

Dynamika objektů

Karel Richta a kol.

katedra počítačů FEL ČVUT v Praze

Přednášky byly připraveny i s pomocí materiálů, které vyrobili Ladislav Vágner, Pavel Strnad

© Karel Richta, Martin Hořeňovský, Aleš Hrabalík, 2021

Programování v C++, B6B36PJC

06/2021, Lekce 5

<https://cw.fel.cvut.cz/wiki/courses/b6b36pjc/start>



Třídy vs. instance

- **Třída** (*class*) je abstraktní popis nějakého celku.
 - Třída zahrnuje
 1. popis dat – typy a názvy datových položek
 2. popis operací s daty
- **Instance (objekt)** třídy T obsahuje konkrétní data a provádí s nimi operace tak, jak předepisuje třída T.
- Příklad: třída `Person` předepisuje, že každá její instance obsahuje řetězec – jméno osoby. Zároveň popisuje např. operaci `getLastName()`, která s řetězcem pracuje. Instance `painter` třídy `Person` obsahuje jméno „Vincent van Gogh“ a volání `painter.getLastName()` umožní získat „van Gogh“.

Píšeme třídy (1/4)

```
struct Person {
    std::string name;
};

int main() {
    Person painter;
    painter.name = "Vincent van Gogh";
}
```

- Jak napsat třídu?
- Ve cvičení jsme si už napsali strukturu.
- **Struktura je třída.**

Píšeme třídy (2/4)

```
struct Person {  
    std::string name;  
};  
  
std::string getLastName(const Person& person) {  
    ... person.name ...  
}  
  
int main() {  
    Person painter;  
    painter.name = "Vincent van Gogh";  
    std::cout << getLastName(painter) << '\n'; // van Gogh  
}
```

- Také už umíme `getLastName()` implementovat pomocí funkce.

Píšeme třídy (3/4)

```
struct Person {  
    std::string name;  
};  
  
std::string getLastName(const  
    Person& person) {  
    ... person.name ...  
}  
  
int main() {  
    ... getLastName(painter) ...  
}
```

funkce

```
struct Person {  
    std::string name;  
    std::string getLastName() const;  
};  
  
std::string Person::getLastName()  
    const {  
    ... name nebo this->name ...  
}  
  
int main() {  
    ... painter.getLastName() ...  
}
```

metoda

- Druhý způsob, jak implementovat operaci, je pomocí **metody** – podobně jako v jazyce Java.
 - Metoda třídy T musí být **deklarována** ve třídě T a její název u definice musí být uvozen **T::**
 - K datům instance lze přistupovat **přímo** nebo přes ukazatel **this**

Píšeme třídy (4/4)

```
struct Person {  
    std::string name;  
};  
  
std::string getLastName(const  
    Person& person) {  
    ... person.name ...  
}  
  
int main() {  
    ... getLastName(painter) ...  
}
```

funkce

```
struct Person {  
    std::string name;  
    std::string getLastName() const;  
};  
  
std::string Person::getLastName()  
    const {  
    ... name nebo this->name ...  
}  
  
int main() {  
    ... painter.getLastName() ...  
}
```

metoda

- Metody lze definovat i v těle třídy.
 - Ještě podobnější Javě
 - Nepíšeme Person::

```
struct Person {  
    std::string name;  
  
    std::string getLastName() const {  
        ... name nebo this->name ...  
    }  
};
```

metoda
varianta 2

Konstantní metody (1/5)

```
struct Person {  
    std::string name;  
};  
  
std::string getLastName(const  
    Person& person) {  
    ... person.name ...  
}  
  
int main() {  
    ... getLastName(painter) ...  
}
```

funkce

```
struct Person {  
    std::string name;  
    std::string getLastName() const;  
};  
  
std::string Person::getLastName()  
    const {  
    ... name nebo this->name ...  
}  
  
int main() {  
    ... painter.getLastName() ...  
}
```

metoda

- Všimněte si **const** na konci, za seznamem parametrů.
- Co by to mohlo znamenat?

```
struct Person {  
    std::string name;  
  
    std::string getLastName() const {  
        ... name nebo this->name ...  
    }  
};
```

metoda
varianta 2

Konstantní metody (2/5)

```
struct Person {
    std::string name;
    void setName(const std::string& aName);
    std::string getLastName() const;
};
void Person::setName(const std::string& aName) {
    name = aName;
}
std::string Person::getLastName() const {
    ... name ...
}
```

- Abychom pochopili význam `const` za seznamem parametrů, rozšířme příklad o metodu `setName()`.
- Všimněte si, že `setName()` **není** označena `const`.
- V čem se liší `setName()` a `getLastName()`?

Konstantní metody (3/5)

```
struct Person {
    std::string name;
    void setName(const std::string& aName);
    std::string getLastName() const;
};
void Person::setName(const std::string& aName) {
    name = aName;
}
std::string Person::getLastName() const {
    ... name ...
}
```

- Vidíme, že setName() mění data instance – pozmění hodnotu name, zatímco getLastName() ne.
- **Jako konstantní tedy označujeme ty metody, které nemění data své instance.**

Konstantní metody (4/5)

```
struct Person {
    std::string name;
    void setName(const std::string& aName);
    std::string getLastName() const;
};
void Person::setName(const std::string& aName) {
    name = aName; // OK
}
std::string Person::getLastName() const {
    name = aName; // chyba
}
```

- V metodě označené jako konstantní je zakázáno měnit data své instance.
- Pokud bychom např. v `getLastName()` přiřadili do `name`, nastane kompilační chyba.

Konstantní metody (5/5)

```
void renaissanceOverflow1(Person& person) {
    std::cout<<"A " <<person.getLastName()<<" no longer!"; // OK
    person.setName("Leonardo da Vinci"); // OK
}
void renaissanceOverflow2(const Person& person) {
    std::cout<<"A " <<person.getLastName()<<" no longer!"; // OK
    person.setName("Leonardo da Vinci"); // chyba
}
```

- Konstantní metody pomáhají odhalit chyby.
 - Pokud jsme získali např. konstantní referenci na nějaký objekt, tak volající spoléhá na to, že jej nezměníme.
 - Díky konstantním metodám víme přesně, které metody objekt změní a které ne.
 - Kompilátor za nás automaticky kontroluje, že pro konstantní objekty – typu `const T`, `const T*`, `const T&` – používáme pouze konstantní metody. V opačném případě dojde k chybě.

Viditelnost

```
struct Person {  
private:  
    std::string name;           // private  
public:  
    void setName(const std::string& aName); // public  
    std::string getLastName() const;       // public  
};
```

- Možné viditelnosti jako v Javě: **public**, **protected**, **private**
- Viditelnost určujeme pomocí klíčových slov následovaných dvojtečkou
- Viditelnost je platná, dokud není stanoveno jinak

Klíčové slovo `class`

```
struct S {  
    void a() const; // public  
private:  
    int b;          // private  
};
```

```
class C {  
    void c() const; // private  
public:  
    int d;          // public  
};
```

- Klíčové slovo `class` také značí třídu.
- Rozdíl je ve výchozí viditelnosti: `public` pro `struct`, `private` pro `class`.

Konstruktor (*constructor*) (1/5)

- Vždy, když vznikne instance nějaké třídy, je skrytě (implicitně) zavolána metoda zvaná **konstruktor**.
- Konstruktory mají zvláštní syntax:
 - Jejich název je shodný s názvem třídy.
 - Za seznamem parametrů se může nacházet tzv. **inicializační seznam** (*initializer list*, uvozený dvojtečkou), který používáme k inicializaci datových položek třídy.

```
struct Person {  
    Person() : name("?") {}  
    Person(const std::string& aName) : name(aName) {}  
private:  
    std::string name;  
};
```

Konstruktor (constructor) (2/5)

```
struct Person {
    Person();
    Person(const std::string& nm, int ag);
private:
    std::string name;
    int age;
};
Person::Person() : name("?"), age(0) {
    std::cout << "vychozi\n";
}
Person::Person(const std::string& nm, int ag)
    : name(nm), age(ag) {
    std::cout << name << ", " << age << '\n';
}
int main() {
    Person default; // vychozi
    Person painter("Vin. van Gogh", 164); // Vin. van Gogh, 164
}
```

Třída může mít libovolný počet konstruktorů.

Konstruktor bez parametrů se nazývá výchozí.

Tělo konstruktoru se provede po vyhodnocení inicializačního seznamu.

Položky v inicializačním seznamu oddělujeme čárkou.

Konstruktor (constructor) (3/5)

```
struct Person {
    Person();
    Person(const std::string& nm, int ag);
private:
    std::string name;
    int age;
};
Person::Person() : name("?"), age(0) {
    std::cout << "vychozi\n";
}
Person::Person(const std::string& nm, int ag)
    : age(ag), name(nm) {
    std::cout << name << ", " << age << '\n';
}
int main() {
    Person default; // vychozi
    Person painter("Vin. van Gogh", 164); // Vin. van Gogh, 164
}
```

Co se stane, když prohodíme pořadí v inic. seznamu?

Nic. Položky inicializačního seznamu jsou provedeny v tom pořadí, v jakém jsou deklarována data ve třídě.

Na pořadí položek v inicializačním seznamu se nehledí. Zde tedy bude pořadí: name, potom age.


```
struct Person {  
    Person::Person(const std::string& nm);  
private:  
    std::string greet;  
    std::string name;  
};  
  
Person::Person(const std::string& nm)  
    : name(nm), greet("Dear " + name) {}
```

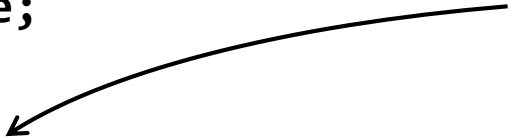


Tento program je špatně. Proč?

Konstruktor (constructor) (4/5)

Co se stane, když vynecháme inic. seznam?

```
struct Person {
    Person();
    Person(const std::string& nm, int ag);
private:
    std::string name;
    int age;
};
Person::Person() {
    std::cout << "vychozi\n";
}
Person::Person(const std::string& nm, int ag)
    : name(nm), age(ag) {
    std::cout << name << ", " << age << '\n';
}
int main() {
    Person default; // vychozi
    Person painter("Vin. van Gogh", 164); // Vin. van Gogh, 164
}
```



Pokud v inicializačním seznamu vynecháme datovou položku, tak se inicializuje výchozím způsobem.

Zde to znamená, že name bude obsahovat prázdný řetězec, a age bude mít **nedefinovanou hodnotu.**

Konstruktor (constructor) (5/5)

Můžu ve třídě stanovit výchozí hodnotu položky?

```
struct Person {
    Person();
    Person(const std::string& nm, int ag);
private:
    std::string name{"?"};
    int age = 0;
};
Person::Person() : name("?"), age(0) {
    std::cout << "vychozi\n";
}
Person::Person(const std::string& nm, int ag)
    : age(ag), name(nm) {
    std::cout << name << ", " << age << '\n';
}
int main() {
    Person default; // vychozi
    Person painter("Vin. van Gogh", 164); // Vin. van Gogh, 164
}
```

Ano, počínaje standardem C++11 lze výchozí způsob inicializace určit při deklaraci dat ve třídě. Ten pak platí pro všechny konstruktory, které vynechají danou datovou položku v inicializačním seznamu.

Příklad: problémy s inic. seznamem (1/2)

```
class Foo {  
    int a;  
    int b;  
    int c;  
    int d = 1;  
    int e;  
    const int f;  
public:  
    Foo();  
};  
  
Foo::Foo() : b(2),  
            a(b + 1),  
            d(c + 3) {  
    e = 4;  
    f = 5;  
}
```

Vidí někdo nějaký problém?

Příklad: problémy s inic. seznamem (2/2)

```
class Foo {
    int a; // (*) nejdříve se inicializuje a...
    int b; // ...až poté b
    int c;
    int d = 1;
    int e;
    const int f;
public:
    Foo();
};

Foo::Foo() : b(2), // OK, b je 2
            a(b + 1), // chyba, b má nedefinovanou hodn. (*)
            d(c + 3) { // chyba, c má nedefinovanou hodn.
    e = 4; // OK, e je 4
    f = 5; // chyba, f je konstantní, nejde měnit
} // oprava: přidat do inic. seznamu f(5)
```

Význam inicializačního seznamu

- **Všechny datové položky třídy jsou inicializovány před vstupem do těla konstruktoru.**
- Inicializační seznam předepisuje, **jakým způsobem** jsou inicializovány.
- Proč je lepší používat inicializační seznam, než přiřazení (=) v těle konstruktoru?
 - Inicializační seznam může být efektivnější, protože samotná inicializace je potenciálně méně práce, než inicializace a následné přiřazení.
- Jaké datové položky musí být v inicializačním seznamu?
 - Ty, které nelze po inicializaci měnit. Konkrétně: konstantní proměnné a reference.

Možné způsoby vzniku objektu (1/2)

<pre>Obj o; Obj o{}; Obj* o = new Obj; Obj* o = new Obj(); Obj* o = new Obj{};</pre>	<p>V těchto případech se zavolá výchozí konstruktor.</p>
<pre>Obj o = 42; Obj o(42); Obj o{42}; Obj* o = new Obj(42); Obj* o = new Obj{42};</pre>	<p>V těchto případech se zavolá konstruktor, který přijímá parametr typu <code>int</code>.</p>
<pre>Obj o[42]; Obj o[42]{}; Obj* o = new Obj[42]; Obj* o = new Obj[42](); Obj* o = new Obj[42]{};</pre>	<p>V těchto případech se 42-krát zavolá výchozí konstruktor.</p>
<pre>Obj o();</pre>	<p>Zrada (známá jako <i>most vexing parse</i>): toto není vznik objektu, ale deklarace funkce.</p>

Možné způsoby vzniku objektu (2/2)

<pre>void receivesObj(Obj o); ... receivesObj({}); // výchozí receivesObj(42); // přijímající int</pre>	Vznik objektu při předávání hodnoty do funkce
<pre>Obj returnsObj() { ... return {}; // výchozí return 42; // přijímající int</pre>	Vznik objektu při vracení hodnoty z funkce
<pre>... Obj() ...; // výchozí ... Obj{} ...; // výchozí ... Obj(42) ...; // přijímající int ... Obj{42} ...; // přijímající int</pre>	Vznik dočasného (temporary) objektu – objekt nemá název
<pre>struct Foo { Obj o; Foo() : o(), // výchozí o{}, // výchozí o(42), // přijímající int o{42}, // přijímající int chybí // podle deklarace</pre>	Vznik objektu v inicializačním seznamu konstrukturu

Destruktor (*destructor*)

- Vždy, když zanikne instance nějaké třídy, je skrytě (implicitně) zavolána metoda zvaná **destruktor**.
- Destruktor třídy T je její metoda pojmenovaná ~T.
- Rozdíly oproti konstruktoru:
 - Nemá parametry.
 - Nemá inicializační seznam.
 - V dané třídě může být pouze jeden.

```
struct Person {  
    ~Person() {  
        std::cout << "destruktor\n";  
    }  
};
```

Význam destruktoru

- Provádí úklid; uvolňuje **prostředky**, za které má daná instance **odpovědnost**.
 - Prostředky mohou být: paměť, soubory, připojení k databázím, a další.

```
struct User {  
    User() : data(new UserData) { // získej paměť  
        systemLogIn(*this);      // přihlas se  
    }  
    ~User() {  
        systemLogOut(*this);     // odhlas se  
        delete data;             // uvolni paměť  
    }  
private:  
    UserData* data;  
};
```

Invariant (1/2)

- Skutečnosti, které platí po celou dobu existence objektu, nazýváme **invarianty**.
- V tomto příkladu: paměť je alokována, uživatel je přihlášen.

```
struct User {  
    User() : data(new UserData) { // získkej paměť  
        systemLogIn(*this);     // přihlas se  
    }  
    ~User() {  
        systemLogOut(*this);    // odhlas se  
        delete data;           // uvolni paměť  
    }  
private:  
    UserData* data;  
};
```

Invariant (2/2)

- Abychom zavedli invarianty, používáme:
 - konstruktory – nastolíme invarianty
 - zapouzdření pomocí viditelnosti – povolíme jen ty operace, které invarianty neporuší
 - destruktory – uklidíme, pokud je to potřeba

```
struct User {
    User() : data(new UserData) { // získkej paměť
        systemLogIn(*this);      // přihlas se
    }
    ~User() {
        systemLogOut(*this);     // odhlas se
        delete data;             // uvolni paměť
    }
private:
    UserData* data;
};
```

Zánik objektu

- Kdy objekt zaniká?
 - Lokální proměnná: když program opustí blok (`{}`), ve kterém objekt vznikl.
 - Datová položka třídy `T`: když zaniká instance třídy `T`, hned po provedení destruktoru `~T`.
 - Objekt, který vznikl příkazem `new`: když zavoláme příkaz `delete` na ukazatel, který na objekt ukazuje.
 - Globální proměnná: když program opustí funkci `main`.
 - Dočasný objekt: po provedení řádku.
- Když zaniká více objektů najednou, tak zanikají přesně **v opačném pořadí**, než v jakém vznikly.

Příklady: pořadí vzniku a zániku (1/3)

```
struct Obj {
    Obj(int num) : mNum(num) { std::cout << mNum << ' '; }
    ~Obj() { std::cout << '~' << mNum << ' '; }
private:
    int mNum;
};

int main() {
    Obj o1 = 1;
    Obj o2(2);
    Obj o3{3};
}
```

1 2 3 ~3 ~2 ~1

Příklady: pořadí vzniku a zániku (2/3)

```
struct Obj {
    Obj(int num) : mNum(num) { std::cout << mNum << ' ' ; }
    ~Obj() { std::cout << '~' << mNum << ' ' ; }
private:
    int mNum;
};

int main() {
    Obj o0 = 0;

    for (int i = 1; i <= 3; i++) {
        Obj o = i;
    }
}
```

0 1 ~1 2 ~2 3 ~3 ~0

Příklady: pořadí vzniku a zániku (3/3)

```
struct Obj {
    Obj(int num) : mNum(num) { std::cout << mNum << ' ' ; }
    ~Obj() { std::cout << '~' << mNum << ' ' ; }
private:
    int mNum;
};

void foo(Obj o) {
    std::cout << "foo ";
    Obj o2 = 2;
}

int main() {
    foo(1);
}
```

1 foo 2 ~2 ~1

Kopírující konstruktor (*copy constructor*) (1/2)

- Konstruktor třídy T s parametrem typu `const T&` se nazývá **kopírující konstruktor** třídy T.
- Jeho úkolem je zkopírovat data do nového objektu.

```
struct Person {
    Person();
    Person(const std::string& name, int age);
    Person(const Person& rhs);
private:
    std::string name;
    int age;
};

Person::Person(const Person& rhs) : name(rhs.name),
                                   age(rhs.age)
{}

```

Kopírující konstruktor (*copy constructor*) (2/2)

- Kopírující konstruktor se zavolá v následujících situacích (o je typu Obj):

```
Obj o2 = o;  
Obj o2(o);  
Obj o2{o};  
... new Obj(o);  
... new Obj{o};
```

```
receivesObj(o);  
... Obj(o) ...;  
... Obj{o} ...;  
... : o2(o) ...
```

Příklady: kopírující konstruktor (1/2)

```
struct Obj {
    Obj(char data) : mData(data), mNum(1) {
        std::cout << "char " << mData << '-' << mNum << '\n';
    }
    Obj(const Obj& rhs) : mData(rhs.mData), mNum(rhs.mNum + 1) {
        std::cout << "copy " << mData << '-' << mNum << '\n';
    }
    ~Obj() {
        std::cout << "destr " << mData << '-' << mNum << '\n';
    }
private:
    char mData;
    int mNum;
};
```

```
int main() {
    Obj o1{'A'};
    Obj o2 = o1;
}
```

```
char A-1
copy A-2
destr A-2
destr A-1
```

Příklady: kopírující konstruktor (2/2)

```
struct Obj {
    Obj(char data) : mData(data), mNum(1) {
        std::cout << "char " << mData << '-' << mNum << '\n';
    }
    Obj(const Obj& rhs) : mData(rhs.mData), mNum(rhs.mNum + 1) {
        std::cout << "copy " << mData << '-' << mNum << '\n';
    }
    ...
};
```

```
void receivesObj(Obj o) {
    Obj o2 = 'B';
}
int main() {
    Obj o1{'A'};
    receivesObj(o1);
    Obj o3(o1);
}
```

```
char A-1
copy A-2
char B-1
destr B-1
destr A-2
copy A-2
destr A-2
destr A-1
```

Kopírující přiřazení (*copy assignment*) (1/2)

- Metoda třídy T nazvaná `operator=` s parametrem typu `const T&` se nazývá **kopírující přiřazení**.
- Jejím úkolem je zkopírovat data do **již existujícího** objektu a vrátit referenci na `*this`.

```
struct Person {  
    Person& operator=(const Person& rhs);  
    ...  
};  
  
Person& Person::operator=(const Person& rhs) {  
    name = rhs.name;  
    age = rhs.age;  
    return *this;  
}
```

Kopírující přiřazení (*copy assignment*) (2/2)

- Kopírující přiřazení se zavolá **pouze** v případě, že objekt na levé straně rovnítka už existuje.

```
// (o, o2 jsou typu Obj)
o2 = o;
```

- Přítomnost rovnítka na řádku tedy nutně neznamena, že se jedná o kopírující přiřazení. Porovnejte:

```
Obj o2 = o; // kopírující konstruktor
o2 = o;     // kopírující přiřazení
```

Příklady: kopírující přiřazení (1/2)

```
struct Obj { ... // rozšíření Obj z příkladů na kop. konstr.  
    Obj& operator=(const Obj& rhs) {  
        std::cout << "forget " << mData << '-' << mNum << ", ";  
        mData = rhs.mData;  
        mNum = rhs.mNum * 10;  
        std::cout << "assign " << mData << '-' << mNum << '\n';  
        return *this;  
    }  
};
```

```
int main() {  
    Obj o1 = 'A';  
    Obj o2 = o1;  
    o1 = o2;  
}
```

```
char constr A-1  
copy constr A-2  
forget A-1, assign A-20  
destr A-2  
destr A-20
```

Příklady: kopírující přiřazení (2/2)

```
struct Obj { ... // rozšíření Obj z příkladů na kop. konstr.  
    Obj& operator=(const Obj& rhs) {  
        std::cout << "forget " << mData << '-' << mNum << ", ";  
        mData = rhs.mData;  
        mNum = rhs.mNum * 10;  
        std::cout << "assign " << mData << '-' << mNum << '\n';  
        return *this;  
    }  
};
```

```
int main() {  
    Obj o1 = 'A';  
    Obj o2('B');  
    Obj o3{'C'};  
    o1 = o2 = o3;  
}
```

```
char constr A-1  
char constr B-1  
char constr C-1  
forget B-1, assign C-10  
forget A-1, assign C-100  
destr C-1  
destr C-10  
destr C-100
```


Hluboká a mělká kopie (1/2)

- Kopírování v C++ je zpravidla **hluboké**. Výsledkem kopírování je tzv. **hluboká kopie** originálu.
- To znamená, že vzniklá kopie je na originálu nezávislá.
- Operace provedené na kopii originál nijak neovlivní.



Hluboká a mělká kopie (2/2)

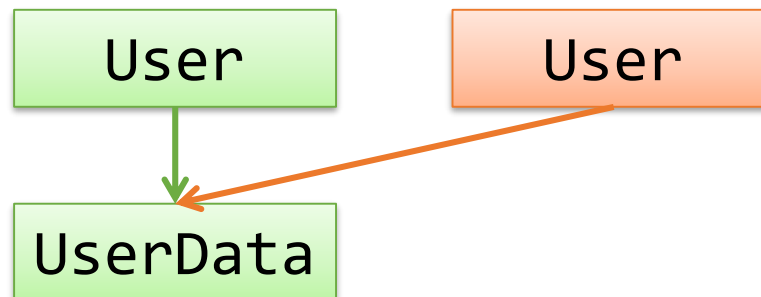
- Mělké kopírování v C++ neprovádíme.
- Problém mělkých kopií je, že dva a více destruktory se snaží uvolnit ty samé prostředky.
- U některých prostředků je to velká chyba, která způsobí, že program spadne.



Příklad: mělká kopie

```
struct User {
    User() : data(new UserData) {}
    ~User() { delete data; } // destruktork uvolňuje prostředky
    User(const User& rhs) : data(rhs.data) {} // mělká kopie
private:
    UserData* data;
};

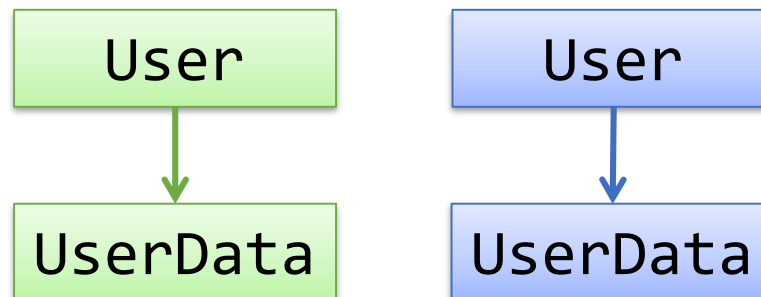
int main() {
    User u1;
    User u2{u1}; // kopírující konstruktor
} // chyba: dvojit smazání objektu "data", program spadne
```



Příklad: hluboká kopie

```
struct User {
    User() : data(new UserData) {}
    ~User() { delete data; } // destruktory uvolňuje prostředky
    User(const User& rhs) : data(new UserData{rhs.data}) {}
private:
    // ^^ hluboká kopie ^^
    UserData* data;
};

int main() {
    User u1;
    User u2{u1}; // kopírující konstruktor
} // v pořádku, každý destruktory smaže vlastní data
```



Přesuny (1/6)

- Přesouvání může zrychlit program. Je podobné kopírování, ale originál se při něm může změnit.
- V jaké situaci se něco takového může hodit?
- Jak zrychlit program při přesouvání?

Přesuny (2/6)

- Přesouvání může zrychlit program. Je podobné kopírování, ale originál se při něm může změnit.
- V jaké situaci se něco takového může hodit?

```
Obj o = returnsObj();
```

```
o = returnsObj();
```

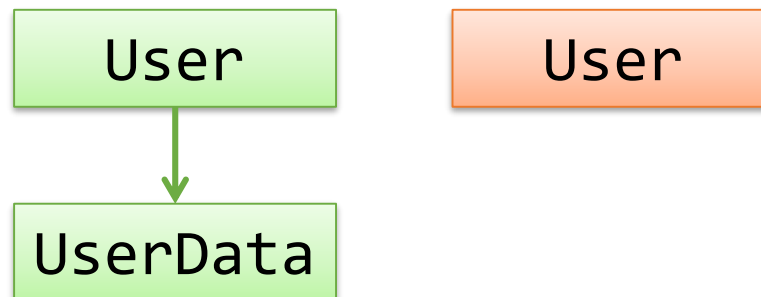
Kopírujeme-li něco vráceného z funkce, originál bude bezprostředně smazán, a tak je přípustné ho "poškodit" za účelem zrychlení programu.

Přesuny (3/6)

- Přesouvání může zrychlit program. Je podobné kopírování, ale originál se při něm může změnit.
- V jaké situaci se něco takového může hodit?

```
Obj o = returnsObj(); o = returnsObj();
```

- Jak můžeme zrychlit program při přesouvání?
 1. namísto hluboké provedeme **mělkou** kopii

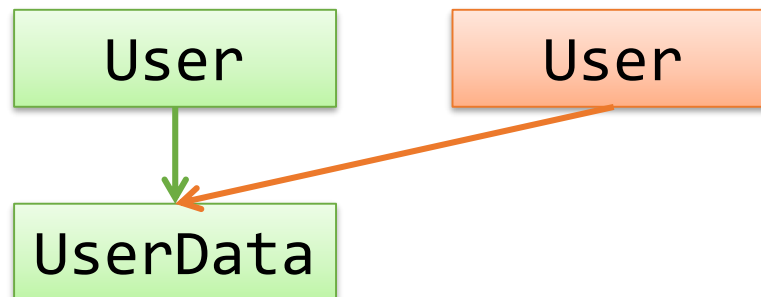


Přesuny (4/6)

- Přesouvání může zrychlit program. Je podobné kopírování, ale originál se při něm může změnit.
- V jaké situaci se něco takového může hodit?

```
Obj o = returnsObj(); o = returnsObj();
```

- Jak můžeme zrychlit program při přesouvání?
 1. namísto hluboké provedeme **mělkou** kopii

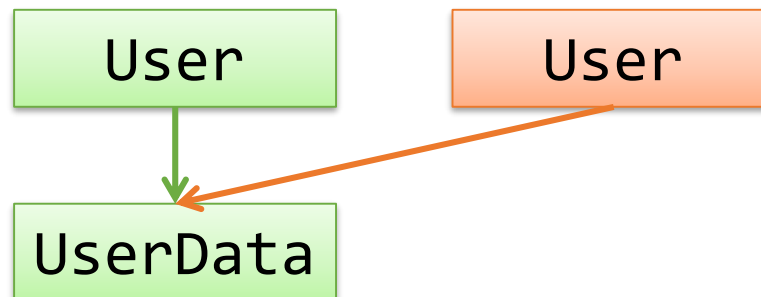


Přesuny (5/6)

- Přesouvání může zrychlit program. Je podobné kopírování, ale originál se při něm může změnit.
- V jaké situaci se něco takového může hodit?

```
Obj o = returnsObj(); o = returnsObj();
```

- Jak můžeme zrychlit program při přesouvání?
 1. namísto hluboké provedeme **mělkou** kopii
 2. vyprázdníme originál tak, aby nemohlo dojít k chybě

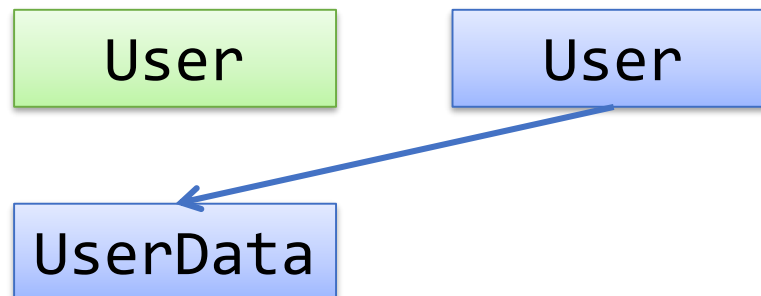


Přesuny (6/6)

- Přesouvání může zrychlit program. Je podobné kopírování, ale originál se při něm může změnit.
- V jaké situaci se něco takového může hodit?

```
Obj o = returnsObj(); o = returnsObj();
```

- Jak můžeme zrychlit program při přesouvání?
 1. namísto hluboké provedeme **mělkou** kopii
 2. vyprázdníme originál tak, aby nemohlo dojít k chybě



Přesunující konstruktor *(move constructor)*

- Konstruktor třídy T s parametrem typu **T&&** se nazývá **přesunující konstruktor** třídy T.
- Jeho úkolem je zkopírovat data do nového objektu, přičemž původní objekt může být změněn.

```
struct User {  
    ...  
    User(User&& rhs) : data(rhs.data) { // mělká kopie  
        rhs.data = nullptr;           // vyprázdnění originálu  
    }  
    ...  
};
```

Přesunující přiřazení (*move assignment*)

- Metoda třídy T nazvaná `operator=` s parametrem typu `T&&` se nazývá **přesunující přiřazení** třídy T.
- Jejím úkolem je zkopírovat data do již existujícího objektu, přičemž původní objekt může být změněn.

```
struct User {  
    ...  
    User& operator=(User&& rhs) {  
        data = rhs.data;    // mělká kopie  
        rhs.data = nullptr; // vyprázdnění originálu  
        return *this;  
    }  
    ...  
};
```

Kdy dojde k přesunu?

- K přesunu automaticky dochází v případě, když se pokusíme zkopírovat:

- výsledek vrácený funkcí

```
Obj o = returnsObj();
```

```
new Obj{returnsObj()}
```

```
o = returnsObj();
```

```
return returnsObj();
```

- objekt, na který bezprostředně aplikujeme std::move()

```
Obj o = std::move(o);
```

```
new Obj{std::move(o)}
```

```
o = std::move(o);
```

```
return std::move(o);
```

- dočasný objekt

- Pokud jsme neposkytli přesunující operace, zavolá se v těchto případech operace kopírující.

Příklady: přesuny (1/2)

```
struct A {  
    ~A() { std::cout << "destr\n"; }  
    A() { std::cout << "default\n"; }  
    A(int) { std::cout << "int\n"; }  
    A(const A&) { std::cout << "copy\n"; }  
    A(A&&) { std::cout << "move\n"; }  
    A& operator=(const A&) { std::cout<<"copy=\n"; return*this;}  
    A& operator=(A&&) { std::cout << "move=\n"; return *this; }  
};
```

```
int main() {  
    A a1{1};  
    A a2 = std::move(a1);  
    a1 = a2;  
}
```

```
int  
move  
copy=  
destr  
destr
```

Příklady: přesuny (2/2)

```
struct A {  
    ~A() { std::cout << "destr\n"; }  
    A() { std::cout << "default\n"; }  
    A(int) { std::cout << "int\n"; }  
    A(const A&) { std::cout << "copy\n"; }  
    A(A&&) { std::cout << "move\n"; }  
    A& operator=(const A&) { std::cout<<"copy=\n"; return*this;}  
    A& operator=(A&&) { std::cout << "move=\n"; return *this; }  
};
```

```
A returnsA() {  
    A a2(3);  
    return a2;  
}
```

```
int main() {  
    A a1;  
    a1 = returnsA();  
}
```

default
int
move
destr
move=
destr
destr

Bez
(N)RVO

default
int
move=
destr
destr

S
(N)RVO

Konec