

Kurs języka C++

2. Klasy i obiekty

Spis treści

- ▶ Pojęcie klasy i obiektu
- ▶ Składowe w klasie - pola i metody
- ▶ Abstrakcja i hermetyzacja
- ▶ Konstruktor i destruktor
- ▶ Wskaźnik `this`
- ▶ Ukrywanie składowych
- ▶ Przeciążanie nazw funkcji i metod
- ▶ Uogólnione wyrażenia stałe
- ▶ Argument będący referencją do stałej
- ▶ Konstruktor kopiujący i przypisanie kopiujące
- ▶ Pola stałe, zawsze modyfikowalne i ulotne

Klasy

- ▶ Klasa to nowy typ danych (projekt).
- ▶ Obiekt to instancja klasy (realizacja projektu).
- ▶ Klasa posiada różne pola i metody:
 - ▶ wartości pól w obiekcie określają stan obiektu,
 - ▶ metody określają funkcjonalność obiektu.
- ▶ Klasę definiuje się następująco:

```
class klasa {  
    // definicje pól  
    // deklaracje metod  
};
```

Klasy

► Przykład klasy:

```
class punkt {  
public:  
    double x, y;  
    punkt (double a, double b);  
    void przesun_x (double dx);  
    void przesun_y (double dy);  
    double odleglosc (Punkt p);  
};
```

Klasy

- ▶ Metody w klasie tylko deklarujemy (jak funkcje w plikach nagłówkowych).
- ▶ Definicje metod umieszczamy poza klasą (definicje te są kwalifikowane nazwą klasy za pomocą operatora zakresu ::).

- ▶ Przykład definicji metody poza klasą:

```
void punkt::przesun_x (double dx) {  
    x += dx;  
}
```

- ▶ Zmienne globalne czy funkcje globalne kwalifikujemy operatorem zakresu globalnego:

```
::zmienna;  
::f();
```

Konstruktor

- ▶ Konstruktor to specjalna metoda uruchamiana tylko podczas inicjalizacji obiektu.
- ▶ Konstruktor ma taką samą nazwę jak klasa.
- ▶ Konstruktor nie zwraca żadnego wyniku.
- ▶ Przykład konstruktora:

```
punkt::punkt (double a, double b) {  
    x = a, y = b;  
}
```

Obiekty

- ▶ Można utworzyć obiekt na stosie za pomocą zwykłej deklaracji połączonej z inicjalizacją.
- ▶ Przykład obiektu automatycznego:

```
punkt a = punkt (4, 6);  
punkt b (5, 7);  
punkt c {3, 8};
```
- ▶ Można też utworzyć obiekt na sterckie za pomocą operatora `new`. Pamiętaj o usunięciu go operatorem `delete`, gdy będzie niepotrzebny.
- ▶ Przykład obiektu w pamięci wolnej:

```
Punkt *p = new Punkt (-2, -3);  
// ...  
delete p;
```

Składowe w obiekcie

- ▶ Do składowych w obiekcie odwołujemy się za pomocą operatora dostępu do składowych (kropka `.` dla obiektów i referencji albo strzałka `->` dla wskaźników).
- ▶ Metoda jest wywoływana na rzecz konkretnego jednego obiektu.
- ▶ Przykłady odwołania do funkcji składowych w obiekcie:

```
punkt a(17,23), b(20,19), *p = &a;  
double d = a.odleglosc(b);  
b.przesun_y(8);  
p->przesun_x(6);
```


Abstrakcja i hermetyzacja

- **Programowanie obiektowe** to paradygmat programowania, w którym programy definiuje się za pomocą obiektów - elementów łączących *stan* (czyli dane, nazywane najczęściej *polami*) i *zachowanie* (czyli funkcje składowe, nazywane też *metodami*).
- **Abstarkcja** to I paradygmat programowania obiektowego - każdy obiekt w systemie jest modelem abstrakcyjnego wykonawcy, który może wykonywać pracę, opisywać i zmieniać swój stan oraz komunikować się z innymi obiektami bez ujawniania, w jaki sposób zaimplementowano jego cechy.

Abstrakcja i hermetyzacja

- **Hermetyzacja** (nazywana też **enkapsulacją**) to II paradygmat programowania obiektowego - oznacza zamknięcie w obiekcie danych i funkcji składowych do operowania na tych danych. Hermetyzacja to również ukrywanie implementacji - zapewnia, że obiekt nie może zmieniać stanu wewnętrznego innych obiektów w nieoczekiwany sposób (tylko własne metody obiektu są uprawnione do zmiany jego stanu). Każdy typ obiektu prezentuje innym obiektom swój **interfejs**, który określa dopuszczalne metody współpracy.

Klasy

- ▶ Klasa to typ zdefiniowany przez programistę.
- ▶ Program to zbiór deklaracji i definicji klas.
- ▶ Klasa jest modelem (projektem) a obiekt jest instancją klasy (realizacją projektu).
- ▶ Klasa posiada różne pola i metody:
 - ▶ wartości pól w obiekcie określają stan obiektu.
- ▶ Obiekt posiada własne pola a wspólne dla wszystkich obiektów są funkcje składowe (metody):
 - ▶ metody pracują na rzecz konkretnego obiektu.

Klasy

- ▶ Klasę definiuje się następująco:

```
class klasa {  
    // definicje pól  
    // deklaracje metod  
};
```

- ▶ Po zrobieniu definicji można tworzyć obiekty klasy:

```
klasa x, y, z;
```

- ▶ Możemy też tworzyć wskaźniki, referencje i tablice obiektów danej klasy:

```
klasa *wsk = &x;  
klasa &ref = y;  
klasa *&r2w = wsk;  
klasa tab[10];
```

Klasy

- ▶ Przykład definicji klasy (w pliku nagłówkowym .hpp) z wykorzystaniem hermetyzacji:

```
class punkt {  
private:  
    double x, y;  
public:  
    punkt (double a, double b);  
    ~punkt ();  
    void przesun_x (double dx);  
    void przesun_y (double dy);  
    double wsp_x ();  
    double wsp_y ();  
    double odleglosc (punkt &p);  
};
```

Obiekty

- ▶ Można utworzyć obiekt na stosie za pomocą zwykłej deklaracji połączonej z inicjalizacją.
- ▶ Przykład obiektu automatycznego:

```
punkt a = punkt (4, 6);  
punkt b (5, 7);
```
- ▶ Można też utworzyć obiekt na sterckie za pomocą operatora `new`. Pamiętaj o usunięciu go operatorem `delete`, gdy będzie niepotrzebny.
- ▶ Przykład obiektu w pamięci wolnej:

```
punkt *p = new punkt (-2, -3);  
// ...  
delete p;
```

Składowe w klasie

- ▶ Wewnątrz klasy można zdefiniować pola składowe (podobnie jak zmienne) oraz zadeklarować funkcje składowe (podobnie jak funkcje globalne).
- ▶ Każdy obiekt ma własny zestaw pól składowych. Wartości pól składowych w obiekcie wyznaczają jego stan.
- ▶ Funkcje składowe określają funkcjonalność klasy. Za pomocą funkcji składowych można sterować stanem obiektów i ich zachowaniem.

Odwołania do składowych w klasie

- ▶ Do składowych w obiekcie odwołujemy się za pomocą operatora dostępu do składowych (kropka `.` dla obiektów i referencji albo strzałka `->` dla wskaźników).
- ▶ Metoda jest wywoływana na rzecz konkretnego jednego obiektu.
- ▶ Przykłady odwołania do składowych w obiekcie:

```
punkt a(17,23), b(20,19);  
punkt *p = &a, &r = b;  
double d = a.odleglosc(b);  
r.przesun_y(8);  
p->przesun_x(6);
```


Pola składowe

- ▶ Pola w klasie mogą być danymi typu podstawowego (`bool`, `char`, `int`, `double`, itd), ale mogą też być obiektami innych klas.

- ▶ Przykłady:

```
struct lwymierna {  
    int licznik, mianownik;  
};  
struct osoba {  
    int rok_ur;  
    double waga, wzrost;  
    string imie, nazwisko;  
};
```

- ▶ Budowanie nowej klasy w oparciu o obiekty innych klas nazywa się **kompozycją**.

Funkcje składowe

- ▶ Funkcje składowe w klasie tylko deklarujemy (jak funkcje globalne w plikach nagłówkowych).
- ▶ Definicje metod umieszczamy poza klasą (definicje te są kwalifikowane nazwą klasy za pomocą operatora zakresu `::`).
- ▶ Przykład definicji metod poza klasą (w pliku źródłowym `.cpp`):

```
void punkt::przesun_x (double dx) { x += dx; }
void punkt::przesun_y (double dy) { y += dy; }
double punkt::wsp_x () { return x; }
double punkt::wsp_y () { return y; }
double punkt::odleglosc (Punkt &p) {
    double dx=x-p.x, dy=y-p.y;
    return sqrt(dx*dx+dy*dy);
}
```
- ▶ W ciele metody możemy się odnosić do wszystkich składowych w tej samej klasie bez operatora zakresu `::`.

Konstruktor

- ▶ Konstruktor to specjalna metoda uruchamiana tylko podczas inicjalizacji obiektu - jego celem jest nadanie początkowego stanu obiektowi.
- ▶ Konstruktor ma taką samą nazwę jak klasa.
- ▶ Konstruktor nie zwraca żadnego wyniku.
- ▶ Konstruktor można przeciążyć.
- ▶ Przykład konstruktora:

```
punkt::punkt (double a, double b) {  
    x = a, y = b;  
}
```

Konstruktor domyślny

- ▶ Jeśli programista nie zdefiniuje żadnego konstruktora w klasie, wówczas kompilator wygeneruje **konstruktor domyślny** (konstruktor bezargumentowy), który nic nie robi.

- ▶ Przykład konstruktora bezargumentowego zdefiniowanego **jawnie**:

```
punkt::punkt () {  
    x = y = 0;  
}
```

- ▶ **Deklaracja obiektu z konstruktorem domyślnym:**

```
// punkt p(); - to jest źle!  
punkt p = punkt(); // to samo co; Punkt p;  
// punkt p; - to jest też dobrze!
```

Konstruktor domyślny

- ▶ Jeśli programista zdefiniował jakieś konstruktory w klasie i chciałby mieć **konstruktor domyślny**, to może wymusić na kompilatorze wygenerowanie konstruktora domyślnego za pomocą frazy `=default` umieszczonej na końcu deklaracji.
- ▶ Przykład konstruktora domyślnego, który zostanie wygenerowany przez kompilator:

```
punkt() = default;
```

Konstruktory delegatowe

- ▶ **Konstruktor delegatowy** wywołuje inny konstruktor do zainicjalizowania obiektu.
- ▶ Wywołanie konstruktora właściwego w konstruktorze delegatowym następuje na liście inicjalizacyjnej (jest to jedyne wywołanie na liście inicjalizacyjnej):
$$K :: K (...) : K (...) \{ \dots \}$$
- ▶ Treść konstruktora delegatowego pracuje na zainicjalizowanym już obiekcie.

Konstruktory delegatowe

- ▶ Wywołanie innych równorzędnych konstruktorów, zwanych delegacjami, umożliwia wykorzystanie cech innego konstruktora za pomocą niewielkiego dodatku kodu.

- ▶ Przykład:

```
class SomeType {  
    int number;  
public:  
    SomeType (int num) : number(num) {}  
    SomeType () : SomeType(45) {}  
    // ...  
};
```

Konstruktory delegatowe

- ▶ W C++ obiekt jest skonstruowany, jeśli dowolny konstruktor zakończy swoje działanie.
- ▶ Jeśli wielokrotne wykonywanie konstruktorów jest dozwolone, to znaczy, że każdy konstruktor delegatowy będzie wykonywany na już skonstruowanym obiekcie.
- ▶ Konstruktory klas pochodnych będą wywołane wtedy, gdy wszystkie konstruktory delegatowe ich klas bazowych będą zakończone.

Destruktor

- ▶ Destruktor to specjalna metoda uruchamiana podczas likwidacji obiektu - jego celem jest posprzątanie po obiekcie (zwolnienie jego zasobów - pamięć na sterckie, pliki, itp.).
- ▶ Nazwa destruktora to nazwa klasy poprzedzona tyldą.
- ▶ Destruktor nie zwraca żadnego wyniku.
- ▶ Destruktor nie przyjmuje żadnych argumentów.

- ▶ Przykład destruktora:

```
punkt::~~punkt () {  
    x = y = 0;  
}
```

Destruktor

- ▶ Destruktor można wywołać jawnie w czasie życia obiektu tak jak zwykłą funkcję składową:

```
punkt p(1, 2);  
punkt *pp = &p;  
//...  
p.~punkt();  
pp->~punkt();
```

- ▶ Destruktor można wywołać w jawny sposób na przykład w przypisaniu kopiującym.
- ▶ Destruktora nie powinno się wywoływać w sposób jawny w programie!

Wskaźnik `this`

- ▶ Wskaźnik `this` jest ukrytym parametrem każdej instancyjnej funkcji składowej.
- ▶ Wskaźnik `this` pokazuje na bieżący obiekt.
- ▶ Wskaźnika tego używany tylko w funkcjach składowych.
- ▶ Typ wskaźnika `this` jest taki jak klasy, w której jest używany.
- ▶ `this` stosujemy najczęściej w przypadku:
 - ▶ zastąpienia nazwy składowej przez nazwę lokalną (na przykład przez nazwę argumentu);
 - ▶ jawnego wywołania destruktora (`this->~Klasa();`).

Ukrywanie składowych

- ▶ Całą definicję klasy można podzielić na bloki o różnych zakresach widoczności.
- ▶ Początek bloku rozpoczyna się od frazy `public:`, `private:` albo `protected:`.
- ▶ Składowe publiczne (blok `public:`) są widoczne w klasie i poza klasą.
- ▶ Składowe prywatne (blok `private:`) są widoczne tylko w klasie (również w zewnętrznej definicji funkcji składowej danej klasy).
- ▶ Składowe chronione (blok `protected:`) są widoczne tylko w klasie i w klasach pochodnych od danej klasy.

Ukrywanie składowych

- ▶ Domyślnie wszystkie składowe w klasie są prywatne a w strukturze publiczne.
- ▶ Ukrywamy informacje wrażliwe, by ktoś spoza klasy przypadkiem nie zniszczył stanu obiektu.
- ▶ Dobrym obyczajem w programowaniu jest ukrywanie pól składowych, do których dostęp jest tylko poprzez specjalne funkcje składowe (zwane metodami dostępowymi albo akcesorami - gettery do czytania i settery do pisania).

Przeciążanie nazw funkcji

- ▶ **Przeciążanie** albo **przeładowanie** nazwy funkcji polega na zdefiniowaniu kilku funkcji o takiej samej nazwie.
- ▶ Funkcje przeciążone muszą się różnić listą argumentów - kompilator rozpoznaje po argumentach, o którą wersję danej funkcji chodzi.
- ▶ Możemy przeciążać również funkcje składowe i konstruktory w klasie.
- ▶ **Przykład przeciążenia konstruktora:**

```
class punkt {  
    double x, y;  
public:  
    punkt ()  
        { x = y = 0; }  
    punkt (double x, double y)  
        { this->x = x; this->y = y; }  
}
```

Stałe

- ▶ Modyfikator `const` oznacza stałość (brak zmian) zmiennych albo argumentów funkcji.
- ▶ Stałe trzeba zainicjalizować.
- ▶ Przykład definicji stałej:

```
const double pi =  
    3.1415926535897932386426433832795;
```
- ▶ W programie niewolno modyfikować wartości zmiennych ustalonych (poprzez przypisanie nowych wartości).
- ▶ Zmienne o ustalonej wartości to przeważnie stałe globalne.
- ▶ Pola stałe bardzo często są deklarowane w klasie jako pola publiczne.

Stałe kontra `#define`

- ▶ Rozważmy następujące definicje:
 - ▶ `#define E 2.718281828459`
 - ▶ `const double E = 2.718281828459;`
- ▶ W przypadku makrodefinicji nazwa `E` jest kompilatorowi zupełnie nieznaną (będzie usunięta w fazie preprocesingu).
- ▶ Nazwa `E` w przypadku stałej ma swój zakres ważności.
- ▶ Stała `E` to obiekt w pamięci i ma swój adres.
- ▶ Stała `E` to obiekt o określonym typie.

Uogólnione wyrażenia stałe

- ▶ Stałe wyrażenia to wyrażenia, które zawsze zwracają ten sam wynik i nie wywołują żadnych dodatkowych efektów ubocznych (na przykład $3+5$).
- ▶ Stałe wyrażenia są dla kompilatora okazją do optymalizacji, ponieważ kompilator często wylicza te wyrażenia w czasie kompilacji i wstawia ich wyniki do programu.
- ▶ Zmienne typu `constexpr` (stałowyrazeniowe) są niejawnie przekształcane do typu `const` - mogą one przechować wyniki wyrażeń stałych lub stałowyrazeniowych konstruktorów (czyli zdefiniowanych ze słowem kluczowym `constexpr`).
- ▶ Przykład:

```
constexpr double grawitacja = 9.8;  
constexpr double grawitKsiezycy = grawitacja / 6;
```

Uogólnione wyrażenia stałe

- ▶ Za pomocą słowa kluczowego `constexpr` można zagwarantować, że funkcja lub konstruktor obiektu są stałymi podczas kompilacji.
- ▶ Zastosowanie `constexpr` do funkcji narzuca bardzo ścisłe ograniczenia na to, co funkcja może robić:
 - ▶ funkcja musi posiadać typ zwracany różny od `void`;
 - ▶ zaleca się aby cała zawartość funkcji składała się tylko z instrukcji `return`;
 - ▶ wyrażenie musi być stałym wyrażeniem po zastąpieniu argumentu - to stałe wyrażenie może albo wywołać inne funkcje tylko wtedy, gdy te funkcje też są zadeklarowane ze słowem kluczowym `constexpr` albo używać innych stałych wyrażeń;
 - ▶ wszystkie formy rekursji w stałych wyrażeniach są zabronione;
 - ▶ funkcja zadeklarowana ze słowem kluczowym `constexpr` nie może być wywoływana, dopóki nie będzie zdefiniowana w swojej jednostce translacyjnej.

Uogólnione wyrażenia stałe

- ▶ Stałowyrazeniowy konstruktor służy do konstrukcji wartości stałowyrazeniowych z typów zdefiniowanych przez użytkownika, konstruktory takie muszą być zadeklarowane jako `constexpr`.
- ▶ Stałowyrazeniowy konstruktor musi być zdefiniowany przed użyciem w jednostce translacyjnej (podobnie jak metoda stałowyrazeniowa) i musi mieć puste ciało funkcji i musi inicjalizować swoje składowe za pomocą stałych wyrażeń na liście inicjalizacyjnej.
- ▶ Destruktory takich typów powinny być trywialne.

Argumenty stałe

- ▶ Modyfikator `const` może występować przy argumentach w funkcji.
- ▶ Jeśli argument jest stały to argumentu takiego nie wolno w funkcji zmodyfikować.
- ▶ Przykład funkcji z argumentami stałymi:

```
int abs (const int a) {  
    return a<0 ? -a : a;  
}
```
- ▶ Często argumentami stałymi są referencje.
- ▶ Przykład funkcji z argumentami stałymi:

```
int min (const int &a, const int &b) {  
    return a<b ? a : b;  
}
```
- ▶ Argument stały jest inicjalizowany przy wywołaniu funkcji.

Referencja do stałej jako argument w funkcji

- ▶ Referencja do stałej może się odnosić do obiektu zewnętrznego (może być zadeklarowany jako stały) ale również do obiektu tymczasowego.

- ▶ Przykład referencji do stałej:

```
const int &rc = (2*3-5)/7+11;
```

- ▶ Przykład argumentu funkcji, który jest referencją do stałej:

```
int fun (const int &r);
```

```
// wywołanie może mieć postać
```

```
// fun(13+17);
```

```
// gdzie argumentem może być wyrażenie
```

Stały wskaźnik i wskaźnik do stałej

- ▶ Wskaźnik do stałej pokazuje na obiekt, którego nie można modyfikować. Przykład:

```
int a=7, b=5;  
const int *p = &a;  
// *p = 12; to jest błąd  
p = &b; // ok
```

- ▶ Stały wskaźnik zawsze pokazuje na ten sam obiekt. Przykład:

```
int a=13, b=11;  
int *const p = &a;  
*p = 12; // ok  
// p = &b; to jest błąd
```

- ▶ Można również zdefiniować stały wskaźnik do stałej. Przykład:

```
int c=23;  
const int *const p = &c;
```

Pola stałe w klasie

- ▶ W klasie można zdefiniować pola stałe z deklaratorem `const`.

Przykład:

```
class zakres {  
    const int MIN, MAX;  
public:  
    zakres(int mi, int ma);  
    // ...  
};
```

- ▶ Inicjalizacji pola stałego (i nie tylko stałego) można dokonać tylko poprzez listę inicjalizacyjną w konstruktorze (po dwukropku za nagłówkiem). Przykład:

```
zakres::zakres(int mi, int ma) : MIN(mi) ,  
MAX(ma) {  
    if (MIN<0 || MIN>=MAX)  
        throw string("złe zakresy");  
}
```

Inicjalizacja pól na liście ma postać konstruktorową.

- ▶ Konstruktor kopiujący nie zostanie wygenerowany automatycznie tylko wtedy, gdy w klasie nie ma pól stałych.

Stałe funkcje składowe

- ▶ W klasie można zadeklarować stałe funkcje składowe z deklaratorem `const`. Przykład:

```
class zakres {  
    const int MIN, MAX;  
public:  
    int min () const;  
    int max () const;  
    // ...  
};
```

- ▶ Stała funkcja składowa gwarantuje nam, że nie będzie modyfikować żadnych pól w obiekcie (nie zmieni stanu obiektu). Przykład:

```
int zakres::min () const { return MIN; }  
int zakres::max () const { return MAX; }
```

- ▶ Na obiektach stałych możemy działać tylko stałymi funkcjami składowymi.

Pola zawsze modyfikowalne

- ▶ Jeśli obiekt zostanie zadeklarowany jako stały, to można na nim wywoływać tylko stałe funkcje składowe, które nie zmieniają stanu obiektu.
- ▶ W klasie można jednak zdefiniować zawsze modyfikowalne pola składowe za pomocą deklaratora `mutable`. Przykład:

```
class zakres
{
    mutable int wsp;
public:
    void nowyWsp (int w) const;
    // ...
};
```

- ▶ Pole zawsze modyfikowalne może być zmieniane w stałym obiekcie przez stałą funkcję składową. Przykład:

```
void zakres::nowyWsp (int w) const
{
    if (w<0 || w<wsp/2 || w>wsp*2)
        throw string("zły współczynnik");
    wsp = w;
}
```

Ulotne funkcje składowe

- ▶ W klasie można również zadeklarować ulotne funkcje składowe z deklaratorem `volatile`. Przykład:

```
class licznik {  
    volatile int ile;  
public:  
    int ilosc() volatile;  
    // ...  
};
```

- ▶ Ulotna funkcja składowa gwarantuje nam, że nie będzie optymalizować kodu przy korzystaniu z pól w obiekcie (nie przechowywać stanu obiektu w podręcznej pamięci). Przykład:

```
int licznik::ilosc() volatile {  
    return ile;  
}
```

- ▶ Na obiektach ulotnych możemy działać tylko ulotnymi funkcjami składowymi.