PB161 Programování v jazyce C++
Přednáška 2

Základy objektů
Reference, `const`

Nikola Beneš

25. září 2018

Jak funguje `std::vector`? (pro zvídavé)

Typická implementace

- rezervovaná paměť, část z ní je obsazená
- tři ukazatele (nebo jeden ukazatel a dvě čísla)
- začátek rezervované paměti, konec obsazené, konec rezervované
- když je rezervovaná paměť plná, provede se alokace nové a prvky se do ní zkopírují (od C++11 *přesunou*)

Jak funguje `std::vector`? (pro zvídavé)

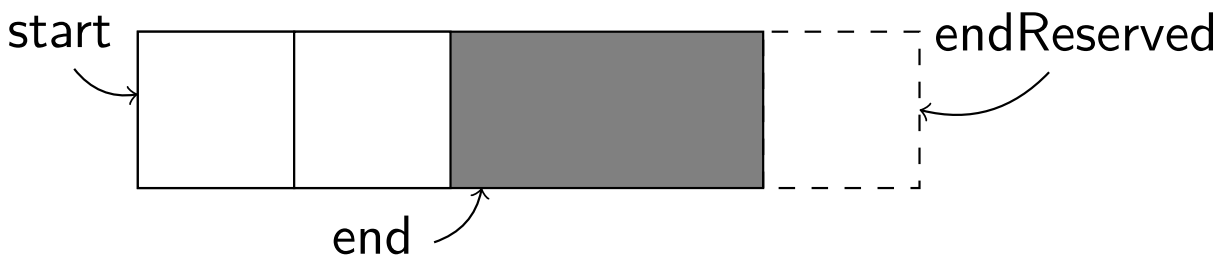
Typická implementace

- rezervovaná paměť, část z ní je obsazená
- tři ukazatele (nebo jeden ukazatel a dvě čísla)
- začátek rezervované paměti, konec obsazené, konec rezervované
- když je rezervovaná paměť plná, provede se alokace nové a prvky se do ní zkopírují (od C++11 *přesunou*)

Jak funguje `std::vector`? (pro zvídavé)

Typická implementace

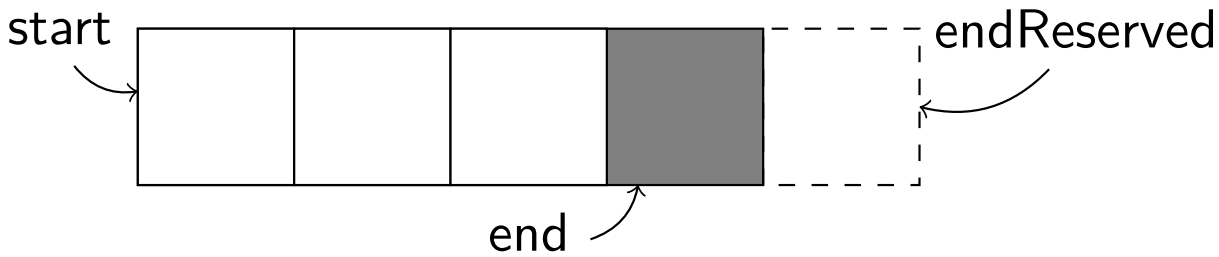
- rezervovaná paměť, část z ní je obsazená
- tři ukazatele (nebo jeden ukazatel a dvě čísla)
- začátek rezervované paměti, konec obsazené, konec rezervované
- když je rezervovaná paměť plná, provede se alokace nové a prvky se do ní zkopírují (od C++11 *přesunou*)



Jak funguje `std::vector`? (pro zvídavé)

Typická implementace

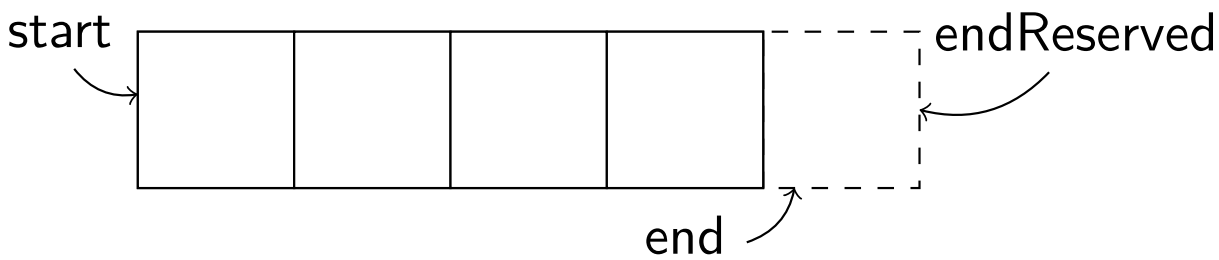
- rezervovaná paměť, část z ní je obsazená
- tři ukazatele (nebo jeden ukazatel a dvě čísla)
- začátek rezervované paměti, konec obsazené, konec rezervované
- když je rezervovaná paměť plná, provede se alokace nové a prvky se do ní zkopírují (od C++11 *přesunou*)



Jak funguje `std::vector`? (pro zvídavé)

Typická implementace

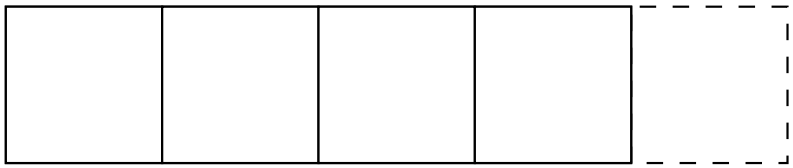
- rezervovaná paměť, část z ní je obsazená
- tři ukazatele (nebo jeden ukazatel a dvě čísla)
- začátek rezervované paměti, konec obsazené, konec rezervované
- když je rezervovaná paměť plná, provede se alokace nové a prvky se do ní zkopírují (od C++11 *přesunou*)



Jak funguje `std::vector`? (pro zvídavé)

Typická implementace

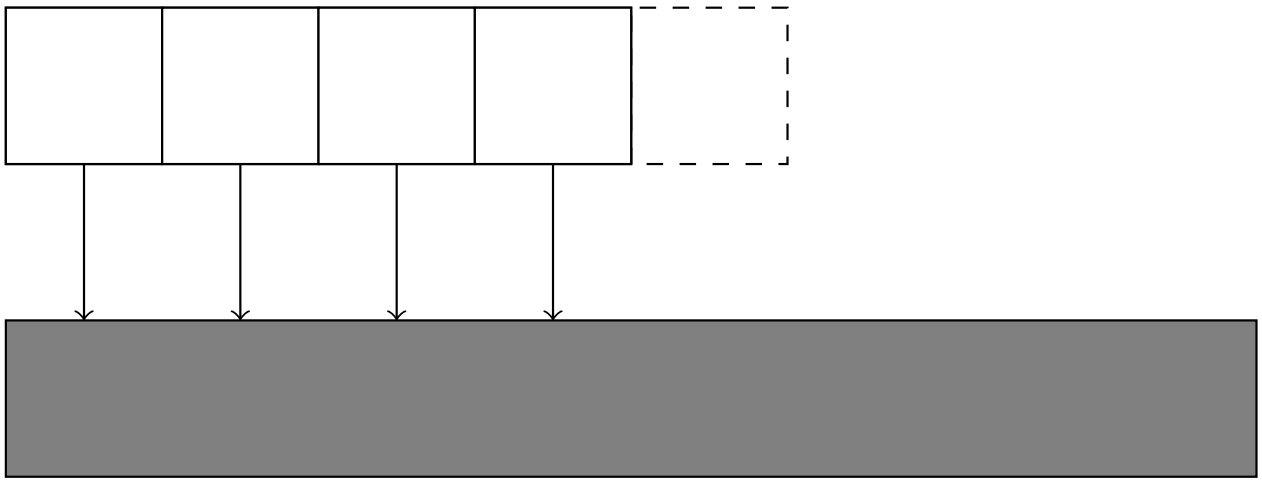
- rezervovaná paměť, část z ní je obsazená
- tři ukazatele (nebo jeden ukazatel a dvě čísla)
- začátek rezervované paměti, konec obsazené, konec rezervované
- když je rezervovaná paměť plná, provede se alokace nové a prvky se do ní zkopírují (od C++11 *přesunou*)



Jak funguje `std::vector`? (pro zvídavé)

Typická implementace

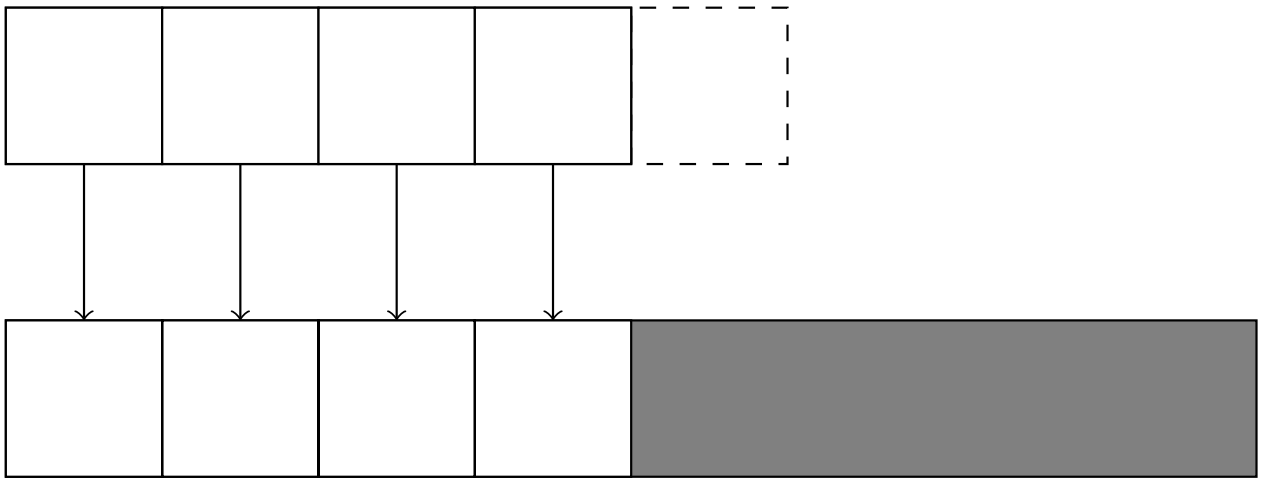
- rezervovaná paměť, část z ní je obsazená
- tři ukazatele (nebo jeden ukazatel a dvě čísla)
- začátek rezervované paměti, konec obsazené, konec rezervované
- když je rezervovaná paměť plná, provede se alokace nové a prvky se do ní zkopírují (od C++11 *přesunou*)



Jak funguje `std::vector`? (pro zvídavé)

Typická implementace

- rezervovaná paměť, část z ní je obsazená
- tři ukazatele (nebo jeden ukazatel a dvě čísla)
- začátek rezervované paměti, konec obsazené, konec rezervované
- když je rezervovaná paměť plná, provede se alokace nové a prvky se do ní zkopírují (od C++11 *přesunou*)



Jak funguje `std::vector`? (pro zvídavé)

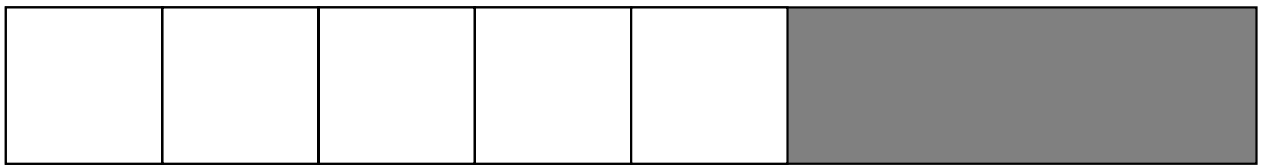
Typická implementace

- rezervovaná paměť, část z ní je obsazená
- tři ukazatele (nebo jeden ukazatel a dvě čísla)
- začátek rezervované paměti, konec obsazené, konec rezervované
- když je rezervovaná paměť plná, provede se alokace nové a prvky se do ní zkopírují (od C++11 *přesunou*)

Jak funguje `std::vector`? (pro zvídavé)

Typická implementace

- rezervovaná paměť, část z ní je obsazená
- tři ukazatele (nebo jeden ukazatel a dvě čísla)
- začátek rezervované paměti, konec obsazené, konec rezervované
- když je rezervovaná paměť plná, provede se alokace nové a prvky se do ní zkopírují (od C++11 *přesunou*)



Třídy, objekty, metody

Složené datové typy

Znáte z C: `struct`

Třídy v C++: `class`, `struct`

- rozšíření „Céčkových“ struktur o:
  - přístupová práva
  - metody
  - prvky OOP (dědičnost, pozdní vazba, ...)
- přístupová práva:
  - `public` vidí všichni
  - `private` vidí jen objekty dané třídy
  - `protected` – souvisí s dědičností
  - `class` má implicitně právo `private`,
    `struct` má implicitně právo `public`

Poznámka: Zatím používáme třídy jen jako „lepší `struct`“, k OOP se dostaneme později.

Složené datové typy (pokr.)

Objekty v C++

- proměnné jejichž typem je třída

Atributy (správně „členské proměnné“ – *member variables*)

- jako položky `struct`
- jsou součástí stavu objektu

Metody (správně „členské funkce“ – *member functions*)

- funkce, které nějak pracují s objekty
- smí číst/měnit atributy objektu

`lecture02_01.cpp`

Metody

Deklarace a definice metod

- deklarace uvnitř třídy (v hlavičkovém souboru)
- definice:
  - uvnitř třídy (vhodné pro malé metody) – jsou vždy `inline`
  - odděleně (větší metody)

```
class Person {
    std::string name;
public:
    // deklarace s definicí
    void rename(std::string newName) {
        name = newName;
    }

    // deklarace bez definice
    int getSalary();
}
```

lecture02_01.cpp

Metody (pokr.)

Skrytý parametr `this`

- ukazatel na konkrétní objekt

```
void Person::rename(std::string newName);
// je jakoby
void Person::rename(Person* this, std::string newName);
// (to ovšem není validní C++)

rick.rename("Grandpa Rick");
// je jakoby
Person::rename(&rick, "Grandpa Rick"); // (není C++)
```

Inicializace objektů

Speciální metoda – konstruktor

- jmenuje se stejně jako třída
- nemá návratový typ
- má tzv. **inicializační sekci**

```
class Person {
    std::string name;
    int age;
public:
    Person(std::string n, int a) : name(n), age(a) {
        std::cout << "New Person created:" << name << "\n";
    }
}
```

lecture02_01.cpp

Inicializace objektů (pokr.)

Inicializace atributů přímo v deklaraci třídy – od C++11

```
class Person {
    std::string name;
    int age = 0;
public:
    Person(std::string n) : name(n) {
        std::cout << "New Person created:" << name << "\n";
    }
}
```

- přednost má inicializační sekce konstruktoru
  - to má význam, když definujeme více různých konstruktorů
  - o přetěžování metod/funkcí apod. si řekneme více později

Inicializace v C++

Různé způsoby inicializace

- při deklaraci

```
std::string one = "One"; // toto NENÍ přiřazení!
std::string two{"Two"};
std::string three("Three");
std::string empty{};
std::string alsoEmpty;
```

- dočasný objekt

```
std::cout << std::string();
std::cout << std::string{};
std::cout << std::string("Hello");
std::cout << std::string{"Hello"};
```

- v inicializační sekci (podobně)

Inicializace v C++ (pokr.)

Na co si dát pozor

- u primitivních typů a tříd s implicitním konstruktorem je zde rozdíl:

```
int x;    // neinicializováno
int y{}; // inicializováno na 0
int arrayA[100];    // neinicializované pole
int arrayB[100]{}; // pole nul
```

- kulaté a složené závorky mohou mít u některých tříd různý význam

```
std::string a{65, 'x'}; // "Ax"
std::string b(65, 'x'); // šedesát pět krát x
```

Doporučení

- pokud je to možné, raději proměnné inicializujte
- používejte *valgrind* (na linuxu), případně *Dr. Memory*

Pro zvídavé: http://en.cppreference.com/w/cpp/language/initialization

Jak navrhovat objekty

Single Responsibility Principle (SRP)

- část tzv. principů SOLID (více později)
- každá třída (modul, funkce, ...) by měla být zodpovědná za jednu konkrétní věc
- Heslo: „Třída by měla mít jen jeden důvod ke změně.“

Princip zapouzdření (*encapsulation*)

- metody a atributy tříd jsou na jednom místě
- přístup k atributům třídy může být omezen právy

Single Level of Abstraction (SLA)

- http://www.principles-wiki.net/principles:single_level_of_abstraction
- uvnitř jedné metody by se neměly míchat různé úrovně abstrakce
- preferujte menší metody, jednoduchá těla cyklů apod.

Rekapitulace – Třídy a objekty

Třídy v C++ – složené datové typy

Objekty – hodnoty těchto datových typů

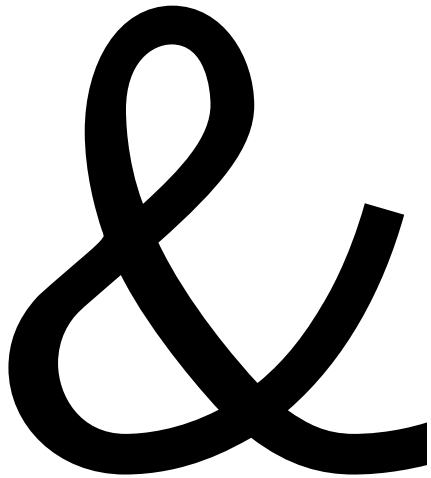
Metody (členské funkce) – funkce deklarované uvnitř tříd, mají skrytý parametr `this` – ukazatel na aktuální objekt

Konstruktor – speciální metoda, která se volá při inicializaci objektu, může mít (a je doporučeno toho využívat co nejvíce) inicializační sekci

Zatím zamlčeno (a řekneme si o tom později):

- destruktory
- přetěžování funkcí, metod, operátorů
- kopírovací konstruktory
- dědičnost
- virtuální metody, abstraktní třídy

Reference a const



Motivace

Viděli jsme minule

- parametry se předávají hodnotou (tj. kopie)
- někdy nechceme vytvářet kopie
  - chceme parametr navenek změnit
  - parametr je složitý datový typ a kopírování by bylo zbytečně drahé

Práce s ukazateli (znáte z C)

```
void swap(int *x, int *y) { // toto je C
    int temp = *x;
    *x = *y;
    *y = temp;
}
```

Problémy s ukazateli?

Motivace

Viděli jsme minule

- parametry se předávají hodnotou (tj. kopie)
- někdy nechceme vytvářet kopie
  - chceme parametr navenek změnit
  - parametr je složitý datový typ a kopírování by bylo zbytečně drahé

Práce s ukazateli (znáte z C)

```
void swap(int *x, int *y) { // toto je C
    int temp = *x;
    *x = *y;
    *y = temp;
}
```

Problémy s ukazateli? (`NULL` ukazatel, neinicializovaný ukazatel, ...)

Reference

Reference: slabší, ale bezpečnější forma ukazatele

- nemůže být `NULL` (od C++11 `nullptr`)
- nemůže se přesměrovat jinam
- musí být vždy inicializovaná
- funguje jako alias

```
int a = 1;
int b = 2;
int& ref = a; // ref je reference na a
// cokoli provedeme s ref, jako bychom provedli s a
ref = b;
ref += 7;
// jaká je teď hodnota a, b?
```

[ukázka: srovnání s C]

`lecture02_02.cpp, lecture02_03.cpp`

Reference vs. ukazatele

Ukazatel může být neinicializovaný

```
int* ptr;
int& ref; // chyba při kompilaci
```

Ukazatel může být `nullptr`

```
int* ptr = nullptr;
int& ref = nullptr; // chyba při kompilaci
```

Ukazatel se může přesměrovat

```
int a = 1;
int b = 2;
int* ptr = &a;
ptr = &b;

int& ref = a;
ref = b; // v čem je rozdíl?
```

Reference

Používat reference nebo ukazatele?

- pokud možno dávejte přednost referencím
- ukazatele používejte jen tam, kde dává smysl `nullptr` a přesměrování
- pro dynamickou alokaci jsou vhodnější chytré ukazatele
  (o těch později)

Na co si dát pozor?

- nedržet si referenci na něco, co už přestalo existovat
- nevracet z funkcí reference na lokální proměnné

`lecture02_04.cpp`

Klíčové slovo const

Znáte (možná) z C

- deklarace konstant
- použití spolu s ukazateli

Připomenutí: const a ukazatele

```
int a = 1, b = 2;
int* ptrX = &a;
const int* ptrY = &a;
int* const ptrZ = &a;
ptrX = &b;   // A
*ptrX = 7;   // B
ptrY = &b;   // C
*ptrY = 7;   // D
ptrZ = &b;   // E
*ptrZ = 7;   // F
```

lecture02_05.cpp

Které řádky obsahují chybu?

Klíčové slovo const (pokr.)

Použití s referencemi

```
int a = 1;
const int& cref = a;
std::cout << cref << '\n'; // čtení je OK
cref = b; // zápis/modifikace je chyba při kompilaci
```

Význam konstantních referencí

- deklarujeme záměr neměnit proměnnou (*read-only*)
- zároveň ale nevytváříme kopii
  - vhodné např. pro předávání **větších objektů** do funkcí
  - nedává smysl pro primitivní typy a malé objekty
- viděli jsme minule (`string`, `vector`)

Reference a l/p-hodnoty

l-hodnoty a p-hodnoty (*lvalues and rvalues*)

- l-hodnota je to, co může stát na levé straně přiřazení
  - má adresu, má jméno
- p-hodnota je to, co může stát na pravé straně přiřazení
  - číselná hodnota, dočasný objekt
- (v C++11 trochu složitější)

K čemu se mohou vázat reference?

- konstantní reference se smí vázat k čemukoli
- nekonstantní reference se smí vázat jen k *l-hodnotám*

```
void f(const std::string& x) { /* ... */ }
void g(std::string& x) { /* ... */ }
int main() {
    std::string s = "XYZ";
    f("ABC"); g("DEF"); f(s); g(s);
}
```

Konstantní metody

```
class Person {
    // ...
    int age;
public:
    void setAge(int a) { age = a; }
    int getAge() { return age; }
};
void f(const Person& person) {
    std::cout << person.getAge() << '\n';
}
int main() {
    Person john;
    john.setAge(20);
    f(john);
}
```

Kde je problém?

lecture02_06.cpp

Konstantní metody (pokr.)

`const` metody

- pokud metoda nehodlá měnit vnitřní stav objektu, musíme ji takto označit
- klíčové slovo `const` za hlavičkou metody

```
class Person {
    // ...
    int getAge() const { return age; }
};
```

- překladač nás hlídá
  - pokus o změnu stavu objektu v `const` metodě ohlásí jako chybu

Doporučení

- deklarujte jako `const` všechny metody, které nemají měnit stav objektu

Konstantní atributy

Použití `const` u atributů třídy

- atribut se dá nastavit pouze v inicializační sekci konstruktoru
- potom už se nedá vůbec změnit

```
class Person {
    std::string name;
    int age;
    const std::string genome;
    // ...
};
```

- využití:
  - neměnné objekty
  - neměnné části objektů (větší bezpečnost)

Doporučení

Kde používat `const`?

- všude, kde dává smysl (tj. skoro všude)
- pište `const` všude a jen tehdy, pokud zjistíte, že danou proměnnou (atribut, referenci) budete chtít měnit, `const` smažte
- pište `const` ke všem metodám a jen tehdy, pokud zjistíte, že chcete, aby daná metoda měnila stav objektu, `const` smažte

Proč?

- překladač vás hlídá $\rightarrow$ větší bezpečnost
- jasně deklarujete svůj záměr $\rightarrow$ větší čitelnost kódu
- překladač může využít pro optimalizace

Kde se spíš nepoužívá `const`?

- nepište je k návratovým hodnotám předávaným hodnotou
- *nebývá zvykem* je psát k parametrům funkcí předávaným hodnotou

Hodnotová sémantika objektů

```
class MyObject {
    int x, y;
public:
    MyObject(int, int);
    int getX() const;
    int getY() const;
    void setX(int);
    void setY(int);
};
```

```
void f(MyObject a) {
    MyObject b(10, 12);
    a.setX(100);
    a = b;
    a.setY(50);
    b.setX(20);
}

int main() {
    MyObject o(0, 0);
    f(o);
    return o.getX() + o.getY();
}
```

- co se stane, když změníme hlavičku funkce `f`, aby brala referenci?
- jaké bude chování podobných programů v Pythonu či Javě? (*call-by-sharing*)

`lecture02_07.cpp, lecture02_08.cpp`

Problém s kopírováním

Možná jste si na slajdech všimli jednoho problému.

Problém s kopírováním

Možná jste si na slajdech všimli jednoho problému.

```
class Person {
    std::string name;
public:
    Person(std::string name) : name(name) {}
    void rename(std::string newName) {
        name = newName;
    }
};
```

- kde je problém?

Problém s kopírováním

Možná jste si na slajdech všimli jednoho problému.

```
class Person {
    std::string name;
public:
    Person(std::string name) : name(name) {}
    void rename(std::string newName) {
        name = newName;
    }
};
```

- kde je problém?
  - vstupní řetězec se kopíruje **dvakrát**
- jaké je řešení?

Řešení problému s kopírováním

Klasické řešení

```
class Person {
    std::string name;
public:
    Person(const std::string& name) : name(name) {}
    void rename(const std::string& newName) {
        name = newName;
    }
};
```

- řešení ve stylu C++03
- kopíruje se jen jednou
- pro tento předmět vyhovující

Řešení problému s kopírováním

Moderní řešení (od C++11)

```
class Person {
    std::string name;
public:
    Person(std::string name) : name(std::move(name)) {}
    void rename(std::string newName) {
        name = std::move(newName);
    }
};
```

- výhoda: pokud je vstupem dočasný objekt, neděje se žádná kopie
- na `std::move` ještě narazíme
  - k plnému pochopení je třeba znát *rvalue* reference
  - navazující předmět PV264

- pokud si nejste jisti, raději dejte (zatím) přednost klasickému řešení

Závěrečný kvíz

https://kahoot.it