2. Objektově orientované programování v C++

BD5B37PPC – Programování v jazyce C/C++

Stanislav Vítek

Katedra radioelektroniky
Fakulta elektrotechnická
České vysoké učení v Praze

Přehled témat

- Část 1 – Třídy

  Třídy

  Zapouzdření

- Část 2 – Objekty

  Objekty

  Konstruktor

  Vazba

Část I

Třídy

I. Třídy

Třídy

Zapouzdření

Co je to třída?

- Třída je abstrakcí entity reálného světa.
- Příklad: třída Automobil:
    - všechny automobily mají nějaké společné vlastnosti
        - obsah motoru,
        - barvu,
        - ...
    - všechny automobily mají nějaké společné rozhraní (interface)
        - lze je nastartovat,
        - lze je rozjet nebo zastavit,
        - ...
- Objekt je tzv. instance třídy.
- Příklady instance třídy Automobil:
    - Škoda Octavia,
    - WV Passat,
    - ...

Pohled programátora

- Třída je popisem datového typu:
  - jméno,
  - data – členské proměnné (položky, atributy),
  - interface – členské funkce (metody).
- Třídy jsou vyvíjeny programátory a jsou kompilovány do spustitelného programu.
- V C++ nelze vytvářet nové třídy za běhu.
- Objekty (instance tříd) jsou proměnné:
  - každý objekt má třídu,
  - v průběhu běhu programu jsou objekty vytvářeny a rušeny,
  - obvykle vytváříme více objektů/instancí stejné třídy,
  - stejně jako jiné datové typy, C++ povoluje staticky alokované objekty, dynamicky alokované objekty, pole objektů, ...

Deklarace třídy

```
class T
{
  typ a;  // deklarace položky (clenske promenne)
  typ f ( ... ); // deklarace metody (clenske funkce)
  T ( ... ); // deklarace konstruktoru
  ~T ( void ); // deklarace destruktoru
};
```

- Definice konstruktoru:

  ```
  T::T ( ... ) { ... }
  ```

- Definice destruktoru

  ```
  T::~T ( void ) { ... }
  ```

- Definice metody

  ```
  typ T::f ( ... ) { ... }
  ```

Inline metody

```
class T
{
  typ f ( ... ) { ... }
  T ( ... ) { ... }
  ~T (void) { ... }
};
```

- Inline metody jsou podobné inline funkcím

  možná rychlejší, s vyššími paměťovými nároky

- Kompilátor se může rozhodnout nezkompilovat metodu jako inline

  vypnuté optimalizace, příliš dlouhý kód, ...

- Inline metody snižují srozumitelnost deklarací
- Všimněte si, že
  - deklarace metod jsou zakončeny středníkem,
  - definice metod středníkem zakončeny nejsou.

I. Třídy

Třídy

Zapouzdření

Co je to zapouzdření?

- Pro úplnou ochranu stavových atributů objektu je potřeba zabránit jejich modfikaci jinak než přes příslušné metody.
- Atributy a metody třídy jsou vždy přístupné z metod definovaných v této třídě, z jiných metod a funkcí však již přístupné být nemusí.
- Zapouzdření je zároveň prostředek, jak vytvořit a udržovat kontrolovatelné a vysokoúrovňové veřejné rozhraní třídy. Je pak možné:
  - nezávisle upravovat implementaci uvnitř třídy (např. zvolit efektivnější algoritmus, jinou reprezentaci dat, ...), kompletně nahradit třídu bez rozbití zbytku programu (pokud nová třída dodrží veřejné rozhraní),
  - opravit chyby uvnitř třídy bez rozbití zbytku programu,
  - pracovat na vývoji tříd nezávisle (např. různými programátory zároveň).

Řízení přístupu

- Přístup ke členům třídy (metody / položky) je řízen pomocí **modifikátorů viditelnosti**:
  - `public` – jsou přístupné komukoli,
  - `protected` – jsou přístupné v třídě samé a v jejích podtřídách,
  - `private` – jsou přístupná jen v třídě samé.

```
class T
{
  // metody/polozky s implicitnim pristupem
  // zde private)
public:
  // metody/polozky pristupne komukoli
private:
  // metody/polozky pristupne jen ve tride
};
```

Klíčová slova `class` a `struct`

- Obě klíčová slova mohou být použita k deklaraci třídy
- Jediný rozdíl je v implicitní viditelnosti:
  - class: `private`
  - struct: `public`

```
class T {
  // private je implicitni
  int a;
public:
  void f ( );
};
```

```
struct T {
private:
  int a;
public:
  void f ( );
};
```

```
class T {
public:
  void f ( );
private:
  int a;
};
```

```
struct T {
  // public je implicitni
  void f ( );
private:
  int a;
};
```

Část II

Objekty

II. Objekty

Objekty

Konstruktor

Vazba

Vytváření objektů

- Objekt je proměnná (instance třídy).
- Při vytvoření objektu je zavolán konstruktor.
- Konstruktory mohou být přetíženy.
- Konstruktor nelze volat explicitně na existující objekt.
- Destruktor je volán automaticky, když je objekt rušen.

Příklad staticky alokovaných objektů:

```
int foo ( void ) {
  T x (a, b); // konstruktor s parametry (a, b)
  T y;        // konstruktor bez parametru
  ...
}
```

Přístup k metodám a položkám

- Metody jsou volány prostřednictvím tečkové notace.
- Metody mohou být přetíženy. Platí pravidla pro přetěžování funkcí (nejlepší shoda skutečných a formálních parametrů).
- Přístup k položkám (členským proměnným) je tečkovou notací (jako struct).

```
class T
{
  public:
    void foo ( ) { ... } // metoda
    int bar;             // polozka
};
...
T x;
x.foo ();
x.bar = 10;
```

Dynamická alokace

- Objekty mohou být alokovány dynamicky – užitím operátoru `new`

  Operátor volá odpovídající konstruktor.
- Dynamicky alokované objekty je rušeny použitím `delete`

  Operátor volá destruktor.
- C alokace (malloc/free) nemůže být použita.

  Konstruktor ani destruktor nejsou volány.

```
struct T
{
  int a;
  T (int x);
  ~T ();
  void f (int x);
};
```

```
T *p = new T (20);
p->a = 10;
p->f (15);
delete p;
```

Klíčové slovo this

- Lokální deklarace mohou být v konfliktu se jmény položek. V tomto případě jsou aplikována pravidla rozsahu platnosti jmen.
- Přístup k položkám lze zařídit pomocí klíčového slova this nebo plně kvali
  kovaným jménem.
- Lepší je vyhnout se konfliktu jmen (např. prefixem).

```
struct T {
  int a;
  void f (int a);
};
void T::f (int a) { // konflikt se jmenem polozky a
  T::a = a; // T::a - plne kvalifikovane jmeno polozky
  // a - jmeno parametru
  this->a = 10; // this - ukazatel na instanci typu T*
}
```

Konstantní objekty a konstantní metody

- Metody mohou modifikovat položky.
- Objekt může být označen jako konstantní (const) – jeho položky pak nemohou být modifikovány.
- Metody mohou být označeny jako konstantní (const):
  - těla konstantních metod nemohou modifikovat položky

    kompilátor to kontroluje
  - konstantní metody mohou být volány na jakémkoli objektu.
- Nekonstantní metody nelze na konstantním objektu volat.

Konstantní objekty a konstantní metody

```
class T
{
  int a;
public:
  T (int x) {a = x;}
  void print () {cout << a;}
  int get_a () const {return a;} // const metoda
};
const T x (1); // const objekt
...
cout << x . get_a (); // ok - konstantni metoda na
   konstantnim objektu
x.print (); // chyba - nekonstantni metoda na
   konstantnim objektu
```

II. Objekty

Objekty

Konstruktor

Vazba

Volání konstruktoru

- Konstruktor je automaticky volán při vytvoření objektu.
- Po vytvoření objektu už další volání konstruktoru není dovoleno.
- Explicitní volání konstruktoru vytvoří nový nepojmenovaný dočasný objekt – může být použit pro výpočet (např. předání parametrů, lokální kopii, ...) a je pak zrušen.

```
class T
{
  int p, q;
public:
  T () {p=0; q=0;}
  T (int fp) {p=fp; q=0;}
};
T a, b (1);
a.T (1); // chyba, dalsi volani konstruktoru neni dovoleno
a = T (20); // je vytvoren novy docasny objekt, ten je
   zkopirovan do a, potom je docasny objekt zrusen
```

Implicitní konstruktor

- Konstruktor, který lze volat bez parametru, tj.:
  - nemá žádný formální parametr, nebo
  - jeho všechny formální parametry mají implicitní hodnoty.
- Implicitní konstruktor se použije při vytvoření nového objektu, nejsou-li uvedeny parametry.
- Když ve třídě není žádný konstruktor, systém automaticky generuje implicitně (prázdný) konstruktor.

```
class T
{
public:
  T (int a = 0) { ... } // implicitni konstruktor
};

// priklady pouziti
T a;
T b[10]; // implicitni konstruktor volan 10 krat
T *p = new T;
```

Statické (třídní) a instanční (členské) proměnné

- Instanční (členské) proměnné:
  - deklarované bez speciálního klíčového slova,
  - každá instance má své vlastní instanční proměnné.
- Statické (třídní) proměnné:
  - deklarované klíčovým slovem **static**, sdíleny instancemi třídy,
  - statické proměnné musí mít rezervovanou pamět' – je požadována definice mimo deklaraci třídy,
  - přístup ke statickým proměnným se řídí standardními pravidly zapouzdření (public, protected, private).

```
class T {
  int a; // instanční členská proměnná
  static int cnt; // statická členská proměnná
public:
  T (int x) {a = x; cnt++;}
  ~T () {cnt--;}
};
int T::cnt = 0; // definice (rezervace pameti)
```

Statické (třídní) a instanční metody

- Instanční metody:
  - mohou být volány na existující objekt,
  - mají přístup k instančním proměnným a mohou volat jiné instanční metodám, a to jak jak přímo v instanci, tak přes ukazatel `this`,
  - mají přístup k třídním proměnným a metodám.
- Statické (třídní) metody:
  - jsou podobné běžným funkcím,
  - nemají žádnou implicitní instanci, proto ani implicitní členské proměnné, ani ukazatel this nejsou k dispozici.
  - mají přístup k třídním proměnným a mohou volat jiné třídní metody.

```
class T {
  static int cnt;
public:
  static int getCount () {return cnt;}
};
cout << T::getCount (); // volání statické metody
```

II. Objekty

Objekty

Konstruktor

Vazba

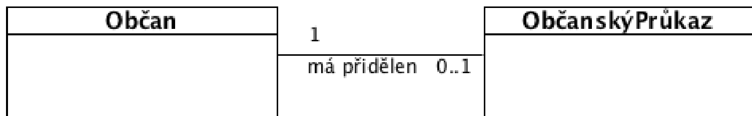
Vazba

- V předchozí části přednášky jsme uvažovali jednoduché objekty, bez struktury, která by umožňovala vzájemnou **vazbu**.

  Tento přístup je prakticky nepoužitelný – neumožňuje vystavět objektový model.
- Vazba[1] umožňuje objektům vzájemnou komunikaci.
  - Asociované objekty si mohou vzájemně zasílat zprávy (tj. volat svoje metody, přistupovat ke svým atributům atp.)
- Základní charakteristikou všech vztahů je násobnost (kardinalita):
  - **1:1** – každá instance jedné třídy je spojena s nejvýše jednou instancí jiné třídy
  - **1:N** (**M:1**) – každá instance první třídy spojená s libovolným počtem instancí druhé třídy
  - **M:N** – každá instance jedné i druhé třídy může být spojena s libovolným počtem jiných instancí

Vazba 1:1

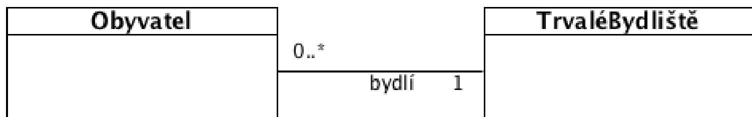
- Na žádné straně vazby nebude horní mez násobnosti nikdy větší než 1.
- Diagram tříd popisuje následující situaci:
    - Občan může mít přidělen nejvýše jeden občanský průkaz. Nemusí mít ale žádný
    - Každý občanský průkaz musí být přidělen nějakému občanovi. Nemůže tedy existovat občanský průkaz bez přiděleného občana.



Pozn: Zatímco na jedné straně lze přiřazení protějšku provést kdykoliv v průběhu života objektu (0..1), druhá uvedená násobnost (1) jasně stanovuje podmínku, že protějšek musí být přidělen hned při vzniku objektu.

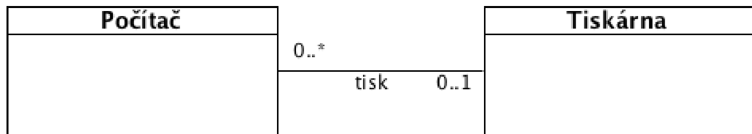
Vazba 1:N/M:1 (1/2)

- První příklad ilustruje situaci, kdy programuji evidenci obyvatel.
- Potřebuji zajistit, aby z každé adresy představující trvalé bydliště mohly vést odkazy na libovolné množství obyvatel.
- Musím tedy evidovat určitý seznam ukazatelů na různé obyvatele.
- Dále jsem namodeloval podmínku, že daný obyvatel má pouze jedno trvalé bydliště.



Vazba 1:N/M:1 (2/2)

- Druhý příklad popisuje situaci, kdy v kanceláři je jedna síťová tiskárna a řada počítačů.
  - Počítače využívají tuto sdílenou tiskárnu.
  - Počítač musí mít možnost přistoupit k tiskárně, aby na ní zadal tisk.
  - Tiskárna s počítači naopak komunikovat nemusí (nemůže).



- Vazba bude realizována z počítače směrem k tiskárně.
  - u počítače bude ukazatel na jednu instanci třídy tiskárna (bude nebo nebude inicializovan

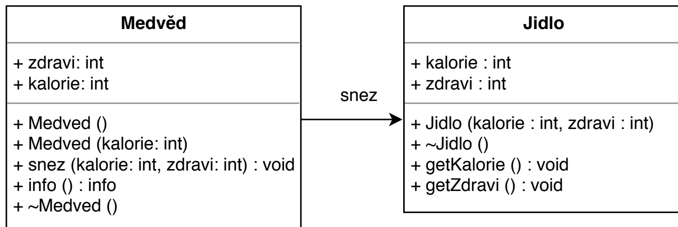
Vazba M:N

- Princip je zřejmý, nicméně z implementace je ve většině programovacích jazyků nemožná.
- Příklad: Každý vlastník může vlastnit libovolné množství pozemků, každý pozemek (jeho podíl) může být vlastněn libovolným množstvím vlastníků.

  - Na první pohled se problém jeví jako snadno řešitelný. V obou třídách budeme mít seznam ukazatelů na protějšky.
  - Uvažujme ale situaci, že každý vlastník musel za pozemek zaplatit určitou částku. Každý podíl pozemku stojí jiné množství peněz a každý vlastník za různé pozemky zaplatil různé částky. Cena tedy nemůže být evidována ani u pozemku, ani u vlastníka.

Implementace vazeb – asociace

- Asociace je nejvolnějším typem vazby.
  - objekty existují nezávisle na sobě
  - objekty se propojují jen na krátkou dobu (obvykle po dobu zavolání metody)
- Je využívána zejména pro předání hodnot mezi jednotlivými objekty
- Příklad



Implementace vazeb – agregace

- Agregace (zahrnutí, obsažení) je forma vazby, která popisuje dlouhodobý vzrah objektů
- Příkladem agregace může být vztah `Učitel` – `Žák`
  - Každý žák musí mít přiřazeného učitele. Ten bude právě jeden.
  - Učitel může učit jednoho a více studentů.
  - Žák může mít souseda, a to nejvýše jednoho.
  - Žák nemusí mít souseda.
  - Tím sousedem je opět nějaký žák.
- Zřejmě
  1. Učitel i žáci existují nezávisle na sobě. Není zde rozhodně žádná závislost ve smyslu: když vzikne nový žák, vznikne i jeho spolužák, případně učitel. Ani opačně: když zanikne učitel (odejde), nezaniknou žáci, atp. V tomto ohledu není nutné nic řešit.
  2. Vazby jsou delší než zavolání jedné metody. Spolužáci jsou spolužáky do té doby, než je jeden z nich zrušen nebo se přesadí. definované vazby je tedy nutné dlouhodobě ukládat.

Implementace vazeb – kompozice

- Kompozice umožňuje sestavení komplexního objektu z několika dílčích objektů.
- Veškeré objekty jsou spolu pevně svázány a nemohou bez sebe existovat.
- Příkladem agregace může být vztah `Auto` – `Motor`
  - Konstruktor auta musí zajistit vytvoření motoru a destruktor jeho zrušení.
  - Jedině tak bude splněna podmínka, aby motor byl nedílnou součástí auta.