

Wisnu Anggoro

C++

Struktury danych i algorytmy

Helion 

Packt 

Tytuł oryginału: C++ Data Structures and Algorithms

Tłumaczenie: Maksymilian Gutowski

ISBN: 978-83-283-5185-1

Copyright © Packt Publishing 2018. First published in the English language under the title ‘C++ Data Structures and Algorithms – (9781788835213)’

Polish edition copyright © 2019 by Helion SA
All rights reserved.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage retrieval system, without permission from the Publisher.

Wszelkie prawa zastrzeżone. Nieautoryzowane rozpowszechnianie całości lub fragmentu niniejszej publikacji w jakiegokolwiek postaci jest zabronione. Wykonywanie kopii metodą kserograficzną, fotograficzną, a także kopiowanie książki na nośniku filmowym, magnetycznym lub innym powoduje naruszenie praw autorskich niniejszej publikacji.

Wszystkie znaki występujące w tekście są zastrzeżonymi znakami firmowymi bądź towarowymi ich właścicieli.

Autor oraz Helion SA dołożyli wszelkich starań, by zawarte w tej książce informacje były kompletne i rzetelne. Nie biorą jednak żadnej odpowiedzialności ani za ich wykorzystanie, ani za związane z tym ewentualne naruszenie praw patentowych lub autorskich. Autor oraz Helion SA nie ponoszą również żadnej odpowiedzialności za ewentualne szkody wynikłe z wykorzystania informacji zawartych w książce.

Helion SA
ul. Kościuszki 1c, 44-100 Gliwice
tel. 32 231 22 19, 32 230 98 63
e-mail: helion@helion.pl
WWW: <http://helion.pl> (księgarnia internetowa, katalog książek)

Drogi Czytelniku!
Jeżeli chcesz ocenić tę książkę, zajrzyj pod adres
<http://helion.pl/user/opinie/cppstr>
Możesz tam wpisać swoje uwagi, spostrzeżenia, recenzję.

Printed in Poland.

- [Kup książkę](#)
- [Poleć książkę](#)
- [Oceń książkę](#)

- [Księgarnia internetowa](#)
- [Lubię to! » Nasza społeczność](#)

Spis treści

O autorze	9
O recenzencie	10
Wstęp	11
Rozdział 1. Struktury danych i algorytmy w C++	15
Wymagania techniczne	15
Podstawy C++	16
Pierwszy kod w C++	16
Usprawnianie pracy nad kodem przy użyciu IDE	17
Definiowanie zmiennych przy użyciu podstawowych typów danych	19
Sterowanie przepływem kodu	20
Wykorzystanie zmiennych za pośrednictwem zaawansowanych typów danych	28
Tworzenie abstrakcyjnych typów danych	33
Wykorzystanie klas C++ przy tworzeniu ADT zdefiniowanych przez użytkownika	33
Postępowanie się szablonami	39
Analiza algorytmów	44
Analiza asymptotyczna	44
Najgorsze, średnie i najlepsze przypadki	47
Notacja Θ , O i Ω	48
Metoda rekurencyjna	49
Analiza kosztu zamortyzowanego	49
Podsumowanie	50
Pytania	50
Dodatkowe materiały	50

Rozdział 2. Przechowywanie danych w listach i listach wiązanych	51
Wymagania techniczne	51
Tablice	52
Tworzenie ADT listy	55
Zwracanie elementu z listy	56
Wstawianie elementu do listy	57
Wyszukiwanie indeksu wybranego elementu w liście	58
Usuwanie elementu z listy	58
Implementacja listy	59
Wprowadzenie do węzłów	61
Tworzenie ADT listy jednokierunkowej	65
Zwracanie elementu z listy wiązanej	66
Wstawianie elementu do listy wiązanej	67
Wyszukiwanie indeksu wybranego elementu w liście wiązanej	69
Usuwanie elementu z listy wiązanej	70
Implementacja listy wiązanej	73
Tworzenie ADT listy dwukierunkowej	75
Refaktoryzacja typu danych Node<T>	76
Refaktoryzacja kilku operacji LinkedList	76
Implementacja ADT listy dwukierunkowej	81
Wykorzystanie typów List i LinkedList przy użyciu STL	83
std::vector	83
std::list	85
Podsumowanie	88
Pytania	88
Dodatkowe materiały	88
Rozdział 3. Tworzenie stosów i kolejek	91
Wymagania techniczne	91
Tworzenie ADT stosu	92
Pobieranie wartości elementu z ADT stosu	93
Umieszczanie elementów na ADT stosu	93
Usuwanie elementów z ADT stosu	94
Implementacja ADT stosu	95
Tworzenie ADT kolejki jednokierunkowej	99
Pobieranie wartości elementu z ADT kolejki	100
Wstawianie elementu do ADT kolejki	100
Usuwanie elementu z ADT kolejki	101
Implementacja ADT kolejki	102
Tworzenie ADT kolejki dwukierunkowej	103
Pobieranie wartości elementu z ADT kolejki dwukierunkowej	104
Dodawanie elementu do ADT kolejki dwukierunkowej	104
Usuwanie elementu z ADT kolejki dwukierunkowej	106
Implementacja ADT kolejki dwukierunkowej	107
Podsumowanie	108
Pytania	109
Dodatkowe materiały	109

Rozdział 4. Porządkowanie elementów przy użyciu algorytmów sortowania	111
Wymagania techniczne	111
Sortowanie bąbelkowe	112
Sortowanie przez wybieranie	114
Sortowanie przez wstawianie	118
Sortowanie przez scalanie	122
Sortowanie szybkie	128
Sortowanie przez zliczanie	133
Sortowanie pozycyjne	136
Podsumowanie	140
Pytania	140
Dodatkowe materiały	141
Rozdział 5. Wyszukiwanie elementów przy użyciu algorytmów wyszukiwania	143
Wymagania techniczne	144
Wyszukiwanie liniowe	144
Opracowanie algorytmu wyszukiwania liniowego	144
Implementacja algorytmu wyszukiwania liniowego	145
Wyszukiwanie binarne	146
Opracowanie algorytmu wyszukiwania binarnego	146
Implementacja algorytmu wyszukiwania binarnego	147
Wyszukiwanie ternarne	148
Opracowanie algorytmu wyszukiwania ternarnego	149
Zastosowanie algorytmu wyszukiwania ternarnego	150
Wyszukiwanie interpolacyjne	151
Opracowanie algorytmu wyszukiwania interpolacyjnego	151
Zastosowanie algorytmu wyszukiwania interpolacyjnego	153
Wyszukiwanie skokowe	154
Opracowanie algorytmu wyszukiwania skokowego	154
Zastosowanie algorytmu wyszukiwania skokowego	155
Wyszukiwanie wykładnicze	156
Opracowanie algorytmu wyszukiwania wykładniczego	156
Wywołanie funkcji ExponentialSearch()	157
Wyszukiwanie podlisty	158
Opracowanie algorytmu wyszukiwania podlisty	159
Wykorzystanie algorytmu wyszukiwania podlisty	160
Podsumowanie	162
Pytania	162
Dodatkowe materiały	163
Rozdział 6. Używanie znakowego typu danych	165
Wymagania techniczne	165
Ciąg znakowy C++	166
Tworzenie ciągu znaków przy użyciu tablicy znaków	166
Dodatkowe funkcje std::string	166
Zabawa słowami	167
Tworzenie anagramów	167
Wykrywanie palindromów	169

Tworzenie ciągu z cyfr binarnych	172
Konwertowanie liczb dziesiętnych na binarne	173
Konwertowanie ciągu binarnego na dziesiętny	175
Ciąg podsekwencji	177
Generowanie podsekwencji z ciągu	177
Sprawdzanie, czy ciąg jest podsekwencją innego ciągu	179
Wyszukiwanie wzorca	181
Podsumowanie	184
Pytania	184
Dodatkowe materiały	185
Rozdział 7. Tworzenie hierarchicznej struktury drzewa	187
Wymagania techniczne	187
Tworzenie ADT drzewa binarnego	188
Tworzenie ADT binarnego drzewa poszukiwań	190
Wstawianie nowego klucza do BST	192
Przechodzenie po BST po kolei	193
Sprawdzanie obecności klucza w BST	193
Zwracanie minimalnych i maksymalnych wartości kluczy	194
Wyszukiwanie następnika klucza w BST	195
Wyszukiwanie poprzednika klucza w BST	197
Usuwanie węzła według podanego klucza	199
Implementacja ADT BST	201
Tworzenie ADT zrównoważonego BST (AVL)	204
Rotacja węzłów	205
Wstawianie nowego klucza	207
Usuwanie wskazanego klucza	208
Implementacja ADT AVL	210
Tworzenie ADT kopca binarnego	212
Sprawdzanie, czy kopiec jest pusty	213
Wstawianie nowego elementu do kopca	214
Pobieranie elementu o największej wartości	214
Usuwanie elementu o największej wartości	215
Implementacja stosu binarnego jako kolejki priorytetowej	216
Podsumowanie	217
Pytania	218
Dodatkowe materiały	218
Rozdział 8. Zestawianie wartości z kluczem w tablicy mieszającej	219
Wymagania techniczne	219
Wprowadzenie do tablic mieszających	220
Dużo danych w małych komórkach	220
Przechowywanie danych w tablicy mieszającej	221
Obsługa kolizji	221
Implementacja metody łańcuchowej	222
Generowanie klucza mieszającego	223
Opracowanie operacji Insert()	223
Opracowanie operacji Search()	224

Opracowanie operacji Remove()	224
Opracowanie operacji IsEmpty()	225
Zastosowanie ADT HashTable wykorzystującego metodę łańcuchową	226
Implementacja techniki adresowania otwartego	228
Opracowanie operacji Insert()	230
Opracowanie operacji Search()	231
Opracowanie operacji Remove()	232
Opracowanie operacji IsEmpty()	233
Opracowanie operacji PrintHashTable()	233
Wdrożenie ADT HashTable wykorzystującego technikę szukania liniowego	234
Podsumowanie	237
Pytania	237
Dodatkowe materiały	237
Rozdział 9. Implementacja algorytmów w praktyce	239
Wymagania techniczne	239
Algorytmy zachłanne	240
Rozwiązanie problemu wydawania reszty	240
Zastosowanie kodowania Huffmana	242
Algorytmy „dziel i zwyciężaj”	246
Rozwiązywanie problemów selekcyjnych	248
Mnożenie macierzy	249
Programowanie dynamiczne	250
Ciąg Fibonacciego	250
Programowanie dynamiczne i problem wydawania reszty	251
Algorytmy siłowe	252
Wyszukiwanie i sortowanie siłowe	252
Wady i zalety algorytmów siłowych	253
Algorytmy zrandomizowane	253
Klasyfikacja algorytmów zrandomizowanych	255
Generatory liczb losowych	255
Zastosowania algorytmów zrandomizowanych	257
Algorytmy z nawrotami	257
Meblowanie nowego mieszkania	258
Kółko i krzyżyk	258
Podsumowanie	259
Pytania	260
Dodatkowe materiały	260
Skorowidz	261

Struktury danych i algorytmy w C++

W pierwszym rozdziale położymy solidny fundament, który pozwoli Ci z łatwością przejść przez kolejne rozdziały. Oto tematy, które omówimy w tym rozdziale:

- tworzenie, kompilowanie i uruchamianie prostego programu C++;
- konstruowanie abstrakcyjnego typu danych w celu utworzenia typu danych zdefiniowanego przez użytkownika;
- wykorzystanie kodu za pomocą szablonów C++ i **Standard Template Library (STL)**;
- analizowanie złożoności algorytmów w celu zmierzenia wydajności kodu.

Wymagania techniczne

Do przeczytania tego rozdziału i posłużenia się przedstawionym w nim kodem źródłowym konieczne są następujące zasoby:

- komputer stacjonarny lub laptop z systemem Windows, Linux albo macOS;
- GNU GCC v5.4.0 lub nowsza;
- Code::Block IDE v17.12 (dla systemów Windows i Linux) lub Code::Block IDE v13.12 (dla macOS);
- pliki z kodem, które znajdziesz w archiwum pobranym ze strony <ftp://ftp.helion.pl/przyklady/cppstr.zip>.

Podstawy C++

Przed przejściem do omówienia struktur danych i algorytmów w C++ musimy poświęcić nieco miejsca podstawom samego języka C++. W tym podrozdziale napiszemy prosty program, skompilujemy go, a następnie uruchomimy. Omówimy także podstawowe oraz zaawansowane typy danych i kontrolę przepływu, zanim zajmiemy się przepływem sterowania.

Pierwszy kod w C++

W C++ wykonywanie kodu rozpoczyna się od funkcji `main()`. Ta funkcja jest zbiorem instrukcji określających konkretne zadania do wykonania. W związku z tym program w C++ musi składać się z przynajmniej jednej funkcji o nazwie `main()`. Poniższy kod jest najprostszym programem C++, jaki można z powodzeniem skompilować i uruchomić:

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

Zalóżmy, że powyższy kod został zapisany jako plik *simple.cpp*. Możemy skompilować kod przy użyciu kompilatora g++, wprowadzając poniższą komendę kompilacji w konsoli w katalogu, w którym znajduje się plik *simple.cpp*:

```
g++ simple.cpp
```

Jeśli nie zobaczymy żadnego komunikatu o błędzie, oznacza to, że plik wyjściowy został automatycznie wygenerowany. Po wprowadzeniu komendy kompilacji w konsoli systemu Windows otrzymamy plik o nazwie *a.exe*, a wprowadzenie jej w powłoce Bash, na przykład w systemach Linux i macOS, spowoduje utworzenie pliku o nazwie *a.out*.

Możemy określić nazwę pliku wyjściowego, używając opcji `-o` i podając pożądaną nazwę pliku. Poniższa komenda kompilacji spowodowałaby zatem zwrócenie pliku wyjściowego o nazwie *simple.out*:

```
g++ simple.cpp -o simple.out
```

Po uruchomieniu pliku wyjściowego (poprzez wprowadzenie nazwy *a* i naciśnięcie klawisza *Enter* w konsoli systemu Windows lub wpisanie `./a.out` i naciśnięcie klawisza *Enter* w powłoce Bash) w oknie konsoli nic się nie pojawi. Jest tak, ponieważ nie każemy jeszcze niczego w niej wyświetlać. Aby nasz plik *simple.cpp* nabrał sensu, zrefaktoryzujemy kod tak, by otrzymywał dane wejściowe od użytkownika i je wyświetlał. Kod powinien wyglądać następująco:

```
// in_out.cpp
#include <iostream>

int main ()
{
    int i;
```

```

std::cout << "Podaj liczbę całkowitą: ";
std::cin >> i;
std::cout << "Podana wartość to " << i;
std::cout << "\n";
return 0;
}

```

Jak widać, w powyższym kodzie dodaliśmy kilka linijek, tak aby program wyświetlał informacje w konsoli i umożliwił użytkownikowi wprowadzenie danych wejściowych. Program wstępnie wyświetla tekst i prosi użytkownika o podanie liczby całkowitej. Po wpisaniu przez użytkownika wybranej przez niego liczby i naciśnięciu *Enter* program wyświetla podaną liczbę. Zdefiniowaliśmy też nową zmienną i należącą do typu danych `int`. Służy ona do przechowywania danych w formacie liczby całkowitej (temat zmiennych i typów danych zostanie poruszony w jednym z kolejnych punktów).

Załóżmy, że zapisaliśmy powyższy kod w pliku `in_out.cpp`; możemy go skompilować, używając następującego polecenia:

```
g++ in_out.cpp
```

Jeśli uruchomimy następnie program, otrzymamy w konsoli poniższy wynik (na potrzeby przykładu wprowadziłem liczbę 3):

```
Podaj liczbę całkowitą: 3
Podana wartość to 3
```

Wiesz już, że do wyświetlenia tekstu w konsoli używamy instrukcji `std::cout`, a do wprowadzania danych wejściowych do programu instrukcji `std::cin`. Na początku pliku `in_out.cpp` znajduje się instrukcja `#include <iostream>`, która wskazuje kompilatorowi, gdzie szukać implementacji poleceń `std::cout` i `std::cin`, jako że są one określone w pliku nagłówkowym `iostream`.

Na samym początku pliku znajduje się jeszcze wiersz zaczynający się od dwóch ukośników (`//`). Wskazują one, że dany wiersz nie jest traktowany jako kod, ma on więc zostać zignorowany przez kompilator. Wiersz ten służy do zapisania komentarza lub oznaczenia określonego działania w kodzie, tak aby ułatwić innym programistom jego zrozumienie.

Usprawnianie pracy nad kodem przy użyciu IDE

Udało nam się dotąd napisać kod C++, skompilować i uruchomić go. Ciągłe kompilowanie kodu i wykonywanie go w linii poleceń byłoby jednak nudne. Aby ułatwić sobie pracę z kodem, skorzystamy ze **zintegrowanego środowiska programistycznego** (ang. *integrated development environment* — **IDE**), w którym będziemy mogli kompilować i uruchamiać kod za jednym kliknięciem. Możesz skorzystać z dowolnego dostępnego na rynku IDE C++, zarówno płatnego,

jak i darmowego. Sam preferuję IDE Code::Blocks, ponieważ jest darmowe, otwarte i wieloplatformowe, wobec czego działa w systemach Windows, Linux i macOS. Więcej informacji na temat tego IDE, w tym instrukcje dotyczące pobierania go, instalacji oraz użytkowania, znajdziesz na jego oficjalnej stronie internetowej pod adresem <http://www.codeblocks.org/>.

Moglibyśmy zautomatyzować proces kompilacji przy użyciu toolchaina takiego jak Make lub CMake, ale wymagałoby to dodatkowych wyjaśnień. Ponieważ tematem tej książki są struktury danych i algorytmy, podjęcie tego wątku zwiększyłoby długość tekstu — z tego względu nie omówimy tego zagadnienia szerzej. Na nasze potrzeby IDE oferuje najlepszą możliwość automatyzacji procesu kompilacyjnego, ponieważ używa do tego toolchaina.

Po zainstalowaniu IDE Code::Blocks możemy utworzyć nowy projekt, klikając menu *File/New/Project* (plik/nowy/projekt). Na ekranie pojawi się nowe okno, w którym będziemy mogli wybrać pożądany typ projektu. Dla większości przykładów w tej książce będziemy używać typu *Console Application* (aplikacja konsolowa). Naciśnij przycisk *Go* (dalej), aby kontynuować.

W kolejnym oknie wskazujemy język, czyli C++, a następnie określamy nazwę projektu i lokalizację docelową (swojemu projektowi nadałem nazwę *FirstApp*). Po zakończeniu pracy z kreatorem otrzymujemy nowy projekt z plikiem *main.cpp* zawierającym następujący kod:

```
#include <iostream>
using namespace std;
int main()
{
    cout << "Witaj, świecie!" << endl;
    return 0;
}
```

Możemy teraz skompilować i uruchomić powyższy kod, klikając opcję *Build and run* (skompiluj i uruchom) w menu *Build* (kompilacja). Na ekranie pojawi się następujące okno konsoli:

```
D:\kod\Chapter01\FirstApp\bin\Debug\FirstApp.exe
Witaj, świecie!
Process returned 0 (0x0) execution time : 2.434 s
Press any key to continue.
```

Na powyższym rysunku widzimy, że konsola wykorzystuje namespace `std` z wiersza po wierszu `#include <iostream>`. Wiersz ten wskazuje kompilatorowi, że kod używa namespace (przestrzeni nazw) o nazwie `std`. Dzięki temu nie musimy wskazywać `std::` przy każdym wywołaniu instrukcji `cin` i `cout`. Kod jest prostszy niż wcześniej.

Definiowanie zmiennych przy użyciu podstawowych typów danych

W poprzednich przykładowych kodach skorzystaliśmy ze zmiennej (służącej do przechowywania elementu danych), aby móc przetwarzać zawarte w niej dane w ramach różnych działań. W C++ zmiennym przypisujemy konkretne typy danych; zmienna może przechowywać wyłącznie dane tego typu, który został jej uprzednio przypisany. Oto lista fundamentalnych typów danych w C++; niektórych z nich użyliśmy już w poprzednim przykładzie:

- Typ logiczny (`bool`), który służy do przechowywania wyłącznie dwóch elementów danych warunkowych — `true` i `false`.
- Typ znakowy (`char`, `wchar_t`, `char16_t` i `char32_t`), który służy do przechowywania pojedynczych znaków ASCII.
- Typ zmiennoprzecinkowy (`float`, `double` i `long double`), który służy do przechowywania ułamków dziesiętnych.
- Typ całkowity (`short`, `int`, `long` i `long long`), który służy do przechowywania liczb całkowitych.
- Typ pusty (`void`), który jest w zasadzie słowem kluczowym, umieszczanym tam, gdzie w innym przypadku znalazłby się typ danych, aby wskazać *brak danych*.

Zmienne można tworzyć na dwa sposoby: w drodze definiowania lub inicjalizacji. Zdefiniowanie zmiennej powoduje utworzenie zmiennej bez określenia jej początkowej wartości. Inicjalizacja zmiennej powoduje utworzenie zmiennej i przypisanie jej początkowej wartości. Oto przykłady definiowania zmiennych:

```
int iVar;
char32_t cVar;
long long l1Var;
bool boVar;
```

Oto przykłady inicjalizacji zmiennych:

```
int iVar = 100;
char32_t cVar = 'a';
long long l1Var = 9223372036854775805;
bool boVar = true;
```

Powyższy kod ukazuje inicjalizowanie zmiennych poprzez użycie techniki **inicjalizacji kopią**. Polega ona na przypisaniu wartości zmiennej za pomocą znaku równości (=). Innym sposobem jest **inicjalizacja bezpośrednia**, która polega na użyciu nawiasów do przypisania wartości zmiennej. Oto przykłady inicjalizacji zmiennych z wykorzystaniem tej drugiej techniki:

```
int iVar(100);
char32_t cVar('a');
long long l1Var(9223372036854775805);
bool boVar(true);
```

Poza technikami inicjalizacji kopią i inicjalizacji bezpośredniej możemy posłużyć się inicjalizacją jednolitą, wykorzystującą nawiasy klamrowe. Poniższy kod ukazuje technikę **inicjalizacji nawiasowej**:

```
int iVar{100};
char32_t cVar{'a'};
long long l1Var{9223372036854775805};
bool boVar{true};
```

Nie możemy zdefiniować zmiennej przy użyciu typu danych `void`, na przykład `void vVar`, ponieważ przy definiowaniu zmiennej musimy wybrać taki typ danych, abyśmy mogli przechować dane w zmiennej. Kiedy definiujemy zmienną jako `void`, oznacza to, że niczego nie zamierzamy w niej przechowywać.

Sterowanie przepływem kodu

Jak już wspomniałem, wykonywanie programu C++ zaczyna się od funkcji `main()`, w której instrukcje wykonywane są po kolei. Można jednak zmienić tę kolejność, używając instrukcji sterowania przepływem. W C++ istnieją różne instrukcje sterowania, ale omówimy jedynie kilka wybranych, które są najczęściej wykorzystywane w projektowaniu algorytmów.

Instrukcja warunkowa

Instrukcja warunkowa jest jednym z elementów, które mogą zmienić przepływ programu. Kiedy taka instrukcja zostaje użyta, wykonywane są jedynie te wiersze, które przypisane są do warunku o wartości `true`. Do wprowadzenia takiej instrukcji używamy słów kluczowych `if` i `else`.

Przekształćmy kod pliku *in_out.cpp* tak, aby wykorzystywał instrukcję warunkową. Program będzie musiał jedynie określić, czy wprowadzona liczba jest większa od 100. Kod ten wygląda następująco:

```
//If.cpp
#include <iostream>

using namespace std;

int main ()
{
    int i;
    cout << " Podaj liczbę całkowitą: ";
    cin >> i;
    cout << "Podana wartość jest ";

    if(i > 100)
        cout << "większa niż 100.";
    else
        cout << "równa lub mniejsza niż 100.";

    cout << endl;
    return 0;
}
```

Jak widzimy, para słów kluczowych `if` i `else` określa, czy wprowadzona liczba jest większa od 100. Z powyższego kodu wykonana zostanie tylko jedna z instrukcji zawartych w instrukcji warunkowej — albo przypisana słowu kluczowemu `if`, albo słowu kluczowemu `else`.

Po skompilowaniu i uruchomieniu powyższego kodu otrzymamy następujący wynik w oknie konsoli:

```
D:\kod\Chapter01\If\bin\Debug\If.exe
Podaj liczbę całkowitą: 156
Podana wartość jest większa niż 100.

Process returned 0 (0x0) execution time : 6.224 s
Press any key to continue.
```

Z powyższego rysunku widzimy, że wiersz `std::cout << "równa lub mniejsza niż 100.";` nie został wykonany, ponieważ wprowadzono liczbę większą niż 100.

Ponadto instrukcja `if...else` może składać się z więcej niż dwóch instrukcji warunkowych. Możemy zrefaktoryzować powyższy kod, tak aby znalazło się w nim więcej instrukcji warunkowych, w sposób następujący:

```
//If_ElseIf.cbp
#include <iostream>

using namespace std;

int main ()
{
    int i;
    cout << " Podaj liczbę całkowitą: ";
    cin >> i;
    cout << "Podana wartość jest ";

    if(i > 100)
        cout << "większa niż 100.";
    else if(i < 100)
        cout << "mniejsza niż 100.";
    else
        cout << "równa 100.";

    cout << endl;
    return 0;
}
```

Innym słowem kluczowym wykorzystywanym w instrukcjach warunkowych jest `switch`. Zanim je omówimy, napiszmy prosty kalkulator pozwalający na dodawanie, odejmowanie, mnożenie i dzielenie. Najpierw użyjemy słowa kluczowego `if...else`. Kod powinien wyglądać następująco:

```
//If_ElseIf_2.cbp
#include <iostream>
```

```

using namespace std;

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

    cout << "Działanie: " << endl;
    cout << "1. Dodawanie" << endl;
    cout << "2. Odejmowanie" << endl;
    cout << "3. Mnożenie" << endl;
    cout << "4. Dzielenie" << endl;
    cout << "Podaj numer działania: ";
    cin >> i;

    cout << "Podaj pierwszą liczbę: ";
    cin >> a;
    cout << "Podaj drugą liczbę: ";
    cin >> b;

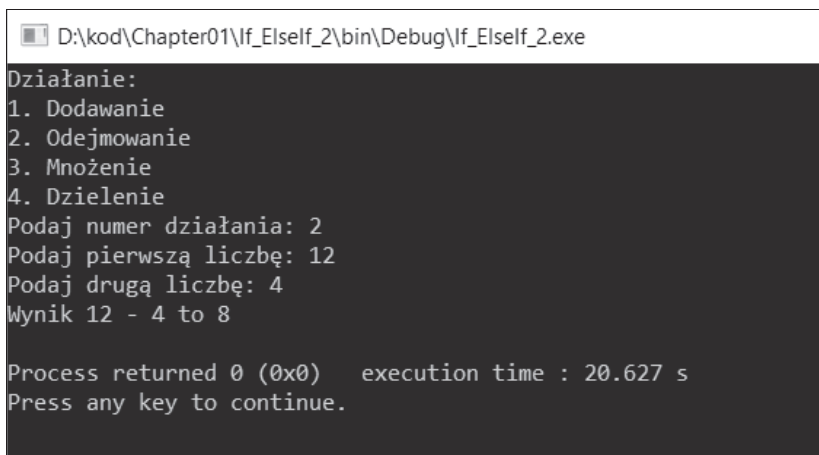
    cout << "Wynik ";

    if(i == 1)
        cout << a << " + " << b << " to " << a + b;
    else if(i == 2)
        cout << a << " - " << b << " to " << a - b;
    else if(i == 3)
        cout << a << " * " << b << " to " << a * b;
    else if(i == 4)
        cout << a << " / " << b << " to " << a / b;

    cout << endl;
    return 0;
}

```

Jak widać w powyższym kodzie, mamy do wyboru cztery opcje, do których obsługi używamy instrukcji warunkowej `if...else`. Po wykonaniu kodu otrzymamy następujący wynik:



```

D:\kod\Chapter01\If_Elself_2\bin\Debug\If_Elself_2.exe
Działanie:
1. Dodawanie
2. Odejmowanie
3. Mnożenie
4. Dzielenie
Podaj numer działania: 2
Podaj pierwszą liczbę: 12
Podaj drugą liczbę: 4
Wynik 12 - 4 to 8

Process returned 0 (0x0)   execution time : 20.627 s
Press any key to continue.

```


Możemy też skorzystać ze słowa kluczowego `switch`. Po refaktoryzacji kod powinien wyglądać następująco:

```
//Switch.cpp
#include <iostream>

using namespace std;

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

    cout << "Działanie: " << endl;
    cout << "1. Dodawanie" << endl;
    cout << "2. Odejmowanie" << endl;
    cout << "3. Mnożenie" << endl;
    cout << "4. Dzielenie" << endl;
    cout << "Podaj numer działania: ";
    cin >> i;

    cout << "Podaj pierwszą liczbę: ";
    cin >> a;
    cout << "Podaj drugą liczbę: ";
    cin >> b;

    cout << "Wynik ";

    switch(i)
    {
    case 1:
        cout << a << " + " << b << " to " << a + b;
        break;
    case 2:
        cout << a << " - " << b << " to " << a - b;
        break;
    case 3:
        cout << a << " * " << b << " to " << a * b;
        break;
    case 4:
        cout << a << " / " << b << " to " << a / b;
        break;
    }

    cout << endl;
    return 0;
}
```

Po uruchomieniu powyższego kodu otrzymamy taki sam wynik jak w przypadku *If_Elself_2.cpp*.

Pętle

W C++ istnieje kilka instrukcji pętli: `for`, `while` i `do...while`. Pętli `for` zazwyczaj używa się wtedy, kiedy wiadomo, ile iteracji ma nastąpić, podczas gdy `while` i `do...while` powtarzają instrukcje aż do momentu, w którym pożądaný warunek zostanie spełniony.

Załóźmy, że chcemy wygenerować dziesięć losowych liczb między 0 a 100; wykorzystanie pętli `for` jest w tym przypadku najlepszym rozwiązaniem, ponieważ wiemy dokładnie, ile liczb chcemy uzyskać. W tym celu możemy napisać poniźszy kod:

```
// For.cpp
#include <iostream>
#include <cstdlib>
#include <ctime>

using namespace std;

int GenerateRandomNumber(int min, int max)
{
    // Używa zmiennej statycznej ze względu na wydajność,
    // tak aby obliczyć tę wartość tylko jednokrotnie.
    static const double fraction =
        1.0 / (static_cast<double>(RAND_MAX) + 1.0);

    // Równó rozkłada losowe liczby w wybranym zakresie.
    return min + static_cast<int>({
        (max - min + 1) * (rand() * fraction)});
}

int main()
{
    // Określa wstępny seed (ziarno) na podstawie zegara systemowego.
    srand(static_cast<unsigned int>(time(0)));

    // Zapęta dziesięciokrotnie.
    for (int i=0; i < 10; ++i)
    {
        cout << GenerateRandomNumber(0, 100) << " ";
    }
    cout << "\n";

    return 0;
}
```

W powyższym kodzie tworzymy inną funkcję poza `main()`, czyli `GenerateRandomNumber()`. Kod wywołuje funkcję dziesięciokrotnie przy użyciu pętli `for`, tak jak widać w kodzie powyżej. Powinniśmy uzyskać następujący wynik:

```

D:\kod\Chapter01\For\bin\Debug\For.exe
5 37 14 11 41 5 54 31 47 69

Process returned 0 (0x0)   execution time : 1.876 s
Press any key to continue.

```

Wróćmy do pozostałych instrukcji pętli, o których wspomniałem, czyli `while` i `do...while`. Ich działanie jest dość podobne. Różnica polega na tym, że kiedy używamy pętli `while`, istnieje możliwość, że instrukcja zawarta w pętli w ogóle nie zostanie wykonana, podczas gdy instrukcja z pętli `do...while` musi zostać wykonana przynajmniej raz.

Stwórzmy teraz prostą grę opartą na pętlach. Komputer będzie generował liczbę od 1 do 100, a zadaniem użytkownika będzie jej odgadnięcie. Program będzie podawał użytkownikowi wskazówki tuż po wprowadzeniu zgadywanej liczby, informując go o tym, czy podana liczba jest większa, czy mniejsza od wylosowanej przez komputer. Gra będzie się kończyć, kiedy liczba podana przez użytkownika będzie równa tej, którą wygenerował komputer. Kod wygląda następująco:

```

// While.cpp
#include <iostream>
#include <cstdlib>
#include <ctime>

using namespace std;

int GenerateRandomNumber(int min, int max)
{
    // Używa zmiennej statycznej ze względu na wydajność,
    // tak aby obliczyć tę wartość tylko jednokrotnie.
    static const double fraction =
        1.0 / (static_cast<double>(RAND_MAX) + 1.0);

    // Równo rozkłada losowe liczby w wybranym zakresie.
    return min + static_cast<int>({
        (max - min + 1) * (rand() * fraction)});
}

int main()
{
    // Określa wstępny seed (ziarno) na podstawie zegara systemowego.
    srand(static_cast<unsigned int>(time(0)));

    // Komputer generuje losową liczbę od 1 do 100.
    int computerNumber = GenerateRandomNumber(1, 100);

    // Użytkownik zgaduje liczbę i ją wprowadza.
    int userNumber;
    cout << "Podaj liczbę od 1 do 100: ";
    cin >> userNumber;
}

```

```

// Uruchamia pętlę WHILE.
while(userNumber != computerNumber)
{
    cout << userNumber << " jest ";
    if(userNumber > computerNumber)
        cout << "większą";
    else
        cout << "mniejszą";
    cout << " liczbą od wybranej przez komputer" << endl;
    cout << "Wybierz inną liczbę: ";
    cin >> userNumber;
}

cout << "Gratulacje! Odgadłeś liczbę!" << endl;
return 0;
}

```

W powyższym kodzie widzimy, że dwie zmienne — `computerNumber` i `userNumber` — obsługują porównywane liczby. Istnieje pewne prawdopodobieństwo, że wartość `computerNumber` od razu okaże się równa wartości `userNumber`. Jeśli tak będzie, instrukcja zawarta w pętli `while` w ogóle nie zostanie wykonana. Przepływ programu widać na poniższym zrzucie z konsoli:

```

D:\kod\Chapter01\While\bin\Debug\While.exe
Podaj liczbę od 1 do 100: 32
32 jest większą liczbą od wybranej przez komputer
Wybierz inną liczbę: 16
16 jest większą liczbą od wybranej przez komputer
Wybierz inną liczbę: 8
Gratulacje! Odgadłeś liczbę!

Process returned 0 (0x0)   execution time : 21.119 s
Press any key to continue.

```

W powyższym kodzie udało nam się zaimplementować pętlę `while`. Choć przypomina ona pętlę `do...while`, nie możemy zrefaktoryzować tego kodu, zastępując `while` pętlą `do...while`. Możemy jednak napisać inną grę, która taką pętlę wykorzystuje. W tym przypadku to użytkownik będzie wybierał liczbę, a zadaniem komputera będzie odgadnięcie jej. Kod powinien wyglądać następująco:

```

// Do-While.cbp
#include <iostream>
#include <cstdlib>
#include <ctime>

using namespace std;

int GenerateRandomNumber(int min, int max)
{
    // Używa zmiennej statycznej ze względu na wydajność,
    // tak aby obliczyć tę wartość tylko jednokrotnie.

```

```

static const double fraction =
    1.0 / (static_cast<double>(RAND_MAX) + 1.0);

// Równo rozkłada losowe liczby w wybranym zakresie.
return min + static_cast<int>({
    (max - min + 1) * (rand() * fraction);
})

int main()
{
    // Określa wstępny seed (ziarno) na podstawie zegara systemowego.
    srand(static_cast<unsigned int>(time(0)));

    char userChar;

    int iMin = 1;
    int iMax = 100;
    int iGuess;

    // Interfejs gry.
    cout << "Podaj liczbę od 1 do 100, ";
    cout << "a ja spróbuję ją odgadnąć." << endl;
    cout << "Naciśnij L i ENTER, jeśli podana przeze mnie liczba jest mniejsza od
    ↪Twojej";
    cout << endl;
    cout << "Naciśnij G i ENTER, jeśli podana przeze mnie liczba jest większa od
    ↪Twojej ";
    cout << endl;
    cout << "Naciśnij Y i ENTER, jeśli udało mi się odgadnąć Twoją liczbę!";
    cout << endl << endl;

    // Uruchamia pętlę DO-WHILE.
    do
    {
        iGuess = GenerateRandomNumber(iMin, iMax);
        cout << "Zgaduję, że Twoja liczba to " << iGuess << endl;
        cout << "Co Ty na to? ";
        cin >> userChar;
        if(userChar == 'L' || userChar == 'l')
            iMin = iGuess + 1;
        else if(userChar == 'G' || userChar == 'g')
            iMax = iGuess - 1;
    }
    while(userChar != 'Y' && userChar != 'y');

    cout << "Odgadłem Twoją liczbę!" << endl;
    return 0;
}

```

Jak widzimy powyżej, program musi odgadnąć liczbę wybraną przez użytkownika przynajmniej raz, przy czym może mu się udać trafić za pierwszym podejściem. Możemy wobec tego użyć tutaj pętli `do...while`. Po skompilowaniu i uruchomieniu kodu otrzymamy rezultat przypominający to, co widać na poniższym rysunku:

```

D:\kod\Chapter01\Do-While\bin\Debug\Do-While.exe
Podaj liczbę od 1 do 100, a ja spróbuję ją odgadnąć.
Naciśnij L i ENTER, jeśli podana przeze mnie liczba jest mniejsza od Twojej
Naciśnij G i ENTER, jeśli podana przeze mnie liczba jest większa od Twojej
Naciśnij Y i ENTER, jeśli udało mi się odgadnąć Twoją liczbę!

Zgaduję, że Twoja liczba to 11
Co Ty na to? l
Zgaduję, że Twoja liczba to 24
Co Ty na to? l
Zgaduję, że Twoja liczba to 45
Co Ty na to? l
Zgaduję, że Twoja liczba to 64
Co Ty na to? g
Zgaduję, że Twoja liczba to 63
Co Ty na to? g
Zgaduję, że Twoja liczba to 52
Co Ty na to? y
Odgadłem Twoją liczbę!

Process returned 0 (0x0)   execution time : 33.875 s
Press any key to continue.

```

Na powyższym zrzucie widać, że wybrałem liczbę 52. Program podał liczbę 11. Ponieważ była ona mniejsza od mojej, program podał kolejną, czyli 24. Podał on następnie kolejną liczbę w oparciu o wskazówkę, aż wreszcie wskazał właściwą liczbę. Program zakończy wykonywanie pętli `do...while`, jeśli użytkownik naciśnie klawisz `y`, co widzimy w kodzie.

Wykorzystanie zmiennych za pośrednictwem zaawansowanych typów danych

W poprzednim punkcie omówiliśmy podstawowe typy danych. Służą one do definiowania lub inicjalizowania zmiennych, aby sprawić, by zmienne mogły przechowywać określone typy danych. Do definiowania zmiennych można jednak używać także innych typów danych: `enum` (wyliczeniowego) i `struct` (strukturalnego).

Typ wyliczeniowy może mieć różne wartości, które są zdefiniowane jako stałe zwane **enumeratorami**. Służy on do tworzenia kolekcji stałych. Przyjmijmy, że chcemy napisać grę karcianą w C++. Jak wiadomo, talia kart do gry składa się z 52 kart, dzielących się na cztery kolory (trefl, karo, kier i pik), z czego każdy kolor ma 13 kart. Taką talię możemy przedstawić następująco:

```

enum CardSuits
{
    Club,
    Diamond,
    Heart,
    Spade
};

enum CardElements
{
    Ace,
    Two,
    Three,

```

```

    Four,
    Five,
    Six,
    Seven,
    Eight,
    Nine,
    Ten,
    Jack,
    Queen,
    King
};

```

Aby skorzystać z powyższych typów danych enum (`CardSuits` i `CardElements`), możemy dokonać inicjalizacji zmiennych w sposób następujący:

```

CardSuits suit = Club;
CardElements element = Ace;

```

W rzeczywistości zmienne wyliczeniowe zawsze zawierają stałe liczby całkowite. Łańcuch znaków podany dla elementu enum jest jedynie nazwą stałej. Pierwszy element ma wartość 0, z tym że sami wprost definiujemy inną wartość. Kolejne elementy mają przyrostowe wartości liczbowe względem pierwszego. Co za tym idzie, w powyższym przykładzie `CardSuits` element `Club` ma wartość 0, a `Diamond`, `Heart` i `Spade` mają odpowiednio wartości 1, 2 i 3.

Napiszmy teraz program, który będzie generował losową kartę. Możemy wykorzystać funkcję `GenerateRandomNumber()` z poprzedniego kodu. Oto gotowy kod:

```

// Enum.cpp
#include <iostream>
#include <cstdlib>
#include <ctime>

using namespace std;

enum CardSuits
{
    Club,
    Diamond,
    Heart,
    Spade
};

enum CardElements
{
    Ace,
    Two,
    Three,
    Four,
    Five,
    Six,
    Seven,
    Eight,
    Nine,
    Ten,

```

```

    Jack,
    Queen,
    King
};

string GetSuitString(CardSuits suit)
{
    string s;
    switch(suit)
    {
        case Club:
            s = "trefl";
            break;
        case Diamond:
            s = "karo";
            break;
        case Heart:
            s = "kier";
            break;
        case Spade:
            s = "pik";
            break;
    }

    return s;
}

string GetElementString(CardElements element)
{
    string e;

    switch(element)
    {
        case Ace:
            e = "as";
            break;
        case Two:
            e = "dwa";
            break;
        case Three:
            e = "trzy";
            break;
        case Four:
            e = "cztery";
            break;
        case Five:
            e = "pięć";
            break;
        case Six:
            e = "sześć";
            break;
        case Seven:
            e = "siedem";
            break;
    }
}

```



```

        case Eight:
            e = "osiem";
            break;
        case Nine:
            e = "dziewięć";
            break;
        case Ten:
            e = "dziesięć";
            break;
        case Jack:
            e = "walet";
            break;
        case Queen:
            e = "dama";
            break;
        case King:
            e = "król";
            break;
    }

    return e;
}

int GenerateRandomNumber(int min, int max)
{
    // Używa zmiennej statycznej ze względu na wydajność.
    // tak aby obliczyć tę wartość tylko jednokrotnie.
    static const double fraction =
        1.0 / (static_cast<double>(RAND_MAX) + 1.0);

    // Równo rozkłada losowe liczby w wybranym zakresie.
    return min + static_cast<int>({
        (max - min + 1) * (rand() * fraction)});
}

int main()
{
    // Określa wstępny seed (ziarno) na podstawie zegara systemowego.
    srand(static_cast<unsigned int>(time(0)));

    // Generuje losowy kolor i kartę.
    int iSuit = GenerateRandomNumber(0, 3);
    int iElement = GenerateRandomNumber(0, 12);

    CardSuits suit = static_cast<CardSuits>(iSuit);
    CardElements element = static_cast<CardElements>(iElement);

    cout << "Twoja karta to ";
    cout << GetElementString(element);
    cout << " koloru " << GetSuitString(suit) << endl;

    return 0;
}

```

W powyższym kodzie widać, że możemy wykorzystać dane enum przy użyciu wartości liczby całkowitej. Musimy jednak rzutować wartość `int`, tak aby była kompatybilna z enum, używając `static_cast<>`, tak jak poniżej:

```
int iSuit = GenerateRandomNumber(0, 3);
int iElement = GenerateRandomNumber(0, 12);
CardSuits suit = static_cast<CardSuits>(iSuit);
CardElements element = static_cast<CardElements>(iElement);
```

Po skompilowaniu i uruchomieniu kodu otrzymamy następujący wynik:

```
D:\kod\Chapter01\Enum\bin\Debug\Enum.exe
Twoja karta to trzy koloru trefl
Process returned 0 (0x0) execution time : 2.032 s
Press any key to continue.
```

Inny zaawansowany typ danych w C++ to `struct`. Jest to zagregowany typ danych, który grupuje wiele indywidualnych zmiennych. Zmienne `suit` i `element` z powyższego kodu można zgrupować następująco:

```
struct Cards
{
    CardSuits suit;
    CardElements element;
};
```

Gdybyśmy dodali powyższą zmienną `struct` do kodu `Enum.cpp`, musielibyśmy tak zrefaktoryzować funkcję `main()`:

```
int main()
{
    // Określa wstępny seed (ziarno) na podstawie zegara systemowego.
    srand(static_cast<unsigned int>(time(0)));

    Cards card;
    card.suit = static_cast<CardSuits>(
        GenerateRandomNumber(0, 3));
    card.element = static_cast<CardElements>(
        GenerateRandomNumber(0, 12));

    cout << "Twoja karta to ";
    cout << GetElementString(element);
    cout << " koloru " << GetSuitString(suit) << endl;

    return 0;
}
```

Po uruchomieniu powyższego kodu (który znajdziesz w repozytorium pod nazwą *Struct.cbp*) uzyskalibyśmy taki sam wynik jak w przypadku *Enum.cbp*.

Tworzenie abstrakcyjnych typów danych

Abstrakcyjny typ danych (ang. *abstract data type* — ADT) składa się z kolekcji danych i wykonywanych na nich operacji. ADT odnosi się jedynie do listy operacji, które można wykonać, ale nie do implementacji. Sama implementacja jest ukryta i właśnie z tego względu mówi się o **abstrakcyjności**.

Wyobraźmy sobie, że mamy odtwarzacz DVD, który jest dla nas źródłem rozrywki w wolnym czasie. Odtwarzacz ma też pilota. Na pilocie znajdują się różne przyciski, służące do wysuwania płyty, rozpoczynania i wstrzymywania odtwarzania, regulowania poziomu głośności i tak dalej. Podobnie jak w przypadku ADT, nie mamy najmniejszego pojęcia, w jaki sposób odtwarzacz podgłaśnia dźwięk, kiedy naciskamy przycisk podgłaśniania. Wykonujemy jedynie operację podgłaśniania, a odtwarzacz robi wszystko za nas — nie musimy znać implementacji tej operacji.

W odniesieniu do przepływu procesów musimy uwzględnić abstrakcję implementacji ADT, ukrywanie informacji i enkapsulację. Oto objaśnienia tych trzech technik:

- **Abstrakcja** polega na ukrywaniu szczegółów implementacji operacji dostępnych w ADT.
- **Ukrywanie informacji** to ukrywanie danych, na które implementacja ma wpływ.
- **Enkapsulacja** polega na grupowaniu wszystkich podobnych danych i funkcji.

Wykorzystanie klas C++ przy tworzeniu ADT zdefiniowanych przez użytkownika

Klasy są kontenerami zmiennych i operacji (metod), które wpływają na te zmienne. Jak już wspomniałem, skoro ADT wykorzystują techniki enkapsulacji do grupowania wszystkich podobnych do siebie danych i funkcji, do grupowania można także użyć klas. Dane i metody klas znajdują się w trzech sekcjach o różnej kontroli dostępu:

- **Publiczna.** Dowolny użytkownik klasy ma dostęp do danych i metod.
- **Chroniona.** Dostęp do danych i metod mają jedynie metody klasy, klasy pochodne i zaprzyjaźnione.
- **Prywatna.** Dostęp do danych i metod mają jedynie metody klasy i klasy zaprzyjaźnione.

Powróćmy teraz do definicji abstrakcji i ukrywania informacji. Abstrakcję możemy zaimplementować przy użyciu słów kluczowych `protected` lub `private`, aby ukryć metody poza klasą, a ukrywanie informacji za pomocą tych samych słów kluczowych, by ukryć dane poza klasą.

Napiszmy teraz prostą klasę `Animal`:

```
class Animal
{
private:
    string m_name;

public:
    void GiveName(string name)
    {
        m_name = name;
    }

    string GetName()
    {
        return m_name;
    }
};
```

Jak widać na przykładzie powyższego kodu, nie możemy bezpośrednio uzyskać dostępu do zmiennej `m_name`, ponieważ określiliśmy ją jako `private`. Mamy jednak dwie metody `public`, przy użyciu których możemy skorzystać ze zmiennej znajdującej się wewnątrz klasy. Metoda `GiveName()` modyfikuje wartość `m_name`, a `GetName()` zwraca wartość tej zmiennej. Poniżej widzimy kod, który wykorzystuje klasę `Animal` w taki sposób.

```
// Simple_Class.cpp
#include <iostream>

using namespace std;

class Animal
{
private:
    string m_name;

public:
    void GiveName(string name)
    {
        m_name = name;
    }

    string GetName()
    {
        return m_name;
    }
};

int main()
{
    Animal dog = Animal();
    dog.GiveName("pies");
}
```

```

    cout << "Cześć! Nazywam się " << dog.GetName() << endl;

    return 0;
}

```

W powyższym kodzie utworzyliśmy zmienną o nazwie `dog` typu `Animal`. Zmienna `dog` ma wobec tego wszystkie opcje właściwe dla `Animal`, takie jak wywoływanie metod `GiveName()` i `GetName()`. Poniżej widzicie okno z wynikiem, jaki powinniśmy otrzymać po skompilowaniu i uruchomieniu kodu:

```

D:\kod\Chapter01\Simple_Class\bin\Debug\Simple_Class.exe
Cześć! Nazywam się pies
Process returned 0 (0x0) execution time : 2.887 s
Press any key to continue.

```

Możemy powiedzieć, że ADT `Animal` ma dwie funkcje: `GiveName(string name)` i `GetName()`.

Po omówieniu prostych klas być może dostrzeżasz podobieństwa między typem `struct` a klasami. W rzeczy samej, mają one podobne zachowania. Różnice są jednak takie, że struktura ma domyślne składowe `public`, podczas gdy klasy mają domyślne składowe `private`. Sam zalecam korzystanie z typu `struct` wyłącznie do tworzenia struktur danych (jako że nie ma on żadnych metod) i używanie klas do tworzenia ADT.

Jak widać w powyższym kodzie, przypisujemy zmienną do instancji klasy `Animal` przy użyciu jej konstruktora:

```
Animal dog = Animal();
```

Możemy jednak inicjalizować dane składowe klasy przy użyciu konstruktora klasy. Nazwa konstruktora jest taka sama jak nazwa klasy. Zrefaktoryzujmy klasę `Animal` tak, aby miała własny konstruktor. Kod powinien docelowo wyglądać następująco:

```

// Constructor.cpp
#include <iostream>

using namespace std;

class Animal
{
private:
    string m_name;

public:
    Animal(string name) : m_name(name)
    {

    }
}

```

```

    string GetName()
    {
        return m_name;
    }
};

int main()
{
    Animal dog = Animal("pies");

    cout << "Cześć! Nazywam się " << dog.GetName() << endl;

    return 0;
}

```

Jak widać, przy definiowaniu zmiennej `dog` inicjalizujemy także zmienną prywatną klasy `m_name`. Nie potrzebujemy już metody `GiveName()` do przypisywania zmiennej `private`. Po skompilowaniu i uruchomieniu powyższego kodu otrzymamy taki sam wynik jak wcześniej.

Zmiennej `dog` przypisaaliśmy typ danych `Animal`. Możemy jednak również wywieść nową klasę z klasy bazowej. Uzyskana w ten sposób klasa pochodna będzie miała zachowania klasy bazowej. Zrefaktoryzujemy klasę `Animal` ponownie, dodając metodę wirtualną `MakeSound()`. Metoda wirtualna to metoda, która nie ma jeszcze implementacji, lecz samą definicję (znaną też jako **interfejs**). Klasa pochodna musi dodać implementację do metody wirtualnej przy użyciu słowa kluczowego `override` — w przeciwnym przypadku kompilator będzie marudził. Po uzyskaniu nowej klasy `Animal` utworzymy klasę o nazwie `Dog`, która będzie pochodną `Animal`. Kod powinien wyglądać następująco:

```

//Derived_Class.cpp
#include <iostream>

using namespace std;

class Animal
{
private:
    string m_name;

public:
    Animal(string name) : m_name(name)
    {

    }

    //Interfejs, który trzeba zaimplementować w klasie pochodnej.
    virtual string MakeSound() = 0;

    string GetName()
    {
        return m_name;
    }
};

```

```

class Dog : public Animal
{
public:
    //Przekazuje argumenty konstruktora.
    Dog(string name) : Animal(name) {}

    //Implementuje interfejs.
    string MakeSound() override
    {
        return "hau, hau!";
    }
};

int main()
{
    Dog dog = Dog("bulldog");

    cout << dog.GetName() << " szczeka: ";
    cout << dog.MakeSound() << endl;

    return 0;
}

```

Mamy teraz dwie klasy: `Animal` (klasa bazowa) i `Dog` (klasa pochodna). Jak widać, klasa `Dog` musi zaimplementować metodę `MakeSound()`, ponieważ została ona zdefiniowana jako metoda wirtualna w klasie `Animal`. Instancja klasy `Dog` może też wywołać metodę `GetName()`, nawet jeśli nie została ona zaimplementowana w obrębie klasy `Dog`, jako że klasa pochodna dziedziczy wszystkie zachowania klasy bazowej. Po wykonaniu powyższego kodu powinniśmy otrzymać następujący wynik:

```

D:\kod\Chapter01\Derived_Class\bin\Debug\Derived_Class.exe
bulldog szczeka: hau, hau!
Process returned 0 (0x0) execution time : 1.918 s
Press any key to continue.

```

Tutaj znów możemy powiedzieć, że ADT `Dog` ma dwie funkcje: `GetName()` i `MakeSound()`.

Kolejnym wymogiem ADT jest zapewnienie możliwości kontrolowania wszystkich operacji przypisywania, aby możliwe było uniknięcie problemów z aliasingiem, wynikających z płytkiego kopiowania (niektóre składowe kopii mogą mieć referencje odnoszące się do tych samych obiektów co oryginał). W tym celu możemy zastosować technikę przeciążania operatora przypisywania. Zrefaktoryzujemy teraz klasę `Dog`, tak aby uzyskała kopiujący operator przypisywania. Kod powinien wyglądać następująco:

```

//Assignment_Operator_Overload.cpp
#include <iostream>

using namespace std;

class Animal
{
protected:
    string m_name;

public:
    Animal(string name) : m_name(name)
    {

    }

    //Interfejs, który trzeba zaimplementować w klasie pochodnej.
    virtual string MakeSound() = 0;

    string GetName()
    {
        return m_name;
    }
};

class Dog : public Animal
{
public:
    //Przekazuje argumenty konstruktora.
    Dog(string name) : Animal(name) {}

    //Przeciąża kopiujący operator przypisania.
    void operator = (const Dog &D)
    {
        m_name = D.m_name;
    }

    //Implementuje interfejs.
    string MakeSound() override
    {
        return "hau, hau!";
    }
};

int main()
{
    Dog dog = Dog("bulldog");
    cout << dog.GetName() << " szczeka: ";
    cout << dog.MakeSound() << endl;

    Dog dog2 = dog;
    cout << dog2.GetName() << " szczeka: ";
    cout << dog2.MakeSound() << endl;

    return 0;
}

```


Dodaliśmy kopiujący operator przypisania, który przeciąża klasę Dog. Ponieważ jednak próbujemy uzyskać dostęp do zmiennej `m_name` w klasie bazowej z klasy pochodnej, musimy sprawić, aby zmienna `m_name` była `protected`, a nie `private`. Gdy kopiujemy `dog` na `dog2` w instrukcji `Dog dog2 = dog;` funkcji `main()`, możemy dopilnować, aby nie była to kopia płytka.

Posługiwanie się szablonami

Pobawmy się teraz szablonami. Szablony umożliwiają funkcjom i klasom współpracę z typami generycznymi. Dzięki nim funkcje i klasy mogą operować na wielu różnych typach danych i nie trzeba pisać ich ponownie na potrzeby każdego z typów. Przy użyciu szablonu możemy tworzyć różne typy danych, które omówimy w dalszej części tej książki.

Szablony funkcji

Załóżmy, że mamy inną klasę pochodną od klasy `Animal` — na przykład `Cat`. Stworzymy teraz funkcję, która wywołuje metody `GetName()` i `MakeSound()` dla instancji `Dog` i `Cat`. Zamiast tworzyć dwie osobne funkcje, możemy skorzystać z szablonu następująco:

```
// Function_Templates.cpp
#include <iostream>

using namespace std;

class Animal
{
protected:
    string m_name;

public:
    Animal(string name) : m_name(name)
    {

    }

    // Interfejs, który trzeba zaimplementować w klasie pochodnej.
    virtual string MakeSound() = 0;

    string GetName()
    {
        return m_name;
    }
};

class Dog : public Animal
{
public:
    // Przekazuje argumenty konstruktora.
    Dog(string name) : Animal(name) {}

    // Przeciąża kopiujący operator przypisania.
    void operator = (const Dog &D)
```

```

    {
        m_name = D.m_name;
    }

    //Implementuje interfejs.
    string MakeSound() override
    {
        return "hau, hau!";
    }
};

class Cat : public Animal
{
public:
    //Przekazywanie argumentów konstruktora.
    Cat(string name) : Animal(name) {}

    //Przeciążenie kopiującego operatora przypisania.
    void operator = (const Cat &D)
    {
        m_name = D.m_name;
    }

    //Implementacja interfejsu.
    string MakeSound() override
    {
        return "miau, miau!";
    }
};

template<typename T>
void GetNameAndMakeSound(T& theAnimal)
{
    cout << theAnimal.GetName() << " robi ";
    cout << theAnimal.MakeSound() << endl;
}

int main()
{
    Dog dog = Dog("bulldog");
    GetNameAndMakeSound(dog);

    Cat cat = Cat("pers");
    GetNameAndMakeSound(cat);

    return 0;
}

```

Widzimy, że funkcji `GetNameAndMakeSound()` możemy przekazać typy danych `Dog` i `Cat`, ponieważ zdefiniowaliśmy szablon `<typename T>` przed zdefiniowaniem funkcji. W C++ `typename` jest słowem kluczowym służącym do tworzenia szablonów. **Słowo kluczowe** wskazuje, że symbol w definicji lub deklaracji szablonu jest typem (w tym przykładzie symbol to `T`). W wyniku tego funkcja staje się generyczna i może przyjmować różne typy danych. Po skompilowaniu i wykonaniu powyższego kodu powinniśmy otrzymać następujący wynik w oknie konsoli:

```

D:\kod\Chapter01\Function_Templates\bin\Debug\Function_Templates.exe
buldog robi hau, hau!
pers robi miau, miau!

Process returned 0 (0x0)   execution time : 2.011 s
Press any key to continue.

```

Należy się koniecznie upewnić, czy typ danych przekazywany funkcji generycznej ma możliwość wywołania wszystkich jej operacji. Kompilator z powodzeniem skompiluje kod, nawet jeśli przekazany typ danych nie obsługuje oczekiwanej operacji. W powyższym przykładzie szablonu funkcji należy przekazać typ danych, który jest instancją klasy `Animal`, może to być więc albo instancja klasy `Animal`, albo instancja klasy pochodnej.

Szablony klas

Podobnie jak szablon funkcji, szablon klasy służy do tworzenia generycznych klas, które przyjmują różne typy danych. Zrefaktoryzujemy kod `Function_Template.cpp`, dodając do niego nowy szablon klasy. Kod powinien wyglądać następująco:

```

// Class_Templates.cpp
#include <iostream>

using namespace std;

class Animal
{
protected:
    string m_name;

public:
    Animal(string name) : m_name(name)
    {

    }

    // Interfejs, który trzeba zaimplementować w klasie pochodnej.
    virtual string MakeSound() = 0;

    string GetName()
    {
        return m_name;
    }
};

class Dog : public Animal
{
public:
    // Przekazuje argumenty konstruktora.
    Dog(string name) : Animal(name) {}
}

```

```

//Przeciąża kopiujący operator przypisania.
void operator = (const Dog &D)
{
    m_name = D.m_name;
}

//Implementuje interfejs.
string MakeSound() override
{
    return "hau, hau!";
}
};

class Cat : public Animal
{
public:
    //Przekazuje argumenty konstruktora.
    Cat(string name) : Animal(name) {}

    //Przeciąża kopiujący operator przypisania.
    void operator = (const Cat &D)
    {
        m_name = D.m_name;
    }

    //Implementuje interfejs.
    string MakeSound() override
    {
        return "miau, miau!";
    }
};

template<typename I>
void GetNameAndMakeSound(T& theAnimal)
{
    cout << theAnimal.GetName() << " robi ";
    cout << theAnimal.MakeSound() << endl;
}

template <typename T>
class AnimalTemplate
{
private:
    T m_animal;

public:
    AnimalTemplate(T animal) : m_animal(animal) {}
    void GetNameAndMakeSound(T& theAnimal)
    {
        cout << m_animal.GetName() << " robi ";
        cout << m_animal.MakeSound() << endl;
    }
};

```

```

int main()
{
    Dog dog = Dog("bulldog");
    AnimalTemplate<Dog> dogTemplate(dog);
    dogTemplate.GetNameAndMakeSound(dog);

    Cat cat = Cat("pers");
    AnimalTemplate<Cat> catTemplate(cat);
    catTemplate.GetNameAndMakeSound(cat);

    return 0;
}

```

Utworzyliśmy nową klasę o nazwie `AnimalTemplate`. Jest to szablon klasy, którego można użyć z dowolnym typem danych. Musimy jednak zdefiniować typ danych w nawiasie ostrokątnym, kiedy korzystamy z instancji `dogTemplate` i `catTemplate`. Po skompilowaniu i uruchomieniu kodu otrzymamy taki sam wynik jak w przypadku kodu *Function_Template.cpp*.

Biblioteka standardowych szablonów

Programowanie w C++ wiąże się z korzystaniem z innej przydatnej funkcji, związanej ze stosowaniem szablonów klas — biblioteki standardowych szablonów (ang. *Standard Template Library* — **STL**). Jest to zbiór szablonów klas zapewniających wszystkie funkcje, których używa się powszechnie przy operowaniu na różnych strukturach danych. Na STL składają się cztery komponenty: algorytmy, kontenery, iteratory i funkcje. Przyjrzyjmy się im bliżej.

Algorytmy wykorzystywane są na zakresach elementów i służą m.in. do sortowania i wyszukiwania. Algorytm sortujący służy do porządkowania elementów w kolejności rosnącej lub malejącej. Algorytm wyszukiwania wykorzystuje się do odnajdowania konkretnych wartości w zbiorach elementów.

Kontenery służą do przechowywania obiektów i danych. Standardowym kontenerem, będącym w powszechnym użyciu, jest wektor. Wektor przypomina tablicę, ale ma możliwość automatycznej zmiany własnego rozmiaru, kiedy element zostaje do niego dodany lub z niego usunięty.

Iteratory służą do pracy z sekwencjami wartości. Każdy kontener ma własny iterator. Kontener wektora oferuje na przykład funkcje `begin()`, `end()`, `rbegin()` i `rend()`.

Funkcje biblioteki służą do przeciążania istniejących funkcji. Instancja tego komponentu to **funktor**, czy też **obiekt funkcji**. Funktor jest wskaźnikiem funkcji, parametryzuje istniejącą już funkcję.

W tym punkcie nie napiszemy żadnego kodu przykładowego, jako że chcę jedynie zwrócić Twoją uwagę na to, że STL — na szczęście — istnieje i jest przydatną biblioteką C++. Temat STL omówimy szerzej w kolejnych rozdziałach przy objaśnianiu tworzenia struktur danych.

Analiza algorytmów

Dobry algorytm musi mieć jak największą wydajność. W tym podrozdziale omówimy temat analizy złożoności czasowej podstawowych funkcji.

Analiza asymptotyczna

Zacznijmy od analizy asymptotycznej, pozwalającej na sprawdzenie złożoności czasowej algorytmów. Ta analiza pomija stałe oraz wyrażenia niższego rzędu. Załóżmy, że mamy funkcję, która wyświetla liczby od 0 do n . Oto jej kod:

```
void Looping(int n)
{
    int i = 0;

    while(i < n)
    {
        cout << i << endl;
        i = i + 1;
    }
}
```

Obliczmy teraz złożoność czasową powyższego algorytmu, licząc wszystkie instrukcje. Zacznijmy od pierwszej:

```
int i = 0;
```

Powyższa instrukcja wykonywana jest przez funkcję tylko raz, więc jej wartość to 1. Poniższy fragment kodu obejmuje pozostałe instrukcje z funkcji `Looping()`:

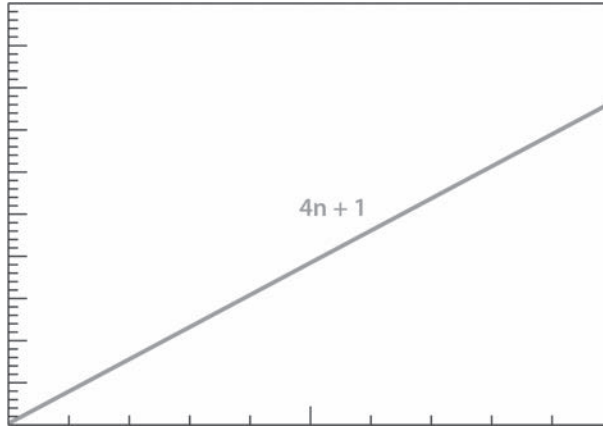
```
while(i < n)
{
    cout << i << endl;
    i = i + 1;
}
```

Porównanie w pętli `while` ma wartość 1. Dla uproszczenia możemy powiedzieć, że wartość obydwu instrukcji w zakresie pętli `while` wynosi 3, ponieważ potrzebuje ona 1 do wyświetlenia zmiennej `i` oraz 2 do wykonania operacji przypisania (`=`) i dodawania (`+`).

Niemniej jednak liczba wykonanych instrukcji z powyższego fragmentu zależy od wartości n , czyli wynosi $(1 + 3) \cdot n$, czy też $4n$. Łączna liczba instrukcji, które muszą zostać wykonane w funkcji `Looping()`, to $1 + 4n$. Co za tym idzie, złożoność tej funkcji to:

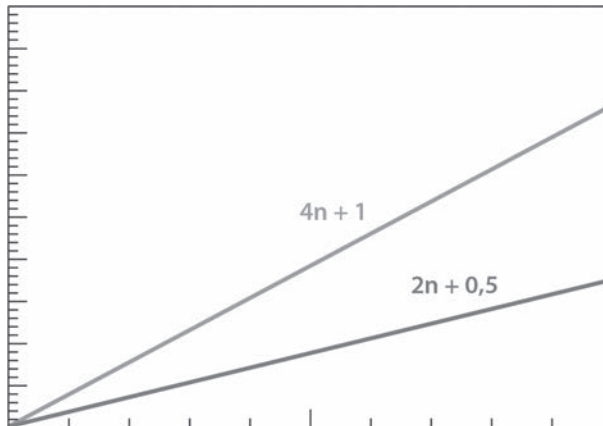
$$\text{Złożoność czasowa}(n) = 4n + 1$$

Oto wykres złożoności:



Na wszystkich przedstawionych w tej książce wykresach oś x odzwierciedla liczbę danych wejściowych (n), a oś y czas wykonania.

Jak widać na powyższym wykresie, krzywa tej funkcji jest liniowa. Ponieważ jednak złożoność czasowa zależna jest także od innych parametrów, takich jak specyfikacja sprzętowa, dla funkcji `Looping()` możemy obliczyć inną złożoność, właściwą dla szybszego sprzętu. Przyjmijmy, że złożoność czasowa ma wartość $2n + 0,5$. W takim przypadku krzywa funkcji będzie wyglądać następująco:



Jak widać, krzywa jest liniowa dla obydwu złożoności. Z tego względu możemy pominąć stałą i wyrażenia niższego rzędu analizy asymptotycznej, a następnie wskazać, że złożoność wynosi n , tak jak w poniższym wzorze:

$$\text{Złożoność czasowa}(n) = n$$

Przejdźmy do kolejnej funkcji. Gdy mamy do czynienia z zagnieżdżoną pętlą `while`, musimy uwzględnić drugą złożoność:

```
void Pairing(int n)
{
    int i = 0;

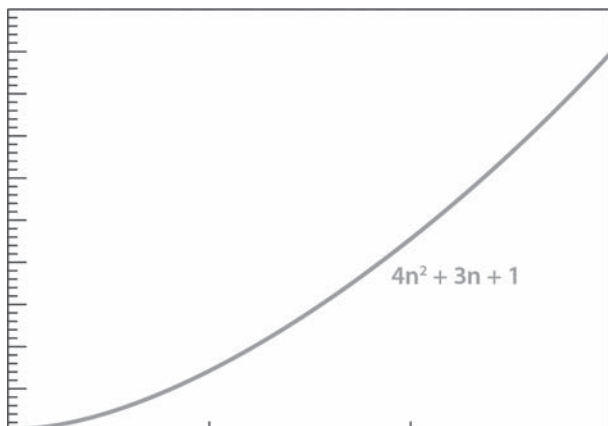
    while(i < n)
    {
        int j = 0;

        while(j < n)
        {
            cout << i << ", " << j << endl;
            j = j + 1;
        }
        i = i + 1;
    }
}
```

Na podstawie przypadku funkcji `Looping()` możemy stwierdzić, że złożoność wewnętrznej pętli `while` funkcji `Pairing()` wynosi $4n + 1$. Obliczamy następnie złożoność zewnętrznej pętli `while`, z czego uzyskujemy wynik $1 + (n \cdot (1 + (4n + 1) + 2))$, co równa się $1 + 3n + 4n^2$. Złożoność powyższego kodu jest zatem następująca:

$$\text{Złożoność czasowa}(n) = 4n^2 + 3n + 1$$

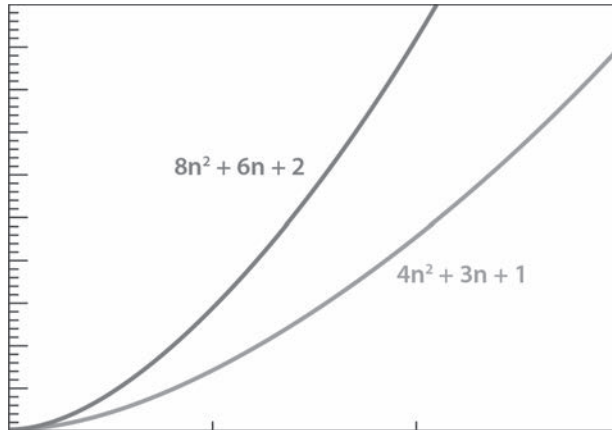
Krzywa tej złożoności wygląda tak:



Jeśli natomiast uruchomimy ten kod na wolniejszym sprzęcie, złożoność czasowa może stać się dwukrotnie większa. Zapisalibyśmy to następująco:

$$\text{Złożoność czasowa}(n) = 8n^2 + 6n + 2$$

Krzywa dla powyższego wzoru wyglądałaby tak jak na rysunku na następnej stronie.



Jak już wskazałem wcześniej, ponieważ analiza asymptotyczna pomija stałe i wyrażenia niższego rzędu, zapis złożoności wygląda następująco:

$$\text{Złożoność czasowa}(n) = n^2$$

Najgorsze, średnie i najlepsze przypadki

W poprzednim punkcie obliczaliśmy złożoność czasową kodu przy użyciu algorytmu asymptotycznego. W tym punkcie zajmiemy się przypadkami implementacji algorytmu. Istnieją trzy przypadki implementacji złożoności czasowej algorytmu: najgorszy, średni i najlepszy. Zanim je omówimy, spójrzmy na poniższą implementację funkcji `Search()`:

```
int Search(int arr[], int arrSize, int x)
{
    // Iterowanie po elementach arr.
    for (int i = 0; i < arrSize; ++i)
    {
        // Jeśli x zostało znalezione, zwraca indeks x.
        if (arr[i] == x)
            return i;
    }

    // Jeśli x nie zostało znalezione, zwraca -1.
    return -1;
}
```

Jak widać, funkcja `Search()` znajduje indeks docelowego elementu (x) z tablicy `arr`, zawierającej `arrSize` elementów. Załóżmy, że mamy tablicę {42, 55, 39, 71, 20, 18, 6, 84}. Znajdziemy dla niej następujące przypadki:

- **Analiza najgorszego przypadku** jest obliczeniem górnego kresu czasu wykonywania algorytmu. W przypadku funkcji `Search()` górny kres określa element, który nie pojawia się w `arr`, na przykład 60; funkcja musi wtedy iterować po wszystkich elementach `arr`, aby i tak nie znaleźć wskazanego elementu.

- **Analiza średniego przypadku** jest obliczeniem uwzględniającym wszystkie możliwe dane wejściowe w ramach wykonywania algorytmu, w tym także element, który nie występuje w tablicy `arr`.
- **Analiza najlepszego przypadku** jest obliczeniem dolnego kresu czasu wykonywania algorytmu. W przypadku funkcji `Search()` dolny kres określa pierwszy element tablicy `arr`, czyli 42. Kiedy szukamy elementu 42, funkcja iteruje po tablicy `arr` jednokrotnie, wobec czego `arrSize` nie ma znaczenia.

Notacja Θ , O i Ω

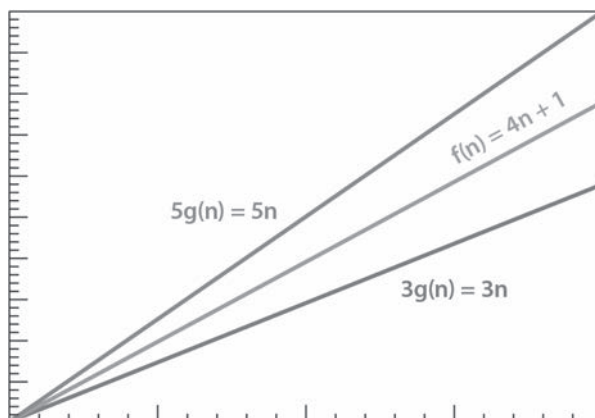
Po omówieniu analizy asymptotycznej i trzech przypadków algorytmów zajmijmy się przedstawianiem złożoności czasowej algorytmów za pomocą notacji asymptotycznej. Istnieją trzy notacje asymptotyczne wykorzystywane z algorytmami: Θ , O i Ω .

Notacja Θ ogranicza funkcję od góry i od dołu tak jak w omówionej wcześniej analizie asymptotycznej i również pomija stałe.

Przyjmijmy, że mamy funkcję o złożoności czasowej $4n + 1$. Jako że jest to funkcja liniowa, możemy zapisać ją następująco:

$$f(n) = 4n + 1$$

Załóżmy, że mamy funkcję $g(n)$, gdzie $f(n)$ to $\Theta g(n)$, jeżeli wartość $f(n)$ znajduje się pomiędzy $c1 \cdot g(n)$ (*ograniczenie dolne*) a $c2 \cdot g(n)$ (*ograniczenie górne*). Ponieważ dla $f(n)$ stała kierunkowa ma wartość 4, wybieramy losowe ograniczenie dolne mniejsze niż 4 — czyli 3 — oraz ograniczenie górne większe niż 4 — czyli 5. Wykres wygląda następująco:



Ze złożoności czasowej $f(n)$ możemy uzyskać złożoność asymptotyczną n . Otrzymujemy wtedy $g(n) = n$, które oparte jest na złożoności asymptotycznej $4n + 1$. Możemy określić górne i dolne ograniczenie dla $g(n) = n$. Wybierzmy 3 dla ograniczenia dolnego i 5 dla górnego. Możemy teraz przekształcić funkcję $g(n) = n$ następująco:

$$\begin{aligned} 3g(n) &= 3n \\ 5g(n) &= 5n \end{aligned}$$

Notacja O jest notacją ograniczającą funkcję od góry wyłącznie przy użyciu górnej granicy algorytmu. Na podstawie poprzedniej notacji, $f(n) = 4n + 1$, możemy wskazać, że złożoność czasowa $f(n)$ to $O(n)$. Gdybyśmy skorzystali z notacji Θ , moglibyśmy powiedzieć, że najgorszy przypadek złożoności czasowej $f(n)$ to $\Theta(n)$, a najlepszy przypadek to $\Theta(1)$.

Notacja Ω jest przeciwieństwem notacji O . Wykorzystuje ona dolną granicę algorytmu do przeanalizowania złożoności czasowej. Innymi słowy, oparta jest na najlepszym przypadku notacji Θ . Moglibyśmy zatem powiedzieć, że złożoność czasowa dla $f(n)$ wynosi $\Omega(1)$.

Metoda rekurencyjna

W poprzednim przykładzie obliczyliśmy złożoność metody iteracyjnej. Zróbmy teraz to samo z metodą rekurencyjną. Przyjmijmy, że musimy obliczyć silnię pewnej liczby, na przykład 6, czyli uzyskać wynik $6 \cdot 5 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 1 = 720$. W tym celu możemy skorzystać z metody rekurencyjnej:

```
int Factorial(int n)
{
    if(n == 1)
        return 1;

    return n * Factorial(n - 1);
}
```

Dla powyższej funkcji możemy obliczyć złożoność w sposób podobny do wykorzystanego w przypadku metody iteracyjnej. Wzór to $f(n) = n$, ponieważ złożoność zależna jest od ilości przetwarzanych danych (n). Możemy użyć współczynnika stałego, na przykład c , aby obliczyć dolną i górną granicę.

Analiza kosztu zamortyzowanego

W poprzednim punkcie omówiliśmy obliczanie złożoności dla pojedynczej danej wejściowej n . Czasami jednak mamy do czynienia z większą liczbą danych. Przyjrzyjmy się poniższej implementacji funkcji `SumOfDivision()`:

```
int SumOfDivision(
    int nArr[], int n, int mArr[], int m)
{
    int total = 0;

    for(int i = 0; i < n; ++i)
    {
        for(int j = 0; j < m; ++j)
        {
            total += (nArr[i] * mArr[j]);
        }
    }

    return total;
}
```

Tutaj należy skorzystać z analizy kosztu zamortyzowanego. Taka analiza polega na obliczeniu złożoności wykonywania operacji dla różnych danych wejściowych, na przykład wielu elementów umieszczonych w wielu tablicach. Złożoność nie jest uzależniona wyłącznie od zmiennej n , ale także od zmiennej m . Można ją wyrazić następująco:

$$\text{Złożoność czasowa}(n, m) = n * m$$

Te metody analizy omówimy bardziej szczegółowo w kolejnych rozdziałach.

Podsumowanie

W tym rozdziale omówiliśmy podstawy C++ (pisanie prostych programów, IDE, sterowanie przepływem) oraz wszystkie typy danych (podstawowe i zaawansowane, w tym szablony i STL), które wykorzystamy do tworzenia struktur danych w następnych rozdziałach. Wprowadziłem również podstawy analizy złożoności, którą pogłębimy w kolejnych rozdziałach.

Przejdziemy teraz do tworzenia pierwszych struktur danych, czyli list wiązanych, oraz do wykonywania operacji na strukturze danych.

Pytania

- Jaka funkcja w C++ jest wykonywana jako pierwsza?
- Wymień podstawowe typy danych C++.
- Czego można używać do sterowania przepływem kodu?
- Jaka jest różnica między typem `enum` a `struct`?
- Czym jest abstrakcja, ukrywanie informacji i enkapsulacja?
- Jakiego słowa kluczowego używa się do tworzenia szablonu w C++?
- Czym różni się szablon funkcji od szablonu klasy?
- Jakie są różnice pomiędzy notacjami Θ , O i Ω ?

Dodatkowe materiały

Możesz także zapoznać się z następującymi materiałami:

- <http://www.learncpp.com/>
- <https://www.geeksforgeeks.org/analysis-of-algorithms-set-1-asymptotic-analysis/>
- <https://www.geeksforgeeks.org/analysis-of-algorithms-set-2-asymptotic-analysis/>
- <https://www.geeksforgeeks.org/analysis-of-algorithms-set-3asymptotic-notations/>

Skorowidz

A

- abstrakcja, 33
- abstrakcyjny typ danych, ADT, 33
- adresowanie otwarte, 221, 228
- ADT, abstract data type, 33`
 - binarne drzewo poszukiwań, 190
 - drzewa binarne, 188
 - HashTable, 226
 - kolejki
 - dwukierunkowe, 103
 - jednokierunkowe, 99
 - kopiec binarny, 212
 - listy, 55
 - dwukierunkowe, 75
 - jednokierunkowe, 65
 - stos, 92
 - zrównoważone BST, 204
- ADT HashTable, 234
- algorytmy, 15
 - analiza, 44–49
 - dziel i zwyciężaj, 246
 - implementacja, 239
 - siłowe, 252, 253
 - sortowania, 111
 - wyszukiwania, 143
 - z nawrotami, 257
 - zachłanne, 240
 - zrandomizowane, 253
 - Las Vegas, 255
 - Monte Carlo, 255
 - zastosowania, 257
- anagram, 167

- analiza algorytmów
 - asymptotyczna, 44
 - kosztu zamortyzowanego, 49
 - najgorszego przypadku, 47
 - najlepszego przypadku, 48
 - średniego przypadku, 48
- AVL, *Patrz* BST zrównoważone

B

- biblioteka STL, 43
- binarne drzewo poszukiwań, BST, 190
- BST, binary search tree, 190
 - implementacja, 201
 - przechodzenie, 193
 - sprawdzanie obecności klucza, 193
 - usuwanie węzła, 199
 - wstawianie klucza, 192
 - wyszukiwanie
 - następnika klucza, 195
 - poprzednika klucza, 197
 - zwracanie wartości kluczy, 194
- BST zrównoważone, 204
 - implementacja, 210
 - rotacja węzłów, 205
 - usuwanie klucza, 208
 - wstawianie klucza, 207

C

- ciąg
 - binarny, 172
 - Fibonacciego, 250
 - podsekwencji, 177
 - znakowy, 166

D

definiowanie zmiennych, 19
 drzewo
 AVL, 204
 binarne, 188

E

enkapsulacja, 33
 enumerator, 28

F

FIFO, first in first out, 39
 funkcja
 ExponentialSearch(), 157
 std::string, 166
 funktor, 43

G

generatory liczb losowych, 255
 generowanie
 klucza mieszającego, 223
 podsekwencji, 177

I

IDE, integrated development environment, 17
 implementacja
 ADT
 AVL, 210
 BST, 201
 kolejki, 102
 kolejki dwukierunkowej, 107
 stosu, 95
 algorytmów, 239
 wyszukiwania binarnego, 147
 wyszukiwania liniowego, 145
 listy, 59
 dwukierunkowej, 81
 wiązanej, 73
 metody łańcuchowej, 222
 stosu binarnego, 216
 techniki adresowania otwarte, 228
 instrukcja warunkowa, 20

K

klasy, 33
 klucze mieszające, 223
 kodowanie Huffmana, 242
 kolejka dwukierunkowa, 103
 dodawanie elementu, 104
 implementacja, 107
 pobieranie wartości elementu, 104
 usuwanie elementu, 106
 kolejki
 implementacja, 102
 jednokierunkowe, 99
 pobieranie wartości elementu, 100
 priorytetowe, 216
 usuwanie elementu, 101
 wstawianie elementu, 100
 kolizje, 221
 konwertowanie
 ciągu binarnego, 175
 liczb, 173
 kopiec binarny, 212
 pobieranie elementu, 214
 pusty, 213
 usuwanie elementu, 215
 wstawianie elementu, 214

L

LIFO, last in first out, 92
 lista, 55
 dwukierunkowa, 75
 implementacja, 81
 usuwanie elementu, 77
 wstawianie elementu, 79
 jednokierunkowa, 65
 implementacja, 73
 usuwanie elementu, 70
 wstawianie elementu, 67
 wyszukiwanie indeksu, 69
 zwracanie elementu, 66
 listy
 implementacja, 59
 usuwanie elementu, 58
 wstawianie elementu, 57
 wyszukiwanie indeksu, 58
 zwracanie elementu, 56

M

macierze
 mnożenie, 249
 metoda
 łańcuchowa, 221, 226
 rekurencyjna, 49
 mieszanie podwójne, 228
 mnożenie macierzy, 249

N

notacja `O i`, 48

O

obiekt funkcji, 43
 operacja
 Insert(), 223, 230
 IsEmpty(), 225, 233
 PrintHashTable(), 233
 Remove(), 224, 232
 Search(), 224, 231

P

palindrom, 169
 pętle, 24
 pierwszy kod, 16
 problem wydawania reszty, 240, 251
 problemy selekcyjne, 248
 programowanie dynamiczne, 250, 251

R

refaktoryzacja
 operacji LinkedList, 76
 typu danych, 76
 rekurencja, 49

S

słowo kluczowe
 private, 33
 protected, 33
 switch, 23
 typename, 40
 sortowanie, 111
 bąbelkowe, 112
 pozycyjne, 136

przez scalanie, 122
 przez wstawianie, 118
 przez wybieranie, 114
 przez zliczanie, 133
 siłowe, 252
 szybkie, 128
 sprawdzanie podsekwencji, 179
 sterowanie przepływem, 20
 STL, Standard Template Library, 15, 43, 83
 stosy, 92
 implementacja, 95
 pobieranie wartości elementu, 93
 umieszczanie elementów, 93
 usuwanie elementów, 94
 struktury danych, 15, 51
 szablony, 39
 funkcji, 39
 klas, 41
 szukanie, *Patrz* wyszukiwanie

T

tablica znaków, 166
 tablice, 52
 tablice mieszające, 219
 przechowywanie danych, 221
 typ danych
 HashTable, 222
 LinkedList, 83
 List, 83
 Node, 76
 Stack, 92
 std::list, 85
 std::vector, 83
 typy danych, 19
 abstrakcyjne, ADT, 33
 zaawansowane, 28

U

ukrywanie informacji, 33
 usuwanie węzła, 199

W

wdrożenie ADT HashTable, 234
 wektor, 83
 węzły, 61
 usuwanie, 199
 wyrażenia regularne, 182

wyszukiwanie, 143
 binarne, 146
 implementacja, 147
interpolacyjne, 151
 zastosowanie, 153
kwadratowe, 228
liniowe, 144, 228, 234
 implementacja, 145
podlisty, 158
 zastosowanie, 160
skokowe, 154
 zastosowanie, 155
ternarne, 148
 zastosowanie, 150
wykładnicze, 156
wzorca, 181
wzorce, 181

Z

zbiór potęgowy, 177
zintegrowane środowisko programistyczne, IDE,
 17
zmienne, 19
znakowy typ danych, 165
zrównoważone BST, 204

PROGRAM PARTNERSKI

— GRUPY HELION —

1. ZAREJESTRUJ SIĘ
2. PREZENTUJ KSIĄŻKI
3. ZBIERAJ PROWIZJĘ

Zmień swoją stronę WWW w działający bankomat!

Dowiedz się więcej i dołącz już dzisiaj!

<http://program-partnerski.helion.pl>

GRUPA
Helion 

C++. O jakości kodu decyduje algorytm i odpowiednia struktura danych!

C++ to dojrzały język programowania o wielu różnych zastosowaniach. Inżynier oprogramowania, który chce w pełni skorzystać z jego zalet, powinien płynnie posługiwać się dostępnymi w tym języku strukturami danych i algorytmami. W ten sposób łatwiej można rozwiązywać konkretne problemy. Zastosowanie odpowiedniej struktury danych oraz algorytmu jest również ważne z punktu widzenia wydajności działania kodu, co bezpośrednio przekłada się na szybkość pracy aplikacji. Bez dogłębnego zrozumienia tych zagadnień bardzo trudno nauczyć się biegle programować w C++.

Dzięki tej książce dowiesz się, na czym polega implementacja klasycznych struktur danych i algorytmów w C++. Znajdziesz tu również przystępne wprowadzenie do podstawowych konstrukcji językowych oraz do korzystania z zintegrowanego środowiska programistycznego (IDE). Ponadto dowiesz się, w jaki sposób przechowywać dane za pomocą list wiązanych, tablic, stosów i kolejek, a także jak zaimplementować algorytmy sortowania, takie jak sortowanie szybkie i sortowanie przez kopcowanie, oraz algorytmy wyszukiwania, takie jak wyszukiwanie liniowe czy binarne. Kolejnym ważnym zagadnieniem ujętym w książce jest wysoka wydajność algorytmów operujących na ciągach znakowych i strukturach mieszających, jak również analiza algorytmów siłowych, zachłanych i wielu innych.

Najciekawsze zagadnienia ujęte w książce:

- podstawy C++, w tym kontrola przepływu kodu i abstrakcyjne typy danych
- listy, listy wiązane, stosy i kolejki
- algorytmy sortowania, w tym bąbelkowe, przez selekcję, wstawianie, scalanie
- tworzenie hierarchicznej struktury drzewa
- praktyczne aspekty implementacji algorytmów

Wisnu Anggoro — jest doświadczonym programistą C/C++, certyfikowanym przez Microsoft (Microsoft Certified Professional) w zakresie programowania w C++. Programowaniem zajmuje się od czasów szkolnych (czyli około 20 lat). Wspecjalizował się w programowaniu kart elektronicznych, komputerów i aplikacji internetowych. Obecnie pracuje jako starszy programista kart elektronicznych w CIPTA, indonezyjskiej firmie specjalizującej się w innowacji i technologii kart.

Helion helion.pl 0 801 339900 0 601 339900	Sprawdź nasze szkolenia! SZKOLENIA AKADEMIA IT & BUSINESS WWW.SZKOLENIA.HELION.PL	KOD KORZYŚCI Sięgnij po więcej! ISBN 978-83-283-5185-1 9 788328 351851	
INFORMATYKA W NAJLEPSZYM WYDANIU			Cena: 57,00 zł

Packt