));

for(i = 0; i < size; i++)
  for(j = 0; j < (size - i); j++)
    arr[i][j] = ++count;

for(i = 0; i < size; i++)
  for(j = 0; j < (size - i); j++)
    printf("%d ", arr[i][j]);

for (int i = 0; i < size; ++i)
  free(arr[i]);
```



```c
int i, j, size = 5, count = 0;
int **ptr;

ptr = (int **) malloc(size * sizeof(int *));

for(i = 0; i < size; i++)
  ptr[i] = (int *) malloc((size - i) * sizeof(int));

for(i = 0; i < size; i++)
  for(j = 0; j < (size - i); j++)
    ptr[i][j] = ++count;

for(i = 0; i < size; i++)
  for(j = 0; j < (size - i); j++)
    printf("%d ", ptr[i][j]);

for (int i = 0; i < size; ++i)
  free(ptr[i]);

free(ptr);
```



Wskaźniki a const

Ustalony wskaźnik na niemodyfikowalny obiekt (wymaga inicjalizacji):

```
const int *const p = &i
```

Ustalony wskaźnik na modyfikowalny obiekt (wymaga inicjalizacji):

```
int *const p = &i;
```

Zwykły wskaźnik na niemodyfikowalny obiekt:

```
const int *p;
```

Przykład:

```
void strcopy(char d[], char s[])
{
  int i;
  for(i = 0; s[i] != '\0'; i++)
    d[i] = s[i];
  d[i] = '\0';
}
```

```
void strcopy(char *d, const char *s)
{
  while(*d++ = *s++);
}
```

Operacje na plikach, strumienie

Język C nie zawiera żadnego wbudowanego typu plikowego. Operacje na plikach nie są częścią języka.

Przetwarzanie plików realizowane jest zwykle przez funkcje z biblioteki obsługi standardowego wejścia i wyjścia (`stdio.h`).

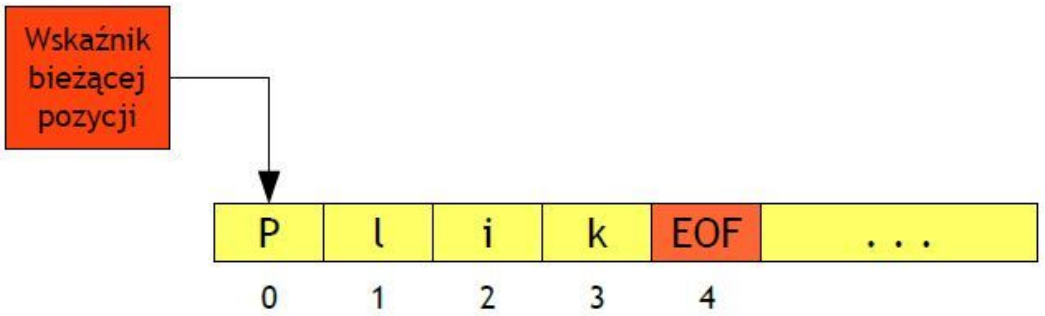
Można też korzystać z funkcji niższego poziomu (np. `io.h`) lub napisać własne funkcje.

Plik jest reprezentowany przez strumień znaków (bajtów) o zmiennej długości. Koniec strumienia identyfikowany jest znacznikiem końca pliku `EOF`.

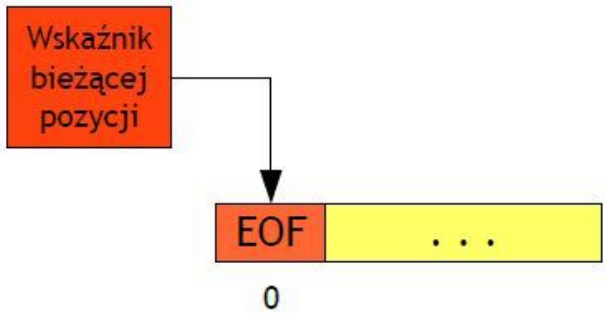
Z każdym strumieniem związany jest wskaźnik bieżącej pozycji, od której realizowane będzie czytanie lub pisanie.

Każdy zapis i odczyt zmienia wskaźnik bieżącej pozycji.

Z każdym strumieniem związany jest znacznik osiągnięcia końca pliku oraz znacznik błędu.



Plik pięcioelementowy



Plik pusty

Strumienie mogą być otwierane w trybie:

- **binarnym** – strumień jest ciągiem jednakowo traktowanych bajtów, każdy zapis i odczyt realizowany jest bez żadnych konwersji,
- **tekstowym** – strumień jest ciągiem linii tekstu zakończonych znacznikiem końca linii `\n`; w trakcie odczytu i zapisu do takiego strumienia mogą zachodzić konwersje spowodowane np. różną fizyczną reprezentacją znacznika końca wiersza (`\r\n` w DOS/Windows, pojedynczy znak `\n` w systemach UNIX/Linux).

Aby rozpocząć operacje na plikach należy zadeklarować w programie zmienną stanowiącą uchwyt do takiego pliku. W przypadku obsługi standardowych strumieni deklaruje się zmienną wskaźnikową.

Typem wskazywanym jest `FILE`, jest to zdefiniowany w pliku nagłówkowym `stdio.h` typ rekordowy, zawierający informacje o otwartym dojściu do pliku.

```
#include <stdio.h>  ← <cstdio> w C++

FILE *fp = NULL;
```

Wykorzystanie pliku rozpoczyna operacja jego otwarcia, realizowana zwykle przez funkcję `fopen( )`.

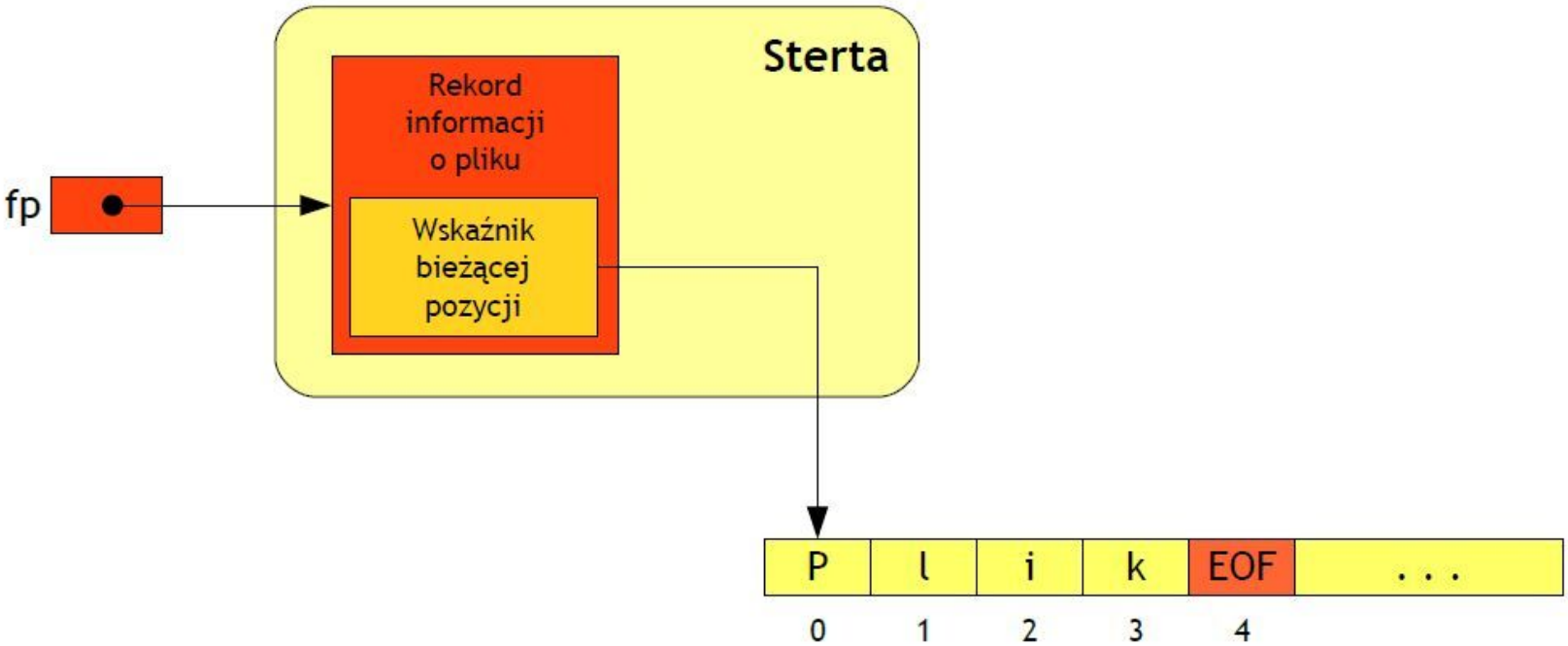
```
FILE * fopen(const char *filename, const char *mode);
```

Funkcja otwiera strumień związany z plikiem o nazwie przekazanej parametrem `filename`. Nazwa może zawierać ścieżkę dostępu do pliku. Strumień otwierany jest w trybie `mode`.

Jeżeli otwarcie zakończyło się sukcesem, funkcja udostępnia wskaźnik do dynamicznie alokowanej struktury typu `FILE`, stanowiącej programową reprezentacje fizycznego pliku.

Jeżeli pliku nie udało się otworzyć, rezultatem funkcji jest `NULL`.

```c
#include <stdio.h>

FILE *fp = NULL;
fp = fopen("file.txt", "rt");

if(fp != NULL)
  → poprawne otwarcie
else
  → otwarcie nieudane
```



Specyfikacja sposobu otwarcia pliku:

- `t` – otwarcie w trybie tekstowym,
- `b` – otwarcie w trybie binarnym.

Tryb otwarcia:

- `r` – otwarcie istniejącego pliku wyłącznie do odczytu,
- `r+` – otwarcie istniejącego pliku do odczytu i zapisu,
- `a` – zapis do istniejącego pliku lub utworzenie nowego pliku, ustawienie wskaźnika pliku na pozycji końcowej,
- `a+` – odczyt i zapis do istniejącego pliku lub utworzenie nowego pliku, ustawienie wskaźnika pliku na pozycji końcowej,
- `w` – utworzenie pliku wyłącznie do zapisu, jeżeli plik istnieje jest nadpisywany,
- `a` – utworzenie pliku do odczytu i zapisu, jeżeli plik istnieje jest nadpisywany.

Znak `+` w trybie otwarcia oznacza aktualizację – możliwość czytania i pisania do otwartego strumienia.

Zapis i odczyt nie mogą po sobie następować bezpośrednio. Należy użyć funkcji do **wymiatania** bufora `fflush()` lub jednej z funkcji pozycjonowania wskaźnika pozycji: `fseek()`, `fsetpos()`, `rewind()`.

Jeżeli informacja o trybie otwarcia nie występuje, przyjmowany jest tryb zgodnie z wartością globalnej zmiennej `_fmode`.

Jeśli zmienna `_fmode` ma wartość `O_BINARY`, plik jest otwierany w trybie binarnym, wartość `O_TEXT` powoduje otwarcie pliku w trybie tekstowym.

Symbole `O_BINARY` i `O_TEXT` zdefiniowane są w pliku `<fcntl.h>`. Domyślna wartość `_fmode` to `O_TEXT`.

Otwieranie i zamykanie plików

Otwarcie pliku `data.txt` jako pliku **tekstowego** do **odczytu**:

```
fp = fopen("data.txt", "rt");
```

Otwarcie pliku `image.bmp` jako pliku **binarnego** do **odczytu**:

```
fp = fopen("image.bmp", "rb");
```

Otwarcie pliku `raport.doc` jako pliku tekstowego do **zapisu**, wskaźnik pliku ustawiany jest w pozycji końcowej, jeżeli nie istnieje, tworzony jest nowy plik.

```
fp = fopen("raport.doc", "at");
```

Otwarcie pliku `image.jpg` jako pliku binarnego, do **zapisu** i **odczytu**, jeżeli plik istnieje zostanie nadpisany.

```
fp = fopen("image.jpg", "w+b");
```

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

Funkcja zamyka strumień stream i zapisuje wszystkie bufory.

Rezultat `EOF` oznacza błąd zamykania, rezultat równy **zero** oznacza poprawne zamknięcie pliku.

Pamięć przydzielona strukturze wskazywanej przez wskaźnik `stream` jest zwalniana.

```c
#include <stdio.h>

FILE *fp = NULL;
fp = fopen("file.txt", "rt");

if(fp != NULL)
{
  → otwarcie poprawne, operacje na pliku
  fclose(fp);
}
```

Odczyt i zapis pojedynczych znaków

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

Funkcja pobiera następny znak ze strumienia `stream` i **uaktualnia wskaźnik** bieżącej pozycji w pliku. Znak pobierany jest jako `unsigned char` i przekształcany jest do typu `int`.

W przypadku napotkania końca strumienia, rezultatem jest wartość `EOF` oraz ustawiany jest **znacznik napotkania końca strumienia**.

W przypadku wystąpienia błędu odczytu, rezultatem funkcji jest wartość `EOF` oraz ustawiany jest znacznik **błędu strumienia**.

Przykładowe wykorzystanie – odczyt znaku z uprzednio otwartego pliku `fp`:

```c
#include <stdio.h>

FILE *fp = NULL;

if((fp = fopen("data.txt", "rt")) != NULL)
{
  int c;
  c = fgetc(fp);
  printf("Przeczytano znak %c", c);
  fclose(fp);
}
```

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

Funkcja wyprowadza znak `c` do strumienia `stream` zgodnie ze wskaźnikiem bieżącej pozycji w pliku.

W przypadku, gdy funkcja zakończyła swoje działanie bez błędu, rezultatem funkcji jest znak `c`. W przeciwnym wypadku wartość `EOF`.

Przykładowe wykorzystanie – zapis znaku do uprzednio otwartego pliku `fp`:

```c
#include <stdio.h>

FILE * fp = NULL;

if((fp = fopen("data.txt", "wt")) != NULL)
{
  fputc('C', fp);
  fclose(fp);
}
```

Przetwarzanie sekwencyjne

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

Rezultatem funkcji jest wartość **różna od zera**, jeżeli strumień jest w pozycji końcowej, **zero** w przeciwnym wypadku.

Strumień jest w **pozycji końcowej**, jeżeli w wyniku ostatnio przeprowadzonej operacji **odczytano znacznik końca pliku**.

Przykładowe wykorzystanie – wypisywanie do strumienia wyjściowego zawartości pliku i obliczanie liczby znaków:

```
FILE *fp;
long int counter = 0;

if((fp = fopen("data.txt", "rt")) != NULL)
{

  while(!feof(fp))
  {
    putchar(fgetc(fp));
    counter++;
  }

  fclose(fp);
  printf("\nLiczba znakow w pliku: %ld", counter - 1);
}
```

Przykładowe wykorzystanie – bez wykorzystania `feof()`:

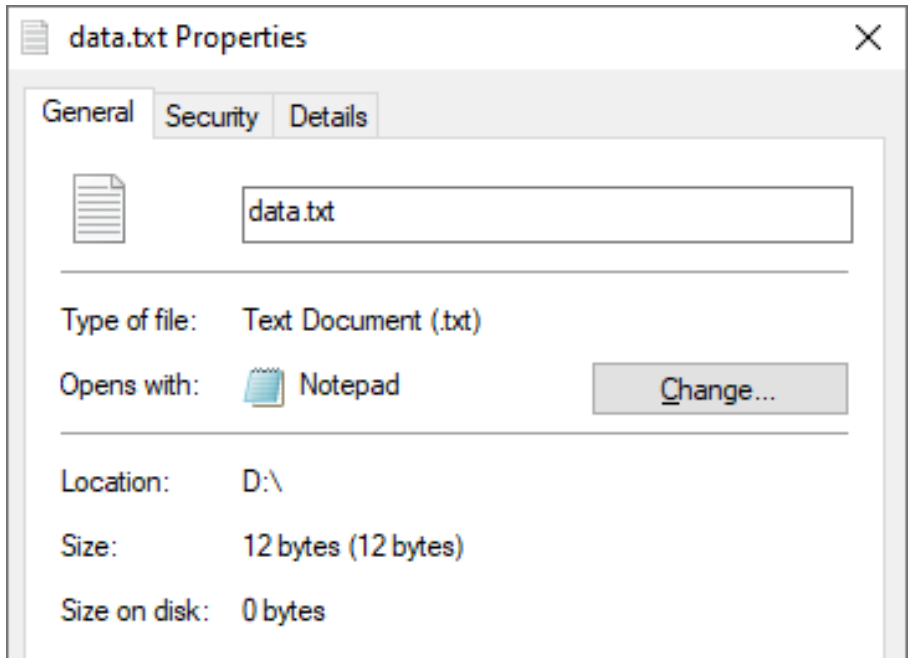
```
FILE *fp;
long int counter = 0;

int c;
if((fp = fopen("data.txt", "rt")) != NULL)
{

  while((c = fgetc(fp)) != EOF)
  {
    putchar(c);
    counter++;
  }

fclose(fp);
printf("\nLiczba znakow w pliku: %ld", counter);
}
```

Rozmiar pliku, znak końca linii i problemy

Wyznaczanie rozmiaru pliku (trochę inaczej):

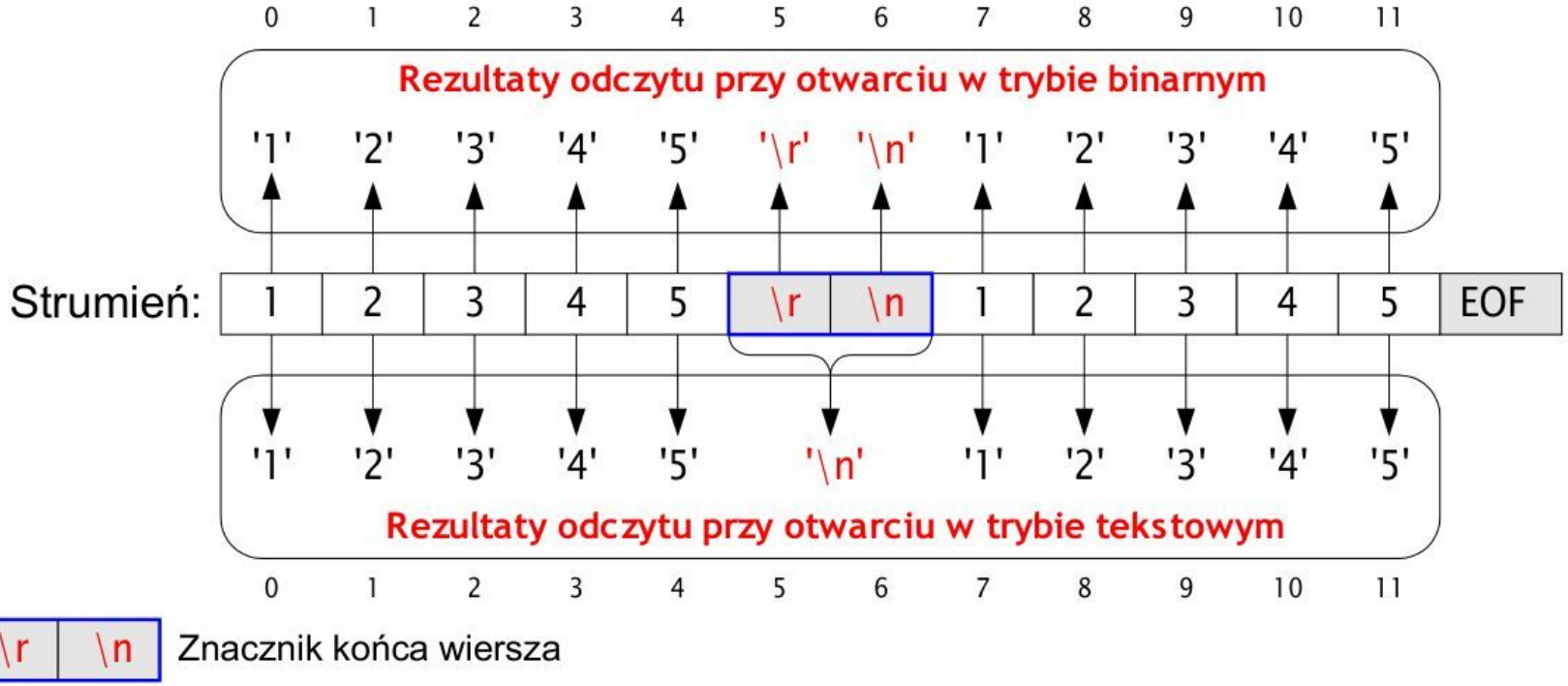
```
if((fp = fopen("data.txt", "rt")) != NULL)
{
  for(counter = 0; fgetc(fp) != EOF; counter++);
  fclose(fp);
  printf("Rozmiar pliku: %ld bajtow", counter);
}
```

```
Rozmiar pliku: 11 bajtow
```



Przyczyną wadliwego działania programu są konwersje znaczników końca linii w trybie tekstowym.

W systemach DOS/Windows znacznik końca linii to para `\r` i `\n` (czyli `CR` i `LF`). W trakcie odczytu w trybie tekstowym, każda para `\r\n` zamieniana jest na pojedynczy znak `\n`.



Konwersje nie zachodzą przy otwieraniu pliku w trybie binarnym. W drugim parametrze wywołania `fopen()` należy użyć litery `b`, oznaczającej otwarcie w trybie binarnym.

```c
if((fp = fopen("data.txt", "rb")) != NULL)
{
  for(counter = 0; fgetc(fp) != EOF; counter++);
  fclose(fp);
  printf("Rozmiar pliku: %ld bajtow", counter);
}
```

Przetwarzanie plików linia po linii

Pliki tekstowe można **przetwarzać wierszami**, od strony programu separatorem wierszy jest znak `\n`.

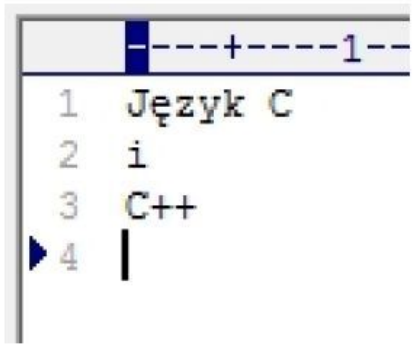
Do przetwarzania pliku tekstowego linia po linii służą funkcje odczytu/zapisu linii – buforem linii są **tablice znakowe**.

Zawartość pliku:

J	ę	z	y	k		C	\n	i	\n	C	+	+	\n	EOF

Przy przetwarzaniu linia po linii:

J	ę	z	y	k		C	\n
i	\n						
C	+	+	\n				
EOF							

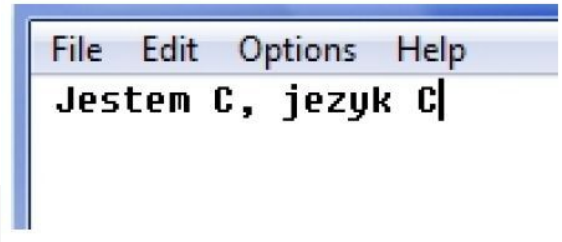


Odczyt linii lekstu z pliku realizuje znana już funkcja `fgets()`, a zapis np. `fputs()`, `fprintf()`.

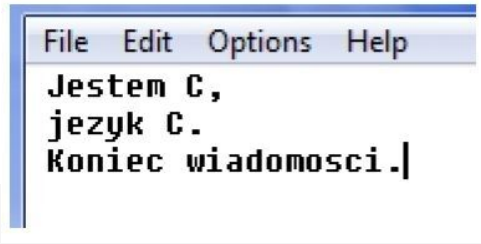
```
int fputs(const char *s, FILE *stream);
```

Funkcja `fputs()` wyprowadza napis `s` do pliku `stream`, nie dopisuje znaczników końca wiersza ani końca napisu.

Rezultatem funkcji jest **ostatni zapisany znak**, w przypadku gdy zapis zakończył się sukcesem lub `EOF`, gdy wystąpił błąd.




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

int main()
{
  FILE *fp = NULL;

 if((fp = fopen( "data.txt", "wt")) != NULL)
  {
    fputs("Jestem C", fp);
    fputs(", jezyk C", fp);
    fclose(fp);
  }

  return EXIT_SUCCESS;
}
```




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

int main()
{
  FILE *fp = NULL;

  if((fp = fopen("date.txt", "wt")) != NULL)
  {
    fputs("Jestem C", fp);
    fputs(",\njezyk C.\nKoniec wiadomosci.", fp);
    fclose(fp);
  }

  return EXIT_SUCCESS;
}
```

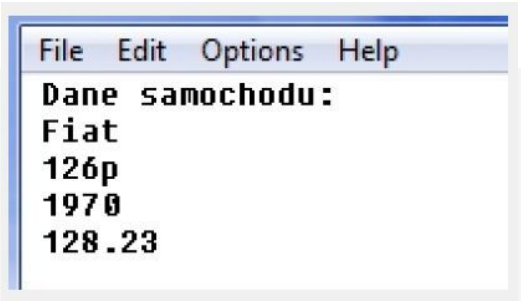
```c
int fprintf(FILE *stream, const char *format [, argument, ...]);
```

Funkcja `fprintf()` wyprowadza do pliku `stream` napis `format` oraz opcjonalne argumenty, w postaci określonej przez sekwencje formatujące zapisane w napisie `format`.

Rezultatem funkcji jest **liczba wyprowadzonych bajtów**, w przypadku gdy zapis zakończył się sukcesem lub `EOF`, gdy wystąpił błąd.

Wszystkie zasady formatowania znane z wykorzystania funkcji `printf()` obowiązują dla funkcji `fprintf()`.

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

int main()
{
  FILE *fp = NULL;

  if((fp = fopen("data.txt", "wt")) != NULL)
  {
    char brand[80] = "Fiat";
    char model[80] = "126p";
    int year = 1970;
    float mileage = 128.23;

    fprintf(fp, "Dane samochodu:\n%s\n%s\n%d\n%g", brand, model,
      year, mileage);

    fclose(fp);
  }

  return EXIT_SUCCESS;
}
```



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

int main()
{
  FILE *fp = NULL;

  if((fp = fopen("data.txt", "wt")) != NULL)
  {
    char brand[80] = "Fiat";
    char model[80] = "126p";
    int year = 1970;
    float mileage = 128.23;

    fprintf(fp, "Dane samochodu:\n\tMarka: %s\n\tModel: %s\n", brand,
      model);
    fprintf(fp, "\tRocznik: %d\n\tPrzebieg: %g", year, mileage);

    fclose(fp);
  }

  return EXIT_SUCCESS;
}
```

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

Funkcja `fgets()` wczytuje dane do bufora `s` ze strumienia (pliku) `stream`.

Parametr `n` określa maksymalną pojemność bufora, uwzględniającą miejsce na znacznik końca napisu.

Działanie funkcji kończy się gdy funkcja odczyta $n - 1$ znaków lub wcześniej zostanie odczytany znak nowego wiersza. Znacznik końca napisu dopisywany jest na jego końcu.

```
Dane samochodu:
        Marka: Fiat
        Model: 126p
        Rocznik: 1970
        Przebieg: 128.23
```

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

#define MAX_LINE 256

int main()
{
  FILE *fp = NULL;

  if((fp = fopen( "data.txt", "rt")) != NULL)
  {
    char line[MAX_LINE];

    while(fgets(line, MAX_LINE, fp) != NULL)
      printf(line);

    fclose(fp);
  }

  return EXIT_SUCCESS;
}
```

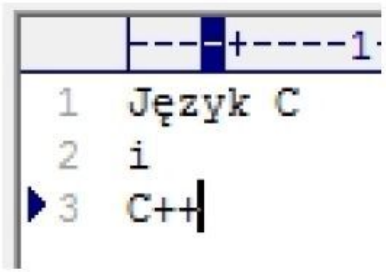
Przed znacznikiem końca pliku `EOF` może nie być znacznika końca wiersza `\n`. Funkcja `fgets()` go nie przeczyta.

Zawartość pliku:

J	ę	z	y	k		C	\n	i	\n	C	+	+	EOF

Przy przetwarzaniu linia po linii:

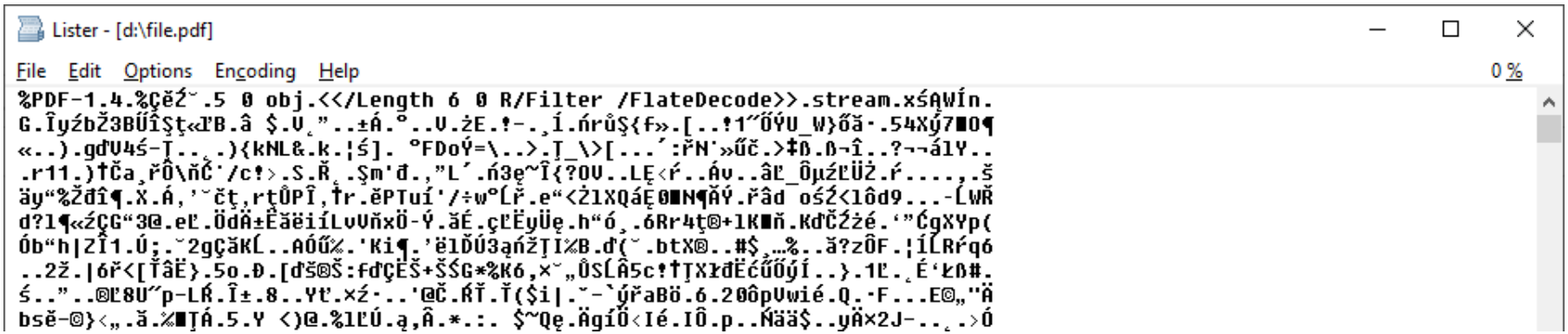
J	ę	z	y	k		C	\n
i	\n						
C	+	+	EOF				



Przetwarzanie plików binarnych

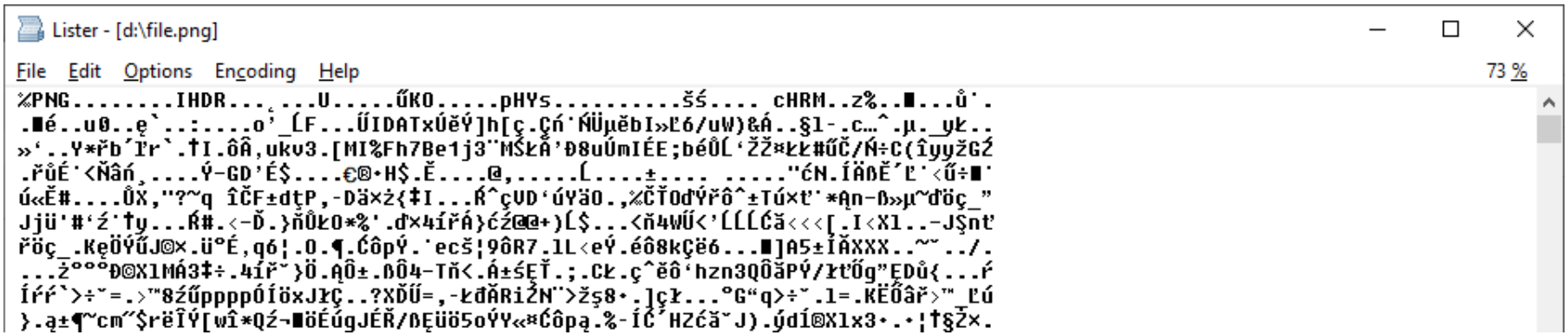
Często pliki **nie zawierają danych tekstowych**. Przykładem są pliki graficzne, dźwiękowe czy multimedialne.

Ich zawartość to najczęściej **binarny obraz zawartości pamięci operacyjnej** (np. ciąg bajtów opisujących kolory piksela) uzupełniony o dodatkowe informacje (np. nagłówek pliku graficznego czy dane EXIF).



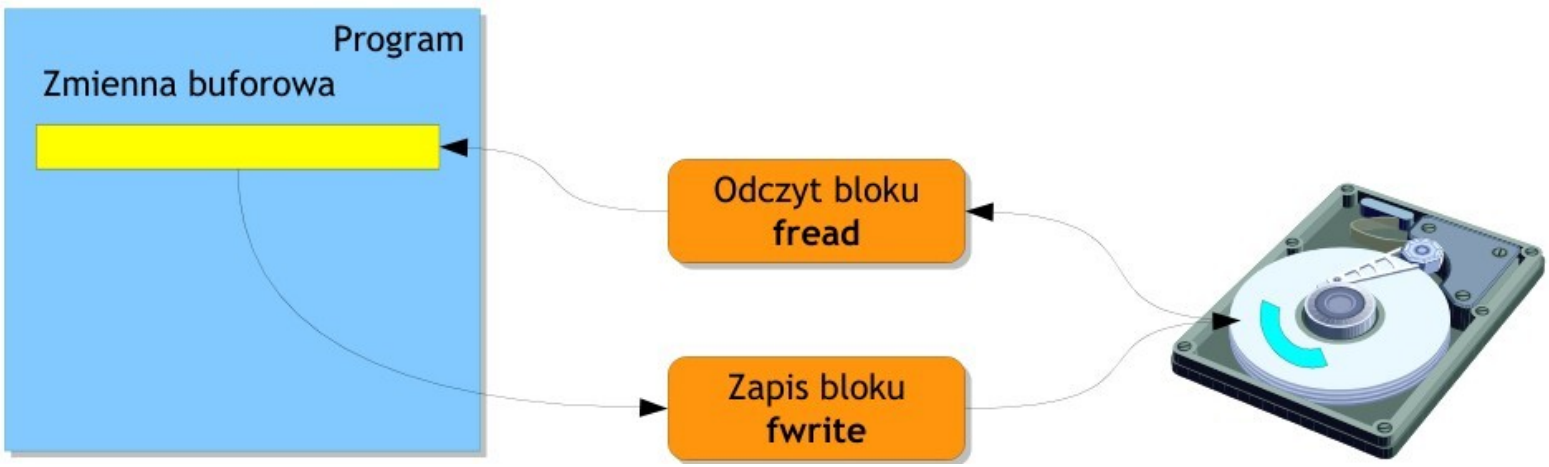
Do przetwarzania plików, których zawartość ma charakter binarny, wykorzystuje się najczęściej **odczyt i zapis bloków**.

Pod pojęciem bloku rozumieć będziemy **ciąg bajtów o określonej długości**, nie zakładamy, że ciąg taki ma jakakolwiek strukturę. Rozmiar takiego bloku jest określony liczbą jego bajtów.



Przetwarzanie plików binarnych wymaga **otwartego pliku**. Plik powinien być otwarty w trybie binarnym.

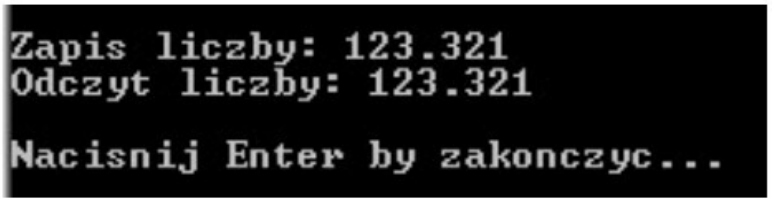
Dodatkowo w programie należy posiadać **zmienną**, która będzie realizowała funkcję **bufora**. Ze zmiennej będą pobierane dane do zapisu i do niej będą pobierane dane w przypadku odczytu.



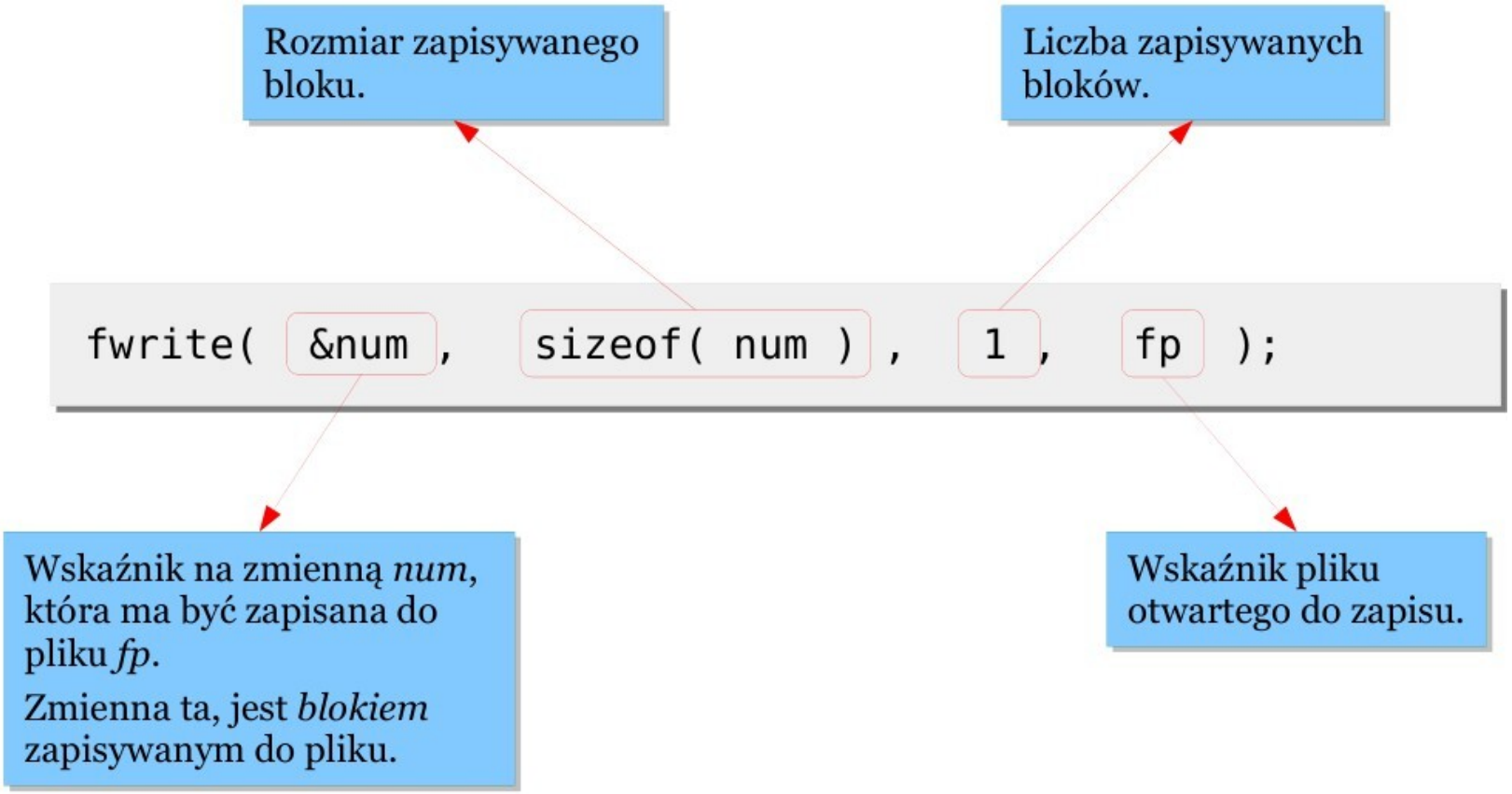
Zapis i odczyt liczby

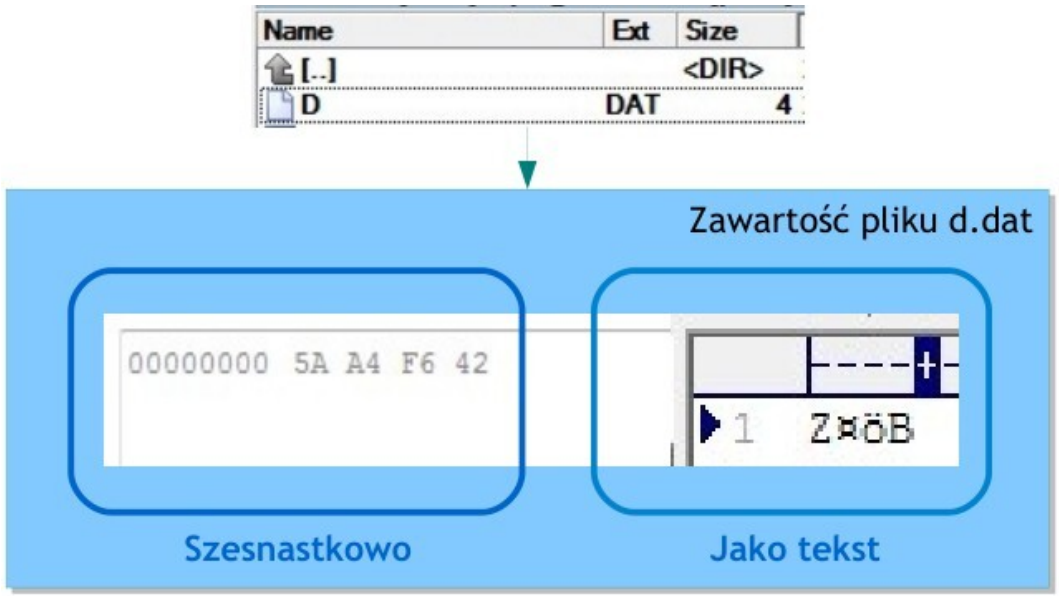
Przykład programu, który tworzy nowy plik, zapisuje do niego liczbę `float` i zamyka plik.

Potem otwiera plik w trybie do odczytu, odczytuje zapisaną liczbę i wyświetlenie jej wartości.



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

int main()
{
  FILE *fp;
  float num = 123.321;

  if((fp = fopen("d.dat", "wb")) != NULL)
  {
    printf("\nZapis liczby: %f", num);
    fwrite(&num, sizeof(num), 1, fp);
    fclose(fp);
  }

  return EXIT_SUCCESS;
}
```


Rozmiar zapisywanego bloku.
Liczba zapisywanych bloków.
fwrite(&num , sizeof(num) , 1 , fp);
Wskaźnik na zmienną num, która ma być zapisana do pliku fp.
Zmienna ta, jest blokiem zapisywanym do pliku.
Wskaźnik pliku otwartego do zapisu.


Name
Ext
Size
[..]
<DIR>
D
DAT
4
Zawartość pliku d.dat
00000000 5A A4 F6 42
1 Z¤öB
Szesnastkowo
Jako tekst

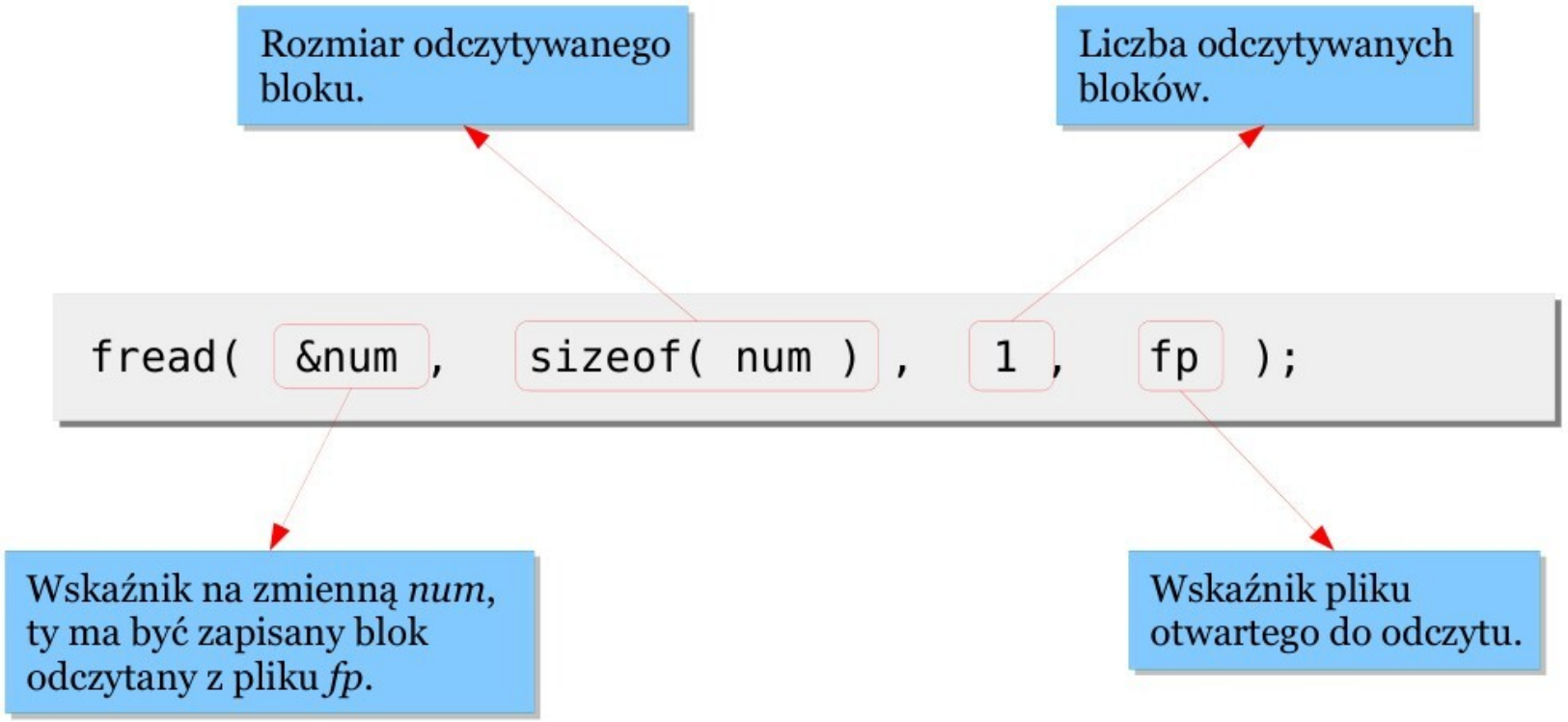
```c
size_t fwrite(void *ptr, size_t size, size_t n, FILE *stream);
```

Funkcja `fwrite()` zapisuje dane z obszaru pamięci wskazywanego przez `ptr` do strumienia `stream`. Funkcja zapisuje `n` bloków o rozmiarze `size`.

Łączna liczba zapisanych bajtów to `n * size`. Rezultatem funkcji jest liczba zapisanych **bloków** (nie bajtów).

W przypadku wystąpienia **końca pliku** lub **błędu**, rezultatem funkcji jest liczba, **bezbłędnie zapisanych bloków** (może być zerowa).

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

int main()
{
  FILE *fp;
  float num = 0;

  if((fp = fopen("d.dat", "rb")) != NULL)
  {
    fread(&num, sizeof(num), 1, fp);
    printf("\nOdczyt liczby: %g", num);
    fclose(fp);
  }

  return EXIT_SUCCESS;
}
```


Rozmiar odczytywanego bloku.
Liczba odczytywanych bloków.
fread(&num , sizeof(num) , 1 , fp);
Wskaźnik na zmienną *num*, ty ma być zapisany blok odczytany z pliku *fp*.
Wskaźnik pliku otwartego do odczytu.

```c
size_t fread(void *ptr, size_t size, size_t n, FILE *stream);
```

Funkcja `fread()` czyta dane ze strumienia `stream` do obszaru pamięci wskazywanego przez `ptr`. Funkcja odczytuje `n` bloków o rozmiarze `size`.

Łączna liczba zapisanych bajtów to `n * size`. Rezultatem funkcji jest liczba zapisanych **bloków** (nie bajtów).

W przypadku wystąpienia **końca pliku** lub **błędu**, rezultatem funkcji jest liczba, **bezbłędnie zapisanych bloków** (może być zerowa).

Kontrola poprawności

Funkcje `fread()` i `fwrite()` pozwalają na kontrolę poprawności wykonywanych operacji odczytu i zapisu.

Wystarczy kontrolować rezultat wywołania tych funkcji i porównywać z liczbą określonych bloków.

```
if((fp = fopen("d.dat", "wb")) != NULL)
{
  if(fwrite(&num, sizeof(num), 1, fp) != 1)
    printf("\nBlad zapisu!");
  else
    printf("\nZapis wykonany");
  fclose(fp);
}
```

```
if((fp = fopen("d.dat", "rb")) != NULL)
{
  if(fread(&num, sizeof(num), 1, fp) != 1)
    printf("\nBlad odczytu!");
  else
    printf("\nOdczyt liczby: %g", num);
  fclose(fp);
}
```

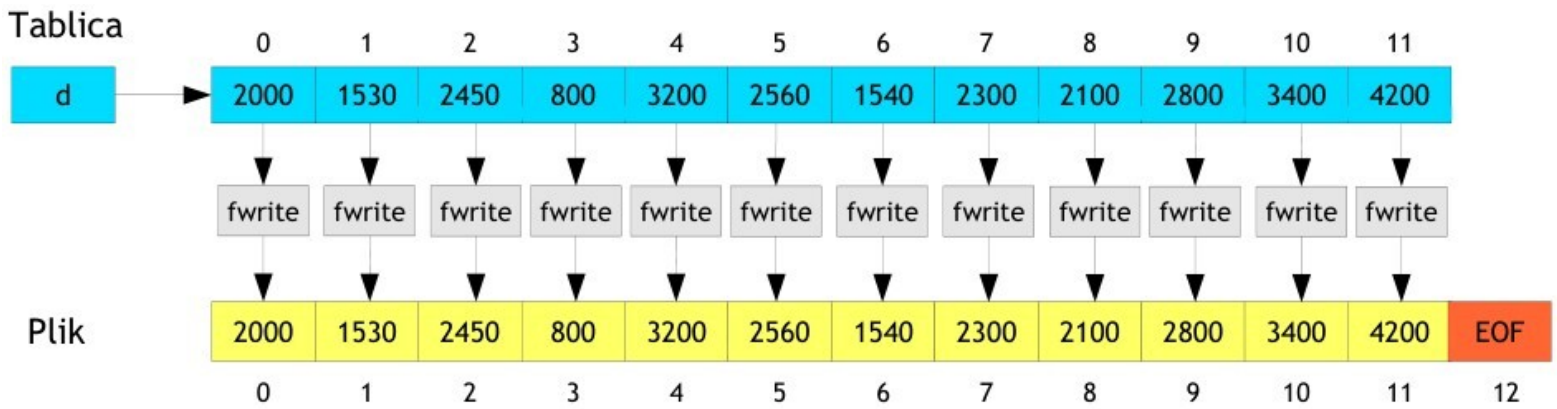
Zapis i odczyt ciągów danych

Zapisujemy do pliku dwanaście liczb typu `float` reprezentujących jakąś comiesięczną wartość zmiennej. Dane są zapisane w dwunastoelementowej tablicy `d`.

```
#define LB_MIES 12
```

```
float d[LB_MIES];
```

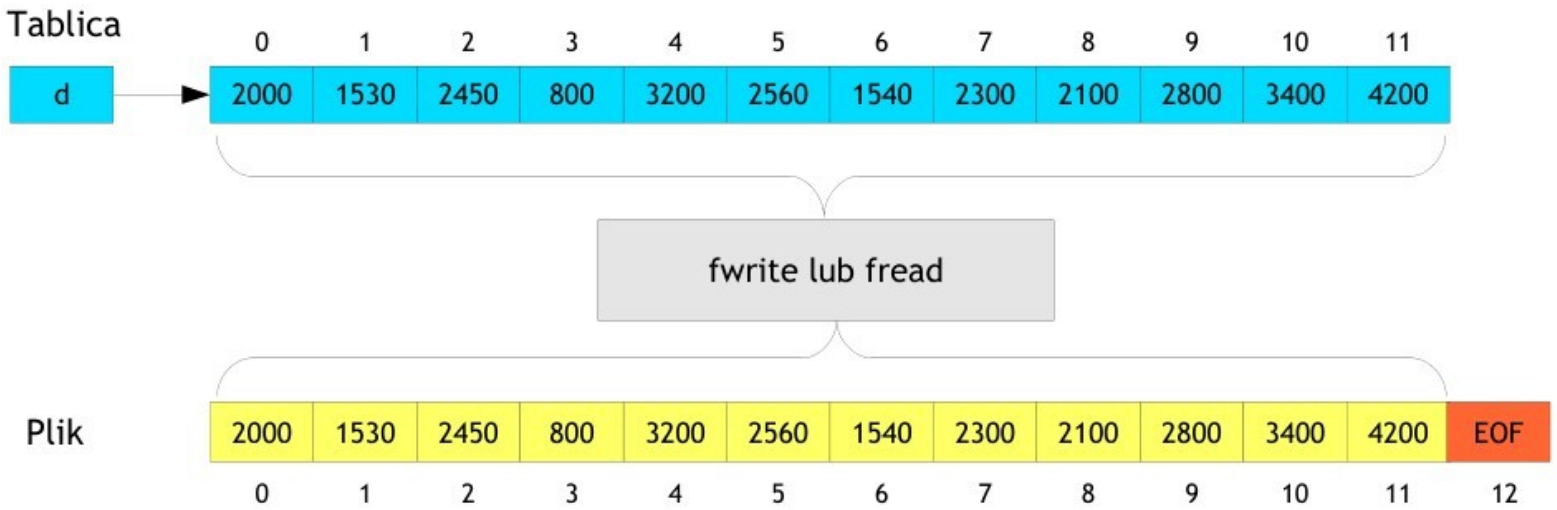
Pierwszym rozwiązaniem jest zapisanie kolejno każdego elementu tablicy jako bloku, wykorzystując funkcję `fwrite()`.



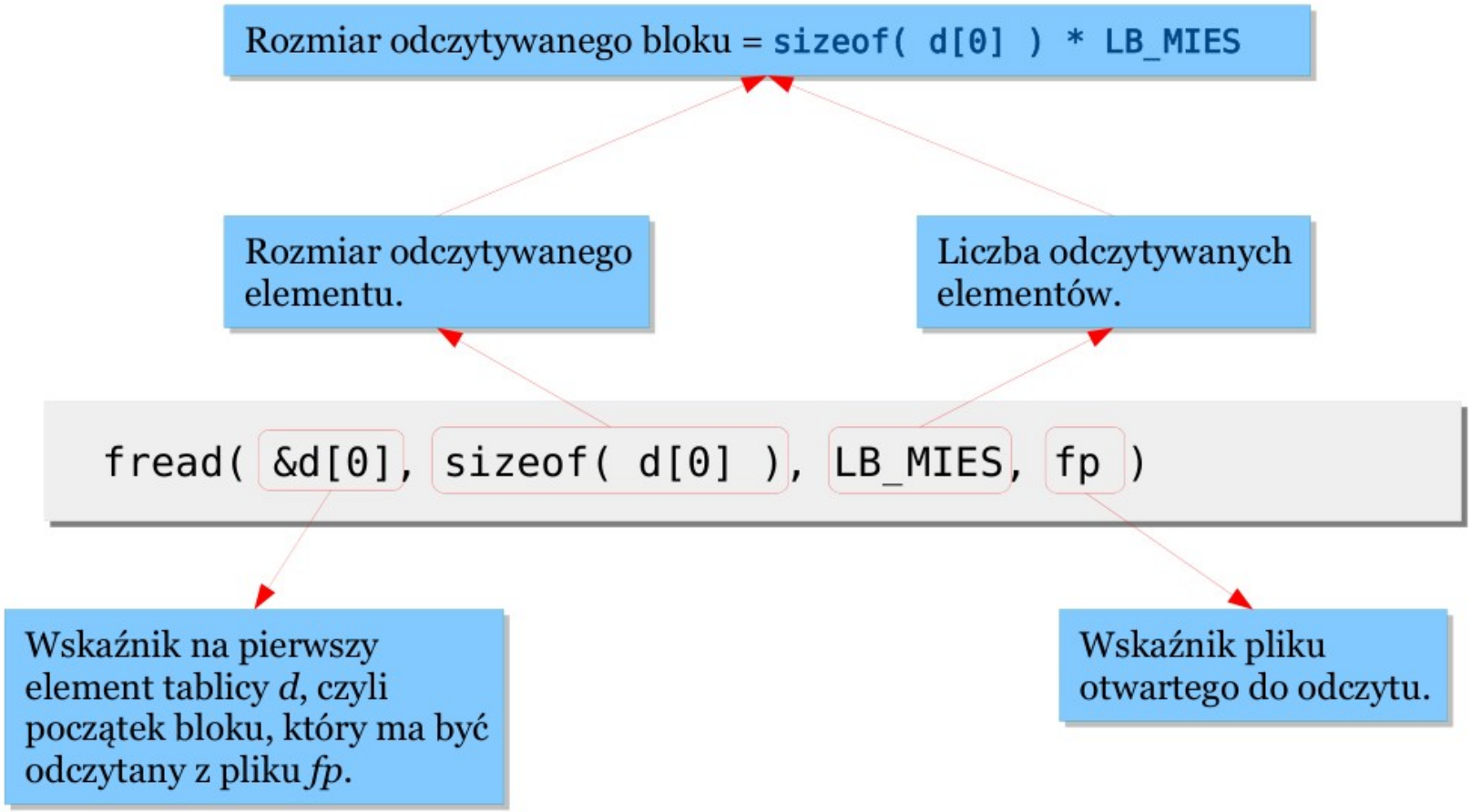
```c
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

#define LB_MIES 12

int main()
{
  FILE *fp;
  float d[LB_MIES];
  int nr;

  for(nr = 0; nr < LB_MIES; nr++) // przykladowe dane
    d[nr] = 1000 * (nr + 1);

  if((fp = fopen("d.dat", "wb")) != NULL) // zapis po elemencie
  {
    for(nr = 0; nr < LB_MIES; nr++)
      if(fwrite(&d[nr], sizeof(d[nr], 1, fp) != 1)
        printf("\nBlad zapisu!");
      else
        printf("\nZapisano: %g", d[nr]);

    fclose(fp);
  }
...
```

```
...
  for(nr = 0; nr < LB_MIES; nr++) // zerowanie tablicy
    d[nr] = 0;

  if((fp = fopen("d.dat", "rb")) != NULL)
  {
    for(nr = 0; nr < LB_MIES; nr++ )
      if(fread(&d[nr], sizeof(d[nr]), 1, fp) != 1)
        printf("\nBlad odczytu!");
      else
        printf("\nOdczytano: %g", d[nr]);

      fclose(fp);
  }

  return EXIT_SUCCESS;
}
```

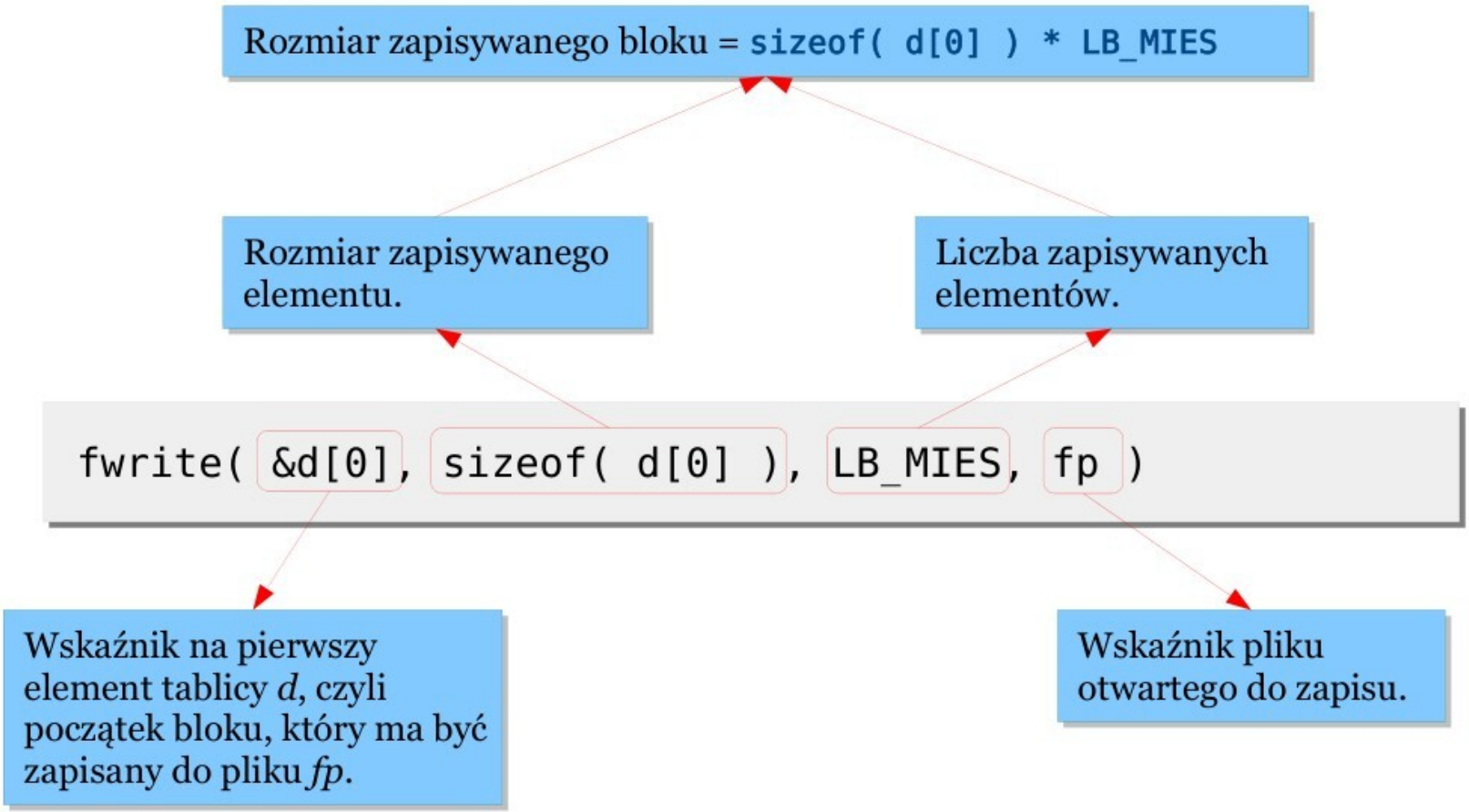
Cała tablica może być blokiem zapisywanym lub odczytywanym w jednym wywołaniu instrukcji `fwrite()` lub `fread()`.



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

#define LB_MIES 12

int main()
{
  FILE * fp;
  float d[LB_MIES];
  int nr;

  for(nr = 0; nr < LB_MIES; nr++) // przykladowe dane
  printf("\nZapis: %g", d[nr] = 1000 * (nr + 1));

  if((fp = fopen("d.dat", "wb")) != NULL)
  {
    if(fwrite(&d[0], sizeof(d[0]), LB_MIES, fp) != LB_MIES)
      printf("\nBlad zapisu!");

    fclose(fp);
  }
...
```


Rozmiar odczytywanego bloku = sizeof(d[0]) * LB_MIES
Rozmiar odczytywanego elementu.
Liczba odczytywanych elementów.
fread(&d[0], sizeof(d[0]), LB_MIES, fp)
Wskaźnik na pierwszy element tablicy d, czyli początek bloku, który ma być odczytany z pliku fp.
Wskaźnik pliku otwartego do odczytu.

```
...
  for(nr = 0; nr < LB_MIES; nr++) // zerowanie tablicy
    d[nr] = 0;

  if((fp = fopen("d.dat", "rb")) != NULL)
  {
    if(fread(&d[0], sizeof(d[0]), LB_MIES, fp) != LB_MIES)
      printf("\nBlad odczytu!");

    fclose( fp );
  }

  for(nr = 0; nr < LB_MIES; nr++)
    printf("\nOdczyt: %g", d[nr]);

  return EXIT_SUCCESS;
}
```


Rozmiar zapisywanego bloku = sizeof(d[0]) * LB_MIES
Rozmiar zapisywanego elementu.
Liczba zapisywanych elementów.
fwrite(&d[0], sizeof(d[0]), LB_MIES, fp)
Wskaźnik na pierwszy element tablicy d, czyli początek bloku, który ma być zapisany do pliku fp.
Wskaźnik pliku otwartego do zapisu.

Nazwa tablicy jest ustalonym wskaźnikiem na jej pierwszy element.

Zamiast zastosowanego:

```
fread(&d[0], sizeof(d[0]), LB_MIES, fp);
```

równie dobrze można użyć:

```
fread(d, sizeof(d[0]), LB_MIES, fp);
```

Pomocne funkcje dla typów int i float

```
int i = 10;
FILE *fp;

if(fwrite(&i, sizeof(i, 1, fp) != 1)
  printf("\nBlad zapisu!");
else
  printf("\nZapisano liczbe %d", i);
```

Można w łatwy sposób napisać funkcję realizującą zapis pojedynczej zmiennej:

```
int writeInt(int i, FILE *f)
{
  return fwrite(&i, sizeof(i), 1, f) == 1;
}
```

```
int i = 10;
FILE *fp;
...
if(!writeInt(i, fp))
  printf("\nBlad zapisu!");
else
  printf("\nZapisano liczbe %d", i);
```

```c
float d = 10.0;
FILE * fp;

if(fwrite(&d, sizeof(d), 1, fp) != 1)
  printf("\nBlad zapisu!");
else
  printf("\nZapisano liczbe %g", d);
```

Analogiczna funkcja:

```c
int writeFloat(float d, FILE *f)
{
  return fwrite(&d, sizeof(d), 1, f) == 1;
}
```

```c
float d = 10.0;
FILE * fp;
...
if(!writeFloat(d, fp))
  printf("\nBlad zapisu!");
else
  printf("\nZapisano liczbe %g", d);
```

Warto mieć pod ręką więcej podobnych funkcji.

Kopiowanie plików

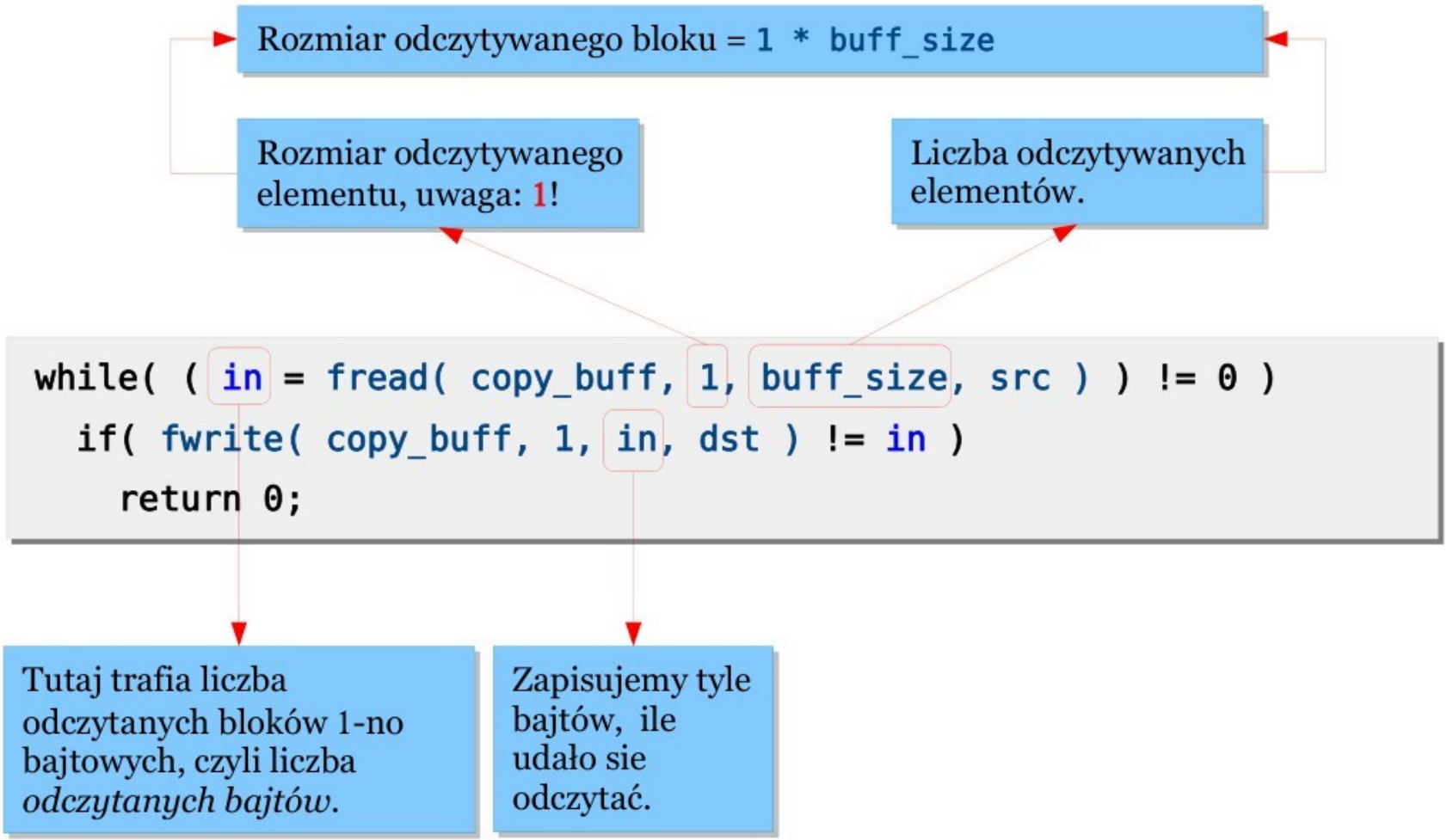
Przykładowa funkcja wykonuje kopiowanie zawartości pliku źródłowego do pliku docelowego. Wykorzystuje blokowe operacje zapisu i odczytu plików.

Parametrami są poprawnie otwarte binarnie pliki. Funkcja zwraca wartość 1 jeśli kopiowanie powiodło się lub 0 gdy wystąpił błą podczas kopiowania.

```c
int copyFile(FILE *src, FILE *dst)
{
  char * copyBuff = NULL;       // wskaznik na bufor
  size_t buffSize = 10 * 1024; // rozmiar bufora
  size_t in = 0;                // liczba blokow

  if((copyBuff = malloc(buffSize)) == NULL)
    return 0;

  while((in = fread(copyBuff, 1, buffSize, src)) != 0)
    if(fwrite(copyBuff, 1, in, dst) != in)
      return 0;

  free(copyBuff);

  return 1;
}
```

Kopiowanie plików

Funkcja `fread()` zwraca liczbę odczytanych **jedno-bajtowych** bloków czyli liczbę odczytanych bajtów, która potem wykorzystywana jest do określenia liczby bajtów do zapisu w funkcji `fwrite()`.



Wyświetlanie zawartości plików

Przykładowa funkcja wyświetla zawartość pliku na standardowym wyjściu. Plik wyświetlany jest szesnastkowo i jeśli to możliwe również z wykorzystaniem znaków ASCII. Parametrem jest poprawnie otwarty plik.

```
void hexFileDump(FILE *file)
{
  #define BUFFER_LEN 19              // liczba znakow w linii
  unsigned char buffer[BUFFER_LEN]; // bufor
  int i = 0;

  while((in = fread(buffer, 1, BUFFER_LEN, file)) > 0)
  {
    for(i = 0; i < in; i++)       // hex, dwia znaki
      printf("%02X", buffer[i]); // wiodace zera, duze litery

    printf("| ");                // separator

    for(i = 0; i < in; i++)       // wypisz ASCII jesli tpo mozliwe
      printf("%c", isprint(buffer[i]) ? buffer[i] : '.');

    putchar('\n');
  }
}
```

```
while( ( in_chars = fread( buffer, 1, BUFFER_LEN, file ) ) > 0  )
{
    /* Wypisz : hex, dwie pozycje, wiodące zera, duże litery */
    for( i = 0; i < in_chars; i++)
       printf( "%02X ", buffer[ i ] );

    printf("| ");   /* Separator części szesnastkowej od ASCII */

    /* Wypisz bufor jako ASCII o ile można, jeśli nie to '.' */
```

```
29 0D 0A 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 72 69 6E 74 66 28 | )..          printf(
20 22 25 30 32 58 20 22 2C 20 62 75 66 65 72 5B 20 69 |  "%02X ", buffer[ i
20 5D 20 29 3B 0D 0A 0D 0A 20 20 20 20 20 20 70 72 69 6E |  ] );....      prin
74 66 28 22 7C 20 22 29 3B 20 20 2F 2A 20 53 65 70 61 72 | tf("| ");  /* Separ
61 74 6F 72 20 63 7A A9 98 63 69 20 73 7A 65 73 6E 61 73 | ator cz..ci szesnas
74 6B 6F 77 65 6A 20 6F 64 20 41 53 43 49 49 20 2A 2F 0D | tkowej od ASCII */.
0A 0D 0A 20 20 20 20 20 20 2F 2A 20 57 79 73 77 69 65 74 | ...      /* Wyswiet
6C 20 62 75 66 6F 72 20 6A 61 6B 6F 20 41 53 43 49 49 20 | l bufor jako ASCII
6F 20 69 6C 65 20 6D 6F 7A 6E 61 2C 20 6A 61 6B 20 6E 69 | o ile mozna, jak ni
65 20 74 6F 20 77 79 73 77 69 65 74 6C 20 27 2E 27 20 2A | e to wyswietl '.' *
2F 0D 0A 20 20 20 20 20 20 66 6F 72 28 20 69 20 3D 20 30 | /..      for( i = 0
3B 20 69 20 3C 20 69 6E 5F 63 68 61 72 73 3B 20 69 2B 2B | ; i < in_chars; i++
20 29 0D 0A 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 70 72 69 6E 74 66 |  )..          printf
28 22 25 63 22 2C 20 69 73 70 72 69 6E 74 28 20 62 75 66 | ("%c", isprint( buf
66 65 72 5B 20 69 20 5D 20 29 20 3F 20 62 75 66 66 65 72 | fer[ i ] ) ? buffer
5B 20 69 20 5D 20 3A 20 27 2E 27 20 29 3B 0D 0A 0D 0A 20 | [ i ] : '.' );....
20 20 20 20 20 70 75 74 63 68 61 72 28 27 5C 6E 27 29 3B |      putchar('\n');
0D 0A 0D 0A 20 20 20 20 20 20 69 66 28 20 28 20 2B 2B 6C | ....      if( ( ++l
69 6E 65 73 20 25 20 50 41 47 45 5F 4C 45 4E 47 54 48 20 | ines % PAGE_LENGTH
29 20 3D 3D 20 30 20 29 20 20 2F 2A 20 43 7A 79 20 65 6B | ) == 0 )  /* Czy ek
72 61 6E 20 7A 61 70 65 88 6E 69 6F 6E 79 3F 20 2A 2F 0D | ran zape.niony? */.
```