Podstawy programowania obiektowego

dr inż. Piotr Szwed
Katedra Informatyki Stosowanej
C2, pok. 403

e-mail: pszwed@agh.edu.pl

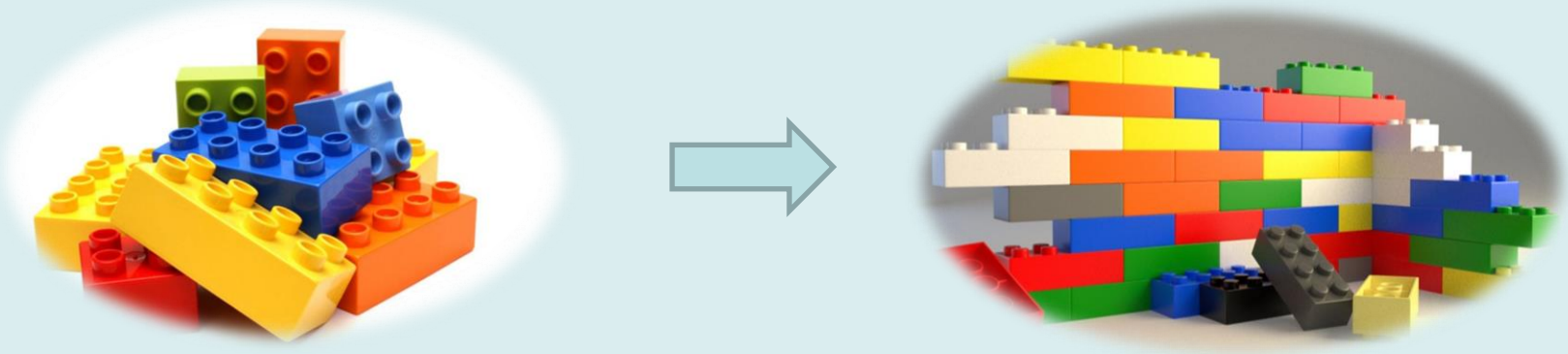
http://home.agh.edu.pl/~pszwed/

Aktualizacja: 19.03.2020

3. Kompozycja i dziedziczenie

Kompozycja i dziedziczenie

- Techniki programowania obiektowego zyskały bardzo dużą popularność ze względu na możliwość łatwego wykorzystania istniejącego kodu (ang. *reuse*).
- Biblioteki obiektowe definiują zazwyczaj zbiór użytecznych komponentów, które następnie bez żadnych zmian oryginalnego kodu można włączać do aplikacji.



Kompozycja i dziedziczenie

Wykorzystanie istniejących komponentów może być realizowane dwiema drogami:

- przez **kompozycję** (agregację) czyli użycie istniejącego obiektu jako podobiektu (atrybutu) nowej klasy;

- przez **dziedziczenie**, czyli stworzenie nowej klasy obiektów rozszerzających funkcjonalność istniejącej klasy.

Kompozycja - komponent

```
class Temperature{
    double  value;
public:
    Temperature(double v = 0):value(v){}
    double getKelvin(){return value;}
    double  getCelsius(){return value-272.15;}
    double getFahrenheit(){return value * 9 / 5 - 459.67;}
    void setKelvin(double v){value = v;}
    void setCelsius(double v){value = v + 272.15;}
    void setFahrenheit(double v){value=(v+459.67)*5/9;}
};
```

- Przechowuje wartość temperatury w stopniach Kelvina
- Potrafi dokonać konwersji do stopni Celsiusza i Fahrenheita

Kompozycja

- Tworzymy klasę `Weather` (pogoda)
- Ma przechowywać:
  - Stan nieba (słońce, chmury, deszcz)
  - Temperaturę
  - Wilgotność
  - Prędkość wiatru

```
class Weather{
public:
    enum sky_state{sun,partly_cloudy,cloudy,rain,snow};

    enum sky_state sky;
    Temperature temp;
    double humidity;
    double windSpeed;
   //...
```

Kompozycja

- Dodajemy konstruktor
- Opcjonalnie: funkcje dostępu (settery i gettery)

```
//...
    Weather(double t, double h, double w, sky_state s):
        temp(t),humidity(h),windSpeed(w),sky(s){
    }
    void setKelvin();
    void setCelsius(double v);
    void setFahrenheit(double v);
    double getKelvin();
    double getCelsius();
    double getFahrenheit();
};
```

Kompozycja - delegacja

- `Weather` **deleguje** wykonanie metod do obiektu `temp`

```
double Weather::getKelvin(){
    return temp.getKelvin();
}

double Weather::getCelsius(){
    return temp.getCelsius();
}
double Weather::getFahrenheit(){
    return temp.getFahrenheit();
}
```

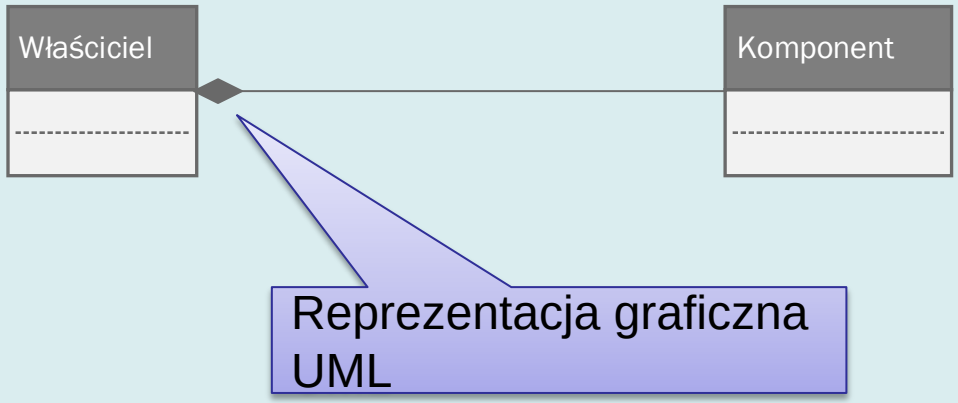
- Napisz settery…
- Jak skłonić kompilator aby utworzył funkcje inline

Kompozycja – analiza obiektowa

Aby podczas analizy sprawdzić, czy pomiędzy klasami zachodzi agregacja lub kompozycja stosujemy frazy języka naturalnego:

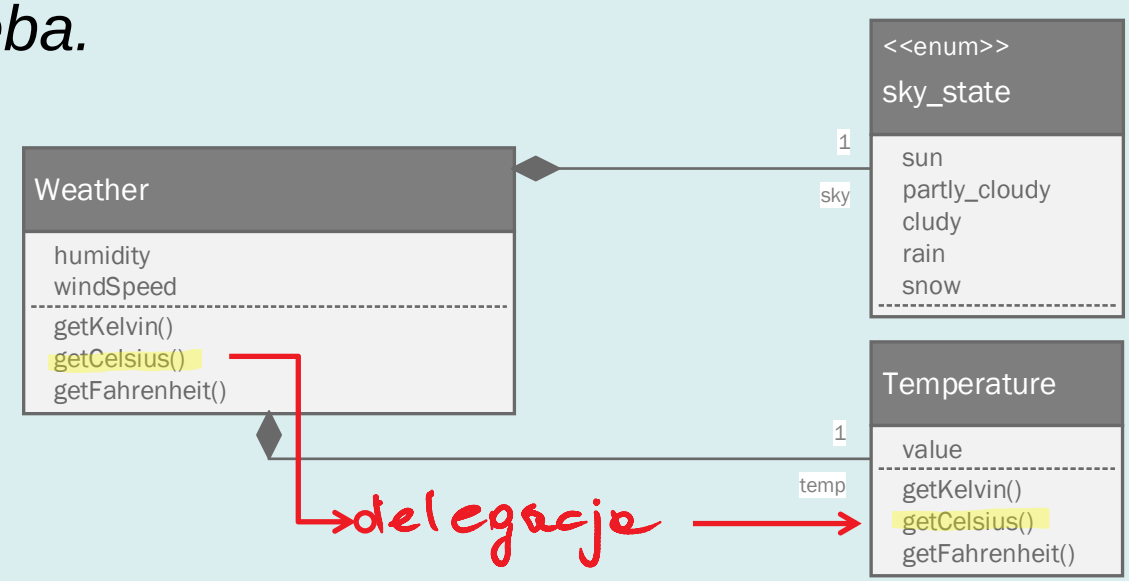
- ma, zawiera, obejmuje (agregacja)
- składa się (kompozycja)

Zazwyczaj przy usuwaniu obiektu nadrzędnego usuwane są jego komponenty (kiedy zburzymy budynek, znikną mieszkania).



Kompozycja – analiza obiektowa

- Inne przykłady:
  - Powiat składa się z gmin
  - Mieszkanie składa się z pomieszczeń
  - Budynek zawiera mieszkania
  - *Pogoda (dane opisujące pogodę) składają się z temperatury, wilgotności, prędkości wiatru i stanu nieba.*



Dziedziczenie

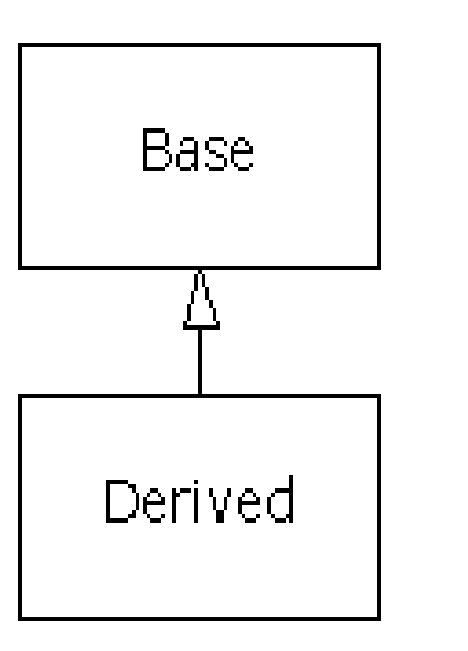
- Dziedziczenie umożliwia na stworzenie nowej defincji klasy (tzw. *klasy potomnej*) wykorzystującej istniejącą klasę (*klasę bazową*).
- Interfejs klasy bazowej jest w pełni zachowany. Obiekt klasy potomnej może przyjmować te same komunikaty – a więc należy również do klasy bazowej.
- Klasa potomna może dodawać nowe elementy do interfejsu, a także w odmienny sposób reagować na komunikaty zdefiniowane w interfejsie klasy bazowej.

Dziedziczenie

Często klasa bazowa nazywana jest *generalizacją* natomiast klasa potomna *specjalizacją*.

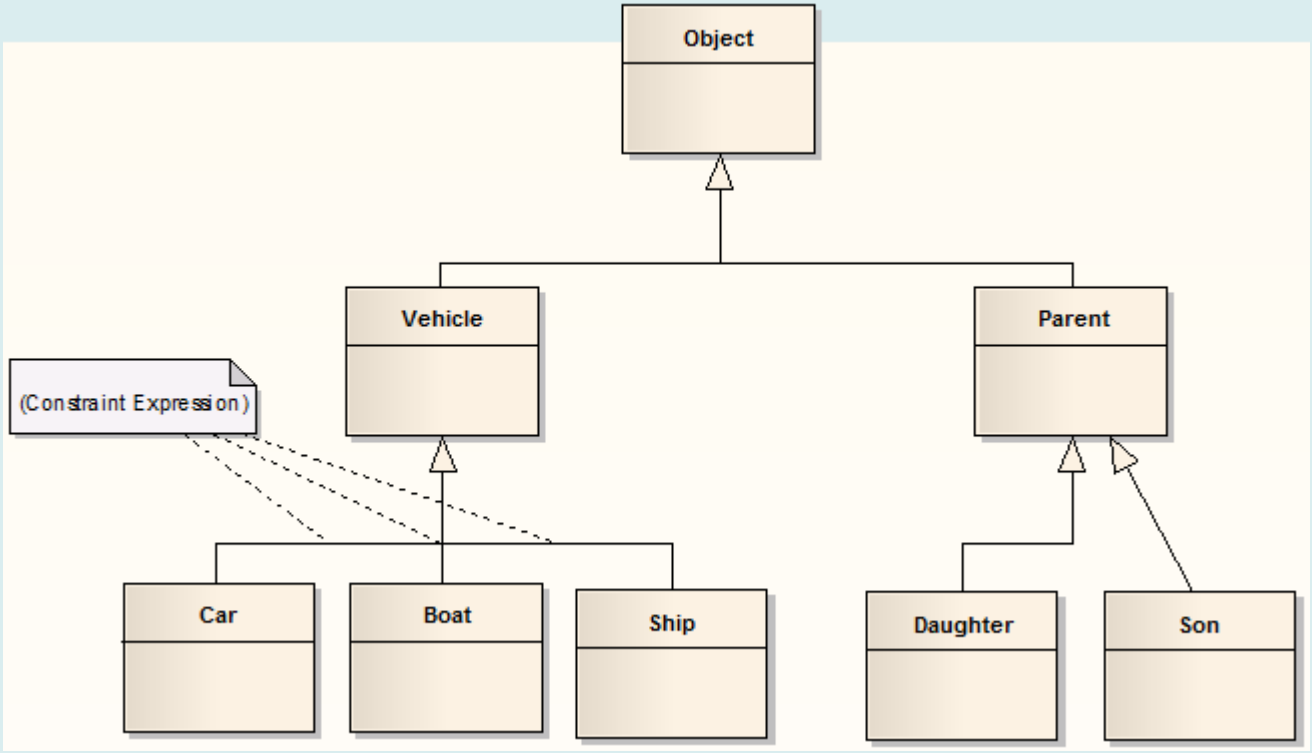
Decydując się na ustalenie, czy pomiędzy obiektami należy wprowadzić relację dziedziczenia posługujemy się frazą „*jest, jest rodzajem*”

- `B jest (jest rodzajem) A`
- `Okrąg jest Kształtem`
- `Trójkąt jest Kształtem`
- `SamochódOsobowy jest Pojazdem`



Reprezentacja graficzna

Dziedziczenie



- Klasy połączone relacją dziedziczenia mogą tworzyć rozbudowane hierarchie
- W wielu językach mają one wspólny korzeń – klasę `Object`, stąd mówimy o hierarchiach obiektowych

Dziedziczenie

Klasa `MeltingTemperature` (temperatura topnienia) rozszerza funkcjonalność temperatury – dodaje nazwę substancji.

```
class MeltingTemperature :public Temperature{
    string name;
public:
    MeltingTemperature(const char*n,double v):
       Temperature(v),name(n){
    }
    const char*getName(){return name.c_str();}
    // temperatura?
    bool setCelsius(double v){
        if(v<-272.15 || v>=2000) return false;
        setCelsius(v);
        return true;
    }
};
```

Dziedziczenie – przedefiniowanie metod

```
MeltingTemperature water("water",272.15);
cout<<water.getCelsius()<<endl;
water.setCelsius(-500);
cout<<water.getCelsius()<<endl;
water.Temperature::setCelsius(-500);
cout<<water.getCelsius()<<endl;
```

W obu przykładach wypisze

0
0
-500

```
MeltingTemperature water("water",272.15);
cout<<water.getCelsius()<<endl;

MeltingTemperature r1 = water;
r1.setCelsius(-500);
cout<<r1.getCelsius()<<endl;

Temperature r2 = water;
r2.setCelsius(-500);
cout<<r2.getCelsius()<<endl;
```

Wywołanie `setCelsius` w klasie bazowej

Dziedziczenie - konstruktor

```
class MeltingTemperature
:public Temperature{
    string name;
public:
    MeltingTemperature(const char*n,double v):
        Temperature(v),name(n){
    }
    //...
};
```

Klasa bazowa

Atrybut

Argument konstruktora klasy bazowej Temperature

Argument konstruktora atrybutu name

Składnia dziedziczenia

```
class derived : base-list {…}
base-list :
      base-specifier
      base-list , base-specifier
base-specifier :
      [virtual] [access-specifier] complete-class-name
access-specifier :
      private
      protected
      public
```

Przykłady

```
class X:public A {…} // jednobazowe
class Y:public A, public B {…} // wielobazowe
class Z: A, public B, protected C, virtual D
{…}
```

Specyfikacja dostępu

Słowa kluczowe `private`, `protected`, `public` definiują prawa dostępu w klasie pochodnej do elementów klasy bazowej. Brak słowa kluczowego (w przypadku deklaracji klasy) jest równoważny zastosowaniu dostępu `private`.

Dostęp w klasie bazowej	Sposób dziedziczenia	Dostęp w klasie pochodnej
public protected private	public	public protected Brak dostępu
public protected private	protected	protected protected Brak dostępu
public protected private	private	private private Brak dostępu

Przykład

Po zmianie definicji klasy `MeltingTemperature` na

```
class MeltingTemperature : private Temperature
{…}
```

za pośrednictwem klasy `MeltingTemperature` nie mamy dostępu z zewnątrz do żadnego komponentu (pola, metody, definicji) klasy `Temperature`.

`Temperature t(0);` `t.setCelsius(0);`	Poprawne
`MeltingTemperature mt;` `mt.Temperature::setCelsius(0);`	`Temperature::setCelsius` niedostępne jako metoda obiektu klasy `MeltingTemperature`
`Temperature&rt = mt;`	Konwersja typu jest potencjalnie możliwa, ale zabroniona przez tryb dziedziczenia

Przykład

```
class Light{
protected:
    double voltage;
public:
    Light(){voltage=0;}
    virtual void on(){voltage = 230;}
    virtual void off(){voltage=0;}
};
```

Klasa `Light` definiuje chroniony atrybut `voltage` i dwie publiczne metody `on()` oraz `off()`.

```
class DimmableLight:public Light{
    double level;
    void updateVoltage(){
        voltage=level*230;
        std::cout<<voltage<<std::endl;
    }
public:
    DimmableLight(){
        level=0;
        updateVoltage();}
    void dim(){
        if(level>=0.1)level -= 0.1;
        updateVoltage();}
    void brighten(){
        if(level<=0.9)level += 0.1;
        updateVoltage();}
    void on(){
        level=1.0;
        updateVoltage();}
    void off(){
        level=0;
        updateVoltage();}
};
```

- Klasa `DimmableLight` dziedziczy komponenty klasy `Light`.
- Dodano w niej prywatny atrybut `level` i prywatną metodę `updateVoltage();`
- Interfejs został rozszerzony o dwie dodatkowe metody `dim()` i `brighten()`.
- Dodatkowo, przedefiniowano metody `on()` i `off()`

Wywołanie

```
int main(){
    Light simpleLight;
    simpleLight.on();
    simpleLight.off();

    DimmableLight advancedLight;
    advancedLight.on();
    advancedLight.dim();
    advancedLight.dim();
    advancedLight.off();
}
```

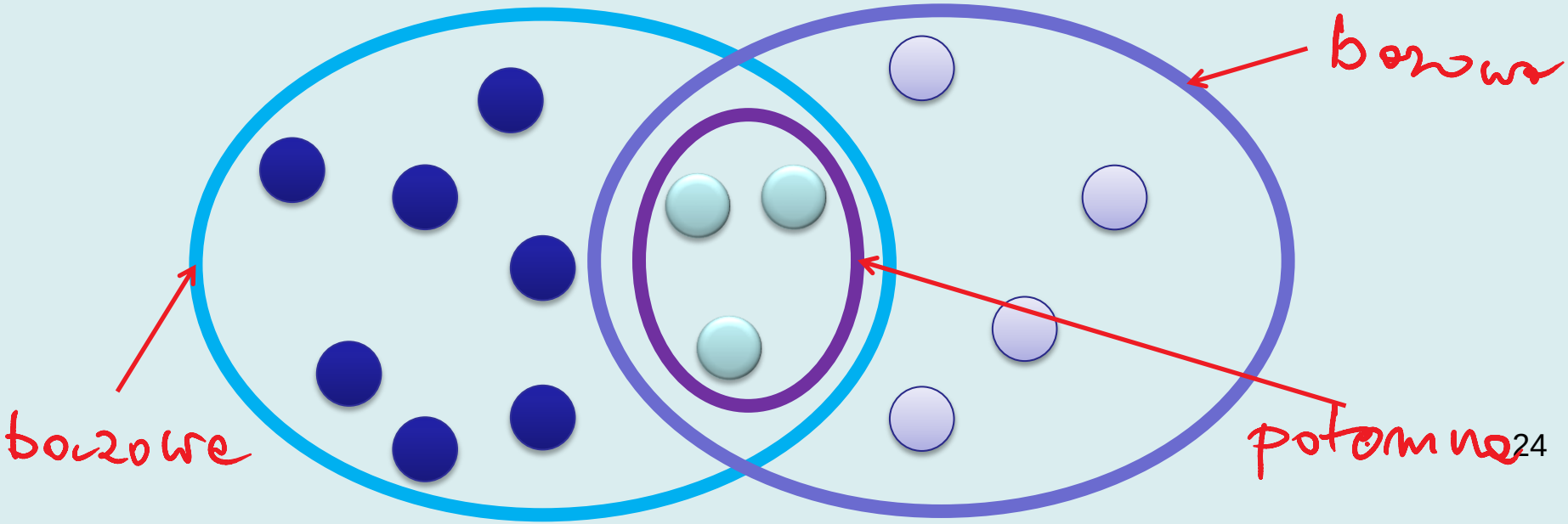
Wynik:

```
0
230
207
184
0
```

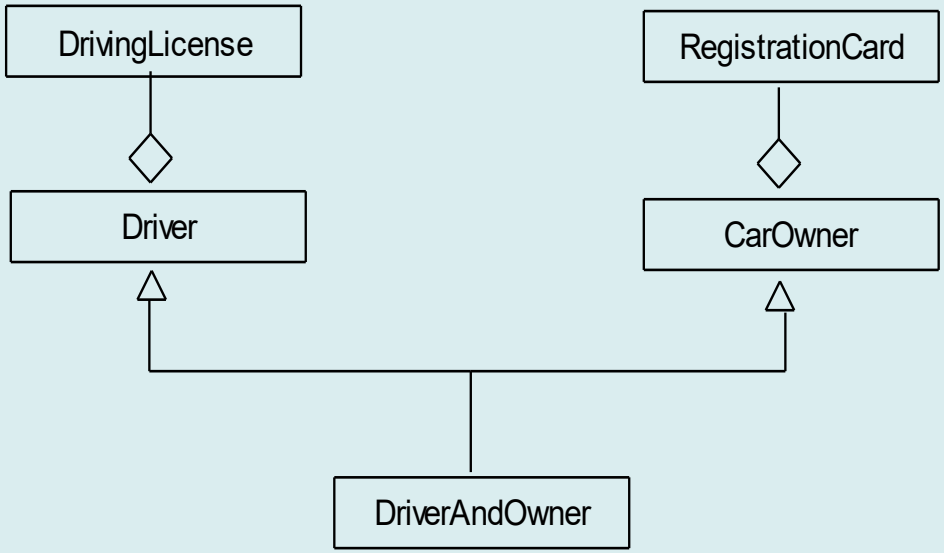
Dziedziczenie wielobazowe

Dziedziczenie wielobazowe (wielokrotne)

- Hierarchie obiektów są bardzo często rzutem opisu rzeczywistej dziedziny na konstrukcje języka programowania.
- Niejednokrotnie analizując dziedzinę, możemy podać obiekty, które należą do różnych klas, a równocześnie żadna z klas nie może zostać uznana za generalizację lub specjalizacją drugiej.



Dziedziczenie wielobazowe - przykład



- Charakterystyczną cechą klasy `Driver` jest posiadanie prawa jazdy (`DrivingLicense`). Charakterystyczną cechą posiadacza pojazdu `CarOwner` jest posiadania dowodu rejestracyjnego `RegistrationCard`.
- Bardzo często występują obiekty, które należą do obu klas równocześnie, a więc jak `DriverAndOwner` powinny dziedziczyć po dwóch klasach bazowych.

Dziedziczenie wielobazowe

- Dziedziczenie wielobazowe jest konstrukcją pozwalające na stworzenie klasy potomnej dziedziczącej atrybuty i metody kilku klas bazowych.
- W definicji klasy potomnej podaje się na liście klas bazowych kilka klas – potencjalnie stosując różne prawa dostępu.
- W szczególnym przypadku nazwy atrybutów i metod klas bazowych mogą się pokrywać. Wówczas zazwyczaj można uzyskać dostęp do konkretnych składowych podając nazwę klasy bazowej:

```
object_name.Base1::attribute
object_name.Base2::method(…)
```

Przykład

```
class A1
{
   int i;
public:
   A1(int _i):i(_i){}
   void f(){
       printf("A1[i=%d] ",i);
   }
};

class A2
{
public:
   A2(){}
   void f(){
       printf("A2 ");
   }
};
```

```
class B: public A1, public A2 {
public:
   B():A2(),A1(7){}

   void f(){
      printf("B[ ");
      A1::f();
      A2::f();
      printf("]");
   }
};

int main(){
    B b;
    b.f();
    b.A1::f();
    b.A2::f();

}
```

Przykład

```
B():A2(),A1(7){}
```

- Konstruktor klasy potomnej. Na liście inicjalizacyjnej przekazywane są parametry do konstruktorów klas `A1` i `A2`. Wywołanie `A2()` można pominąć.
- Kolejność wołania konstruktorów jest zgodna z kolejnością deklaracji, a nie kolejnością na liście inicjalizacyjnej.
- Metoda `B::f()` przedefiniowuje metody `A1::f()` oraz `A2::f()`. Są one jednak dalej dostępne przez podanie nazwy poprzedzonej operatorem zasięgu.

```
int main(){
    B b;
    b.f();
    b.A1::f();
    b.A2::f();
}
```

Dziedziczenie wielokrotne klasy bazowej

W przypadku rozbudowanych hierarchii klas, pewna klasa może zostać odziedziczona wielokrotnie.

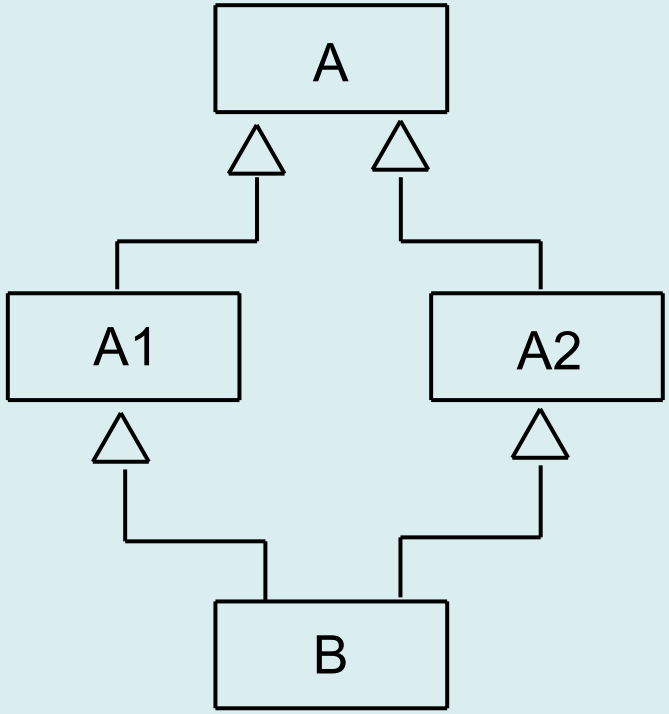
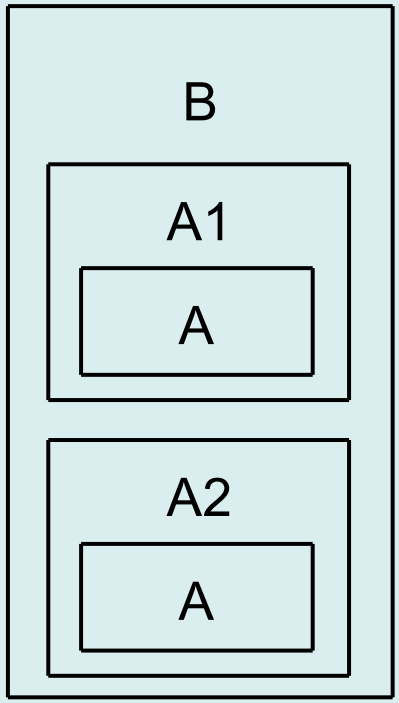


Diagram klas UML



A1 zawiera podobiekt klasy bazowej A,
A2 zawiera **inny** podobiekt klasy A.
Klasa B zawiera podobiekty A1 i A2.

Przykład

```
class A {
    int k;
public:
    A(int _k):k(_k){}
    void f(){
        printf("A[k=%d]", k);
    }
};
```

```
class A1 : public A {
    int i;
public:
    A1(int _i):A(1),i(_i){}
    void f(){
        printf("A1[i=%d] ",i);
    }
};
```

```
class A2 : public A
{
public:
    A2():A(2){}
    void f(){printf("A2 ");}
};
```

```
class B: public A1, public A2
{
public:
    B():A2(),A1(7){}
};
```

Przykład

```
class A {
    int k;
public:
    A(int _k):k(_k){}
    void f(){
        printf("A[k=%d]", k);
    }
};
```

```
class A1 : public A {
    int i;
public:
    A1(int _i):A(1),i(_i){}
    void f(){
        printf("A1[i=%d] ",i);
    }
};
```

```
class A2 : public A
{
public:
    A2():A(2){}
    void f(){printf("A2 ");}
};
```

Podobiekty A w A1 oraz A w A2 różnią się stanem:

- W pierwszym przypadku k==1
- W drugim k==2

Przykład

```
class A {
    int k;
public:
    A(int _k):k(_k){}
    void f(){
        printf("A[k=%d]", k);
    }
};
```

```
class A1 : public A {
    int i;
public:
    A1(int _i):A(1),i(_i){}
    void f(){
        printf("A1[i=%d] ",i);
    }
};
```

```
class A2 : public A
{
public:
    A2():A(2){}
    void f(){printf("A2 ");}
};
```

```
int main(){
    B b;
    b.A1::f();
    b.A2::f();
};
```

Możemy wywołać funkcje f() podobiektów A1 oraz A2

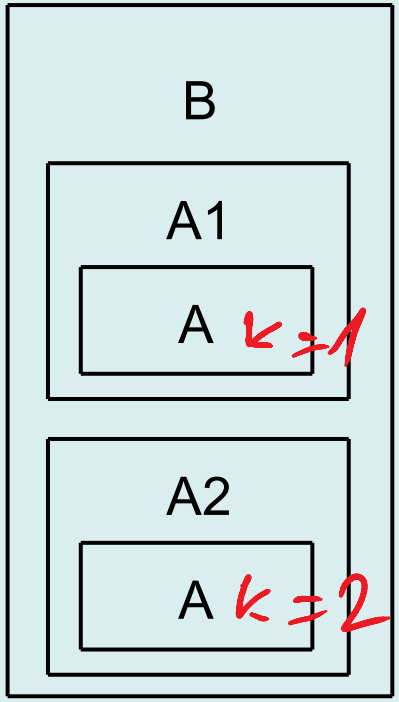
```
A1[i=7] A2
```

Przykład

```
int main(){
    B b;
    b.A::f()
};
```

```
error: 'A' is an ambiguous base of 'B'
    b.A::f()
       ^
```

- Kod tej postaci jest błędny ze względu na niejednoznaczność (ang. *ambiguity*).
- Co miałaby wypisać funkcja `f()`
  - A[k=1] ?
  - A[k=2] ?
- W praktyce nie można bezpośrednio uzyskać dostępu do żadnej instancji klasy `A` osadzonej w `B`.



Przykład

- Jednym z możliwych rozwiązań jest wyłuskanie podobiektu poprzez rzutowanie w górę (*upcasting*):

```
A2&ra = b;
ra.A::f();
```

- Podobnie, można posłużyć się wskaźnikami:

```
((A*)(A2*)&b)->f()
```

Dziedziczenie wirtualne

Definiując klasy A1 i A2 jako dziedziczące wirtualnie po klasie A można zapewnić użycie wspólnego obiektu klasy A w klasach dziedziczących równocześnie po A1 i A2.

```
class A {
    int k;
public:
    A(int _k):k(_k){}
    void f(){
        printf("A[k=%d]", k);
    }
};

class A1 : virtual public A
{
    int i;
public:
    A1(int _i):A(1),i(_i){}
    void f(){
        printf("A1[i=%d] ",i);
    }
};
```

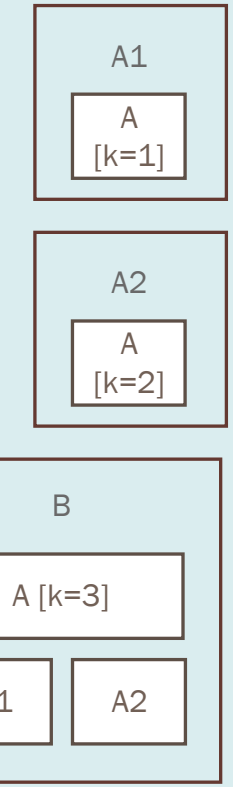
```
class A2 : virtual public A
{
public:
    A2():A(2){}
    void f(){printf("A2 ");}
};



class B:
        public A1,
        public A2
{
public:
    B():A2(),A1(7),A(3){}
};
```

Dziedziczenie wirtualne

- Samodzielny obiekt klasy A1 będzie zawierał podobiekt A ze stanem k=1
- Samodzielny obiekt klasy A2 będzie zawierał podobiekt A ze stanem k=2
- Obiekt klasy B będzie zawierał trzy podobiekty:
  A (ze stanem k=3), A1 oraz A2.
  Konstruktor klasy B musi jawnie zainicjować składowy obiekt klasy A. Inicjacje za pośrednictwem konstruktorów A1 oraz A2 są ignorowane.




```
int main(){
    A1 a1(23);
    a1.A::f();
    A2 a2;
    a2.A::f();
    B b;
    b.A::f();
};
```

A[k=1]
A[k=2]
A[k=3]

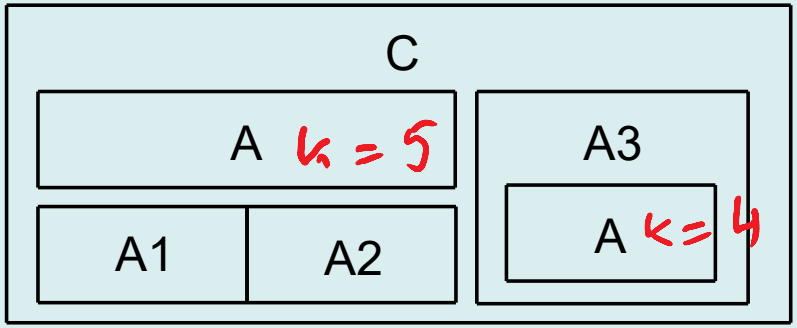
Ograniczenia dziedziczenia wirtualnego

- Dziedziczenie wirtualne jest związane wyłącznie ze ścieżką dziedziczenia, a nie z klasą.
- Dana klasa może zostać równocześnie odziedziczona wirtualnie i niewirtualnie, stąd aby wykorzystać zalety dziedziczenia wirtualnego, należy je konsekwentnie stosować na wszystkich ścieżkach.

```
class A3 : public A
{
public:
    A3():A(4){}
};

class C : public A1, public A2,
          public A3
{
public:
  C():A(5),A1(7),A2(),A3(){}

};
```



Ograniczenia dziedziczenia wirtualnego

- W praktyce, dziedziczenie wirtualne stosuje się rzadko.
- Z reguły biblioteki budują hierarchie klas dziedziczących wyłącznie publicznie (niewirtualnie).
- Aby usunąć problemy konfliktu i niejednoznaczności nazw, należałoby zmodyfikować tryb dziedziczenia po klasach znajdujących się u podstawy hierarchii, a więc zmodyfikować kod bibliotek (czego zawsze unika się.)