FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

# PŘEDNÁŠKY KURZU
# PRAKTICKÉ PROGRAMOVÁNÍ V C++

**Autor textu:**
**Ing. Miloslav Richter, Ph. D.**

Květen 2014

Komplexní inovace studijních programů a zvyšování kvality výuky na FEKT VUT v Brně
OP VK CZ.1.07/2.2.00/28.0193

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

# ORGANIZACE KURZU
# OPAKOVÁNÍ C, ÚVOD C++

**Autor textu:**
**Ing. Miloslav Richter, Ph. D.**

Květen 2014

Komplexní inovace studijních programů a zvyšování kvality výuky na FEKT VUT v Brně
OP VK CZ.1.07/2.2.00/28.0193

# Praktické programování v jazyce C++
# 09.12.2019

## Přednášející a cvičící:

**Richter Miloslav**
zabývá se zpracováním signálu, především obrazu. Realizoval několik průmyslových aplikací na měření nebo detekci chyb při výrobě. Řízení HW a zpracování naměřených dat realizoval převážně pomocí programů v jazyce C/C++, který je v těchto oblastech využíván díky svým vlastnostem jako je přenositelnost, rychlost, dostupnost dat, kvalitní překlad …

**Petyovský Petr**
zabývá se zpracováním obrazu, především v dopravních aplikacích (počítání a detekce aut, sledování přestupků, …). Účastnil se řady projektů, které byly ukončeny praktickou realizací v průmyslu. Programoval v různých jazycích a má rozsáhlou praxi v implementaci programů na různé platformy.

# Materiály a podmínky kurzu (vyhláška garanta)

www.uamt.feec.vutbr.cz/~richter/vyuka
dosažitelné z e-learningu

Jestliže nerozumím nebo nevím, pak se zeptám.

Pokud se neptáte, má se za to, že je vše jasné.

Studium na VŠ vyžaduje i (spolu)účast studenta

Programování se naučíte jen praxí (ne čtením)

Programátor musí poznat, zda program funguje

Můžeme probrat víc (stačí říct a zrychlíme)

**www stránky**

http://www.uamt.feec.vutbr.cz/~richter/vyuka/XPPC/bppc/bppc_main.html

Zdroje textů

Pozn.: texty vycházejí z minulých textů předmětu a (převážně) následujících zdrojů:
...
Jazyky C a C++, Virius
http://www.cplusplus.com (http://www.cplusplus.com/doc/tutorial)
https://en.cppreference.com (https://en.cppreference.com/w/cpp)
texty draftů norem
stackoverflow.com – pouze validní informace

C funkce: http://pubs.opengroup.org/onlinepubs/9699919799/

# Dotazy k organizaci kurzu

# Dotazy k látce předchozích kurzů BPC1A (UDP),  BPC2A (ALD)

# Náplň kurzu

- rozsah je přizpůsoben zkušenostem z minulých roků
- Učí se pouze „základy“. Je možné zrychlit výuku a učit i „nástavby“.

Jak hodnotíte své znalosti jazyka C?
Kolik z vás programovalo v C++?
Kolik v objektových jazycích?

- týdenní plán přednášek – orientační

- neobjektové vlastnosti – rozšíření vlastností oproti jazyku C
- objektové vlastnosti – objektové programování, dědění, polymorfizmus
- „nástroje“ – výjimky, šablony, streamy, STL,

## Náplň kurzu

- opakování a rozšíření jazyka C
- programátorské dovednosti
- jazyk C++

## Proč C++

- vysoký výkon – překlad do spustitelného kódu (assembler), kvalitní optimalizace, jazyk se snaží neimplementovat pomalé mechanizmy, blízké spojení jazyka a výsledného kódu (např. jasně definovaná životnost/zánik proměnných (odložený zánik pomocí garbage collectoru (destruktor) může blokovat zdroje (soubory, linky (seriová, …), handly k zařízení (tiskárna, monitor …)))
- moderní jazyk
- velké rozšíření
- velké množství cílových platforem – PC, mobily, hradlová pole, programovatelné automaty …

# Náplň kurzu

***Opakování a rozšíření jazyka C, neobjektové vlastnosti***

- především na cvičeních než bude možné začít s objektovým C++
- překlad programu, hlavičkové a zdrojové soubory
- rozdíly „čistého C“ oproti možnostem C++ a objektovému programování
- nové datové typy,
- ukazatele x reference

- vstup a výstup - streamy
- knihovny jazyka C, C++

# Náplň kurzu

***Programátorské dovednosti***

- obecná pravidla programování (návrh, tvorba, překlad a testování programu)
- základní programátorské dovednosti a návyky – programátorská kultura, trasování, … použití objektů
- nástroj pro správu (verzí) projektů svn pro spolupráci více autorů na jednom projektu
- nástroj doxygen (+graphviz) pro komentování programů a pro tvorbu dokumentace

# Náplň kurzu

***Jazyk C++ a objektové programování***

- základní teorie, rozdíly oproti C stylu programování
- objektové vlastnosti,
- dědění,
- polymorfizmus
- šablony
- STL
- …

# Výuka programovacích jazyků na tomto oboru

**… a počátek devadesátých let**

- Analogové programování (modelování dynamických soustav), logické obvody a programovatelné automaty, Assembler (práce s programovatelným HW), Pascal (vědecké výpočty), Prolog, Lisp (umělá inteligence)
- podle aktuální situace a oboru činnosti (dostupné překladače, drivery, programová prostředí a jejich možnosti) se některé způsoby programování a jazyky opouštějí a jiné se dostávají do popředí (programování hradlových polí, mikroprocesorů, inteligentních periferií, zpracování dat, komunikace na sítích …)
- základem je stále logické myšlení, znalost základních nástrojů programování a jejich využití

**Polovina devadesátých let**

- výuka jazyka C/C++ navazující na Pascal. V **jednom semestru** výuka jazyka C, obsluha základního HW (čítače, časovače, přerušení, DMA …), C++.

**Dvacáté první století**

- po ukončení výuky Pascalu se C/C++ učí ve dvou semestrech.
- počátek grafického programování – "… pište aplikaci bez znalosti jazyka … v našem prostředí napíšete aplikaci bez programování …" – stačí pro "běžného uživatele", náš absolvent by však měl uvažovat i v souvislostech (jak a proč je implementováno, …) a znát mechanizmy hlouběji

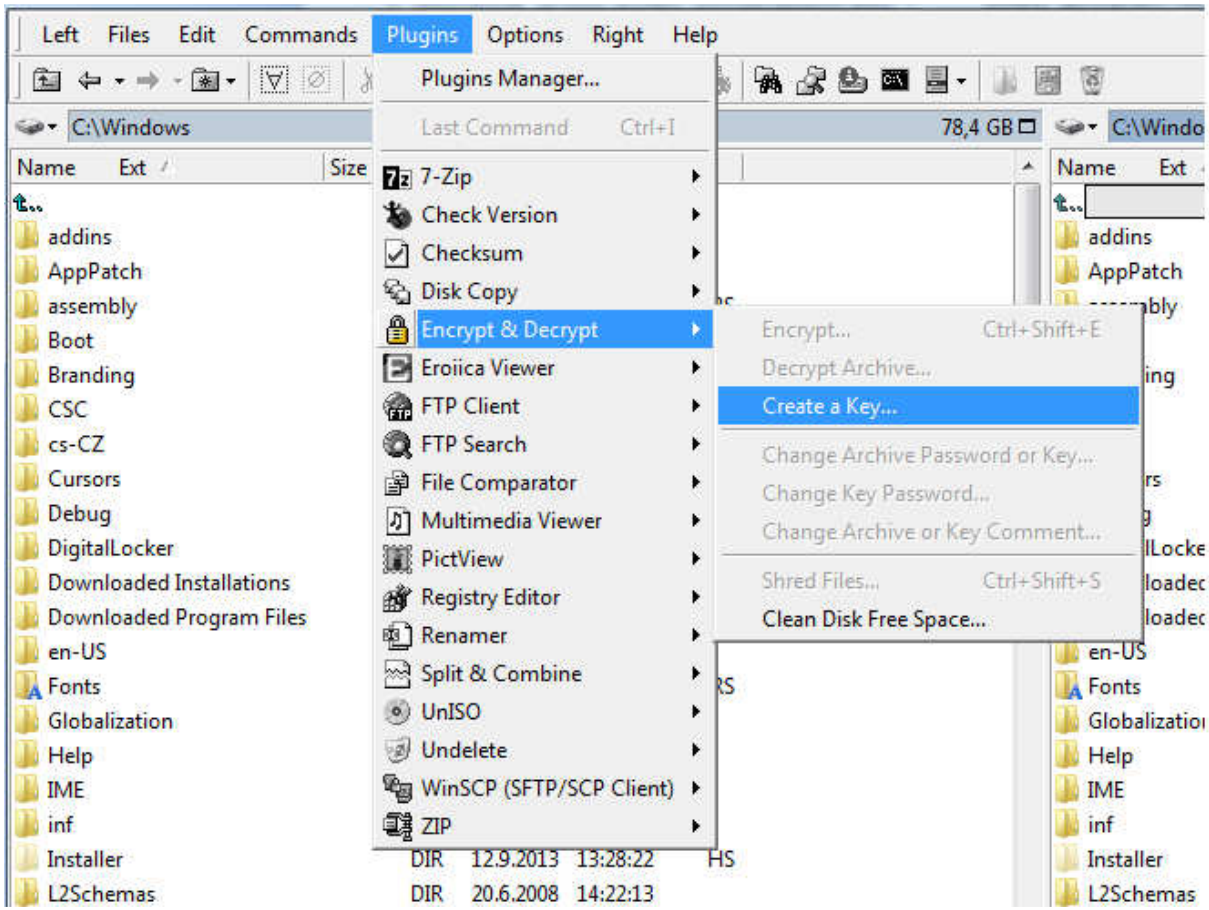
# Příklady využití jazyka C++

- vhodné využití: složitější projekty, znovupoužití kódu (dědění, polymorfizmus, šablony)

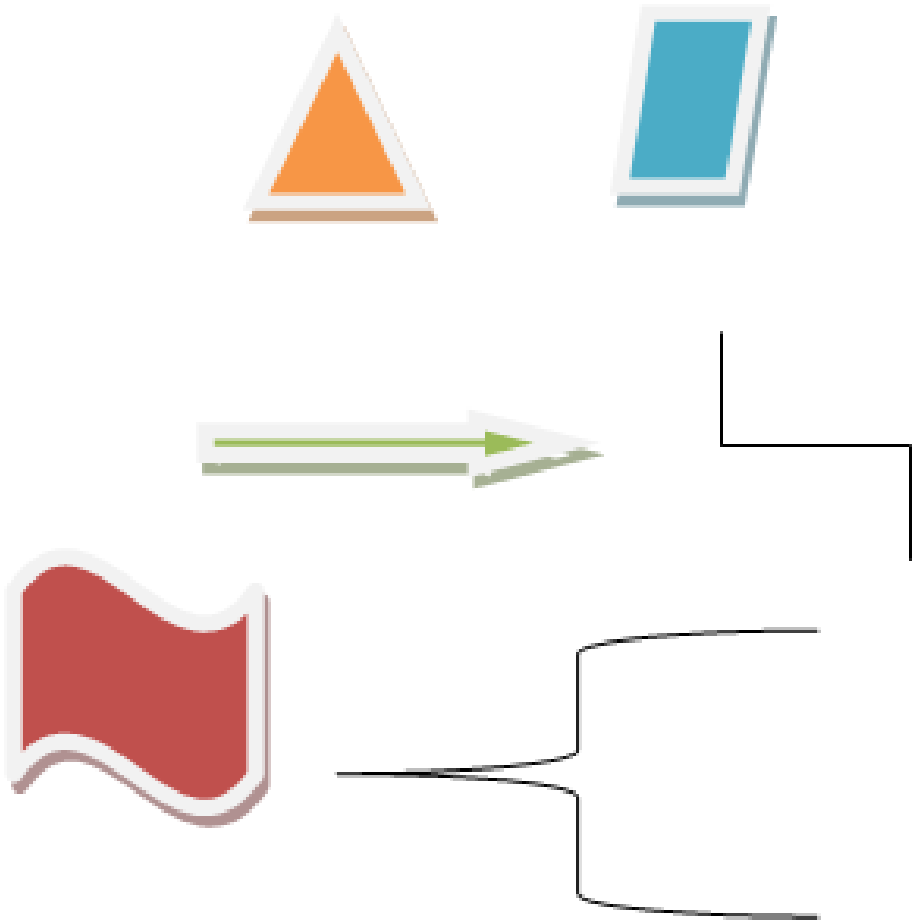
- projekty realizované v C++:
  Adobe Systems (Photoshop, Illustrator, Adobe Premier …)
  Google (Google Chromium, Google file system)
  Mozilla (Firefox, Thunderbird)
  MySQL (využito: Yahoo!, Alcatel-Lucent, Google, Nokia, YouTube, Wikipedia …)
  Autodesk Maya 3D (3D modeling, games, animation, modeling …)
  Winamp Media Player
  Apple OS X (některé části a některé aplikace)
  Microsoft (většina na bázi C++)
  Symbian OS
  Qt framework
  OpenCV

# Konkrétní realizace – projekty vhodné pro objektové programování

- *menu* – je struktura obsahující položky (menu, podmenu, akce …). Struktury pro menu, položky, texty, barvy …



- *grafické objekty* – mají společný interface (rozhraní/ přístup). I když jsou různého typu, je možné s nimi pracovat jednotně – program si "zjistí" jakého jsou typu a provede správnou akci pro daný typ (vykreslení, rotace, posun, inverze barev, zjištění který objekt je nejblíže dané pozici (kliknutí myši), …)



- vytváření nových datových typů s operacemi jako typy standardní (ale vlastním chováním)
- například komplexní čísla, zlomky, matice
- znovupoužití kódu pro různé typy …

ukázka kódu pro vlastní typ MATRIX (matice). "Umí" operace jako základní typy, a také je možné ho "naučit" funkce. Pro výpočty je možné zvolit přesnost výpočtu – zde double

```
MATRIX <double> y,x(5,5),a(5,1),A,x1(10,5), ykontrola;
int i,j;

//  řešení rovnice y = x * A pro neznámé A
A = SolveLinEq(x,y);
// kontrola správnosti
ykontrola = x * A;
// vypočtení kvadrátu chyby řešení
chyba = (ykontrola – y);
chyba *= chyba;

// obecné výpočty se standardními operátory a vlastními funkcemi
pro // nový typ (MATRIX)
x1 = x * A * Transp(y) * Inv(x);
```

# Opakování „programování“ – předchozí kurzy

HW návaznost
- procesor – sběrnice, instrukční sada, optimalizace rychlosti, datové typy, operace (matematické, logické, podmínky, skoky, podprogram …)
- paměti a periferie
- adresování

Tvorba programu
- návrh
- kriteria hodnocení

Programové prostředky (editor, překladače, ladicí prostředky, sestavení programu)

Jazyk
- klíčová slova
- datové typy
- základní mechanizmy jazyka

**Procesor**

- má určitý počet instrukcí (příkazy ve strojovém kódu)
- instrukce říká, co a s čím se má udělat
- instrukce trvá určitý počet cyklů (času, přístupu k paměti …)
- obsahuje registry (vnitřní paměti)
- akumulátor – výpočetní jednotka (ALU)
- je schopen pracovat s určitými datovými typy
- čítač instrukcí říká, kde leží další instrukce (ovlivňují ho instrukce skoků (podmíněné/nepodmíněné)), cykly
- podprogram (call/return) – zásobník
- interrupt (přerušení) - volatile proměnné
- registr příznaků – výsledky operací (nulovost, kladnost, přetečení …)
- synchronizační mechanismy a instrukce pro spolupráci více procesorů

**Paměť**

- v paměti jsou uloženy instrukce a data programu
- program obsahuje instrukce, které se vykonávají
- datová oblast příslušná programu – základní data pro proměnné programu
- zásobník – lokální data, adresy při podprogramech
- statické  a globální proměnné v datové části programu (inicializace)
- „volná“ datová oblast – je možné o paměť z ní požádat „systém“
- mapování periferií do paměti – data se mění "nezávisle" – volatile proměnné
- cache paměť na čipu – podstatně rychlejší přístup k datům (dnes několika úrovňová – jádro, procesor, chipset)

**Datové typy** (vázané na procesor, nebo emulované v SW)

- celočíselné – znaménkové x bezznaménkové (zápis binárně, oktalově, dekadicky, hexadecimálně)
- s desetinnou čárkou
- podle typu procesoru a registru (spojení registrů) je dána přesnost (velikost typu v bytech)
- adresa x ukazatel
- pro adresování (segment:offset, indexovaný přístup …)
- pro vyjádření znaku se využívá celočíselná proměnná – teprve její interpretací (například na tiskárně) „vznikne“ znak.
- Základní znaková sada (ASCII, EBCDIC) je osmibitová
- Rozšířená znaková sada UNICODE
- znakové sady s konstantním nebo proměnným počtem bytů na znak

## Matematické operace

- Sčítání, odčítání – základ (celočíselné)
- Násobení, dělení
- Mocniny, sinus, cos, exp … jsou většinou řešeny podprogramy, nebo pomocí tabulek (a interpolací). Jsou součástí knihoven ne jazyka.

**Boolovské operace**

- použití pro vyhodnocování logických výrazů
- Tabulka základních logických funkcí pro kombinace dvou proměnných

První dva řádky tabulky ukazují možné varianty/kombinace proměnných A a B.

Další řádky ukazují všechny možné výsledky vstupních kombinací.

Každý řádek je jedna operace nad vstupními proměnnými.

Ve sloupci jsou vstupní hodnoty a příslušná hodnota výsledku pro danou operaci.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 1 | 1 | vstup A |
| 0 | 1 | 0 | 1 | vstup B |
| 0 | 0 | 0 | 0 | nulování |
| 0 | 0 | 0 | 1 | AND |
| 0 | 0 | 1 | 0 | přímá inhibice (negace implikace) - Nastane-li A, nesmí nastat B. |
| 0 | 0 | 1 | 1 | A |
| 0 | 1 | 0 | 0 | zpětná inhibice |
| 0 | 1 | 0 | 1 | B |
| 0 | 1 | 1 | 0 | XOR nonekvivalence (jsou-li proměnné různé je výsledkem 1, jsou-li stejné, pak 0) |
| 0 | 1 | 1 | 1 | OR |
| 1 | 0 | 0 | 0 | negace OR |
| 1 | 0 | 0 | 1 | negace XOR ( výsledek je 1, pokud jsou proměnné stejné, pokud jsou různé pak je výsledek 0) |
| 1 | 0 | 1 | 0 | negace B |
| 1 | 0 | 1 | 1 | zpětná implikace |
| 1 | 1 | 0 | 0 | negace A |
| 1 | 1 | 0 | 1 | přímá implikace (nastane-li stav A, je výsledek řízen stavem B. Z nepravdy A nemůžeme usoudit na stav B – mohou být platné oba stavy (nebude-li pršet, nezmoknem). Pokud platí A je možné z výsledku usuzovat na B (B je stejné jako výsledek) pokud A neplatí nelze o vztahu výsledku a B nic říci. |
| 1 | 1 | 1 | 0 | negace AND |
| 1 | 1 | 1 | 1 | nastavení do jedničky |

**Způsoby „adresování“**

- Součást instrukce - INC A (přičti jedničku k registru A) – registr, se kterým se pracuje je přímo součástí instrukce
- Přímý operand – JMP 1234 – skoč na danou adresu – je uvedena v paměti za instrukcí. Může mít i relativní formu k současné pozici
- Adresa je uvedena jinde (v jiné proměnné) – PUSH B – registr B se uloží na zásobník, LD A, (BC) – do registru A se načte hodnota z adresy ve dvojici registrů BC
- Indexové adresování MOVIX A,BC,IX – do registru A se načte hodnota z paměti, která je posunuta o IX (index) od adresy v registru BC (báze). Registry BC, IX bývají pevně určené (tj. není možné určit, který registr obsahuje bázi a který index/offset)

**Programování**

- Rozbor úlohy – které funkce patří k sobě (knihovny), rozhraní funkcí (předávané a návratové hodnoty), datové typy pro proměnné
- Algoritmy – řešení daného úkolu ve funkci
- Zapsání kódu
- překlad – „jazyková“ správnost
- Ladění kódu – debugging – „funkční“ správnost
- Testovací databáze

**Postup programování**

- požadované vlastnosti
- návrh činnosti
- návrh datových struktur
- návrh funkčních volání

## Hodnocení programu

- Výkon a efektivita – čas, využití zdrojů
- Spolehlivost – HW, SW (na podněty musí správně reagovat)
- Robustnost – odolnost proti „rušení“, chybovým nebo neočekávaným stavům (HW, SW, uživatel)
- Použitelnost – jak je „příjemný“ pro uživatele, jak snadno se zapracovává do programu
- Přenositelnost – jak velké úpravy je nutné dělat při překladu na jiné platformě (jiným překladačem) – jazyk, použité funkce, návaznost na OS, velikost datových typů, endiany …
- Udržovatelnost – dokumentace, komentáře, přehlednost
- Kultura programování – programátorský styl, komentáře (popisují proč je to tak), dokumentace

**Programovací prostředí**

- Editor – vytvoření zdrojových a hlavičkových souborů (co to je, jaká je mezi nimi vazba)
- Překladač + preprocesor – direktivy preprocesoru #xxx, překlad do mezikódu, kontrola syntaktických chyb
- Linker – spojení částí programu (.o, .obj, .lib, .dll, ...) do jednoho celku (.exe, .lib, .dll, ...)
- knihovny (.c, .cpp, .o, .obj, .lib, .dll) předpřipravené části kódu, které zjednodušují psaní programu. Jejich rozhraní je oznámeno v hlavičkovém souboru.
- Debugger – je možné hledat chyby v programu. Trasování – procházení programu po krocích nebo částech s možností zobrazení hodnot proměnných nebo paměťových míst

- Projekt – sada souborů, jejichž zpracováním vznikne výsledek (.exe, .dll, ...)
- Řešení (solution) - sada společných projektů
- Překlad – kompilace (zpracování zdrojových souborů); linkování (sestavení programu), build (kompilace změněných souborů a linkování); build all, rebuild (kompilace všech souborů a linkování); reset, clean, clear (smazání všech souborů (meziproduktů) překladu)

# Opakování jazyka C

Imperativní programování – popisujeme kroky, které má program vykonat
Strukturovanost programu – „grafická“ v rámci funkcí, programátorský styl, (firemní) kultura programování, program realizován pomocí funkcí (předávání parametrů),

Klíčová slova - cca 37 klíčových slov

`void`
`char, short (int), int, long (int)`
`signed, unsigned`
`float, double, (long double)`
`union, struct, enum`
`auto, register, volatile, const, static`
`extern, typedef`
`sizeof`
`if, else, switch, case, default, break` – (podmíněné větvení)
`goto`
`return`
`for, while, do, continue,` (break) - cykly a skoky
operátory (matematické a logické , přiřazení (možnost zřetězení), ternární operátor)
`restrict, inline, _Bool, _Complex, _Imaginary` (C99)

**Datové typy**

- datové typy – udávají přesnost, typ, znaménko, modifikátory
- velikost vázána na platformu (sizeof)
- celočíselné neznaménkové – pro logické operace (bitové, posuny…)
- složené datové typy (struktury, union)
- ukazatel – adresa spojená s typem, který na ní leží, ukazatelová aritmetika
- pole – návaznost na ukazatel, řetězce C (typ string)
- alokace paměti – automatické proměnné, dynamické proměnné (kde leží), globální proměnné, definice a deklarace (inicializace)
- výčtový typ enum

- psaní konstant (znaková ´a´; celočíselná -12, 034, 0xFA8ul; neceločíselné 23.5, 56e-3; pole “ahoj pole“
- escape sekvence \n \r \t \a \0 \0x0D
- konverze datových typů implicitní a explicitní
- typedef

Literál – jednoduchá, pevně daná přímo vyjádřená hodnota (12, ’a’,”abc”,{12,13,147}), kterou lze inicializovat proměnná (včetně pole, struktury…)

**Boolovská logika**

- použití logické (proměnná je brána jako celek nula/nenula) x matematické (po bitech)
- využití pro maskování
- spojeno s neznaménkovými celočíselnými typy
- hodnoty používané k vyjádření logické proměnné
- operace bit po bitu (nad bitovými řezy, bitwise) a s celým číslem (konverzí na bool)

**Funkce**

- návratová hodnota – jak se předává
- parametry funkce – lokální parametry, předávání hodnotou (využití ukazatele), předávání polí (v závislosti na definici)
- lokální parametry funkcí
- funkce main – musí mít návratovou hodnotu int, může mít parametry
- funkce pro (formátovaný) vstup a výstup – standardní vstupy a výstupy stdin, stdout, stderr;

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

# VLASTNOSTI JAZYKA C++
# NEOBJEKTOVÉ VLASTNOSTI C++

**Autor textu:**
**Ing. Miloslav Richter, Ph. D.**

Květen 2014

Komplexní inovace studijních programů a zvyšování kvality výuky na FEKT VUT v Brně
OP VK CZ.1.07/2.2.00/28.0193

# Úvod C++

## jazyk C++  základní popis

- jazyk vyšší úrovně
- nová klíčová slova a mechanizmy
- jednodušší zápis komplexních úloh
- lepší udržovatelnost komplexního SW
- přísnější kontroly při překladu
- mechanizmy pro znovupoužitelnost a modifikaci kódu
- přenositelnost kódu

**jazyk C++  programovací mechanizmy**

- rozšiřuje programovací možnosti C (neobjektové vlastnosti)
- přidává objektové vlastnosti (program objektově orientován, lze psát i "standardně")
- dědění – znovupoužití a rozšíření/modifikace kódu
- šablony – znovupoužití kódu (pro různé datové typy),
- oproti C nové standardní knihovny STL
- výjimky – nový způsob ošetření chyb
- jmenné prostory
- Koenigovo vyhledávání ADL (Argument Dependent Lookup)

**jazyk C++  návaznost na jazyk C**

- existují nezávislé normy C a C++ -  C (C99, C11, C18(?)) a C++ (C++98/03, C++11, C++14, C++17, C++20(?)), embedded C
- C++ přejímá většinu vlastností C
- C může mít některé vlastnosti navíc, až na výjimky lze říci, že C je podmnožinou C++ (když norma C předběhla normu C++; vlastnosti, které musí C dělat jinak, protože nemá nové mechanizmy C++, kterými se to realizuje v C++)
- v některých vlastnostech je C++ přísnější (trvá na přesném dodržování pravidel)
- C přijímá některé (neobjektové) vlastnosti z C++

**jazyk C++ zdrojové soubory**

- zdrojový kód (nejčastěji) přípona ”.cpp”.
- díky dvou normám dva překladače. Jeden pro C, druhý pro C++ (u MSVC GUI rozhoduje o použití přípona zdrojového souboru)
- hlavičkové soubory mají názvy bez přípony nebo ”.h”, ”.hpp”, ”.hxx”,

- standardní hlavičkové soubory jazyka C (například stdio.h) jsou dostupné i v C++
- nově C++ obsahuje obdoby hlavičkových souborů jazyka C se jménem tvořeným předponou c a bez rozšíření .h (stdio.h -> cstdio). Tyto knihovny se chovají stejně, ale jsou lépe přizpůsobeny jazyku C++. (Např. existují stejné proměnné/funkce, ale mají lépe volené datové typy; uzpůsobení přísnějším překladům C++).
- definice z původních hlavičkových souborů jazyka C se nacházejí na globálním prostoru a jsou proto dostupné z globálního prostoru i std.
- definice z nových hlavičkových souborů jsou v prostoru std. Při použití nového jména souboru je jeho obsah součástí jmenného prostoru std (std::printf()). Mohou být ale přístupné i v globálním prostoru (např. MSVC uvádí názvy do obou prostorů rovnocenně – tedy definuje proměnné v std i v globálním prostoru)

## Neobjektové vlastnosti - popis

- lze použít i samostatně,
- lze použít v „C programovacím stylu“ pro zlepšení komfortu programování
- hlavní využití u práce s objekty (vlastními typy)

**Neobjektové vlastnosti - základ**

- definice proměnné
- přetěžování funkcí
- přetěžování operátorů (operátor definujeme jako speciální typ funkce)
- inline funkce
- implicitní parametry
- reference
- prostory jmen
- typ bool
- jemnější členění explicitních konverzí (const_cast, static_cast, dynamic_cast, reinterpret_cast)

- definice „nulového“ ukazatele NULL byla nahrazena klíčovým slovem nullptr

## „Neobjektové“ vlastnosti – složitější mechanizmy

- výhoda jejich použití vynikne při práci s objekty
- lze s nimi pracovat pro standardní proměnné i bez znalosti objektů, i když mohou pracovat s objekty, nebo jsou dokonce na objektech postaveny

- alokace paměti (new, delete) – návaznost na inicializaci a rušení objektu
- typově orientovaný vstup, výstup - streamy
- šablony
- výjimky

**Objektové programování**

- přináší nové možnosti a styl programování
- vystavěn na složeném datovém typu (struct, union)
- objektové vlastnosti mají složené datové typy – class, struct, union
- spojení dat a funkcí/metod pro práci s nimi
- ochrana dat (přístupová práva)
- výsledný mechanizmus (spojení dat, metod a práv) nazýváme zapouzdřením
- zlepšuje "kulturu" programování – automatická inicializace, ukončení života proměnné, chráněná data …

**Komentáře (no = NeObjektová vlastnost)**

- v původním C pouze víceřádkové komentáře /* */
- vnořené komentáře nelze používat - /* /* */ */
- v C++ navíc jednořádkový komentář: // až po konec řádku
- // již i v C99

```
int k;     // nový řádkový komentář
// komentář může začínat kdekoli,
int i ;   /* původní víceřádkový typ  lze stále použít  pro
rozsáhlejší komentáře */
```

Napište funkci pro výpočet obvodu čtverce a okomentujte ji

```
/** \brief Vypocet obvodu ctverce na zaklade delky strany.
\param[in] aStrana Delka jedne strany
\return    Vraci vypocteny obsah ctverce
\attention Tato funkce byla napsana pro hru XXX, ktera ma ctvercovy rastr (celá čísla) a proto vypocty probihaji nad typem int.
*/
int ObvodCtverce(int aStrana)
{
  int /*takhle ne*/ Vysledek;

// ctverec ma ctyri stejne strany
  Vysledek = 4 * aStrana;
  return Vysledek;
}
```

**přetěžování funkcí (no)**

co se stane v jazyce C při překladu následujícího kódu?

```
int ObvodCtverce(int aStrana)
{
  int  Vysledek;
  Vysledek = 4 * aStrana;
  return Vysledek;
}

double ObvodCtverce(double aStrana)
{
  double  Vysledek;
  Vysledek = 4 * aStrana;
  return Vysledek;
}
```

**přetěžování funkcí (no)**

- v C může být jen jediná funkce s daným jménem
- v C++ může být více stejnojmenných funkcí – přetěžování (viz. minulý příklad)
- přetěžování není myšleno ve smyslu překrytí (znemožnění přístupu k původní, ale přidání další funkce se stejným jménem na stejné úrovni)

```
int f(int);        // první z funkcí
int f(int, int);  // přetížení – stejné jméno,
// jiný počet parametrů

// použít lze obě
a = f(b);
c = f(d,e);
```

**přetěžování funkcí (no)**

- při volání vybírá překladač z přetížených funkcí/metod na základě kontextu (překladač si funkce interně „pojmenuje“ tak, že k názvu přidá typ parametrů např. @fYYXX, takže funkce pro něj potom nemají stejný název)
- funkce musí být odlišené: počtem nebo typem parametrů, prostorem,
- typ návratové hodnoty se nerozlišuje (nelze rozlišit pouze návratovou hodnotou)

```
int f(int);    // první z přetížených funkcí
float f(int); // nelze – návratová hodnota neodlišuje
float f(float); // lze rozlišit – jiný typ parametru
float f(float, int) // lze rozlišit – jiný počet parametrů
```

**přetěžování funkcí (no)**

- při vyhledávání má přednost ”nejbližší”, jinak musíme uvést celý přístup - Prostor::Jméno
- problém s konverzemi

```
int f(int);    // první z přetížených funkcí
float f(int); // nelze – návratová hodnota neodlišuje
float f(float); // lze rozlišit – jiný typ parametru
float f(float, int) // lze rozlišit – jiný počet parametrů

float ff = f(3); // volání f(int)

f(3.14); // chyba – parametr double lze převést na int i float
         // a překladač nemůže jednoznačně rozhodnout

f( (float) 3.14);// s konverzí v pořádku–volá se f(float)

f(3,4.5); // OK, implicitní konverze parametrů
// volá se f(float, int) – rozlišení počtem parametrů
```

**implicitní parametry (no)**

- pokud je funkce volána velice často se stejným parametrem, je možné využít jeho implicitní uvedení v deklaraci (hlavičkový soubor)
- při deklaraci funkce uvedeme hodnotu parametru, která se doplní (překladačem) při volání, ve kterém není uvedena
- implicitní parametry se v deklaraci funkce používají od posledního parametru
- při volání se parametry přestávají uvádět od posledního parametru

```
int f(float a=4,float b=random()); //deklarace
// tato funkce je použita pro volání

f(); // překladač doplní chybějící a volá f(4,random())

f(22); // překladač doplní chybějící a volá f(22,random())

f(4,2.3); // je-li zadán následující parametr různý
// od implicitního,  musí se uvést i předchozí,
// i kdyby byl stejný jako implicitní
```

**implicitní parametry (no)**

- implicitní parametry se uvádí (pouze jedenkrát) v deklaraci (.h soubory)
- jako implicitní parametr nemusí být použita hodnota ale libovolný výraz (konstanta, volání funkce, proměnná …)

```
int f(float a=4,float b=random()); //deklarace
// tato funkce je použita pro volání

// předchozí definice funkce koliduje s (=zastupuje i)
// následující  funkce.
// Tyto funkce nemohou být již definovány.
// protože překladač je nedokáže odlišit.

typ f(void);
typ f(float);
typ f (float, float);
// a bez dalších úprav koliduje i s:
typ f(char); // nejednoznačnost při volání s parametrem int –
// je možná konverze na char i float
```

**Null pointer**

- hodnota pro ukazatel, který neukazuje na proměnnou. Používá se pro neinicializovaný ukazatel, nebo pro signalizaci chybového stavu ukazatele.
- V C byl používán **`NULL`** (konstanta definovaná pomocí makra)
- díky konverzím byl **`NULL`** převoditelný i na int či float. Toto není vhodné (ukládat ukazatel do float) a často je to důsledek chyby programátora (nevšiml si, že to není ukazatel). Aby se tomuto zamezilo, byl nově implementován (literál) **`nullptr`**
- **`nullptr`** je klíčové slovo
- **`nullptr`** je možné přiřadit pouze ukazatelům (všech typů)

```
int *pi = nullptr;  // (oznámení ne)inicializace

if (pi == nullptr) …;  // test na inicializovanost

int i = nullptr; // chyba. i není ukazatel
```

**prostory jmen (no) - úvod**

- ”oddělení” názvů proměnných/identifikátorů v rámci různých částí programu
- zabránění kolizí stejných jmen (u různých programátorů) - jsou-li proměnné se stejným názvem v různých jmenných prostorech, potom jejich názvy nekolidují
- použitím jmenného prostoru se přidává ”příjmení” ke jménu (jméno prostoru se přidá k názvu proměnné/funkce jako příjmení a tedy celek příjmení::jméno je různý i pro stejná jména)

prostor::identifikátor
prostor::podprostor::identifikátor

- například proměnné v nové knihovně cstdio leží v prostoru std a tedy při tisku je musíme psát

```
std::printf(“text“); // jsme-li mimo prostor std
```

- pokud jsme ve stejném prostoru jako volaná funkce (nebo využívaná proměnná), nemusíme jméno prostoru používat

```
printf(“text“); // jsme-li v prostoru std
```

**prostory jmen (no) – použití volání**

- při použití má přednost ”nejbližší” identifikátor – prvně se hledá v aktuálním prostoru, potom v nadřazeném. Do prostorů s jiným jménem se bez uvedení pomocí using nedostaneme
- klíčové slovo using – zpřístupňuje v daném prostoru identifikátory či celé prostory skryté v jiném prostoru. Umožní neuvádět ”příjmení” při přístupu k proměnným z jiného prostoru. Při definice v bloku platí pouze do konce bloku.
- doporučuje se zpřístupnit pouze vybrané funkce a data (ne celý prostor = totální porušení ohraničení=ochrany).
- Zároveň se nedoporučuje používání using (zpřístupňování) v hlavičkových souborech = globální dosah zpřístupnění/otevření (v každém souboru, kde je hlavičkový soubor následně includován). Lépe zpřístupnit v c/cpp souborech jen tam kde je skutečně potřeba
- zpřístupnění/”dotažení” proměnné končí s koncem bloku, ve kterém je uvedeno

nechceme-li psát std:: při volání printf

```
std::printf(“text“);
```

musíme před použitím prostého printf uvést některý z příkazů:

```
using std::printf(char *); // pouze funkce
using namespace std; // celý prostor – horší varianta
```

**prostory jmen (no) - vytvoření**

- vlastní prostor definujeme pomocí klíčového slova namespace – vyhrazuje (vytváří) prostor s daným jménem
- vytváří blok společných funkcí a dat – oddělených od zbytku (jménem prostoru)
- definičních bloků se stejným názvem prostoru může být v programu více – do uvedeného jmenného prostoru se „přidají“ nové funkce a data (obsah prostoru může být tedy definován na více místech).
- přístup do jiných prostorů přes celý název proměnné

definice:

```
namespace XX { // začátek prostoru s daným jménem XX
proměnné  // definice proměnných patřících do prostoru XX
funkce
třídy
};
```

**prostory jmen (no) – použití definice**

Hlavičkový soubor

```
namespace XX {
double funkce(void); // funkce v prostoru
struct AA { // struktura definovaná ve jmenném prostoru
   double x;
   };
}
```

Zdrojový soubor (vložení všeho stejně jako u hlavičky, nebo lze i jednotlivě):

```
double XX::funkce(void) // nutno uvést prostor do kterého
patří
{
 AA  a; // definice proměnné struktura „uvnitř“ prostoru

 return (a.x);
}

XX::AA b; // definice proměnné struktura mimo prostor
```

**prostory jmen (no) - poznámka**

- pomocí **using NadřazenýProstor::x; using BázováTřída::g**; lze zpřístupnit prvek, který se ”ztratil” (byl překryt či je přímo nepřístupný)
  Pozn.: „BázováTřída“ – viz. dědění

- pomocí namespace můžeme zkrátit i název vnořených prostorů

```
namespace zkratka = Petr::Prostor1::Oddil2;

// přístup k proměnným v prostoru Oddil z Prostor1 z Petr
x = zkratka::promenna;
```

- pomocí using můžeme nově nahradit typedef

```
typedef int TYPE;
using TYPE = int;  // ekvivalent předchozího (pro C++ lepší)

typedef double (*FUNC)(double , int);
using FUNC = double (double,int); // ekvivalent předchozího
```

**operátor příslušnosti :: (no)**

- Jsme-li uvnitř prostoru, můžeme se odkazovat na jeho členská data, funkce a metody přímo (protože jsou v prohledávání „nejblíž“). Třída (viz. objektové programování) se svým obsahem je vlastně prostorem.
- pokud přistupujeme k datům nebo metodám uvnitř prostoru, či přes objekt, určuje tento prostor (třída), primární oblast, ve které hledat typ použitého objektu
- pokud nelze prostor, ve kterém se data nebo metody nacházejí jednoznačně odvodit z kontextu, musíme tento prostor explicitně uvést
- odlišení datových prostorů (a tříd) přístupem přes operátor příslušnosti ::
- použití i pro přístup k (překrytým) globálním proměnným

```
Prostor::JménoProměnné
Prostor::JménoFunkce()
```

(statická) proměnná Pocet uvnitř prostoru/třídy Komplex je přístupná pomocí:

```
Komplex::Pocet = 10;
```

bez uvedení Komplex by se jednalo o „obyčejnou“ globální proměnnou

Napište funkci, která bude mít lokální proměnnou se stejným názvem jako je název proměnné globální a ukažte v této funkci jak provést přístup k lokální i globální proměnné.

```
float Stav;
fce() {
  int Stav;
  Stav = 5;
  ::Stav = 6.5; //přístup ke ”globální” proměnné
// globální prostor je nepojmenován
}
```

```
// při uvádění metody (viz objektové prg.) vně prostoru/třídy
// (bez vazby na objekt daného prostoru / třídy)
// nutno uvést
int Komplex::metoda(int, int) {}
//při psaní metody u proměnné se odvodí
// z kontextu
Třída a;
a.Metoda(5,6); // Metoda musí patřit ke Třída

Struct A {static float aaa;};
Struct B {static float aaa;};
A::aaa          // proměnná aaa ze struktury A
B::aaa          // proměnná aaa ze struktury B
```

**cyklus for z rozsahu (no)**

for cyklus pro procházení kontejnerů (nebo polí)
- cyklus probíhá přes daný rozsah
- používá se především u kontejnerů
- u polí pouze v bloku definice pole (s poli předanými ukazateli nefunguje)

```
for (deklarace_proměnné : výraz_pro_rozsah) tělo cyklu
```

**- deklarace_proměnné - proměnná pro procházení kontejneru (hodnota nebo reference)**
**- výraz_pro_rozsah - výraz, ze kterého lze odvodit hodnoty/indexy sekvence (například pole, objekty mající metody begin a end)**

```
double Pole[4]={0,1,2,3};
for (double &Prvek: Pole) // v proměnné prvek budou
 { // postupně hodnoty pole
   Prvek = 4 * Prvek; // postupná práce s prvky pole
 }
```

Pro "pole" dynamické je (lepší použít "normální for, jinak je) pro použití této varianty nutné vytvořit objekt, který bude mít metody begin a end (vlastní ukazatel nemusí být nutně jeho součástí).

```
struct PoleBE {
double * iBegin, *iEnd;
double * begin() {return iBegin;}
double * end() {return iEnd;}
PoleBE(double *b,double *e) {iBegin = b;iEnd = e;}
PoleBE(double *b,size_t len) {iBegin = b;iEnd = b + len;}
}

double *Pole = new double [MAX];

PoleBE meze = {Pole,Pole+MAX};

for (double &prvek: meze) {  }

for (double &prvek: PoleBE(Pole,Pole+MAX) ) {  }

for (double &prvek: PoleBE(Pole,MAX) ) {  }
```

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

# NEOBJEKTOVÉ VLASTNOSTI VÝJIMKY, ALOKACE PAMĚTI, ...

**Autor textu:**
**Ing. Miloslav Richter, Ph. D.**

Květen 2014

Komplexní inovace studijních programů a zvyšování kvality výuky na FEKT VUT v Brně
OP VK CZ.1.07/2.2.00/28.0193

**výjimky (exceptions)**

- mechanizmus ošetření chyb

- jak se dá ošetřit chyba v programu?

**výjimky (exceptions)**

- chyby zřejmé za překladu – test (tzv. statické testy), který vyřeší kompilátor
- chyby vzniklé za chodu programu – ošetření programátorem vložením testovacího kódu při překladu (makro asssert (ukončení programu je-li parametr false), nedefinovaná proměnná…), dělení nulou, odmocnina záporného čísla, některé pomocné programy (VLD, checker), testování hodnoty proměnné pomocí knihovního makra - většinou končí ukončením programu, „výskokem“ dialogového okna – nelze s tím moc dělat z pozice uživatele, někdy ani programátora. Vhodné spíše pro ladění.
- představte si účetní, jak může reagovat na okno s textem chyby „sqrt(-)“
- chyby vzniklé za chodu programu ošetřené programátorem – provedení testu před rizikovými operacemi (dělení, odmocnina, test na přidělení paměti, souboru …) – následně „dopravit“ chybu do „rozumného“ místa a zde se snažit
  1) zachránit data co se dá a uložit je,
  2) převést (pravděpodobnou) chybu do srozumitelného jazyka – například místo „sqrt(-)“ uvést „Nedostatek dat (položky řádků …) pro vyřešení rovnice stanovující …“.

Nevýhody posledně uvedeného řešení?

**výjimky (exceptions)**

nevýhody při řešení chyb:
- k chybě může dojít „hluboko“ v programu (například přes více funkcí; v cizí knihovně)
- pro specifikaci chyby je nutný složitější/složený typ
- je nutné řešit ukončení každé funkce (odalokovat paměť, zavřít soubory, …)
- cesta chyby do „rozumného“ místa tak může spočívat i v několika returnech:

```
struct SChyba{…};//struktura pro zaznamenání chybových stavů

struct SChyba chyba = funkce( );
if (chyba.err)
 {
   ošetři ukončení funkce
   return chyba; // „přepošli chybu“ dál
 }
```

- řešení, které nabízí C++, které řeší výše uvedené – mechanizmus výjimek

**výjimky (exceptions) - úvod**

- oddělení řešení chyb od kódu programu
- při použití výjimky se oddělí parametry a návratové hodnoty od hlášení chyb
- při neošetření výjimky program „padne“ – nepokračuje tedy ve výpočtu s chybnými daty
- přenést řešení chyby do místa, kde je to možné a vhodné, aniž by bylo nutné se věnovat řešení mechanizmu přenosu a ošetření cesty mezi těmito body (odalokování paměti, zavření souborů …)
- možnost odlišit typ chyby a řešit chyby podle typu
- možnost popsat typ a příčinu chyby (k přenosu informace lze použít složený datový typ, který může obsahovat: typ chyby, místo chyby, hodnoty parametrů při vzniku chyby…)
- používat s rozmyslem – jsou pomalejší než standardní řešení returnem

- během řešení výjimky se ruší proměnné v nadřazených blocích (mezi throw a catch). Paměť uložená do ukazatele se nevrátí. Nutno použít objekt – volání destruktoru. Platí obecně pro jakýkoli zdroj (soubor, handle na HW zařízení …)
- další výjimka během řešení výjimky (před dosažením catch) způsobí ukončení programu
- destruktory by neměly vyvolat výjimku (mohla by být druhá) -> noexcept.

**výjimky (exceptions) – vytvoření výjimky**

- výjimka je objekt, který se vytvoří (”hodí”, pomocí klíčového slova throw) v místě chyby (na základě testu chybového stavu if …).
- throw je příkaz pro vytvoření objektu přenášejícího informace o výjimce
- následně se ”legálně” ukončují funkce (včetně rušení proměnných - destruktory) až do místa kde má být chyba reprezentovaná daným typem ”chycena” (catch)
- při chybě se vytvoří objekt třídy výjimky pomocí throw V, popřípadě s parametrem, který blíže popíše chybu

```
SChyba xxx; // složený objekt pro popis chyby

if (a == 0) // “hození” jednoduchého textového objektu char[]
   throw “chyba číslo x v místě y“;
if (spatne){
    Napln(xxx, a, b, c ,d); // naplnění aktuálními daty
    throw xxx; // “hození” složitějšího objektu
  }
```

**výjimky (exceptions) – definice oblasti, ze které výjimky zpracováváme**

- blok, ve kterém se mají výjimky odchytávat, je třeba ohraničit/označit (try-catch)
- provádí se pouze standardní odalokování – tj. ruší se proměnné a volají se destruktory objektů.
  Automaticky se neruší objekty vzniklé pomocí new uchované pomocí ukazatele. Proto se vytvářejí objekty pracující s pamětí, zapouzdřující ukazatel, které se ve svém destruktoru postarají o odalokaci paměti.
- výjimka se dá odchytit, pouze je-li v označeném bloku

```
try
   {
…
volání funkce, která hodí/vyvolá výjimku
…
} catch(V) {zde je řešení pro výjimku V}
catch (V2) {zde je řešení pro výjimku V2}
```

**výjimky (exceptions) – zpracování výjimek**

místa kde má být chyba reprezentovaná daným typem ”odchycena” (catch; obsluha;handler)

- po odchycení je možné vybrané výjimky řešit
- catch může být pouze po bloku začínajícím try nebo za jiným catch
- výjimku vyřeší první příslušné catch, na které se narazí
- lze odchytit i více výjimek
- lze odchytávat i postupně catch(V) {… catch(V1);}
- catch (…) odchytí všechny výjimky (je tedy uváděna jako poslední z bloků catch)
- je možné poslat výjimku dál pomocí throw;. Výjimka se totiž bere jako zpracovaná jakmile se začne zpracovávat – pokud nedojde k vyřešení, je možné/nutné ji poslat znovu

```
try
   {
…
volání funkce, která hodí/vyvolá výjimku
…
} catch(V) {zde je řešení pro výjimku V}
catch (V2) {zde je řešení pro výjimku V2}
catch(…){zde je řešení pro (všechny) ostatní výjimky}
  throw; //nedokáži vyřešit, přepošlu dál}
```

## výjimky příklad

```
int funkce (int delka,int sirka, int volba)
{
  if (delka <= 0) throw 1;
  if (sirka <= 0) throw 2;
  if (volba != 0) throw “spatny parametr volba“;
  return delka * sirka;
}

try    {
    int vysledek = funkce(a,b,0);
}
catch(int x) // x nabývá hodnoty 1 nebo 2 (throw ve funkci)
  {/* zde je řešení pro výjimku typu int
   tj. špatná délka nebo šířka */
   printf(“%d”,x); /* v x je hodnota hozená výjimkou */  }
catch (char * txt)
  {/* zde je řešení pro výjimku řetězec */ }
catch(…)
  { /*zde je řešení pro (všechny) ostatní výjimky */
   throw; } //neznám je = nedokáži vyřešit, přepošlu dál
```

## výjimky – příklad s definicí typu pro výjimku

```
enum class Err1{CH1,CH2,CH3};// typ a hodnoty pro vyj.typu 1
enum class Err2 { CH1, CH2, CH3}; // a pro výjimku typu 2
struct E3  { unsigned TypChyby; double *data; int hodnota;}
// složený typ pro řešení s předáním více dat

int fce(int x) // funkce generující výjimku
{ // pouze příklady vygenerování výjimky (bez podmínek a kódu)
throw E1::CH1; throw E1::CH2; throw E2::CH1;  throw E2::CH2;
struct E3 vyj = {8,nullptr,x}; throw vyj;
// složitější objekt výjimky
}

int main()
{try  {
   fce(i)  ;
}  // řešení výjimek podle generovaného typu
catch (E1 &x) { return 1;} // vyslaná hodnota se zapíše do x
catch (E2 &x) { return 2;}
catch (E3 &x) { return 3;}
return 0;}
```

**výjimky (exceptions) – dokončení**

- catch může mít parametry typu T, const T, T&, const T&, a zachycuje výjimku stejného typu, typu zděděného, pro ukazatel T, musí se dát zkonvertovat na T
- není-li výjimka zachycena, je program ukončen (terminated), pomocí funkce terminate (lze ji předefinovat pomocí set_terminate), která ukončí program
- výjimka se nadefinuje ve třídě, jíž se týká class V {… }

- u funkcí je možné napsat které výjimky funkce ”hází” a tím zpřehlednit a zjednodušit psaní a zrychlit program díky možným optimalizacím:

  **void f() throw (v1,v2,v3) {}** a jiné nesmí hodit (=abort) je volána funkce std::unexpected, kterou lze přetížit
  **void f() {}** nebo **void f() noexcept(false) {}** může hodit cokoli
  **void f() throw () {}** nebo (nově) **void f() noexcept(true) {}** či **void f() noexcept {}** nemůže hodit žádnou výjimku (optimalizátor kódu při překladu má lepší prostor k optimalizacím)

- Při výjimce v konstruktoru se nevolá destruktor třídy, v jejímž konstruktoru k výjimce došlo
- Výjimka v konstruktoru (raději) nebo destruktoru (vždy) ho nesmí opustit (ale může v něm být, pokud je odchycena)

**výjimky (exceptions) – dokončení**

- před hozením výjimky je dobré nastavit data do stavu "chyba" (například ukazatele odalokovat a nastavit na nullptr …), nebo nechat v chybovém stavu, pokud z něj později potřebujeme určit, co se stalo - zbytek aplikace tomu musí být přizpůsoben
- pokud nepotřebujeme bližší specifikaci chyby, lze hodit a odchytit pouze typ bez proměnné (implicitní objekt)

- předdefinovaný typ ukazatel na výjimku
  **std_exception_ptr ep;** // chytrý ukazatel s odkazy- objekt výjimky zmizí až s posledním
- při řešení výjimek (nejčastěji v sekci catch(...))
  **std_exception_ptr ep = std::current_exception()** // vrátí buď ukazatel na aktuální
  // výjimku nebo ukazatel na kopii (implementačně závislé)
- umožňuje vyřešit výjimku později mimo standardní proces výjimek
  **ep = std::current_exception()** // v catch si zapamatuju výjimku
  **std::rethrow_exception(ep)** // mimo sekci try-catch, znovu hodí uloženou výjimku
  // uložená výjimka zanikne až s koncem životnosti ep
- **make_exception_ptr(ee)** // vytvoří ukazatel z kopie výjimky (ee předáno hodnotou)

**výjimky (exceptions) – knihovní, předdefinované**

- existuje společný základ pro výjimky – třída std::exception
- z této základní třídy jsou odvozeny další třídy, např. logic_error, runtime_error a dále z nich invalid_argument, out_of_range, underflow_error, …
- knihovny jazyka vyvolávají pouze výjimky z dané množiny odvozené od std::exception
- je výhodné od tohoto základu odvodit i své vytvářené výjimky
- základní výjimky jsou v knihovně <exception>, ostatní odvozené v <stdexcept>

(https://en.cppreference.com/w/cpp/error/exception)

-

**alokace paměti (no/o)**

- typově orientovaná (dynamická) práce s pamětí
- klíčová slova, operátory: **new** a **delete**
- jednotlivé proměnné nebo pole proměnných
- alternativa k **xxxalloc** resp. **xxxfree** v jazyce C, zůstává možnost jejich použití (nevhodné)
- lze je přetížit (pro alokaci se použije volání ”globálních” ::new, ::delete; popřípadě xxxalloc)

```
char*  pch = (char*) new char;

delete pch;
```

**alokace paměti – alokační funkce**

- operátor new pro získání paměti o daném počty bytů
- vrátí adresu počátku přiděleného bloku
- při neúspěchu generuje výjimku

- operátor delete odalokuje paměť; parametr může být nullptr

- verze pro jednu hodnotu a pro pole hodnot (pro obě new většinou jedna knihovní funkce) používat zásadně párově: new + delete; new [] + delete []
- je možné napsat vlastní (přetížit původní) – vlastní verze má přednost – překryje původní
- vlastní verze může mít i další parametry a lze ji napsat pro vlastní datové typy

pro jednu proměnnou

```
void* :: operator new    (size_t počet_bytů)
void  :: operator delete (void *) noexcept
```

pro pole hodnot

```
void* :: operator new[ ] (size_t počet_bytů)
void  :: delete[]        (void *) noexcept
```

## alokace paměti - new-expresion; delete-epxresion

- zjednodušený zápis volání
- new provede alokaci a inicializaci/vytvoření (pomocí konstruktoru)
- delete provede zrušení (ukončení života proměnné pomocí destruktoru) a odalokaci
- pro manipulaci s pamětí se volají alokační funkce
- pro práci s proměnnými se volají konstruktory a destruktory (na rozdíl od malloc a free)
- výsledná alokovaná paměť může být větší, než je součet alokovaných proměnných

```
char*  pch = (char*) new char;   // new char(3) s inicializací
// alokace paměti pro jeden prvek typu char
// konverze void* na/z jiného typu je povolena
delete pch; // vrácení paměti pro jeden char

Komplex *kk; // vlastní datový typ
kk = new Komplex(10,20); // alokace paměti
// pro jeden prvek Komplex s inicializací
// zde předepsán konstruktor se dvěm parametry

Komplex *pck = (Komplex*) new Komplex [5*i];
// alokace pole objektů typu Komplex, volá se
// implicitní konstruktor pro každý prvek pole
```

Vysvětlete rozdíl mezi **`delete`** a **`delete[]`**

Obě dvě verze zajistí odalokování paměti.
První verze volá destruktor pouze na jeden (první) prvek.
Druhá verze zavolá destruktory na každý prvek v poli.
Každý z destruktorů se tedy chová odlišně. Zavoláme-li obyčejné delete na pole, nemusí dojít k volání destruktorů na prvky (a odalokování jejich interní paměti, vrácení zdrojů…). V případě zavolání „polního“ delete na jeden prvek může dojít k neočekávaným výsledkům (například může očekávat před polem hlavičku s informacemi o počtu prvků pole. Pokud zde hlavička nebude, může dojít k chybné interpretaci dat, které zde budou).

```
delete[]  pck; // vrácení paměti pole
// destruktory na všechny prvky
delete pck;//destruktor pouze na jeden prvek!!
```

zjednodušený zápis/výraz new X se skládá z volání funkčního operátoru new pro získání paměti a volání konstruktoru, výsledkem je ukazatel na alokovaný objekt (či pole objektů)

využívané funkční operátory
new T = new(sizeof(T)) = T::operator new (size_t)
new T[u] = new(sizeof(T)*u+hlavička) = T::operator new[ ](size_t)
new (2) T = new(sizeof(T),2) - volá přetížené new s parametry
new T(v) s voláním neimplicitního konstruktoru. Zde s jedním parametrem typu jako má v

```
void T::operator delete(void *ptr)
 { // přetížený operátor delete pro třídu T
   // ošetření ukončení ”života” proměnné
  if (změna) Save(”xxx”);
  if (ptr!=nullptr)
   ::delete ptr; //”globální” delete,
// jinak možné zacyklení
…}
```

uložení dat v paměti – stanovení hodnoty sizeof(T)

Alignment
- adresa umístění proměnné je zarovnávána na adresy dělitelné její velikostí (např. char na byte, short int na 2 byty, int na 4 byty, double na 8 bytů).

Padding
- výplň, vložení nepojmenované proměnné (prázdná paměť) mezi proměnné (struktury, definice ve funkci) tak aby byl respektován jejich alignment
- je-li struktura v poli, musí mít takový rozměr, aby její první (vnitřní/členská) proměnná byla umístěna správně (pro svůj alignment). Zároveň ale musí být správně umístěny i ostatní proměnné (tj. alignment struktury je dán alignmentem jejího „největšího“ prvku). Proto je nutné doplnit i celkový rozměr struktury, tak aby na sebe mohly navazovat.

Který zápis je výhodnější? Jak bude vypadat v paměti?
(respektujte alignment a padding proměnných i struktury)

```
struct X {char  ; double; int; double; short ; }
struct Y {char  ; short ; int; double; double; }
struct Z {double; double; int; short ; char  ; }
```

konstruktory při nenaalokování paměti podle zadaných požadavků používají systém výjimek, konkrétně std::bad_alloc z knihovny <new>.

“původního” vracení nullptr (ve starších překladačích NULL) je možné docílit ve verzi s potlačením výjimek pomocí volby nothrow (opět nutno přidat knihovnu - #include <new>). Nepoužívat není-li to vyloženě nutné

```
char *uk = (char *)new(std::nothrow) char[10];

try{ // alokace paměti generuje výjimky při neúspěchu
     // musíme řešit výjimku bad_alloc
   mat = new TType*[aY]; // vlastní alokace s výjimkou
   for(y = 0; y < aY; ++y)
      mat[y] = new TType[aX]; // další alokace s výjimkou
}
catch(std::bad_alloc)
{
   if(mat) // pokud došlo v minulém bloku k výjimce
      deallocate(mat, y - 1); // odalokujem co se naalokovalo
   throw(ENoMemory); // pošlem výjimku dále, změníme její typ
}
```

**alokace paměti**

```
T* tptr = new (ptr) T;
```

- nealokuje paměť, ale použije paměť již získanou = vrátí ptr
- volá konstruktor
- použití k (re)inicializaci existující proměnné pomocí konstruktoru
- použití k vytvoření proměnné při použití vlastního memory managementu – v tomto případě musíme zajistit „nezavolání“ delete, ale pouze destruktoru

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

# NEOBJEKTOVÉ VLASTNOSTI (pokračování)

**Autor textu:**
**Ing. Miloslav Richter, Ph. D.**

Květen 2014

Komplexní inovace studijních programů a zvyšování kvality výuky na FEKT VUT v Brně
OP VK CZ.1.07/2.2.00/28.0193

**základy vstupu a výstupu znaků v C++**

- neřeší klíčová slova, ale knihovní funkce (součást normy)
- složitý mechanizmus, řešeno pomocí třídy, šablon
- použití (přetížení) operátorů bitových posunů << a >>

```
xstream & operator xx (xstream &, Typ& p) {  }

istream & operator >> (istream &, Typ& p) {  }
ostream & operator << (ostream &, Typ& p) {  }
```

- díky přetížení operátoru není nutné při volání specifikovat/kontrolovat typy (správný operátor hledá překladač)
- pro námi definované typy je nutno tyto operátory napsat

```
struct TPole2D {};

istream& operator>> (istream &is,      TPole2D & p)
{… return is;}
ostream& operator<< (ostream &os,const TPole2D & p)
{… return os;}
```

Pozn.: znak & je symbol pro referenci, nový způsob předávání parametrů

**základy vstupu a výstupu znaků v C++**

- realizace pomocí streamů – objekt propojující program a V/V zařízení
- pro práci s konzolou slouží předdefinované objekty **`cin, cout, cerr`** uvedené v knihovně **`<iostream>`**
- endl (manipulátor) slouží k vynucení vytištění textu a odřádkování
- objekty jsou v prostoru **`std::`**. Použití **`std::cout, std::endl`**.
- jelikož prvním operandem je "cizí" objekt, jedná se o (friend) funkce

```
int i;
double j;
char k[]=“Ahoj“;
TPole2D p;

cin >> i >> j >> k;
cout << i << ”text” << j << k << p << endl;
```

**cout, cin, endl** jsou v prostoru **std**, pak správný přístup z našeho programu je **std::cout**. Použijeme-li na začátku modulu **using namespace std**, pak to znamená, že k proměnným z prostoru **std** můžeme přistupovat přímo a tedy psát pouze **cout**
Lépe je být konkrétní a tedy použít **using std::cout; using std::cin; using std::endl;**

## Deklarace a definice proměnných (no)

- v (původním) C na začátku bloku programu tj. za ihned za {
- v C++ v libovolném místě (deklarace je příkaz)
- deklarace ve for je lokální pro cyklus
- konec života proměnné je s koncem bloku, ve kterém je definovaná
- důvodem je hlavně snaha nevytvářet neinicializované proměnné (jejichž použití vede k chybám). Proměnnou tedy definujeme, až v okamžiku kdy ji můžeme inicializovat
- (globální) deklarace musí mít extern (převážně v hlavičkovém souboru)

```
for (int i=0;i<10;++i)
 { /* zde je i známo, dd neznámo */
  …
  … // libovolný kod
  double dd=j; // definice s inicializací
  …
 }  // zde končí obě proměnné: i a dd
```

**Typy inicializací**

inicializace proměnných

```
int a = 0,aa = j; // původní C styl
int b(1),bb(a); // styl "konstruktor" C++
int c{2},cc{b}; // uniform init - C++11

int c{3.5}; // nelze inicializovat “přesnější” proměnnou

int arr[10] = { }; // naplní nulama
int arr[10] {};// uvádět “=” není nutné (včetně inicializace)


int funkce(); // deklarace funkce (častá chyba v těle jiné fce)
int funkce{}; // definice proměnné
```

použití {} hlavně v templatech a makrech

## Odvození typu proměnné překladačem

Používat pokud nelze typ přesně určit, nebo při podstatném zlepšení čtení kódu. Nejčastěji v makrech a šablonách.
Jinak pro lepší orientaci v programu je vhodnější psát přímo datový typ.

```
auto - odvození typu z inicializační proměnné
auto x = f(3) * f1(4,5);

decltype(b) d; // typ se získá z typu proměnné b -> int d;
// programátor musí hledat b pokud chce znát typ d (=> pracné)
```

**Reference (no)**

- v C je možné předávání parametrů pouze hodnotou (výjimkou je pouze pole)
- v případě, že v C potřebujeme další „odkaz“ na již existující proměnnou (v tom samém bloku, nebo předat jako parametr funkci), řešíme pomocí ukazatele – lze i v C++ ukazatel je lokální hodnota (adresa do paměti)

- nakreslete umístění proměnných z následujícího příkladu v paměti

```
// dvě proměnné předané hodnotou, první typu int,
// druhá typu ukazatel
// obě jsou definice lokálních proměnných s inicializací
void funkce(int aParam, int *aProm)
{
 int *prom; //  neinicializovaná proměnná
 prom = &aParam; // druhá proměnná pro práci s aParam
 *aProm = 3; // práce s předanou proměnnou (zde bbb)
}

int bbb,a = 3;
funkce (a, &bbb); // předání – inicializace parametrů
```

**Reference (no)**

- nový datový typ v C++
- reference – odkaz (alias, přezdívka, nové jméno pro stávající proměnnou)
- zápis proměnné typu reference je **Typ&** a musí být inicializována ihned při definici
- obdobně jako předávání ukazatelem, reference „šetří čas“ a paměť při předávání parametrů do a z funkcí

```
T tt, &ref=tt; //  definice reference povinně s inicializací
extern T &ref; //  deklarace reference

Typ& pom = p1.p2.p3.p4; // zjednodušení zápisu pro přístup
```

Varianty použití operátoru &:

```
int aa, bb, cc, *pc;
cc = aa & bb; // & značí operátor logické and bit po bitu
pc = &cc;     // & značí operátor získání adresy prvku
int &rx=aa;//& značí,že je definována proměnná jako reference
// reference je to v definici proměnné na levé straně =
int *pa= &aa;//& pro získání adresy, v definici,ale napravo =
```

**Reference (no)**

Napište funkce Real, která má parametr typu reference double a vrací double. Funkce nastavuje předanou hodnotu na 4. Ukažte volání této funkce a popište co se děje s proměnnými a jejich hodnotami

Napište funkce Real, která má parametr typu reference double a vrací double. Funkce nastavuje předanou hodnotu na 4. Ukažte volání této funkce a popište co se děje s proměnnými a jejich hodnotami

```
double Real(double &aVa)//předání proměnné referencí do funkce
{aVa = 4;
return aVa;}

double ab; Real(ab); // způsob volání

// aVa je nové jméno pro volající proměnnou =
// dvě jména/proměnné se dělí o společné místo v paměti.
// Přístup k hodnotě ab i aVa směřuje do téhož místa v paměti.
// Při přiřazení do aVa dojde i ke změně původní proměnné ab.
// Reference umožní změny vně,úspora proti volání hodnotou.
// sndnější zápis při psaní těla funkce
```

- ”splývá” předávání i práce při předání hodnotou a referencí (až na prototyp stejné)
- práce s referencí = práce s původní odkazovanou proměnnou
- nelze reference na referenci, na bitová pole,
- nelze pole referencí, ukazatel na referenci
- je možné vracení parametrů odkazem (je možné vrátit pouze parametry (proč?))

**Reference (no)**

Napište funkci, která má dva parametry. Jeden předávaný referencí, druhý pomocí ukazatele. Funkce vrátí prvek z větší hodnotou pomocí reference. Vysvětlete způsob předávání proměnných („jak to vypadá v paměti“ během programu). Ukažte a vysvětlete použití funkce „na levo“ od rovná se funkce() = proměnná;

Funkce má dva parametry. Jeden předávaný referencí, druhý ukazatelem. Funkce vrátí prvek z větší hodnotou pomocí reference. „Jak to vypadá v paměti“ během programu?

```
double& Funkce(double &p1, double *p2)
{  double aa;
   p1 = 3.14; // pracujem jako s proměnnou
   // return aa; // nelze - aa neexistuje vně
   if (p1 > *p2)
      return p1; // lze – existuje vně
   else
      return *p2; // lze – existuje vně
   //vrací se ”hodnota”,referenci udělá překladač
   // odkazujem se na proměnnou vně Funkce
}

double bb,cc,dd ; //ukázka volání
dd = Funkce (bb,&cc); // návratem funkce je
// odkaz na proměnnou, s ní se dále pracuje
Funkce(bb,&cc) = dd; // vrací odkaz
```

U ukazatele je jasně vidět z přístupu, že je to ukazatel (& a *)
U reference je předávání a práce jako u hodnoty, liší se pouze v hlavičce (-> const)

**const, const parametry (no)**

klíčové slovo const slouží k vytvoření konstantní proměnné, nebo k ochraně proměnných před nechtěnou změnou (především při předávání parametrů ukazatelem nebo referencí)

vytvoření konstanty (neměnné proměnné)
- nelze ji měnit – proměnná označená const je hlídána překladačem před změnou

- konstantní proměnná - obdoba **#define PI 3.1415** z jazyka C
- typ proměnné je součástí definice **const float PI=3.1415;**
- pokud lze, použít const typ místo #define
- obvykle dosazení přímé hodnoty při překladu

- const int a int jsou dva různé/rozlišitelné typy
- při snaze předat (odkazem) const proměnnou na místě nekonstantního parametru funkce dojde k chybě (pozor na překladače vytvářející dočasnou proměnnou)
- volání const parametrem na místě neconst parametru (fce) – nelze
- už je i v C99

**const, const parametry (no)**

Potlačení možnosti změn u parametrů předávaných funkcím (především) ukazatelem a referencí (odkazem)

```
int fce(const int *i)
int fce1(int const &ii)

double abs(double val);
double abs(const double val); // jiná funkce než předchozí

double fce2(double *pval) {…*pval = 10;…} // změna vně
const int & fce3(double aa)…


double a;
double const ca;

abs(a); // volá se abs(double val)
abs(ca); // volá se abs(double const val)
fce2(&ca); // nelze přeložit;
   // došlo by ke zpřístupnění konstantní proměnné ca ve funkci
```

**const, const parametry (no)**

shrnutí definicí (typ, ukazatel, reference, const):
T reprezentuje konkrétní typ (int, double, TKomplex, CString …)

| | |
|---|---|
| `T NázevProměnné` | je proměnná daného typu |
| `T * NP` | je ukazatel na daný typ |
| `T & NP` | reference na T |
| `const T NP`<br>`T const NP` | deklaruje konstantní T<br>(const char a=´b´;) |
| `T const * NP`<br>`const T* NP` | deklaruje ukazatel na konstantní T |
| `T const & NP`<br>`const T& NP` | deklaruje referenci na konstantní T |
| `T * const NP` | deklaruje konstantntí ukazatel na T |
| `T const * const NP`<br>`const T* const NP` | deklaruje konstatntní ukazatel na konstantní T |

**const, const parametry (no)**

U použití ve více modulech (deklarace-definice v h souboru) – rozdíl v C a C++

- u C je **const char a=´b´;** ekvivalentní **extern const char a=´b´;**
- pro lokální viditelnost – **static const char a=´b´;**
- u C++ je **const char a=´b´;** ekvivalentní **static const char a=´b´;**
- pro globální viditelnost – **extern const char a=´b´;** v .cpp a **extern const char a;** v .h
- pro dodržení kompatibility je tedy vhodné psát včetně modifikátorů extern/static

**inline funkce (no)**

- obdoba maker v C, oproti kterým mají typovou kontrolu (zajistit nejrychlejší volání)
- dávat přednost inline, pokud lze
- předpis pro rozvoj do kódu, není funkční volání
- umisťuje se v hlavičkovém souboru
- označení funkce klíčovým slovem inline (v deklaraci)
- pouze pro jednoduché funkce (jednoduchý kód)
- „volání“ stejné jako u funkcí
- v debug modu může být použita funkční realizace
- některé překladače berou pouze jako “doporučení”
- je i v C

```
inline int deleno2(double a) {return a/2;}

int bb = 4;
double cc;
cc = deleno2(bb); // v tomto místě překladač
// vloží (něco jako) cc = (int)(double(bb)/2);
```

**typ bool (no)**

- nový typ pro reprezentaci logických proměnných
- klíčová slova bool (typ), true a false (konstanty pro hodnoty)
- implicitní konverze mezi int a bool (0 => false, nenula => true, false => 0, true => 1)
- v C se řeší pomocí define nebo enum

```
bool test; int i,j;
test = i == j;
// do test se uloží výsledek srovnání i a j
test = i; // dojde ke ”klasické” konverzi
// 0 -> false, ostatní -> true
j = test; // ”klasická” konverze 0/1
```

**typ long long (no)**

- nový celočíselný typ s danou minimální přesností 64 bitů

```
unsigned  long long int lli = 1234533224LLU;
printf(”%lld”,lli);
```

- je i v C

**restrict (no)**

- nové klíčové slovo v jazyce C99 (v C++ není), modifikátor (jako const…) u ukazatele
- z důvodu optimalizací – rychlejší kód – (možnost umístit data do cache či registru)
- říká, že daný odkaz (ukazatel) je jediným, který je v daném okamžiku namířen na data
  to je - data nejsou v daném okamžiku přístupna přes jiný ukazatel – data
  to je - data se nemění (jinak než prostřednictvím daného ukazatele)
- const řeší pouze přístup přes daný ukazatel, ne přes jiné (lze const i neconst ukazatel na jednu proměnnou)
- nelze tedy například přesouvat data v jednom poli pomocí dvou restringovaných ukazatelů do téhož pole (není splněn požadavek, že se data nemění)

**Funkce s proměnným počtem a typem parametrů (no) – výpustka**

```
int fce (int a, int b, …);
```

- v C nemusí být ”, …” uvedeno
- v C++ musí být ”, …” uvedeno
- u parametrů uvedených v části ”…” nedochází ke kontrole typů

- makra va_start, va_arg, va_end <cstdarg>

**prototypy funkcí (no)**

- v C nepovinné uvádět deklaraci (ale nebezpečné) – implicitní definice
- v C++ musí být prototyp přesně uveden (parametry, návrat)

- není-li v C deklarace (prototyp) potom se má za to, že vrací int a není informace o parametrech

- **`void fce( )`** v C++ je bez parametrů tj. **`void fce(void)`**
- **`void fce( )`** je v C (neurčená funkce) – funkce s libovolným počtem parametrů (**`void fce(…))`**
- **`void fce(void)`** v C – bez parametrů

**přetypování (no)**

- explicitní (vynucená) změna typu proměnné
- (metoda) operátor
- v C se provádí **(float) i**
- v C++ se zavádí ”funkční” přetypování **float(i)** – lépe vystihuje definici metody
- lze nadefinovat tuto konverzi-přetypování u vlastních typů
- toto platí o “vylepšení” c přetypování. Ještě existuje další, nový typ přetypování (příkazy …_cast)

```
double aa; int b = 3;
// nejdříve se vyčísluje pravá strana, potom operátor =
aa = 5 / b; // pravá strana (od =) je typu int
// následně implicitní konverze na typ double při zápisu do
aa
aa = b / 5; // pravá strana je typu int
aa = 5.0 / b; // pravá strana je double
// výpočet v největší (přítomné) přesnosti
aa = (double) b / 5; // pravá strana je double
```

**enum (no)**

- typ definovaný výčtem hodnot (v překladači reprezentovány celými čísly)

- v C lze převádět enum a int
- v C je: sizeof(A) = sizeof(int) pro enum b(A);

- v C++ jméno výčtu jménem typu
- v C++ lze přiřadit jen konstantu stejného typu
- v C++: sizeof(A) = sizeof(bb) (kde bb je překladačem zvolený celočíselný typ, dostačující k reprezentaci hodnot výčtového typu)

```
enum EBARVY {RED, YELLOW,WHITE, BLACK}

enum EBARVY  barva = RED; // použití enum v C
EBARVY  barva = RED; // v C ++ je enum datový typ

int i;
i = barva; barva = i; // v C lze, v C++ nelze
```

**enum class**

- obdobně jako enum, ale přístup k hodnotám je přes název typu
- místo class lze použít i struct, ale zápisy jsou rovnocenné
- navíc lze v definici určit datový typ, který se má použít
- tento typ se nazývá kvalifikovaný výčtový typ (proměnná se musí kvalifikovat/označit jménem typu). Pouhé enum se nazývá nekvalifikovaný výčtový typ

```
enum class EBARVY : unsigned char {RED, YELLOW,WHITE, BLACK}

enum EBARVY  barva = EBarvy::RED; // použití enum v C
EBARVY  barva = EBarvy::RED; // v C ++ je enum datový typ

int i;
i = barva; barva = i; // nelze
```

**znakové konstanty, dlouhé literály (no)**

- standardně typ char (8bitů – základní znaky)
- znaková sada “interní systému”, překladače, programu
- znaky (univerzální jména znaků) je možné zadávat pomocí ISO 10646 kódu ”F\u00F6rster” (Főrster)
- typ pro ukládání znakových proměnných větších než char (UNICODE-snaha o sjednocení s ISO 10646) – tj. ”dlouhé” znakové konstanty – dostatečně velký celočíselný typ (například unsigned int)
- znaky (char) již proto nejsou konvertovány na int
- v C je sizeof(´a´) = sizeof(int) v C++ je = sizeof(char)
- **klíčové slovo wchar_t –** dostatečně „široký“ typ pro uložení „nejširšího“ locale znaku
- char16_t, char32_t – typy pro znaky jejichž „šířku“ známe
- respektuje pravidla stejně velkého celočíselného typu (zarovnání, znaménko…)

- wchar_t b = L´a´;
- wchar_t c[20] = L”abcd”;
- existují pro něj nové funkce a vlastnosti například wprintf( ), wcin, wcout, …
- řeší výstup zapsaný v “Unicode” do výstupu na základě lokálních nastavení
- dán normou, ale stále v překladačích rozdílné implementace

**znakové konstanty, dlouhé literály (no)**

- třída std:: locale s řešeními pro nastavování a správu informací o národním prostředí (a tedy národní specifika se neřeší přímo ve tvořeném programu)
- setlocale() – nastavení pro program – desetinná tečka, datum, čas
- wcout.imbue(xxx) napojení výstupního proudu na lokální prostředí (locale xxx)

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

# MOTIVACE A ZÁKLADY OBJEKTOVÉHO PROGRAMOVÁNÍ

**Autor textu:**
**Ing. Miloslav Richter, Ph. D.**

Květen 2014

Komplexní inovace studijních programů a zvyšování kvality výuky na FEKT VUT v Brně
OP VK CZ.1.07/2.2.00/28.0193

**Objektové programování**

- přináší nové možnosti a styl programování
- vytváří nový datový typ, který „umí“ vše co standardní datové typy + to co ho naučíme
- překladač se k tomuto typu chová stejně jako k typům standardním
- vystavěn na složeném datovém typu (struct)
- spojení dat a funkcí/metod pro práci s nimi
- ochrana dat (přístupová práva)
- výsledný mechanizmus (spojení dat, metod a práv) nazýváme zapouzdřením
- zlepšuje "kulturu" programování – automatická inicializace (konstruktor), ukončení života proměnné (destruktor), chráněná data …

- nejblíže k ní má knihovní celek z jazyka C – rozhraní, data, kód
- výhody: tvorba knihoven, sdílení kódu, údržba programu

**Třída - základ objektového programování**

- možnost vytvořit nový složený typ (odvozena od *struct*)
- třída *class* respektuje nové přístupy, ale zůstává i *struct* (zpětně kompatibilní vlastnosti)

- třída je obdobně jako struktura dána **popisem** vlastností a velikosti nového typu (v hlavičkovém souboru).
- konkrétní realizace funkcí/metod třídy je ve zdrojovém souboru

- prvky/proměnné třídy se vytváří až při definici objektu/proměnné
- definujeme-li proměnnou daného typu, je jí rezervováno místo v paměti. U třídy nehovoříme o proměnné ale spíše o objektu, nebo o instanci
- zavádí se mechanizmy automatické inicializace proměnných při vzniku (konstruktory)
- velikost objektu (třídy, struktury) může být větší než součet velikostí jejích proměnných (přidány skryté složky, aplikováno paměťové zarovnání složek)

- funkce přístupné/nabídnuté k použití uživateli tvoří rozhraní třídy (přes které se s ní komunikuje)

- standardní typy mají i operátory. Jelikož se objekt chová jako nový typ podobný standardnímu, je možné pro něj nadefinovat i operátory (mající podobné chování jako u standardního typu)

**Objektové programování – znovupoužití kódu**

- C++ umožňuje znovupoužití kódu, tvorbu společných rozhraní (šablony, dědění, polymorfizmus…)

šablony (generické programování, templates)
– naprosto stejný kód pro různé typy,
- napsáno pouze jednou
- lze i pro neobjektové funkce

dědění (specializace, inheritance)
- odvození třídy z již existující třídy
- nová třída má vše co původní + drobné změny a rozšíření = specializace předka. Postupujeme od obecného ke konkrétnímu

polymorfizmus (mnohotvarost)
- dědění, které využívá tzv. virtuálních metod
- tvoření skupin tříd, které mají společné rozhraní – jde k nim přistupovat stejně, i když jsou to různé třídy
- při volání metody se vyhledá metoda pro typ aktuálního prvku – lze tedy dát do společné skupiny prvky různých tříd (se společnou bází – rozhraním)
- ekvivalentní předávání zpráv objektům – každý objekt umí přijmout zprávu

**Rozbor úlohy pro objektové programování**

- podobný jako u „normálního“ programování
- stanovení logických celků a jejich vazeb. Definice entit majících v úloze svoje role (například: zákazník (nakupuje, platí, objednává…), prodavač (vystavuje zboží, přijímá objednávku, ověřuje platbu, vydává zboží…)
- stanovení objektů a jejich rozhraní

- formulace (definice) problému – slovní popis
- vznik (inicializace) a zánik (zrušení) objektu
- rozbor problému – vstupní a výstupní data, operace s daty
- návrh dat (vnitřní datové struktury)
- návrh metod (vstupy, výstupy, "výpočty"/operace, vzájemné volání, rozhraní, předávaná data)
- testování (modelové případy, hraniční případy, vadné stavy …)

**Rozbor problému – koncepce programu**

- konzultace možných řešení, koncepce
- možnost znovupoužití kódu – stávající řešení nebo nové řešení; šablona, dědění (vztah „je“), prvek jiné třídy (vztah „má“)
- rozhodneme, zda je možné použít stávající třídu, zda je možné upravit stávající třídu (dědění), zda vytvoříme více tříd (buď výsledná třída bude obsahovat jinou třídu jako členská data, nebo vytvoříme hierarchii – připravíme základ, ze kterého se bude dědit – všichni potomci budou mít shodné vlastnosti). (Objekt je prvkem a objekt dědí z …) – relace má (jako prvek) a je (potomkem-typem)
- pohled uživatele (interface), pohled programátora (implementace)
- použití výjimek

**Formulace problému – konkrétnější specifikace prvků programu**

- co má třída dělat – obecně
- určení požadované přesnosti pro vnitřní data
- jak vzniká (->konstruktory)
- jak zaniká (->destruktor)
- jak nastavujeme a vyčítáme hodnoty (gettery a settery – data jsou soukromá/nedosažitelná pro uživatele)
- jak pracujeme s hodnotami (->metody a operátory)
- vstup a výstup

## Návrh datové struktury

- zvolí se data (proměnné a jejich typ), které bude obsahovat, může to být i jiná třída
- během dalšího návrhu nebo až při další práci se může ukázat jako nevyhovující
- data jsou (většinou) skrytá

Navrhněte datovou strukturu (členské proměnné/data) pro třídu komplexních čísel.

Pro třídu komplexních čísel se nabízí dvě realizace dat:

- Reálná a imaginární složka
- Amplituda a fáze (délka a úhel, …)

První verze je výhodná pro operace jako sčítání, druhá pro násobení.
Budeme více násobit nebo sčítat? Obecně nelze říci -> reprezentace jsou rovnocenné.

Dále ve třídě/objektu můžeme mít datový člen pro signalizaci chybového stavu – minulý výpočet se nezdařil (dělení nulou …)

## Návrh metod

- metoda – funkce ve třídě pro práci s daty třídy
- metody vzniku a zániku = konstruktor a destruktor
- metody pro vstup a čtení dat = gettery a settery
- metody pro práci s objektem
- operátory
- vstupy a výstupy
- metody vzniklé implicitně (ošetřit dynamická data)
- vnitřní realizace (implementace) metod - zde se (hlavně) zužitkuje C – algoritmy
- to jak je třída napsaná (jak vypadá ona a metody uvnitř) nazýváme implementací

Navrhněte metodu/funkci, která vrátí reálnou část komplexního čísla (pro obě reprezentace dat)

```
double Real()
{
  return iReal;
}

double Real()
{
  return iAmpl * cos( iUhel );
}
```

V případě, že uživatel nepracuje přímo s datovými členy třídy (iReal, iAmpl, iUhel), potom při změně (implementace/realizace) vnitřních parametrů uživatel rozdíl nepozná, protože s třídou komunikuje přes metody/funkce, které jsou veřejně přístupné a které tvoří rozhraní/interface mezi daty třídy a uživatelem.
Dojde ke změně časové a výpočetní náročnosti (zde související i s použitím knihovní funkce cos).

**Testování**

- na správnost funkce
- kombinace volání
- práce s pamětí (dynamická data)
- vznik a zánik objektů (počet vzniků = počet zániků)
- testovací soubory pro automatické kontroly při změnách kódu

Příklad:
Napište testovací soubor tester.bat pro testování programu progzk.exe tak, že mu předložíte vstupní soubor a jeho výstup porovnáte s výstupem očekávaným. V případě chyby vytiskněte hlášení na konzolu

Část testovacího souboru (**tester.bat** - Windows) pro jedny vstupní parametry

```
progzk.exe  <input1.dat   >output1.dat
fc output1.dat vzor1.dat
if ERRORLEVEL == 1 echo "Program s input1 vratil chybu"
```

nebo pro UNIX/LINUX vložte následující obsah do souboru: **tester.sh**

```
#!/bin/sh
progzk.exe <input1.dat >output1.dat
diff output1.dat vzor1.dat
if [ $? -ne 0 ] ; then
 echo "Program s input1 vratil chybu."
fi
```

---

Nastavte soubor jako spustitelný…

```
chmod u+x tester.sh
```

A spusťte soubor **tester.sh** z lokálního adresáře

```
./tester.sh
```

**Test Driven Development**

- unit testing – (postupný) cyklus psaní kódu, ladění, testování správnosti
- testování je součástí vývoje: nadefinuji činnost, napíši test, tvořím kód. Napomáhá k tomu, že v kódu nejsou zbytečnosti - jen to co se testuje, testuje se to co je v definici.
- red (chyba v testu)/green (test v pořádku)/refaktor (vylepši kvalitu) – (bez kódu v testované funkci) test nefunguje/napiš to aby to nějak fungovalo/ předělej to aby to fungovalo lépe (rychleji, přesněji, okomentuj, pojmenuj vhodně proměnné, ...)
- Arrange/Act/Assert - přichystat data pro testovanou metodu/s parametry spustit metodu/Vyhodnotit výsledky pomocí Assert::
- napomáhá vývoji rozhraní - promýšlím parametry již při psaní testu=volání
- kód se přidává, jen když neprojde test (assert). Pokud není kód, mělo by vrátit chybu.
- Testy pozitivní (např. na stejné vstupy stejná odezva) a negativní (různé vstupy mají různou odezvu/výsledek)
- Preferovat malé kroky přidávání kódu (testů)
- neduplikovat kód (pokud něco píši podruhé, tak to buď dělám zbytečně/navíc,nebo to dám do funkce - jinak musím řešit případné chyby vícekrát)
- neduplikovat (nepřekrývat) testované vlastnosti/metody; testy začnou jednoduchými příklady a jdou ke složitějším konstrukcím
- testujeme jednu metodu; testujeme scénář (tj. návaznosti);
-

**Test Driven Development**

- Konstrukce testů by měla být smysluplná a logická.

sekvence :

**`x(item); s = -x; Assert(s == -x)`**

nic neotestuje, protože pokud je v operaci -*x* chyba, projeví se dvakrát stejně. Tímto tedy otestujete pouze to, že -x se chová pokaždé stejně.

Takže by to mělo být třeba takhle:

**`s(-item) ; x (item); Assert (s == -x)`** - pozitivní test (testuje situace, kdy by to mělo fungovat) – musí souhlasit (funguje i pro nulu)

**`x1 = -s;x2 = s;Assert (x1 != x2)`** – negativní test (testuje situace, kdy by to nemělo fungovat – například kdyby operátor –s měnil prvek s, což je proti zažitým zvyklostem u základních datových typů) – nesmí souhlasit (=>pro nulu se musí udělat vlastní test)

**Základní pojmy Objektového programování (shrnutí):**

**Třída (Class) -** Nový datový celek (datová abstrakce) obsahující: data (složky / dříve atributy) a operace (metody), přístupová práva

**Instance (Instance) -** realizace (výskyt / exemplář) proměnné daného typu.
**Objekt (Object) -** instance třídy (proměnná typu třída).

**(Členská) data (Member data / member variable) -** data / proměnné definované uvnitř třídy. Často se používá i pojem složka. Dříve atribut (dnes má jiný význam).
**Metoda (Member function / method) -** funkce definovaná uvnitř třídy. Má vždy přístup k datům třídy a je určena pro práci s nimi.

**Implementace (Implementation) -** Těla funkcí a metod (tj. kód definovaný uvnitř funkce / metody).

**Zapouzdření (Encapsulation)** – shrnutí logicky souvisejících (součástí programu) do jednoho celku (zde data, metody, přístupová práva) – nového datového typu třída. Ve volnější pojetí lze používat i pro funkce a proměnné definované v rámci jednoho .c souboru. Někdy je tímto termínem označováno skrytí přímého přístupu k datům a některým metodám třídy (private members). Volně dostupné vlastnosti se označují jako veřejné (public members).

**Rozhraní (Interface) -** Seznam metod, které jsou ve třídě definovány jako veřejné a tvoří tak rozhraní mezi vnitřkem a vnějškem třídy.

**Životní cyklus objektu (Object live cycle**) **-** Objekt jako každá proměnná má definováno místo vzniku (definice/inicializace) a místo zániku.

**Konstruktor / Destruktor (Constructor / Destructor / c'tor / d'tor) -** metody které jsou v životě objektu volány jako první resp. jako poslední. Slouží k inicializaci datových členů objektu resp. k jejich de inicializaci (navrácení alokovaných zdrojů – paměť, soubory…).

**Operátor (Operator) -** Metoda umožňující zkrácený zápis svého volání pomocí existujících symbolů. (součet +, podíl /, apod.)

**Dědičnost (Inheritance) -** Znovupoužití kódu jedné třídy (předka) k vytvoření kódu třídy nové (potomka). Nová třída (potomek) získá všechny vlastnosti (data, metody) z potomka a může definovat libovolnou novou vlastnost.

**Mnohotvarost (polymorphism) -** Třídy se stejným rozhraním, a různou implementací, jednotný přístup k instancím. Mechanismus umožňující správné volání metod potomka z metod předka.

**Pojem třídy a struktury v C++ (o – Objektová vlastnost)**

- *struct* a *class* jsou složené datové typy – vychází ze *struct* jazyka C
- pomocí struct a class se definuje nový datový typ (má „stejné“ vlastnosti a možnosti co do použití jako standardní typy – *int*, *double* …
- *struct* v C++ je rozšířena o (objektové vlastnosti) možnost přidat metody a přístupová práva (a dále dědit do dalších potomků)
- *struct* a *class* v C++ se liší pouze minimálně (leč v důležité věci)
- nebude-li dále řečeno jinak, platí uvedené pro *struct* i *class*
- třída tvoří jmenný prostor

- v jazyce C *struct* obsahuje pouze data
- v jazyce C++ obsahuje data/členy, metody (funkce pracující s třídou)
- v jazyce C++ lze nastavit přístupová práva pro data a metody (lze je používat pouze „uvnitř“ třídy, nebo je může používat i „uživatel“ třídy) – tzv. vnitřní a vnější rozhraní
- v C++ platí, že „data jsou to nejcennější, co máme“ a proto jsou v *class* data implicitně „schována“ – *private*
- struktura kvůli zpětné kompatibilitě s jazykem C musí implicitně umožňovat uživatelský přístup k datům - *public*

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

# POJEM TŘÍDA
# DATA A METODY, PŘÍSTUPOVÁ PRÁVA

**Autor textu:**
**Ing. Miloslav Richter, Ph. D.**

Květen 2014

Komplexní inovace studijních programů a zvyšování kvality výuky na FEKT VUT v Brně
OP VK CZ.1.07/2.2.00/28.0193

**Pojem třídy a struktury v C++**

- pro deklaraci/definici slouží klíčové slovo class/struct
- deklarace třídy - pouze popis třídy – nevyhrazuje paměť – uvádíme v hlavičkovém souboru
- deklarací struktury/třídy vzniká nový datový typ, který se chová (je rovnocenný) jako základní datové typy (pokud autor třídy odpovídající činnosti popíše)
- objektové vlastnosti rozšířeny i pro union (potlačeno dědění)

Na základě znalostí o struktuře jazyka C napište pro jazyk C++:

- oznámení/deklaraci jména struktury, třídy
- definice struktury, třídy s vyznačením, kde budou parametry (data a metody)
- nadefinujte dva objekty (proměnné) dané třídy a ukazatel na objekt dané třídy, který inicializujte tak, aby ukazoval na první z objektů

Pozn.: postupujte na základě znalostí o strukturách
Pro nový datový typ platí stejná pravidla jako pro základní typy

- deklarace - oznámení názvu/nového typu. Vlastní definice dat a metod je později.
- následně lze použít pouze ukazatel (ne instanci), jelikož není známa velikost typu
- netvoří kód -> je v hlavičkovém souboru, jeho uvedením není zabrána žádná paměť

```
// deklarace typu – netvoří kód
class  jméno_třídy;
struct jméno_struktury;
```

- členská data a metody jsou uvedeny za názvem třídy v {} závorkách, ***musí*** být zakončeno středníkem
- nepoužívat typedef – většinou není nutný
- popis dat a hlaviček metod netvoří kód -> píšeme do hlavičkového souboru
- je již známa velikost výsledného typu (lze využít sizeof)

```
// definice typu – netvoří kód - předpis
class  jméno_třídy   { parametry, tělo třídy };
struct jméno_struktury  {parametry, tělo     };
```

- definice proměnné, vyhradí paměť -> v cpp zdrojovém souboru
- klíčové slovo class, struct není nutné uvádět, stačí název typu
- zápis totožný jako pro int, nejste-li si zápisem jistí, napište pro typ int a následně typ změňte

```
// definice proměnných daného typu a práce s nimi
jméno_třídy a, b, *pc; // vyhradí paměť pro proměnné
//obdoba int a,b,*pc
// 2x objekt, 1x ukazatel
pc = &a;  // inicializace ukazatele
```

**Pojem třídy a struktury v C++ - postup při psaní programu**

- vytvoříme dva soubory pro třídu – hlavičkový a zdrojový
- součástí vývoje třídy by měl být i testovací kód (testovací funkce) – může být součástí zdrojového souboru („odstranitelnou“ například pomocí #if - #endif), lépe vytvořit soubor zvláštní (například s funkcí main)
- hlavičkový soubor ošetřit proti vícenásobnému načtení
- ve zdrojovém souboru třídy (a souborech kde budeme třídu používat) naincludovat hlavičkový soubor
- v hlavičkovém souboru napsat deklaraci i definici třídy (včetně těla, nezapomenout ukončit středníkem)

hlavičkový soubor třídy

```
#ifndef CCOMPLEX_H123
#define CCOMPLEX_H123
class CComplex {

};
#endif
```

zdrojový soubor třídy

```
#include “ccomplex.h”
```

## Přístupová práva (o)

- nastavuje kdo má k datům/metodám přístup: pouze třída (private/privátní/soukromá) x uživatel i třída (public, veřejná)
- klíčová slova pro nastavení přístupových práv – private, public, protected
- klíčová slova jsou přepínače - označují začátek bloku stejných přístupových práv
- přepínače možno vkládat libovolně
- rozdíl mezi class a struct (jeden z mála) – implicitní přístupové právo private x public. To je právo, které je implicitně nastaveno na „začátku“ těla definice – platí do první změny, do prvního uvedení přepínače na jiná přístupová práva

```
class X  {            int i   je ekvivalentní
class X  { private:   int i  …
struct Y {            int i   je ekvivalentní
struct Y { public:    int i …
```

**Přístupová práva - (o) postup při psaní programu**

- uvádí se pouze v definici – tj. v hlavičkovém souboru
- říkají, které z proměnných může používat uživatel (mimo třídu)
- lze je používat pro každou metodu/proměnnou zvlášť ale z důvodu přehlednosti je lepší volit větší celky (shlukovat členská data se stejnými právy)

```
// definice třídy CComplex
class CComplex {
   double iReal; // privátní datová proměnná/složka
public:
   double iImag; // veřejně přístupná proměnná
private: // uživateli nepřístupné proměnné
   double iAlpha; // privátní
   double iAmplitude; // privátní
};    // konec definice třídy CComplex

// definice proměnné uživatelem (mimo prostor třídy)
class CComplex prom;
prom.iImag = 5; // lze – iImage je public
prom.iReal = 2; // nelze – iReal je private
prom.iAlpha = 2; // nelze – iAlpha je private
```

**Data, metody - práce s nimi (o)**

- datové členy – jakýkoli známý typ (objekt nebo ukazatel)
- s datovými členy pracujeme stejně jako s daty uvnitř struktury (z důvodu „bezpečnosti dat“ se snažíme přístupu uživatele k datům zabránit)
- rozlišujeme přístup k datům objektu = operátor „.“ K datům „ukazatele“ =operátor “->“
- metody – členské funkce patřící ke třídě, pracujeme s nimi stejně jako s daty a „funkční volání“ naznačíme přidáním „()“, mezi kterými jsou uvedeny parametry metody
- uživatelovi přístupné metody tvoří interface
- přístupová práva **– `private, protected, public`**

Nadefinujte třídu, která bude mít privátní členská data (po jednom) typu int, float, class Jmeno, C-řetězec. Dále bude mít veřejné členské metody a jeden datový člen int:
metoda1 – bez parametrů, vrací int
mteoda2 – dva parametry int a float, bez návratové hodnoty
metoda 3 – vrací float a má parametry int a ukazatel na Jmeno

Napište část programu, který nadefinuje objekt dané třídy, ukazatel inicializovaný tímto objektem. Dále ukažte přístup ke členům a metodám a řekněte, které budou fungovat.

```
// deklarace (popis) třídy – v souboru jmeno_tridy.h
class Jmeno_třídy { // implicitně private:
  int data1; //datové členy třídy
  float data2;
  Jmeno *j;  // class není nutné uvádět
  char string[100];
public: // metody třídy
  int metoda1() {…return 2;}
  void metoda2(int a,float b) {…}
  float metoda3( int  a1,  Jmeno *a2);
 int dd;//nevhodné, veřejně přístupná proměnná
 };

Jmeno_třídy aa, *bb = &aa;
// obdoba struct pom aa, *bb = &aa;
// přístup jako k datovým prvkům struct
aa.dd = bb->dd;
int b = aa.metoda3(34,”34.54”), c = bb->metoda3(34,”34.54”);
aa.metoda1(); // přístup přes proměnnou/objekt
bb->metoda1(); // přístup přes ukazatel na proměnnou/objekt
// aa.data1 = bb->data1; //nelze přistupovat k privátním datům
```

```
struct Komplex { // public: - implicitní
double Re, Im; // public

private:  // přepínač přístupových práv

double Velikost(void) {return 14;}
// metoda (funkce) interní
int pom;  // interní-privátní proměnná

public: // přepínač přístupových práv

// metoda veřejná = interface
double Uhel(double a ) {return a-2;}
};

Komplex a,b, *pc = &b;
a.Re = 1;      pc->Re = 3;      // je možné
b.Uhel(3.14); pc->Uhel(0);     // je možné
a.pom = 3;     pc->pom = 5  ;  // není možné
b.Velikost(); pc->Velikost(); // není možné
```

**Data, metody – postup při psaní programu**

- datovou reprezentaci a metody si dobře promyslíme a rozvrhneme
- pokud není speciální důvod, potom data jsou v sekci private
- metody „nebezpečné“ nebo s omezenými kontrolami jsou private (aby je nemohl volat uživatel, který by mohl použít tyto metody, aniž by domyslel důsledky)
- metody tvořící interface (přístupné uživatelovi) – uvedeme v sekci public
- z hlediska programu obvykle jako první píšeme „speciální“ metody pro vznik a zánik proměnné – konstruktory a destruktor

```
class CComplex { // implicitně private:
   double iReal, iImag; //datové členy třídy
   double iApha, iAmplitude;
// použít všechny čtyři členy? nebo jen dva? které?

public: // metody třídy
  void Set(double aRe, double aIm) {…}
  double GetReal() {return iReal;}

  int error;//nevhodné, veřejně přístupná proměnná
 };
```

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

# THIS, INLINE METODY, STATICKÉ DATOVÉ ČLENY

**Autor textu:**
**Ing. Miloslav Richter, Ph. D.**

Květen 2014

Komplexní inovace studijních programů a zvyšování kvality výuky na FEKT VUT v Brně
OP VK CZ.1.07/2.2.00/28.0193

**ukazatel this (o)**

- základ mechanizmu volání metod – metodám se předá ukazatel na aktuální objekt, který metodu zavolal (zajistí překladač)
- this - klíčové slovo
- **`T* const this; // „součást“ každého objektu`**
- předán implicitně do každé metody (skrytý parametr-překladač)
- při použití metody **`aa.Metoda();`** se vlastně „volá“ ***`Metoda(&aa)`*** – objekt, který chce „svou“ metodu zavolat je do ní překladačem skrytě předán jako parametr.
- Prototyp metody je napsán v hlavičkovém souboru **`void Metoda(void)`** ale je „přeložen“ se skrytým parametrem jako
  ***`void Metoda(T *const this)`*** a potom v těle lze používat členské metody a data aktuálního objektu {**`this->data1 = 4;this->metodax();}`**

Použití this při psaní programu:

- přístup k datům a metodám aktuálního objektu (this je možné vynechat, proměnná třídy je první v rozsahu prohledávání – třída tvoří jmenný prostor**)**
  **`this->data = 5, b = this->metoda( a )`**
- objekt vrací sám sebe – **`return *this`**;
- kontrola parametru s aktuálním prvkem **`if (this==&param)`**

**ukazatel this**

Napište třídu Komplex a v ní metodu, která vrací maximum ze dvou proměnných typu Komplex.

```
class CComplex {
double Re,Im;
public:
Komplex& Max(Komplex &param) // & reference
{ // this je předán implicitně při překladu
// Komplex& Max(Komplex*const this,Komplex &p…
// rozdíl funkce x metoda

if (this == &param) // & adresa
    return *this;// oba parametry totožné a tak
// nepočítám, => rychlý návrat.
if ( this->Re < param.Re ) return param;
else                       return *thís;
//  param i this existují vně -> lze reference
}  // konec funkce
}; // konec třídy
```

volání:

```
Komplex aa,b, c ;
c = aa.Max(b); // neboli Max(&aa,b). Překladem
//  se aa uvnitř metody mění v this
c = b.Max(b); // mezivýsledek c = b; this v Max je &b
```

Alternativní hlavičky pro metodu Max. Vysvětlete rozdíly při předávání (kde vznikají dočasné proměnné).

```
Komplex  Max(Komplex  param)
Komplex & Max(Komplex &param)

c = a.Max(b);
```

**`c = a.Max(b);`**
společné volání pro obě hlavičky. Z volání není vidět rozdíl pro předávání hodnotou a referencí.

**`Komplex Max(Komplex param)`**
předaný parametr b z volání se stane předlohou pro lokální proměnnou param, která vznikne jako (plnohodnotná lokální) kopie – musí tedy vzniknout a zaniknout objekt. Změní-li se param, nemění se původní objekt b.
Vracený parametr je vracen hodnotou – musí tedy vzniknout (jako plnohodnotná kopie prvku z return xxx;) a zaniknout.

**`Komplex & Max(Komplex const &param)`**
pokud se předává objekt pomocí reference, nevytváří se žádný nový objekt, odkazujeme se na objekt původní. Manipulací s prvkem param pracujeme přímo s objektem b. Aby nedošlo k nechtěné změně b, můžeme param označit jako const a potom ho nelze změnit (lze zde const použít? Sledujte návaznost na návratovou hodnotu). Vracet referenci můžeme, pouze pokud proměnná existuje ve funkci volající i volané.

Jelikož je předávání parametrů pomocí reference úspornější (časově i paměťově), dáváme mu přednost (u složitějších proměnných, v situacích kdy to jde!).

**inline metody (o)**

- obdoba inline funkcí pro třídu
- slouží pro zápis krátkých metod
- rozbalené do kódu, předpis, netvoří kod

- automaticky jsou to metody s „tělem” v deklaraci třídy (hlavičkový soubor)
- inline jsou i metody v deklaraci třídy s klíčovým slovem inline, tělo mimo (v hlavičce)
- pouze hlavička metody v deklaraci třídy a tělo mimo (ve zdroji) – není inline

- obsahuje-li složitý kód (cykly) může být inline potlačeno (překladačem)
- může být bráno překladačem pouze jako doporučení

| .h soubor | .cpp soubor | pozn. |
|---|---|---|
| metoda() {} | - | inline funkce, tělo je definováno ve třídě |
| metoda(); | metoda::<br>metoda() {} | není inline. Tělo je definováno mimo hlavičku a není uvedeno inline |
| class {inline metoda(); }<br>inline metoda(){} | - | je inline „z donucení“ pomocí klíčového slova inline.<br>Hlavička s *inline* je ve třídě.<br>Hlavička s inline a tělo je v hlavičkovém souboru mimo třídu |
| inline metoda(); | inline metoda::<br>metoda(){} | je inline ”z donucení” pomocí klíčového slova inline.<br>Definice by ale měla být též v hlavičce (v cpp chyba) |
| metoda () {} | - neinline | nelze programátorskými prostředky zajistit aby nebyla inline, může ji však překladač přeložit jako neinline (na inline příliš složitá) |
| metoda (); | inline metoda::<br>metoda(){} | špatně (mělo by dát chybu) – mohlo by vést až ke vzniku dvou interpretací – někde inline a někde funkční volání |
| inline metoda() | metoda::<br>metoda() {} | špatně – mohlo by vést až ke vzniku dvou interpretací – někde inline a někde funkční volání; i když je vlastní kód metody pod hlavičkou takže se o inline ví, nedochází k chybě |

**inline metody (o) – postup při psaní programu**

- podle „délky“ metody rozhodneme, zda je vhodné, aby byla inline (pokud funkce či metoda obsahuje cykly, nebo volání jiných metod, nemá smysl, aby byla inline)
- definice třídy by měla být přehledná – měla by obsahovat pokud možno jen deklarace

**inline metody (o) – postup při psaní programu**

- těla extrémně krátkých inline metod můžeme psát přímo do „těla“ definice třídy -> metoda je implicitně inline (bez označení)
- delší těla inline metod je výhodné kvůli přehlednosti psát mimo „tělo“ definice třídy. Před prototypem se uvede klíčové slovo inline, vlastní tělo metody se napíše za definici třídy do hlavičkového souboru
- metody s funkčním voláním (nejsou inline) mají v definici třídy pouze prototyp. Tělo metody se uvede ve zdrojovém souboru

hlavičkový soubor:

```
class CComplex{ public:
 int Metoda1(void){return 1;} // implicitně inline (má tělo)
 inline int Metoda2();// inline díky klíčovému slovu
 int Metoda3();// není uvedeno inline ani tělo=>funkční volání
};
// jsme-li mimo třídu, musí být CComplex::
int CComplex::Metoda2(){…; return 2;}
```

zdrojový soubor (inlclude hlavička):

```
int CComplex::Metoda3(){…;…;…;return 3;}
```

## Hlavičkové soubory a třída (o)

- hlavičkový soubor (.h), inline soubor (.inl, nebo .h), zdrojový soubor (.cpp)
- hlavička – deklarace třídy s definicí proměnných a metod, a přístupových práv (”těla” inline metod – lépe mimo) – předpis, netvoří kód
- inline soubor – ”těla” inline metod – předpis. Jelikož jsou těla mimo definici třídy, musí obsahovat jméno třídy, do které patří (a operátor přístupu). Mimo definici třídy je nutné k metodám uvádět, ke které třídě patří pomocí operátoru příslušnosti T::metoda
- zdrojový soubor – ”těla” metod – ”skutečný” kód. Jelikož jsou těla mimo definici třídy, musí obsahovat jméno třídy, do které patří (a operátor přístupu)
- V souborech, kde je třída používána, musí být vložen hlavičkový soubor třídy.

hlavička: (soubor.h)

```
class T{
data
metody (bez ”těla”); // těla v cpp
inline metody (bez ”těla”); // tělo je v h souboru
metody (s „tělem) {} // inline metody
};

těla metod přímo v hlavičce, nebo přidat
#include ”soubor.inl”

soubor.inl obsahuje těla inline metod:   T::těla metod
návratová hodnota T::název(parametry) {…}
```

zdrojový kód:

```
#include  hlavička
T::statické proměnné
T::statické metody
T::těla metod
```

soubory, kde je třída používána

```
#include ”hlavička”
použití třídy
```

```
//======== konkrétní příklad ========== hlavičkový soubor
class POKUS {
int a;
public:
POKUS(void) { this->a = 0;} //má tělo -> inline, netvoří kód

inline POKUS(int xx); //označení -> inline, netvoří kód

POKUS(POKUS &cc); // nemá tělo, ani označení
// -> není inline = funkční volání = generuje se kód
};
// pokračování hlavičkového souboru
// nebo #include ”xxx.inl” a v něm následující

// je inline, proto musí být v hlavičce protože je mimo tělo
// třídy musí být v názvu i označení třídy (prostoru)
POKUS::POKUS(int xx) { this->a = xx; }
// konec hlavičky (resp. inline)

// zdrojový soubor
#include ”hlavička.h”
POKUS::POKUS (POKUS&cc) { this->a = cc.a; }
```

**statický datový člen třídy (o)**

- vytváří se pouze jeden na třídu, společný všem objektům třídy
- např. počítání aktivních objektů třídy, společné nastavení pro všechny prvky třídy, zabránění vícenásobné inicializaci, zabránění vícenásobnému výskytu objektu …
- v deklaraci (*.h) třídy označen jako static

```
class string {
   static int pocet;
// deklarace statické proměnné nerezervuje paměť
};
```

- existuje i v okamžiku, kdy neexistuje žádný objekt třídy
- není součástí objektu, vytvoří se jako globální proměnná (nutno definovat a inicializovat ve zdrojovém souboru *.cpp)

```
int string::pocet = 0;
```

**statické metody (o)**

- pouze jedna na třídu
- je možné ji volat, aniž by existoval (jediný) objekt dané třídy
- nemá this (= „normální“ funkce s přístupem k privátním datům)
- ve třídě označená static
- vlastní tělo ve zdrojové části
- nesmí být virtuální
- může k private členům (obdobně jako friend funkce),
- externí volání se jménem třídy bez objektu **`Třída::fce( )`**

## statické členy – použití v programu

```
// v *.h popis
class Tr {
static int Pocet; //staticka data
public:
static int Kolik (void); //staticka metoda
// priklady pouziti/přístupu v ramci tridy
int Prvku(void){Pocet = 1; return Kolik();}
}

// v souboru *.cpp kód – pouze jednou, úplný název proměnné
int Tr::Pocet = 0; // místo v paměti a inicializace
int Tr::Kolik() {return Pocet;} // kód funkce

// způsob použití v programu – celá cesta
int p1 = Tr::Pocet; // nelze - není public
Tr a;
int p2 = Tr::Kolik(); // je-li public; volani bez objektu
int p3 = a.Kolik(); // je mozne i volani přes objekt
int p4 = a.Prvku(); // pro metodu musí vždy existovat objekt
```

## statické členy – použití v programu

```
// využití pro generování testovacích hodnot
// v *.h popis
class Tr {
static int Minuly; //staticka data
static char RetChar[200]; // neprislis stastne (proc?)
public:
static int           TestValue0(void){return 0;}
static int           TestValue1(void){return 1;}
static const char *  TestStr0(void)  {return "0";}
static const char *  TestStr1(void)  {return "1";}
static int         TestValueRand(void){return Minuly=rand();}
static const char* TestStrRand(void){//prevod Minuly->RetChar
                     return RetChar;}
}

// v souboru *.cpp kód pro testování konstruktorů
Tr Hodnota0a(Tr::TestValue0()), Hodnota1a(Tr::TestValue1());
Tr Hodnota0b(Tr::TestStr0 ()) , Hodnota1b(Tr::TestStr1());
Tr HodRa(Tr::TestValueRand()) , HodRb (Tr::TestStrRand());
if (Hodnota0a != Hodnota0b) // něco je špatně
if (Hodnota1a != Hodnota1b) // něco je špatně
```

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

# KONSTRUKTORY A DESTRUKTORY

**Autor textu:**
**Ing. Miloslav Richter, Ph. D.**

Květen 2014

Komplexní inovace studijních programů a zvyšování kvality výuky na FEKT VUT v Brně
OP VK CZ.1.07/2.2.00/28.0193

## konstruktory a destruktory (o)

- slouží k ovlivnění vzniku (inicializace) a zániku (úklid) objektu
- základní myšlenkou je, že proměnná by měla být inicializována (nastavena do počátečního stavu) a zároveň by se při zániku proměnné neměly ztratit získaná data nebo obdržené zdroje (soubory, paměť ...)

- jsou to metody se specifickými vlastnostmi (rozšíření/omezení)
- jsou volány automaticky překladačem (nespoléhá se na uživatele)
- konstruktor – první (automaticky) volaná metoda na objekt. Víme, že data jsou (určitě) neinicializovaná.
- místo volání konstruktorů určíme definicí nebo vytvořením proměnné pomocí *new*
- destruktor – poslední (automaticky) volaná metoda na objekt
- místo volání destruktoru určí místo konce života proměnné (konec bloku kde byla nadefinována) nebo *delete*

- „konstruktory“ vlastně známe již z jazyka C z definicí s inicializací
- některé „konstruktory“ a „destruktor“ jsou u jazyka C prázdné (nic nedělají)

```
{//příklad(přiblížení) pro standardní typ int
 int a;
//definice proměnné bez konkrétní inicializace = implicitní

 int b = 5.4;
// definice s inicializací. vytvoření, konstrukce proměnné int
// z hodnoty double = konverze (z double na int)

 int c = b;
// konstrukce (vytvoření) proměnné int na základě proměnné
// stejného typu = kopie
…
}  // konec životnosti proměnných – zánik proměnných
// je to prosté zrušení bez ošetření – (u std typů)
// zpětná  kompatibilita
```

**Konstruktor**

- je to metoda, která má některé speciální vlastnosti
- metoda konstruktor má stejný název jako třída
- nemá návratovou hodnotu
- volán automaticky při vzniku objektu (lokálně i dynamicky)
- konstruktor je využíván k inicializaci proměnných (nulování, nastavení základního stavu, alokace paměti, …)
- možnost (funkčního zápisu) konstrukce je přidána i základním typům

```
class Trida {
int ii = 0; // možný způsob inicializace;
// použije se jako poslední, pokud není jiný
public:
// inicializace členů třídy před tělem konstruktoru
Trida(void):ii(0) {…} // implicitní kontruktor

Trida(int i): ii(i) {…} // konverzni z int
// ii(i) je konstruktor proměnné ii na základě i

Trida(Trida const & a):ii(a.ii) {…} // kopy konstruktor
 }
```

- třída může mít několik konstruktorů – přetěžování
- implicitní (bez parametrů) – volá se i při vytváření prvků polí
- konverzní – s jedním parametrem
- kopy konstruktor – vytvoření kopie objektu stejné třídy (předávání hodnotou, návratová hodnota …), rozlišovat mezi kopy konstruktorem a operátorem přiřazení

```
Trida(void)   // implicitní
Trida(int i)  // konverzní z int
Trida(char *c) // konverzní z char *
Trida(const Trida &t) // copy
Trida(float i, float j) // ze dvou parametrů
Trida(double i, Trida &t1) //ze dvou parametrů

Trida a, b(5), c(b), d=b, e(”101001”);
Trida f(3.12, 8), g(8.34, b), h = 5;

// pouze pro ”názornost” !!! Překladač přeloží
Trida a.Trida(), b.Trida(5), c.Trida(b), d.Trida(b),
 e.Trida(”101001”);
f.Trida(3.12, 8) , g.Trida(8.34, b), h.Trida(5)
//”.Trida” by bylo nadbytečné a tak se neuvádí
(promenna).~Trida(); // na konci bloku pro každou proměnnou
```

- konstruktor může použít i překladač ke konverzi (například voláním metody s parametrem *int*, když máme metodu jen s parametrem *Trida*, ale máme konverzní konstruktor z *int*)
- konstruktory se používají pro implicitní konverze, pouze jedna uživatelská (problémy s typy, pro které není konverze)
- *explicit* - klíčové slovo – zakazuje použití konstruktoru k implicitní konverzi

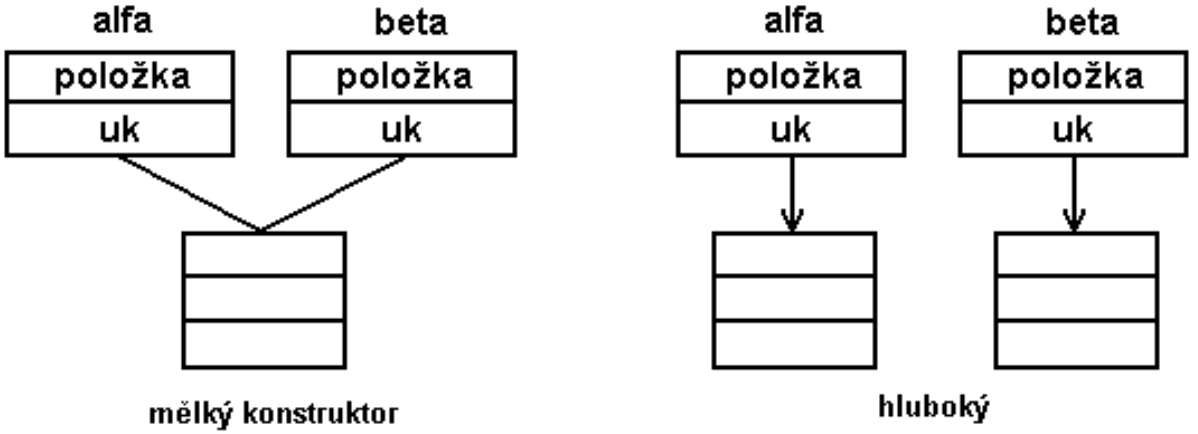
```
class Trida {public:
explicit Trida(int j); // konverzní konstruktor z int
Trida::Metoda(Trida & a);
}

int i;

a.Metoda ( i ); // nelze, implicitní konverze se neprovede
// kdyby nebylo uvedeno explicit, pak by překladač
// využil kostruktor k implicitní konverzi int->Trida

b.Metoda ( Trida(i)); // lze,  explicitní konverze je povolena
```

- u polí se volají konstruktory od nejnižšího indexu
- konstruktor nesmí být *static* ani *virtual*
- alespoň jeden musí být v sekci *public* (jinak zákaz pro běžného uživatele)

- implicitní konstruktor (kvůli zpětné kompatibilitě) vzniká automaticky jako prázdný
- je-li nadefinován jiný konstruktor, implicitní automaticky nevznikne
- není-li programátorem definován kopykonstruktor, je vytvořen překladačem (kvůli zpětné kompatibilitě) a provádí kopii (paměti) jedna k jedné (memcopy)

Vysvětlete jaký je problém při vzniku automatického kopykonstruktoru je-li ve třídě ukazatel?

- automatický kopykonstruktor se chová jako prostá kopie prostoru jedné proměnné do druhé
- pokud objekt nevlastní dynamická data (ukazatel na ně), dojde ke kopii hodnot což je v pořádku
- jsou-li dynamická data ve třídě (tj. jsou odkazována ukazatlelm) dojde ke kopii ukazatele. Potom dva objekty ukazují na stejná data (a neví od tom) –> problém při rušení dat – první rušený objekt společná data zruší …
- nazýváme je mělké (memcopy) a hluboké kopírování (shallow, deep copy – vytváří i kopii dat na které se odkazují ukazatele. Ukazatele mají tedy různé hodnoty.)
- řešením je vlastní kopie nebo indexované odkazy



**Destruktor**

- slouží k „úklidu“ proměnné – uchování dat, vrácení zdrojů (vrácení systémových prvků, paměť, soubory, ovladače, ukončení činnosti HW, uložení dat …)
- má stejný název jako třída, názvu předchází ~ (proč?)
- na celou třídu je pouze jeden (bez parametrů)
- nemá návratovou hodnotu
- volán automaticky překladačem

```
~Trida (void) {} // destruktor
```

- destruktory se volají v opačném pořadí jako konstruktory
- je možné ho volat jako metodu (raději ne)
- není-li definován, vytváří se implicitně prázdný
- musí být v sekci public

- při dědění je výhodné aby byl *virtual*

```
{ Trida aa, bb, *pc = new Trida;
  delete pc; // volá se destruktor }
// volají se destruktory pro prvky bb a aa ( v tomto pořadí)
```

**Konstruktory a destruktory – použití při psaní programu**

- promyslíme, na základě jakých dat může objekt vznikat (implicitní vznik je častý, kopykonstruktor se používá i při předávání hodnotou, …)
- promyslíme, zda je nutné ošetřit zánik proměnné (data, zdroje)
- můžeme vytvořit i privátní konstruktory, které nemůže používat uživatel (tomu bychom měli ale alespoň jeden nechat)
- u kratších konstruktorů promyslíme možnost inline
- členy třídy s jednoduchým přiřazením inicializujeme mezi hlavičkou a tělem konstr.
- nejprve se volají konstruktory datových členů v pořadí uvedeném v definici. Typ inicializace je implicitní, pokud není v inicializační části metody naznačeno jinak.
- po definici členů se provádí tělo konstruktoru

```
class Trida {
   CComplex a,b,c=0;
public:
   Trida(int i, int j = 0): c(i), a(i,j)
      {b.iRe = …; bIm=…;}
   Trida(): c(0),b(0), a(0,0) {}
   Trida(const Trida &aa): b(aa.b),c(aa.c), a(aa.a) {}
   ~Trida() {}
};
```

```
class Trida {
   CComplex a,b,c=0; // implicitní inicializace až nakonec

public:
   Trida(int i, int j = 0): c(i), a(i,j)
// inicializují se nejprve členy v pořadí (definice)=>a,b,c
// pro a je volán konstr. se dvěma parametry, pro b implicitní,
// pro c je volán konstruktor CComplex s jedním parametrem
      {b.iRe = …; bIm=…;}
// po inicializaci členů jde tělo
// pro b nejdříve implicitní konstr., potom druhé přiřazení
// stejným proměnným v těle, nevhodné

   Trida(): c(0),b(0), a(0,0) {} // implicitní konstruktor
   Trida(const Trida &aa): b(aa.b),c(aa.c), a(aa.a) {} //copy
   ~Trida() {}  // destruktor

};
```

**Konstruktory (novější normy):**

move sémantika – move konstruktor

- obsah jedné proměnné se přesune do druhé (první se „smaže“)
- slouží v situacích, kdy je proměnná pouze dočasná, k přesunu zdrojů bez jejich získávání a pouštění
- přesun hodnot je rychlejší než kopie, „prázdný“ objekt má jednodušší činnost destruktoru
- volá se, je-li parametr  r-hodnota (například objekt vracený hodnotou z funkce)
- operátor && = „reference na r-hodnotu“

```
Trida(Trida && x) {}
```

možnost použití („volání“) konstruktoru stejné třídy v rámci jiného konstruktoru

```
Trida(int i, int j) :Trida(){}

Trida(int i, int j) :Trida(), ii(i+2*j){} // chyba, nesmí
// být žádná další inicializace
```

## Pravidla pro konstruktory a operátory

- pokud není výrazný/rozumný důvod k jejich porušení, potom se snažíme je dodržet
- ***pravidlo tří***: pokud uživatel nadefinuje destruktor, kopykonstruktor nebo operátor přiřazení, musí nadefinovat všechny tři
- ***pravidlo pěti***: (předchozí potlačí implicitní move konstruktor a move přiřazení) pokud nadefinujeme prvky podle předchozího pravidla a je pro naši třídu výhodné/potřebné mít move metody, potom je musíme nadefinovat
- ***pravidlo nuly***: Pokud není výše uvedené metody definovat, potom nedefinujeme ani jeden z nich

**Objekty jiných tříd jako data třídy**

- jejich konstruktory se volají před konstruktorem třídy
- volají se implicitní, není-li uvedeno jinak
- pořadí určuje pořadí v deklaraci třídy (ne pořadí v konstruktoru)

```
class Trida {
int i;  // zde je určeno pořadí volání = i,a,b
Trida1 a; // prvek jiné třídy prvkem třídy
Trida2 b;
public:
Trida(int i1,int i2,int x):b(x,4),a(i2),i(i1)
//zde jsou určeny konkretni konstruktory
{ … tělo … }
// vola se konstruktor i, a, b a potom tělo
}

například
class string {… data …
public:
string(char *txt) { … }
~string() {…}
}
```

```
class Osoba {
int Vek;
string Jmeno;
string Adresa;
public:
Osoba(char*adr, char* name,int ii) :Adresa(adr), Jmeno(name),
Vek(ii) {… tělo konstruktoru …}
}

{ // vlastní kod pro použití
string Add(”Kolejni 8 ”) ;
// standardní volání konstruktoru stringu
Osoba Tonda(Add, ”Tonda”,45);
// postupně volá konstruktor int  (45)
// pro věk, poté konstruktor string pro jmeno
// (tonda)a adresu (Add) (pořadí jak jsou
// uvedeny v hlavičce třídy, a potom
// vlastní tělo konstruktoru Osoba
} // tady jsou volány destruktor Osoba,
// destruktory stringů Adresa a
// Jmeno. A destruktor pro Add
// (v uvedeném pořadí)
```

**shrnutí deklarací a definicí tříd a objektů (o)**

- class Trida; - oznámení názvu třídy – hlavička – použití pouze ukazatelem
- class Trida {} – popis třídy – proměnných a metod – netvoří se kód - hlavička
- Trida a, *b, &c=a, d[ 10]; definice proměnná dané třídy, ukazatel na proměnnou, reference a pole prvků – zdrojový kód
- extern Trida a , *b; deklarace proměnná a ukazatel - hlavička
- platí stejná pravidla o viditelnosti lokálních a globálních proměnných jako u standardních typů
- ukazatel: na existující proměnnou nebo dynamická alokace (->)
- přístup k datům objektu – z venku podle přístupových práv, interně bez omezení (v aktuálním objektu přes this->, nebo přímo)
- pokud je objekt třídy použit s modifikátorem const, potom je nejprve zavolán konstruktor a poté teprve platí const

**const a metody (o)**

- const u parametrů – parametry nepředávat hodnotou (paměťově a časově náročné), const slouží jako ochrana proti nechtěnému přepisu hodnot v metodě (funkci)
- const u návratové hodnoty – návratovou hodnotu nelze měnit (či použít na místě ne-const argumentu metody/funkce)
- const parametry by neměly být předávány na místě neconst parametrů
- na const parametry nelze volat metody, které je změní – kontrola překladač
- metody, které nemění objekt je nutno označit (programátorem) jako const a pouze takto označené metody lze volat na const objekty

```
float f1(void) const {   …  }
//míní float f1(T const * const this) {}

float f2(void) {}

const T a;
T b;
a.f1(); b.f1(); b.f2(); // lze, převod na const je v pořádku
a.f2(); // nelze konstantní proměnnou na místě nekonstantní
```

**const a metody – použití v programu**

- u parametrů metod/funkcí se doporučuje ty, které se nemění označit const
- u metod, které nemění parametr, který je vyvolal, je nutné za definici přidat const,
- případný pokus o změnu „this“ v metodě označené const hlídá překladač
- T a const T jsou dva různé typy. Proto můžeme mít dvě metody stejného jména, jednu volanou pro konstantní proměnné a druhou pro nekonstantní

**friend funkce (o)**

- klíčové slovo friend
- zaručuje přístup k private členům třídy pro nečlenské funkce či třídy
- friend se nedědí
- porušuje ochranu dat, (zrychluje práci a činnost funkce)

```
class Trida {
friend complex;
friend double f(int, Trida &);
// třída komplex a globální funkce f mohou
// přistupovat i k private členům Třídy.
private:
int i;
}

double f(int a, Trida &tt)
{
 tt.i = a; // jde, protože je friend
}
```

**friend funkce**

- zdrojový kód friend funkce je mimo třídu a nenese informaci o třídě, ke které patří (nemá this ani jinou „zpětnou vazbu“ na třídu, která ho označila friend …)
- alternativou jsou statické metody
- použití pro nečlenské operátory – první parametr nepatří ke třídě a proto není možné použít metodu

```
T operátor*(double d, T &t)
```

s voláním

```
T a,b;
b = 5 * a;
```

**friend funkce**

- použití pro metody, které mají více parametrů, jejichž typy nepatří mezi standardní (int, double …)

ve třídě Y a Z označíme třídu X jako *friend*, potom

```
X X::Metoda(double d, Y &y, Z &z)
```

má přístup k privátním prvkům třídy Y a Z (a samozřejmě X). Volání je

```
X a,b; Z c; Y d;
b = a.Metoda(2.1, d, c);
```

V předchozím příkladu má proměnná **a** odlišné vlastnosti (this) než **d** a **c** (parametry)
Pokud by prvky měly být rovnocenné, potom vytvoříme funkci, kterou ve třídách X, Y a Z označíme jako *friend*, a tu potom použijeme

```
void funkce(double d, X &x, Y &y, Z &z)
```

funkce má přístup k privátním prvkům tříd X, Y a Z. Volání je

```
X a; Z c; Y d;
funkce(2.1,a, d, c);
```

Tento přístup k rovnosti parametrů se často používá i u operátorů, kdy místo metod jsou realizovány jako funkce.

```
T operátor*( T &p1, T &p2) { }
```

## Template friend

- friend funkce může být i v template třídě
- řešení je komplikovanější
- existují tři řešení

Řešení 1
- tělo friend funkce je definováno ve třídě
- (delší) tělo znepřehlední kód.
- většinou zde tělo funkce mezi metodami nečekáme/nehledáme

```
template <typename T>
class TTest {
  T iVal;
public:
  friend std::ostream& operator<< <T>(std::ostream &os,
  TTest<T> &aVal){ // tělo ve třídě}

};
```

Řešení 2

- spřátelit šablonu ne se stejným, ale s jiným obecným typem
- mohlo by vést ke spřátelení funkcí se streamy s TTest pro různé typy

```
template <typename T>
class TTest {
  T iVal;
public:
  template <typename U>
  friend std::ostream& operator<< (std::ostream &os,
  TTest<U> &aVal); // značí funkci, která je vytvořena
  pomocí šablony
};
```

Řešení 3

- nutno nejprve provést deklarace pro „propojení“ kódu v překladači
- uvedeme-li ve třídě

  friend std::ostream& operator<< (std::ostream &os, TTest<T> &aVal);

  potom toto funguje z hlediska překladu (překladač „zná“ hlavičku), ale správná funkce se nevytvoří (takže pro link neexistuje) protože takto se značí "klasická" funkce s parametrem typu template, ale ne template funkce – takže nedojde k propojení

```
template  <typename T> class TTest;
// deklarace/oznámení názvu třídy pro deklaraci friend
funkcí
template <typename T>
std::ostream & operator<<(std::ostream &os, TTest<T> &aVal);
// deklarace/oznámení, že existuje šablona na tvorbu funkce
template <typename T>  class TTest {
  T iVal;
public:
  friend std::ostream& operator<< <T>(std::ostream &os,
  TTest<T> &aVal);// značí friend funkci, která je vytvořena
//pomocí šablony. Bez <T> před (…) by se hledal "obyčejný"
//operátor<<(ne template),který má pouze template parametr
};
// definice šablony funkce
template <typename T>
std::ostream& operator<< (std::ostream &os, TTest<T> &aVal)
     { os << aVal.iVal; return os;}

int main(){  // použití
  TTest<long double> a(3);
  std::cout << a << std::endl;
```

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

# OPERÁTORY

**Autor textu:**
**Ing. Miloslav Richter, Ph. D.**

Květen 2014

Komplexní inovace studijních programů a zvyšování kvality výuky na FEKT VUT v Brně
OP VK CZ.1.07/2.2.00/28.0193

**přetížení operátorů (o)**

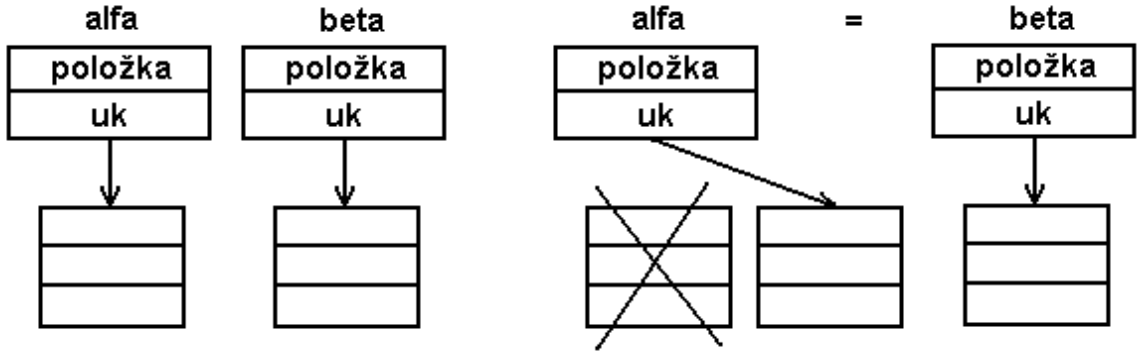
- pro vlastní typy je možné přetížit i operátory (tj. definovat vlastní)
- pro definici slouží klíčové slovo operator následované typem/znakem operátoru
- operátor je speciální metoda/funkce, mající plné a zjednodušené volání
- deklarace pomocí „funkčního“ volání např. unární a binární + pro typ int by šlo psát:

- ```
  int operator +(int a1) {}
  int opreator +(int a1, int a2) {}
  ```

  s „funkčním“ voláním
  ```
  operator +(i);
  operator+(i,j);
  ```

  ve zkrácené formě
  ```
  +i;
  i + j;
  ```

  možnost volat i „funkčně“
  ```
  operator=(i,operator+( j ))
  ```
  nebo zkráceně
  ```
  i=+j
  ```
  ```

**operátory - obecné shrnutí (o)**

- operátory lze v C++ přetížit
- správný operátor je vybrán podle seznamu parametrů (a dostupných konverzí), výběr rozliší překladač podle kontextu
- operátory unární mají jeden parametr – u funkcí proměnnou, se kterou pracují, nebo ”this” u metod
- operátory binární mají dva parametry – dva parametry funkce, se kterými pracují nebo jeden parametr a ”this” u metod
- unární operátory:
  **+, -, ~, !,++,--**
- binární
  **+,-,*,/,%,=,^,&,&&,|,||,>,<,>=,==, +=,*=,<<,>>,<<=, …**
- ostatní operátory [ ], ( ), new, delete
- operátory matematické a logické
- nelze přetížit operátory:
  sizeof, ? :, ::, ., .*
- nelze změnit počet operandů a pravidla pro asociativitu a prioritu
- nelze použít implicitních parametrů
- operátorem je i **new** a **delete,**
- pro vstup a výstup do **stream**u je operátor využit,
- hlavní využití u vlastních tříd (objektů)

**operátory – definice a použití (o)**

- slouží ke zpřehlednění programu
- snažíme se, aby se přetížené operátory chovaly podobně jako původní (např. nemění hodnoty operandů, operátor + sčítá nebo spojuje…)
- klíčové slovo operator
- operátor má plné (funkční) a zkrácené volání

```
z = a + b
z.operator=(a.operator+(b))
```

- nejprve se volá operátor + a potom operátor =
- funkční zápis slouží i k definování operátoru

metoda patří ke třídě (T::) první parametr je this (tj. a + b pro a , b stejného typu)

```
T T::operator+(T & param) {}
```

(friend) funkce pro dva parametry třídy – oba operandy „rovnocenné“ (pro konverze)

```
T operator+(T & param1, T & param2) {}
```

(friend) funkce pro případ, že prvním operandem je „cizí“ typ (tj. například 5 * a)

```
T operator+(double d, T&param) {}
```

***Unární operátory***

- mají jeden parametr (this)
- například + a – , ~, !, ++, --

```
complex          operator+(void) // zbytečně vrací objekt
complex        & operator+(void) // vrácený objekt lze změnit
complex          operator+(void) const // převod na neconst
complex const & operator+(void) const // výsledek const
```

- operátor plus (+aaa) nemění prvek a výsledkem je hodnota tohoto (vně metody existujícího) prvku – proto lze vrátit referenci – což z úsporných důvodů děláme (výsledek by neměl být měněn=const),

- operátor mínus (-aaa) nemění prvek a výsledek je záporná (tj. odlišná) hodnota – proto musíme vytvořit nový prvek – vracíme hodnotou

- pokud nejsou operandy měněny (a většina standardních operátorů je nemění), potom by měly být označeny const (pro this i parametr). Návrat referencí potom musí být také const.

***Unární operátory***

- operátory ++ a `--` mají prefixovou a postfixovou notaci
- definice operátorů se odliší (fiktivním) parametrem typu int
- je-li definován pouze jeden, volá se pro obě varianty
- některé překladače obě varianty neumí
- při volání dáváme přednost ++a (netvoří tmp objekt)

**`++( void)  s voláním  ++x`**
**`++( int )  s voláním  x++. Argument int se však při volání nevyužívá`**

```
T& operator ++(void)
T  operator ++( int)
```

operátor ++aa na rozdíl od aa++ netvoří dočasný prvek pro návratovou hodnotu a proto by měl v situacích, kdy lze tyto operátory zaměnit, dostávat přednost

***Binární operátory***

- mají dva parametry  (u třídy je jedním z nich)
- například +, -, %, &&, &, <<, =, +=, <, …

```
complex complex::operator+ (const complex & c) const
complex complex::operator+ (         double c) const
complex          operator+ (double f, const complex & c)

a + b          a.operator+(b)
a + 3.14       a.operator+(3.14)
3.14 + a       operator+(3.14,a)
```

- výstupní hodnota různá od vstupní –> vrácení hodnotou
- mohou být přetížené – více stejných operátorů v jedné třídě
- lze přetížit i jako funkci (globální prostor, druhý parametr je třída) – často friend
- opět může nastat kolize při volání (implicitní konverze)
- parametry se (jako u standardních operátorů) nemění a tak by měly být označeny const, i metoda by měla být const

***Operátor =***

- pokud není napsán, vytváří se implicitně (mělká kopie – přesná kopie 1:1, memcopy)
- měl by (díky kompatibilitě) vracet hodnotu (musí fungovat zřetězení  a = b = c = d;)
- obzvláště zde je nutné ošetřit případ a = a
- pro činnost s dynamickými daty nutno ošetřit mělké a hluboké kopie
- nadefinování zamezí vytvoření implicitního =
- je-li v sekci private, pak to znamená, že nelze použít (externě)
- od kopykonstruktoru se liší tím, že musí před kopírováním ošetřit proměnnou na levé straně

```
T& operator=(T const& r)
```

musí umožňovat

```
a = b = c = d = …;
a += b *= c /= d &= …;
```

Vysvětlete rozdíl mezi mělkým a hlubokým kopírováním.
Vysvětlete rozdíl mezi kopykonstruktorem a operátorem =.

***Operátor =***

Problém nastává v případě, že jsou v objektu ukazatele na paměť, kterou je nutné při zániku objektu odalokovat.
Na rozdíl od kopykonstruktoru je nutné si uvědomit, že v cílovém objektu jsou platná data. Před jejich naplněním novými hodnotami je nutné odalokovat původní paměť.
Při mělkém kopírování (i implicitně vytvářený operátor) dojde ke sdílení paměti (přiřazení ukazatele na paměť) aniž by o tom objekty věděly. Při odalokování dojde k problémům.
Při hlubokém kopírování (musí napsat tvůrce třídy) se vytvoří kopie dat paměti, na kterou ukazuje ukazatel, nebo se použije mechanizmus čítání odkazů na danou paměť.




Vysvětlete rozdíly mezi operátorem = pro:

a) ukazatele
b) objekty s členskými objekty bez ukazatelů
c) objekty obsahující ukazatele bez operátoru =
d) objekty obsahující ukazatele s operátorem =

***Operátor =***

Způsoby přiřazení:

```
string * a,* b;
a = new string;
b = new string;
a = b ;
delete a ;
delete b ;
```

- pouze přiřazení ukazatelů, oba ukazatele sdílí stejný objekt (stejná statická i dynamická data)
- chyba při druhém odalokování, protože odalokováváme stejný objekt podruhé

Objekty bez ukazatelů mohou využívat implicitní operátor = (memcopy), pokud po nich není požadován nějaký postranní efekt (nastavení čítače, kontrola dat…)

```
string {int delka; char *txt}
string a , b(”ahoj”);
a = b ;
”delete a” ; // volá překladač
”delete b” ;
```

- je vytvořeno a tedy použito implicitní =
- ukazatel txt ukazuje na stejná dynamická data (statické proměnné jsou zkopírovány, ale dále se používají nezávisle)
- pokud je nadefinován destruktor, který odalokuje txt (což by měl být), potom zde odalokováváme pamět, kterou odalokoval již destruktor pro prvek a

```
string {int delka; char *txt;operator =();}
string a , b(”ahoj”);
a = b ;
”delete a” ;
”delete b ”;
```

- použito nadefinované =
- v = se provede kopie dat pro ukazatel txt
- oba prvky mají svoji kopii dat statických i dynamických
- každý prvek si odalokovává svoji kopii

***Move varianta operátoru =***

- obdobně jako u move konstruktoru
- je možné realizovat „úspornější“ variantu přiřazení pro r-hodnoty
- od operátoru = se liší tím, že *this* převezme hodnoty parametru.
- Proměnné parametru (zvláště spojené s dynamickými daty) je nutno ošetřit/vynulovat (na parametr bude volán destruktor)
- i zde je nutné uvažovat případ a = a

```
T& operator=(T && r) {}  // definice move operátoru =

T funkce( ) {T x;    ; return x;} // funkce vracející hodnotu




T a;              // kód

a = funkce();//při přepisu výsledku funkce (návratové hodnoty)
// do proměnné a se použije move operátor =
```

***Konverzní operátory***

- převod objektů na jiné typy
- využívá překladač při implicitních konverzích (zákaz pomocí klíčového slova explicit)
- opačný směr jako u konverzních konstruktorů (jiný typ -> můj typ/ můj typ -> jiný typ)
- například konverze na standardní typy – int, double…
- nemá návratovou hodnotu (je dána názvem)
- nemá parametr (jen this)
- v C++ lépe používat konverze pomocí "cast" (dynamic, static …)

```
operator typ(void)
T::operator int(void)
```

volán implicitně nebo

```
T aaa;
int i = int (aaa) ;
(int) aaa; // starý typ - nepoužívat
```

***Operátory vstupu a výstupu***

- nejedná se o zvláštní typ operátoru, jedná se o využití standardního operátoru
- knihovní funkce
- řešeno pomocí třídy
- použití (přetížení) operátorů bitových posunů << a >>
- díky přetížení operátoru není nutné kontrolovat typy (správný hledá překladač)
- pro vlastní typy nutno tyto operátory napsat
- pro práci s konzolou předdefinované objekty cin, cout, cerr v knihovně <iostream>
- objekty jsou v prostoru std::. Použití using: std::cout, std::endl.
- jelikož prvním operandem je "cizí" objekt, jedná se o (friend) funkce

```
cin >> i >> j >> k;
cout << i << ”text” << j << k << endl;

xstream & operator xx (xstream &, Typ& p) {  }

istream & operator >> (istream &, Typ& p) {  }
ostream & operator << (ostream &, Typ& p) {  }
```

***Přetížení indexování [ ]***

- podobně jako operátor( ) ale [] má pouze jeden operand (+ this, je to tedy binární operátor s indexem jako jediným „viditelným“ parametrem)
- nejčastěji používán s návratovou hodnotou typu reference (l-hodnota)

```
double& T::operator[ ](int )

aaa[5] = 4;
d = aaa.operator[ ](3);
```

***Přetížení funkčního volání ( )***

- může mít libovolný počet parametrů
- takto vybaveným objektům se říká funkční objekty
- nedoporučuje se ho používat (plete se s funkcí)

```
operator ()(parametry )
double& T::operator()(int i,int j) { }
T aaa;

double d = aaa(4,5); // vypadá jako funkce
// ale je to funkční objekt
d  = aaa.operator()(5,5);
aaa(4,4) = d;
```

***přetížení přístupu k prvkům třídy***

- je možné přetížit ” -> ”
- musí vracet ukazatel na objekt třídy, pro kterou je operátor -> definován protože:

```
TT* T::operator->( param ) { }

x -> m;                    // je totéž co
(x.operator->( ) ) -> m;
```

**operátory a STL**

-je-li nutné používat relační operátory, stačí definovat operátory == a <

- ostatní operátory jsou z nich odvozeny pomocí template v knihovně <utility>

```
namespace rel_ops {
template <class T> bool operator!=(const T& x, const T& y){return!(x==y);}
template <class T> bool operator> (const T& x, const T& y){return y<x;}
template <class T> bool operator<=(const T& x, const T& y){return !(y<x);}
template <class T> bool operator>=(const T& x, const T& y){return !(x<y);}
}
```

zdroj: http://www.cplusplus.com/reference/utility/rel_ops/

**operátory přístupu ke členům (o)**

- operátory pro přístup k určitému členu třídy – je dán pouze prototyp, reference může být na kterýkoli prvek třídy odpovídající prototypu
- využití například při průchodu polem a prací s jednou proměnnou
- .* dereference ukazatele na člen třídy přes objekt
- ->* dereference ukazatele na člen třídy přes ukazatel na objekt
- nejdou přetypovat (ani na void)
- při použití operátoru .* a -> je prvním operandem vlastní objekt třídy T, ze kterého chceme vybraný prvek použít

```
int (T::*p1) (void);
p1=&T::f1;

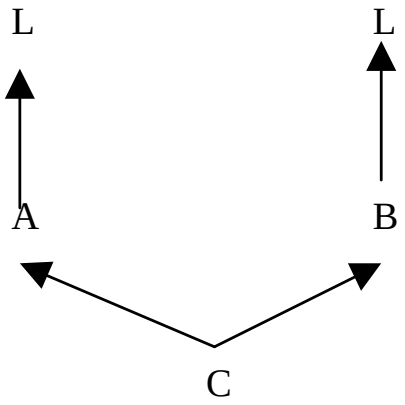
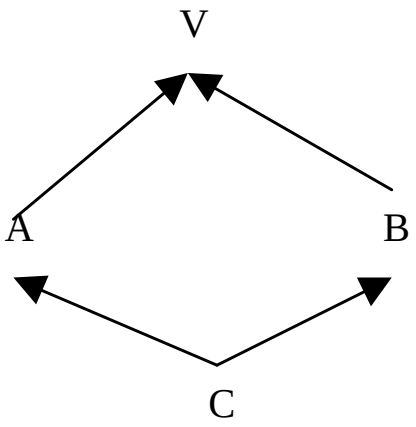
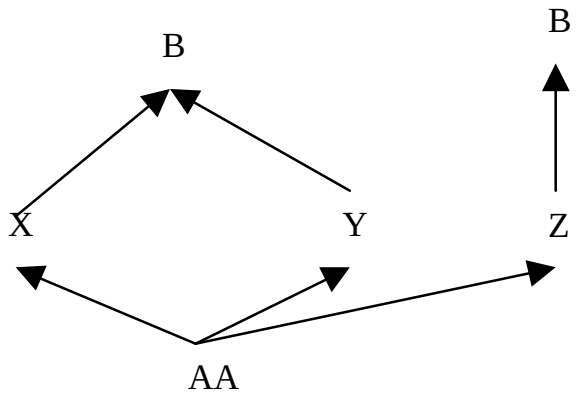
T tt;
tt.*p1( )
```

```
int (T::*p1) (void);
    // definice operátoru pro přístup k metodě
    // bez parametrů vracející int ze třídy T
p1=&T::f1;
    // inicializace přístupu na konkrétní
    // metodu   int T::f1(void)

float T::*p2;
     // definice operátoru pro přístup k
     // proměnné
p2=&T::f2;
     // inicializace přístupu na konkrétní
     // proměnnou zatím nemáme objekt ani
     // ukazatel na něj – pouze definici třídy
T tt,*ut=&tt;
ut->*p2=3.14;
(ut->*p1)();//volání fce –závorky pro prioritu
tt.*p2 = 4;
tt.*p1( );
```

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

# DĚDĚNÍ, VIRTUÁLNÍ METODY ABSTRAKTNÍ TŘÍDY

**Autor textu:**
**Ing. Miloslav Richter, Ph. D.**

Květen 2014

Komplexní inovace studijních programů a zvyšování kvality výuky na FEKT VUT v Brně
OP VK CZ.1.07/2.2.00/28.0193

**dědění**

- jednou ze základních vlastností objektového programování je myšlenka znovupoužitelnosti kódu – dědění. Nový objekt (třída) může vzniknout na základě jiné, jako její nástavba. Nový objekt získává vlastnosti původní a sám definuje pouze odlišnosti.
- ”znovupoužití” kódu (s drobnými změnami)
- odvození tříd z již existujících
- převzetí a rozšíření vlastností, sdílení kódu
- dodání nových proměnných a metod
- ”překrytí” původních proměnných a metod (zůstávají)
- původní třída – bázová/předek, nová – odvozená/potomek

**dědění**

- nová třída má vše co měla původní. K ní lze přidat nová data a metody. Stejné metody v nové třídě překryjí původní – mají přednost (původní se dají stále zavolat).

| | | |
|---|---|---|
| class Base { | class Dedeni:public Base { | |
| public: | public: | |
| Metoda1(); | | // necháme původní metodu z báze |
| Metoda2(); | Metoda2(); | //vytvoříme novou metodu,původní je skrytá |
| Metoda3(); | Metoda3() | // doplníme původní metodu |
| } | {Base::Metoda3();} | // vytvoříme novou metodu |
| | Metoda4(); | |
| | } | |

**dědění**

- při dědění se mění přístupová práva proměnných a metod bázové třídy v závislosti na způsobu dědění
- class C: public A – A je bázová třída, public značí způsob dědění a C je název nové třídy
- způsob dědění u třídy je implicitně private (a nemusí se uvádět), u struktury je to public (a nemusí se uvádět) class C: D

tabulka ukazuje, jak se při různém způsobu dědění mění přístupová práva bázové třídy (A) ve třídě zděděné

| **class A** | **class B:private A** | **class C:protected A** | **class D:public A** |
|---|---|---|---|
| public a | private a | protected a | public a |
| private b | - | - | - |
| protected c | private c | protected c | protected c |

- postup volání konstruktorů - konstruktor bázové třídy, konstruktory lokálních proměnných (třídy) v pořadí jak jsou uvedeny v hlavičce, konstruktor (tělo) dané třídy
- destruktory se volají v opačném pořadí než konstruktory

```
class Base {
   int x;
  public:
  float y;
  Base( int i ) : x ( i ) { };
// zavolá konstruktor třídy a pak proměnné,
// x(i) je kontruktor pro int          };

class Derived : Base {
 public:
 int a ;
  Derived ( int i ) : a ( i*10 ) , Base (a) { }
// volání lokálních konstruktoru umožní
// konstrukci podle požadavků, ale nezmění
// pořadí konstruktorů
using Base::y;  // je možné takto vytáhnout
// proměnnou (zděděnou zde do sekce private)
// na jiná přístupová práva (zde public)         };
```

**dědění**

- - - - příklad 2 - - - - - - - - -

```
class base {
public:
base (int i=10) {…}
}

class derived:base {
complex x,y; ….

public: derived() : y(2,1) {f()  … }

}
```

volá se base::base()
complex::complex(void)  - pro x
complex::complex(2,1) – pro y
f() … - vlastní tělo konstruktoru

**dědění**

- nedědí se: konstruktory, destruktory, operátor =
- ukazatel na potomka je i ukazatelem na předka
- implicitní konstruktor v private zabrání dědění, tvorbu polí
- destruktor v private zabrání dědění a vytváření instancí
- kopykonstruktor v private zabrání předávání (a vracení) parametru hodnotou
- operátor = v private zabrání přiřazení

**vícenásobné dědění**

- v případě, že je výhodné aby objekt dědil ze dvou (či více) C++ toto dovoluje (jedná se ovšem o komplikovaný mechanizmus)
- lze dědit i z více objektů najednou
- problémy se stejnými názvy – nutno rozlišit
- problémy s vícenásobným děděním stejných tříd - virtual
- nelze dědit dvakrát ze stejné třídy na stejné úrovni C:B,B

A: public L
B: public L
C: public A, Public B




v C je A::a a B::a

**vícenásobné dědění**

A: virtual V
B: virtual V
C: public A, public B
(konstruktor V se volá pouze jedenkrát)



**vícenásobné dědění**

X: virtual public B
Y: virtual public B
Z: public B
AA: public X, Y, Z



**Virtuální metody - polymorfizmus**

- potomka lze použít v místě, kde je možné použít předka
- v dosud probraných situacích byly vždy volány funkce, které jsou známy již v době překladu. V situaci, kdy v době překladu není známa funkce, která se bude volat (volá se například funkce vykresli grafického objektu, který zadal až uživatel v době chodu programu), je nutný mechanizmus, kdy si funkci v sobě nese objekt a překladač předá řízení na adresu, kterou najde v objektu – k tomu slouží virtuální metody

- zajišťují tzv. pozdní vazbu, tj. zjištění adresy metody až za běhu programu pomocí tabulky virtuálních metod,

- tvm - se vytváří voláním konstruktoru.

- V ”klasickém” programování je volaná metoda vybrána již při překladu překladačem na základě typu proměnné, funkce či metody, která se volání účastní.

- U virtuálních metod není důležité, čemu je proměnná přiřazena, ale jakým způsobem vznikla – při vzniku je jí dána tabulka metod, které se mají volat. Tato tabulka je součástí prvku.

**Virtuální metody**

- jsou-li v bázové třídě definovány metody jako virtual, musí být v potomcích identické

- ve zděděných třídách není nutné uvádět virtual

- stejný název a jiné parametry – nevirtuální – statická vazba (v dalším odvození pro původní parametry opět virtual)

- uvede-li se za definicí final, potom již nemůže být přetížena

```
virtual int Metoda(int i) const final {}
```

- virtuální metody fungují nad třídou, proto nesmí být ani static ani friend

- i když se destruktor nedědí, může/musí být virtuální (je-li dědění)

- virtuální funkce se mohou lišit v návratové hodnotě, pokud tyto jsou vůči sobě v dědické relaci

- Využívá se v situaci, kdy máme dosti příbuzné objekty, potom je možné s nimi jednat jako s jedním – jednotný interface (Např. výkres, kresba – objekty mají parametry, metody jako posun, rotace, data … Kromě toho i metodu kresli na vykreslení objektu)

```
class A { public:
virtual Metoda (){cout << “a”;}
};

class B:A{ public:
virtual Metoda() {cout << “b”;}
};

class C:A{ public:
virtual Metoda() {cout << “c”;}
};

fce () {
A* pole[2];
B b;
C c;
pole [0] = &b; pole [1] = &c;

pole[0]->Metoda();
// tiskne b – podle vzniku ne podle toho čemu je přiřazeno
pole[1]->Metoda(); // tiskne c
}
```

**Virtuální metody**

- Společné rozhraní – není třeba znát přesně třídu objektu a je zajištěno (při běhu programu) volání správných metod – protože rozhraní je povinné a plyne z bázové třídy.

- Virtuální f-ce – umožňují dynamickou vazbu (late binding) – vyhledání správné funkce až při běhu programu.

- Rozdíl je v tom, že se zjistí při překladu, na jakou instanci ukazatel ukazuje a zvolí se virtuální funkce. Neexistuje-li, vyhledává se v rodičovských třídách.

- Musí souhlasit parametry funkce.

- Ukazatel má vlastně dvě části – dynamickou – danou typem, pro který byl definován (tvm) a statickou – která je dána typem na který v dané chvíli ukazuje (překladač).

- Není-li metoda označena jako virtuální – použije se nevirtuální (tj. volá se metoda typu, kterému je právě přiřazen objekt).

- je-li metoda virtuální, použije se dynamická vazba – je zařazena funkce pro zjištění až v době činnosti programu – zjistit dynamickou kvalifikaci. Dynamická/pozdní vazba znamená, že se volá metoda typu, pro který byl vytvořen objekt

**Virtuální metody**

- zavolat metody dynamické klasifikace – přes tabulku odkazů virtuální třídy

- Při vytvoření virtuální metody je ke třídě přidán ukazatel ukazující na tabulku virtuálních funkcí.

- Tento ukazatel ukazuje na tabulku se seznamem ukazatelů na virtuální metody třídy a tříd rodičovských. Při volání virtuální metody je potom použit ukazatel jako bázová adresa pole adres virtuálních metod.

- Metoda je reprezentována indexem, ukazujícím do tabulky.

- Tabulka odkazů se dědí. Ve zděděné tabulce – přepíší se adresy předefinovaných metod, doplní nové položky, žádné položky se nevypouští. Nevirtuální metoda překrývá virtuální

- Máme-li virtuální metodu v bázové třídě, musí být v potomcích deklarace identické. Konstruktory nemohou být virtuální, destruktory ano.

- Virtual je povinné u deklarace a u inline u definice .

**Využití virtuálních metod s friend funkcemi/operátory**

- v případě, kdy je nutné použít zděděný obsah, ale uchovávaný odkaz je na společného předka (pomocí reference nebo ukazatele)

```
input >> static_cast<Base&>(derived);

cout << (Base&)m << endl;

// virutální metoda s funkčností v odvozené třídě
virtual istream& read(istream& in) {... return in; }

// operátor je pro bázovou třídu
// operátor není virtuální, ale využívá virtuální metodu
istream& operator>>(istream& input, Base &base)
{
    return base.read(input);
}
```

využití u operátorů: https://www.linuxtopia.org/online_books/programming_books/thinking_in_c++/Chapter15_027.html

## Čisté virtuální metody

- pokud není virtuální metoda definována (nemá tělo), tak se jedná o čistou virtuální metodu, která je pouze deklarována
- obsahuje-li objekt čistou virtuální metodu, nemůže být vytvořena jeho instance, může být ale vytvořen jeho ukazatel.

```
deklarace : class base {
....
virtual void fce ( int ) = 0;
}
```

- virtuální metoda nemusí být definována – v tom případě hovoříme o čistě virtuální metodě, musí být deklarována.
- chceme využít jednu třídu jako Bázovou, ale chceme zamezit tomu, aby se s ní pracovalo. Můžeme v konstruktoru vypsat hlášení a ukončit exitem. Čistější je ovšem, když na to přijde překladač – tj. použít čistě virtuální metody
- deklarace vypadá: virtual void f (int)=0 (nebo =NULL/nullptr)
- tato metoda se dědí jako čistě virtuální, dokud není definována
- starší překladače vyžadují v odvozené třídě novou deklaraci anebo definici
- obsahuje-li objekt č.v.m. nelze vytvořit jeho instanci, může být ale ukazatel

```
class B {
public: virtual void vf1() {cout << ”bv”; }
        void f()           {cout << ”bn”; }
class C:public B{
        void vf1()     {cout << ”cv”;}   // virtual nepovinné
        void f()      {cout << ”cn”;}}

class D: public B {
        void vf1()     {cout << ”dv”;}
        void f()       {cout << ”dn”;}}

B b; C c;D d;
b.f();  c.f(); d.f();  // vola normální metody třídy
// tisk b c d – protože proměnné jsou typu B C D / překladač
b.vf1(); c.vf1(); d.vf1(); // vola virtuální metody třídy
// tisk b c d – protože proměnné vznikly jako B C D/ runtime
B* bp = &c; // ukazatel na bázovou třídu
// (přiřazení může byt i v ifu, a pak se neví co je dal)
bp->f();  // volá normální metodu třídy B
// tisk b, protože proměnná je typu B / překladač
bp -> vf1(); // vola virtuální metodu
// tisk c – protože proměnná vznikla jako typ c / runtime
```

## abstraktní bázové třídy

- Při tvorbě tříd někdy potřebujeme, aby bylo možné pracovat se třídami stejným principem, tj. aby se třídy „zvenku“ chovaly stejně. To je aby jejich část volání měla povinně určité metody. K tomu slouží abstraktní bázový typ, který slouží pouze jako základ pro potomky, ale sám se nevyužívá.
- má alespoň jednu čistou virtuální metodu (C++ přístup)
- neuvažuje se o jejím použití (tvorba objektu)
- obecně třída, která nemá žádnou instanci (objektový přístup)
- slouží jako společná výchozí třída pro potomky
- tvorba rozhraní

```
class X {
  public:
  virtual void f()=0;
  virtual void g()=0;
  void h() ;
}
X b; // nelze

class Y: X {
  void f() {}
}

Y b; opet nelze

class Z:  Y{
  void g(){}
}

Z c; uz jde
c.h() z X
c.f() z Y
c.g() z Z
```

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

# ŠABLONY, STL, RTTI

**Autor textu:**
**Ing. Miloslav Richter, Ph. D.**

Květen 2014

Komplexní inovace studijních programů a zvyšování kvality výuky na FEKT VUT v Brně
OP VK CZ.1.07/2.2.00/28.0193

**šablony (template)**

- dost často napíšeme kód a následně zjistíme, že bychom ho potřebovali několikrát, přičemž jediné čím se liší, je typ proměnné, se kterou pracuje (například funkce max, lineární seznam…). Toto může řešit princip šablon, kdy se napíše kód pro obecný typ a překladač si potom vygeneruje podle něj kód pro typ, který potřebuje.
- umožňují psát kód pro obecný typ
- vytvoří se tak návod (předpis, šablona) na základě které se konkrétní kód vytvoří až v případě potřeby pro typ, se kterým se má použít
- umisťuje se do hlavičkového souboru (předpis, netvoří kód).

```
template <typename T> T max ( T &h1, T &h2 )
{
return (h1>h2) ? h1 : h2 ;
}

double d,e,f;
int i;
d = max(e,f);
d = max(e,i);//nelze, parametry jsou různého typu
d = max<float>(e,i);// typ T stanoven explicitně
```

```
template <typename T>
T max ( T &h1, T &h2 )
{
return (h1>h2) ? h1 : h2 ;
}

double a, b, c;
c = max(b,a);
```

- template – klíčové slovo říkající, že se jedná o předpis
- použitelné pro každý typ, který je “schopen” prováděných operací (v příkladu výše typ, který má definován operátor > a kopykonstruktor pro vytvoření návratové hodnoty)
- Zápis <typename T> (původní zápis byl <class T>) určuje název zástupného typu = T. Tento typ je použit při psaní šablony. Při realizaci bude nahrazen reálným typem.
- konkrétní typ T se zjistí při použití. V příkladu výše double, proto je vytvořeno max, kde na místě T se objeví double
- díky přetížení je možné na základě template vytvoření funkce (či třídy) pro různé typy
- vytvoření je možné i ”silou”.Např. deklarací int max(int, int); nebo int max<int>(int,int)
- lze i template pro třídu
- lze uvést i více obecných typů,

```
template < typename T, typename S >
double max ( T h1, S h2 ) {return h1>h2 ? h1 : h2 ;}
// problém s určením “přesnějšího” typu
// vždy vrátí double

template < typename T, typename S >
auto max ( T h1, S h2 ) {return h1>h2 ? h1 : h2 ;}
// překladač zjistí, že se vrací dva různé typy
// (pokud může) určí “přesnější” a ten zvolí jako návratový
// auto – značí, že se typ odvodí z kontextu
// všechny returny musí vracet stejný typ

template < typename T, typename S >
auto max ( T h1, S h2 ) -> decltype (h1 + h2)
{return h1>h2 ? h1 : h2 ;}
// výsledný typ je odvozen z typu výsledku h1 + h2
```

**`template <typename T, int nn=10>` …**

- výrazový parametr nn, pokud použijeme nn, pak se nahradí zadaným číslem (nebude-li zadán, potom hodnotou 10) <int, 22>

```
template < class T = char>  // implicitní parametr je char
// starý zápis s class místo typename
struct A {
T a , b ;
T fce ( double, T, int )
}

T A<class T>:: fce (double a, T b,int c) {}

potom
A <double>c, d;
budou c,d typu A<double>,proměnné a,b ve struktuře jsou double
A <int> g, h;
budou g,h  A<int>, kde proměnné a,b ve struktuře jsou int
A <> x,y; // využití implicitního parametru pro určení typu
budou x,z  A<char>, kde proměnné a,b ve struktuře jsou char
```

- specifikace jména typu získaného z parametru šablony (např. enum ve třídě)

```
template<typename T>
class X {
typedef typename T::InnerType Ti;
// synonymum pro typ uvnitř T
int m(Ti o) { ..... }
}
```

- šablony lze i přetěžovat – vytvořit specializaci pro daný typ
  (má přednost; pro ostatní typy se volá šablona původní)

```
template<typename T> class TSpec     {T x; }
template< >          class TSpec<int> {long x;}// specializace
```

**auto**

- klíčové slovo pro určení typu proměnné bez uvedení konkrétního typu
- konkrétní typ je odvozen ze souvislostí
- nutné pro programování šablon
- zhoršuje čitelnost programu (určení konkrétního typu proměnné je nutné odvodit)

```
double f () {return 3.14;}
auto aa = 5; // 5 je int a proto i aa je int
auto bb = aa; // aa je int a proto i bb je int
auto cc = f(); // všechny f() musí vracet stejný typ
// cc je double, protože návratová hodnota f je double

template <typename T, typename S>
auto funkce(T aa,S bb) -> decltype(aa+bb)
// typ výsledku funkce je odvozen z typu výsledku aa+bb

template <typename T, typename S>
auto funkce(T aa,S bb) { return (aa+bb);}
// od C++14 se typ odvodí z typu návratové hodnoty
// všechny návratové hodnoty musí být stejného typu
```

**„chytré“ ukazatele – unique_ptr, shared_ptr, weak_ptr**

```
void fce(void)
{
int *pu = new int; // dynamicky alokovaná paměť
TTyp aa; // objekt třídy obsahující dynamická data

if ( … )
   throw “Err12“; // vyvolání výjimky ukončí funkci.
                  // volají se destruktory objektů -> paměť
                 // v aa je odalokována destruktorem
                 // paměť alokovaná do pu se ztratí

// nedojde-li k výjimce
delete pu; // o odalokování se musí starat programátor
} // objekt odalokuje paměť automaticky v destruktoru
```

- potřebujeme, aby se ukazatele chovaly jako by byly v objektu -> dáme je do objektu a vytvoříme mu rozhraní, aby se s nim pracovalo jako s ukazatelem
-

## „chytré“ ukazatele – unique_ptr, shared_ptr, weak_ptr

```
void fce(void)
{
//shared_ptr<int> dp = new int; *dp = 3;// nefunguje s auto
shared_ptr<int> dp = make_shared<int>(3);//lepší.Lze  auto dp=
   // konstruktor uloží ukazatel do proměnné dp
TTyp aa; // objekt třídy obsahující dynamická data

*dp = 3; // přetížený operátor * umožní práci s hodnotou
         // odkazovanou ukazatelem uloženým v dp

if ( … )
   throw “Err12“; // vyvolání výjimky ukončí funkci
                  // volají se destruktory objektů -> paměť
                 // v aa je odalokována destruktorem.
                 // objekt je i dp => odalokuje se i jeho paměť

// nedojde-li k výjimce
}//objekty dp i aa odalokují paměť automaticky v destruktorech
```

**„chytré“ ukazatele – unique_ptr, shared_ptr, weak_ptr**

- „obaly“ pro ukazatele, které mají „vylepšené“ vlastnosti (například při konci života odalokují naalokovanou paměť)
- „bezstarostné“ ukazatele – umožňují volněji programovat a zamezit leakům v paměti
- výhoda při výjimkách – odalokuje se paměť
- prototypy ve standardní knihovně <memory> => v prostoru std

- automatické odalokování naalokované paměti přístupné pomocí tohoto objektu
- "garbage collector" - automatické odalokování v místě zániku "nosiče"
- pozor v některých částech (výjimka v konstruktoru …) je nutné ošetřit jinak

- přístup k hodnotám pomocí operátoru * (vrací typ pointeru podle typu xxx_ptr) a get() (vrací ukazatel na "skutečný" uložený typ).
- metoda release vrátí objekt, a xxx_ptr "vlastní" nullptr

```
shared_ptr<double> apd (new double);
// ukazatel se vloží, apd je jediným vlastníkem objektu
 *apd.get() = *apd; // dva způsoby přístupu
 double *up = &*apd ; // zjištění adresy, operátor * vrátí
// dereferencovaný vnitřní prvek,
// operátor & zjistí jeho adresu
```

**„chytré“ ukazatele – unique_ptr, shared_ptr, weak_ptr**

**unique_ptr**

- unique_ptr pro unikátní vlastnictví paměti – je to „handle“ na ukazatel,
- stávají se (jedinými) vlastníky objektu vloženého pomocí ukazatele
- při přiřazování mezi unique_ptr se objekt přesouvá „move“
- při svém zániku odalokuje odkazovaný objekt
- má specializaci pro pole
- podporuje operátory *(vhodné pro základní typy), ->(vhodné pro přístup do struktury), [] (bez pointerové aritmetiky)

pro pole

```
unique_ptr <double []> x(new double[xx]);
```

přístup

```
x[i] nebo x.get()[i]
```

## „chytré“ ukazatele – unique_ptr, shared_ptr, weak_ptr

```
{
int *pu = new int;
//unique_ptr<double> dp = new double; *dp = 3.14;
unique_ptr<double> dp = make_unique<double>(3.14);
if ( ) return 1; // neodalokuje pu, dp se odalokuje
if ( ) throw “chyba“; // neodalokuje pu, dp se odalokuje

unique_ptr<double> dp2 = std::move(dp);
// dp je „prázdný“
// využívá move operator=, proto musí být na pravé straně
// rhodnota, která se vytvoří (z lhodnoty dp) pomocí move
//„normální“ operátor= by vytvořil kopii(už by nebyl unikátní)
// a proto je zakázán (nepřeloží se)

delete pu; // odalokuje pu
} // zanikne dp2 i dp (to neodalokuje nic, protože je prázdné)
```

**„chytré“ ukazatele – unique_ptr, shared_ptr, weak_ptr**

**shared_ptr**

- shared_ptr slouží pro společné vícenásobné sdílení paměti – společně s kopií shared_ptr se o ní vytváří záznam. Součástí je počítadlo, které počítá, kolik objektů na vložený prvek odkazuje
- "odalokování" nebo zrušení probíhá tak, že se odečítá počítadlo. Poslední prvek zruší i odkazovaný objekt
- Do funkcí předávat pomocí hodnoty, pokud potřebujeme zaručit aby objekt existoval; to předávání pomocí reference nezaručí (není započítán odkaz); kopie vytvářet přes kopykonstruktor nebo = (ne přes vnitřní ukazatel)
- nelze do něj přiřadit/vložit ukazatel
- přiřazení shared_ptr – levý parametr opustí/odalokuje objekt, který odkazuje, a začne odkazovat nový parametr

- make_shared - podle parametrů zavolá odpovídající konstruktor a vytvoří objekt, který vloží do shared_ptr

**weak_ptr**

- realizuje dočasné vlastnictví
- nevlastní vložený ukazatel, odkazuje na objekt zprostředkovaně přes vlastníka (shared_ptr, unique_ptr), umí sdílet ukazatele s shared_ptr, aniž by je vlastnil
- pro přístup/práci nutno zkonvertovat na shared_ptr pomocí lock (tím se "zablokuje" případné zrušení původního shared_ptr v této době). Použijeme unique_uk.lock(), který vrátí shared_ptr
- Dá se zjistit, zda originál stále existuje (weak_ptr != nullptr, nebo metoda expired)

```
weak_ptr<double> xx;
shared_ptr<double>bb (new double);
xx = bb;
...
shared_ptr aa = xx.lock();
if (xx)
   // ukazatel je v pořádku => bb ještě existuje
else
   // ukazatel je nullptr => bb již zaniklo
// jednodušeji
if (xx.expired())
  // bb je zrušeno
else
// bb je ještě validní
```

**Dynamická identifickace typu (Run Time Type Identification)**

- slouží ke zjištění "skutečného" typu nebo srovnání "stejnosti" dvou typů
- třída std:: type_info
- operátory (klíčová slova) – **`typeid, xxx_cast`**
-

**typeid** (operátor)
- slouží ke zjištění typu výrazu za chodu programu nebo porovnání typů dvou proměnných
- vrací objekt třídy **`std::type_info`**
- za chodu umí určit pouze typ třídy s virtuální metodou (polymorfizmus)

**typeinfo**
- v hlavičce **`typeinfo`**
- porovnání "tříd" pomocí v ní definovaných operátorů (== a !=)
- metoda **`name`** pro zjištění jména typu (char *)

```
typeid(aaa).name
```

**dynamic_cast<typ>(prevadeny_vyraz)**
- přetypování mezi potomky; kontroluje, zda je možné; jinak vrátí nullptr, pro reference výjimku std::bad_cast
- pro "virtual"; přetypovává se ukazatel nebo reference
- pokud máme v poli ukazatele na bázi, přetypujeme na "skutečný" typ (potomka), nebo naopak
- Derived2 *d2; Derived1 *d1 = dynamic_cast<Derived1*> (d2);

**static_cast**
- obyčejná přetypování
- dále využití k přetypování mezi "nevirtuálními" potomky
- nekontroluje převáděné typy (musí však existovat platný konverzní mechanizmus)

**const_cast**
- manipulace s const a volatile u proměnných
- typ zůstává zachován

**reinterpret_cast**
- převody čísel na ukazatele a zpět
- převody ukazatelů na různé typy mezi sebou (nebezpečné převody)

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

# VSTUPY A VÝSTUPY STREAMY

**Autor textu:**
**Ing. Miloslav Richter, Ph. D.**

Květen 2014

Komplexní inovace studijních programů a zvyšování kvality výuky na FEKT VUT v Brně
OP VK CZ.1.07/2.2.00/28.0193

**Vstupy a výstupy v jazyce C++**

- přetížení (globálních) operátorů << a >>
- typově orientovány
- jazyk C++ dává možnost řešit vstup a výstup proměnných (na V/V zařízení) podstatně elegantněji než jazyk C. Tyto mechanizmy se postupně vyvíjejí, v poslední době využívají vlastnosti objektů, šablon, dědění i přetěžování funkcí. Existují společné vlastnosti operací s proměnnou a V/V, které jsou specializované pro standardní typy.

```
int i;
double j;
char k[]="text";

cin >> i >> j >> k;
cout << i << "text" << j << k << endl;

ostream & operator << (ostream &st, Typ& p) {… return st;}
istream & operator >> (istream &st, Typ& p) {… return st;}
```

**Vstupy a výstupy v jazyce C++**

- knihovní funkce (ne klíčová slova) (ios pro char; wios pro wchar_t, …)
- vstup a výstup je zajišťován přes objekty, hierarchie tříd
- stream je abstrakce I/O zařízení, které je ”napojeno” na soubor, paměť, standardní (seriové) zařízení
- standardní objekty pro vstupy a výstupy (streamy) spojené s konzolami –
  cin, cout, cerr, clog pro char
  wcin, wcout, wcerr, wclog pro wchar_t
- knihovny xxxstream (http://www.cplusplus.com/reference/iolibrary/)
  <ios> definuje základní třídy a konstanty
  <streambuf> definuje buffery (přístup na zařízení potom není přímý pro každou operaci)
  <istream> standardní vstup – základní vlastnosti
  <ostream> standardní výstup – základní vlastnosti
  využívané knihovny:
  <iostream> standardní vstup/výstup (základní komunikace; cin, cout …)
  <fstream> streamy pro soubory; mají buffery
  <sstream> streamy pro řetězce (paměť)

<iomanip> standardní manipulátory (globální funkce pro práci se streamy, mění vlastnosti jako je formát …)

***práce se streamy***

- vstup a výstup základních typů přes konzolu
- formátování základních typů
- práce se soubory
- implementace ve třídách
- obecná realizace streamu

***vstup a výstup přes konzolu***

- přetíženy operátory << a >> pro základní typy
- výběr na základě typu proměnné
- předdefinován cout, cin, cerr, clog (+ w…)
- knihovna <iostream>
- zřetězení díky návratové hodnotě typu stream
- vyprázdnění (případného) bufferu – **flush, endl** (´\n´+flush), ends (´\0´+flush) V obecném kódu dávat přednost použití ´\n´ - buffery se vyprázdní po naplnění (např. pro disk výhodnější). Vyprázdnění bufferu může být výhodné pro standardní konzolu

```
cin >> i >> j >> k;
cout << i << ”text” << j << k << endl;

xstream & operator xx (xstream &, Typ& p) {  }
```

***vstup a výstup – další manipulátory***

- vypouštění bílých znaků – manipulátory - přepínače **ws, noskipws, skipws** (přeskakuje BZ na začátku, nepřeskakuje, vynechá bílé znaky (default))
  bílý znak – (isspace()) tab, enter, mezera
- načítá-li se proměnný počet znaků (get, getline, ignore, read)–
  **gcount** vrátí skutečný počet
- načtení celého řádku
  **getline(kam,maxkolik,** delim**)** – čte řádek po \n nebo delim (zahodí),
  **get(kam, maxkolik,** delim**)** – čte řádek (\n nebo *delim* nenačte)
- načtení znaku **get**(char&c) – čte jeden znak
- **put** – uložení znaku (Pouze jeden znak bez vlivu formátování)
- vrácení znaku – **putback**
- ”vyčtení” znaku tak aby zůstal v zařízení – **peek**

```
int i,j; char txt[100];
 cout << ” zadejte dvě celá čísla \n”;
 cin >> i >> std::noskipws >> j >> txt;
 cout << std::cin.gcount() << ´\n´ << I << ”/” << j << ”=” <<
                                   double(i) / j << endl;
```

***Zjištění stavu streamu***

- pro oznámení stavu jsou uvnitř objektu streamu bity
- bity pro zjišťování stavu jsou definovány – ios_base::io_state
- **goodbit** – v pořádku
- **badbit** – vážná chyba (např. chyba zařízení, ztráta dat linky, přeplněný buffer …) – problém s bufferem (HW)
- **failbit -** méně závažná chyba, načten špatný znak (např. znak písmene místo číslice, neotevřen soubor ) – problém s formátem (daty)
- **eofbit** – dosažení konce souboru

Pro zjištění stavu (bitů) je možné použít metody streamu

- zjištění konce souboru – metoda **eof** – ohlásí až po načtení prvního za koncem souboru
- zjištění pomocí metod – **good( ), bad( ),fail( )**(fail+badbit)**, eof( )**

*Zjištění stavu streamu*

- zjištění stavu pomocí manipulace se stavovými bity

```
if(is.rdstate()&                    // rdstate načte chybové bity
      (ios_base::badbid|ios_base::failbit)) …
```

- po nastavení bitu (po chybě, po dosažení konce souboru je nutné smazání nastaveného bitu) – některé funkce provedou automaticky (**seek**…) nebo pomocí **clear(bit)**

- při chybě se mohou generovat výjimky (ios_base:: ; ifstream::)**failure**. Výjimky je možné vybrat/nastavit pomocí **exceptions (iostate ist)**

```
fstream is;
iostate orig = fstream::exceptions();

is.exeptions (fstream::failbit | fstream::eofbit);

try {  }

catch (fstream::failure &val) { }

is.exceptions(orig);
```

***formátování základních typů***

- je možné pomocí modifikátorů, manipulátorů  nebo nastavením formátovacích bitů
- ovlivnění tvaru, přesnosti a formátu výstupu
- může být v <**iomanip**>
- přetížení operátorů << a >> pro parametr typu manip, nebo pomocí ukazatelů na funkce
- přesnost výsledku má přednost před nastavením
- *manipulátory* - funkce pracující s typem stream – mají stream & jako parametr i jako návratovou hodnotu, mění parametry streamu
- slouží buď pro nastavení nové, nebo zjištění stávající hodnoty
- některé působí na jeden (následující) výstup, jiné trvale
- bity umístěny ve třídě ios (staré streamy), nově v **ios_base** – kde jsou společné vlastnosti pro input i output, které nezávisí na templatové interpretaci (ios)

*formátování*

- **i = os.width(j)** – šířka výpisu, pro jeden znak, default 0 **-** metoda
- **os << setw(j) << i; -** šířka výpisu pomocí manipulátoru
- **i = os.fill(j)** – výplňový znak, pro jeden výstup, default mezera
- **os<<setfill(j) << i;**

- změna vlastností pomocí nastavení řídících bitů –
- pro uchování nastavení bitů je předdefinován typ **fmtflags**
- pomocí **setf** () s jedním parametrem (do)nastaví bity (vrátí současné)
- **setf** se dvěma parametry – nastavení bitu + nulování ostatních bitů ve skupině (označení bitu, označení společné skupiny bitů)(vrátí původní)
- nulování bitů – **unsetf**
- někdy (dříve) setioflags, resetioflags, flags

- **ios_base::left, ios_base::right, left, right -** zarovnání vlevo vpravo –
  **fmtlags orig = os.setf(ios_base::left, ios_base::adjustfield)** – manipulátory bity nastaví i nulují

- **ios_base::internal**, internal – znaménko zarovnáno vlevo, číslo vpravo
- bity **left, right, internal** patří do skupiny **ios_base::adjustfield**

- **ios_base::showpos**, manipulátor **showpos, noshowpos** – zobrazí vždy znaménko (+, **-**)
- **ios_base::uppercase, uppercase, nouppercase** – zobrazení velkých či malých písmen v hexa a u exponentu

- **ios_base:: dec,ios_base::hex, ios_base::oct, dec, oct, hex** – přepínání formátů tisku (bity patří do skupiny – **ios_base::basefield**)
- **setbase** – nastavení soustavy

- **ios_base::showbase, showbase, noshowbase** – tisk 0x u hexa

- **ios_base::boolalpha, boolalpha, noboolalpha** – tisk ”true”, ”false”

- **os.precision(j)** – nastavení přesnosti, významné číslice, default 6
- **os<<setprecision(j) << i**
- **ios_base::showpoint, showpoint, noshowpoint** – nastavení tisku desetinné tečky
- **ios_base::fixed, fixed** – desetinná tečka bez exponentu
- **ios_base::scientific, scientific** – exponenciální tvar
- bity **fixed, scientific** patří do **ios_base::floatfield**

- **eatwhite** – přeskočení mezer, **writes** – tisk řetězce …

***práce se soubory***

- podobné mechanizmy jako vstup a výstup pro konzolu
- přetížení operátorů >> a <<
- fstream, ofstream, ifstream, iofstream
- objekty – vytváří se konstruktorem, zanikají destruktorem
- první parametr – název otevíraného souboru
- lze otevřít i metodou open, zavřít metodou close
- metoda is_open pro kontrolu otevření (u MS se vztahuje na vytvoření bufferu a pro test otevření se doporučuje metoda fail() )

```
ofstream os(”nazev souboru”);
os << ”vystup”;
os.close( );
os.open(”jiny soubor.txt”);
if (!os.is_open()) …
```

***Práce se soubory***

- druhý parametr udává typ otevření, je definován jako enum v ios_base
- **ios_base::in** pro čtení (nastavení interního bufferu)
- **ios_base::out** pro zápis
- **ios_base:: ate** po otevření nastaví na konec souboru
- **ios_base::app** pro otevření (automaticky out) a zápis (vždy) za konec souboru
- **ios_base::binary** práce v binárním tvaru
- **ios_base::trunc** vymaže existující soubor

```
ofstream os(”soub.dat”,
          ios_base::out|ios_base::ate|ios_base::binary);
istream is(”soub.txt”,ios_base::in);
fstream iostr(”soub.txt”,
                ios_base::in | ios_base::out);
```

- ios::nocreate - nově nepodporováno - otevře pouze existující soubor (nevytvoří)
- ios::noreplace - nově nepodporováno - otevře pouze když vytváří (neotevře existující)

zdroj: www.devx.com
záměna nocreate

```
fstream fs(fname, ios_base::in);
// attempt open for read
if (!fs)
{
 // file doesn't exist; don't create a new one
}
else //ok,file exists. close and reopen in write mode
{
 fs.close();
 fs.open(fname,ios_base::out); //reopen for write
}
```

záměna noreplace

```
fstream fs(fname, ios_base::in);
// attempt open for read
if (!fs)
{
 // file doesn't exist; create a new one
 fs.open(fname, ios_base::out);
}
else //ok, file exists; ??close and reopen in write mode??
{
 fs.close()
 fs.open(fname, ios_base::out); //???
// reopen for write (???)
}
```

***Binární přístup ke streamu***

- práce s binárním souborem **write(bufer, kolik), read(bufer,kolik)**
- pohyb v souboru – **seekp** (pro výstup) a **seekg** (pro vstup), parametrem je počet znaků a odkud **(ios_base::cur, ios_base::end, ios_base::beg**)
- zjištění polohy v souboru **tellp** (pro výstup) a **tellg** (pro vstup)
- **ignore** – pro přesun o daný počet znaků, druhým parametrem může být znak, na jehož výskytu se má přesun zastavit. na konci souboru se končí automaticky

***implementace ve třídách***

- třída je nový typ – aby se chovala standardně – přetížení << a >> pro streamy

```
istream& operator >> (istream &s, komplex &a ) {
char c = 0;
s >> c; // levá závorka
s >>a.re>>c;//reálná složka a oddělovací čárka
s>>im>>c;//imaginární složka a konečná závorka
 return s;
}

ostream &operator << (ostream &s, komplex &a ) {
s << ‘ ( ’ << a.real << ‘,’ << a.imag << ‘) ‘;
return s;
}
```

knihovní template mají formát uvedený níže
*charT* je typ se kterým se pracuje (char, wchar_t …)
*Traits* určuje/definuje doplňkové vlastnosti pro práci s daným typem (typy pro základní znak, pozici, offset, size; funkce porovnání lt, eq, assign, compare, move, copy, length, eof …).
Základní *Traits* lze zdědit a předefinovat (např. funkci *lt* pro srovnání „podle abecedy“)

```
template<class charT, class Traits>
basic_ostream<charT, Traits> &
operator <<(basic_ostream <charT, Traits>& os,
const Komplex & dat)
```

***obecná realizace***

- streamy jsou realizovány hierarchií tříd, postupně přibírajících vlastnosti
- zvlášť vstupní a výstupní verze
- ios*_base – obecné definice, většina enum konstant (dříve ios), bázová třída nezávislá na typu – ios*base
- **streambuf** – třída pro práci s bufery – buďto standardní, nebo v konstruktoru dodat vlastní (pro file dědí filebuf, pro paměť streambuf, pro konzolu conbuf …)(streamy se starají o formátování, bufery o transport dat), pro nastavení (zjištění) buferu rdbuf
- istream, ostream – ještě bez buferu, už mají operace pro vstup a výstup (přetížené << a >>) – iostream
- ifstream, ofstream – pro práci s diskovými soubory, automaticky buffer, fstream.h
- iostringstream, stringstream – pro práci s řetězci, paměť pro práci může být parametrem konstruktoru – sstream.h
- iostream = istream + ostream (obousměrný) (dříve xxx_withassign – rozšíření (istream, ostream) , přidává schopnost přesměrování (např. do souboru, )) – definuje cin, cout ...
- nekombinovat cin, wcin (a printf)
- nedoporučuje se dělat kopie, nebo přiřazovat streamy
- stav streamu je možné kontrolovat i pomocí **if (!sout)**, kdy se používá přetížení operátoru !, které je ekvivalentní **sout.fail(),** nebo lze použít **if (sout),** které používá přetížení **operátoru ()** typu **void *operator ()**, a který vrací **!sout.fail().** (tedy nevrací good ).
-

**deklarace třídy uvnitř jiné třídy (o)**

- jméno vnořené třídy (struktury) je lokální
- vztahy jsou stejné jako by byly definovány nezávisle (To je, ve třídě A máme jednodušší zápis přístupu k B, ale přístupová práva jsou stejná, jako by byla B definována mimo A.)
- jméno se deklaruje uvnitř, obsah vně
- použití pro pomocné objekty, které chceme skrýt

```
class A {
   class B; // deklarace (názvu) vnořené třídy
   B y; // objekt třídy B definován ve třídě A
    .....
}

class A::B { // vlastní definice těla třídy
   .....
}

A::B x; // objekt třídy B definován vně třídy A
```

**mutable (o)**

- označení proměnných třídy, které je možné měnit i v const objektu
- například objekt s (konstantními=neměnnými) daty, který obsahuje čítač, kolikrát je tento objekt odkazován –> čitač se musí měnit
- statická data nemohou být mutable

```
class X {
public :
mutable int Pocet_odkazu ;
int Data ;
}

class Y { public: X x; }

const Y y ;
y . x . Pocet_odkazu ++ ;     může být změněn
y . x . Data ++ ;     chyba
```

**Lambda funkce (closure)**

-
- Funkce napsaná přímo v kódu, většinou jednoduchá, bez vícenásobného použití
- closure - struktura/objekt obsahující funkci společně s odkazy na parametry (v okolí)
- **sort (a.begin(),a.end(), [](X& c,X &b) ->bool {return c.iX < b.iX;})**
- FunkceA může být argumentem jiné funkce - například funkce prochází data a hledá "něco" (to mohou být např.: minimum, maximum, data odpovídající podmínkce …). A právě FunkceA může být ta, která řekne, zda jsme našli co jsme hledali. Funkce tedy prochází prvky a zkoumá je (pokaždé jinou) pomocí FunkceA.

**Lambda funkce**

lambda výraz je  objekt, lze ho uložit do proměnné a následně použít

```
// definice lambda funkce
auto vzdalenost = [](b1,b2)->double
                {return min(abs(b1.x-b2.x),abs(b1.y-b2.y));}
// volání
double v = vzdalenost(a,b);

// predani lambda funkce do jiné funkce
v = vyres(pole1, pole2, vzdalenost);


// volaná funkce
double vyres(Complex p1[], Complex p2[],
                      double (*fce)(complex a, complex b)))
{… vmin = fce(p1[i],p2[i]);… }

double vyres(… ,[]() {  });
// lze napsat přímo do volání -> (odsud označení)
nepojmenovaná/anonymní funkce
```

**Lambda funkce**

Při potřebě jednoduché funkce můžeme použít lambda funkci. Často náhrada makra.

```
auto fce = []()->int {... return y;}//definice lambda funkce
fce() - volání lambda funkce může ihned následovat
```

**auto -** překladač zvolí datový typ pro vytvářenou funkci (ukazatel na funkci se správnými parametry)

**fce -** název lambda funkce, pomocí kterého se bude volat

**[]** capture (záchyt) specifikace, uvádí definici lambda funkce, uvádí sdílení lokálních proměnných mezi volající a lambda funkcí

**()** seznam parametrů funkce (bez parametrů není nutné uvádět-zhorší čtivost) - stejný význam jako u klasických funkcí

**-> int** pokud se vrací různé datové typy je nutno návratový typ takto určit, jinak se návratová hodnota  určí z returnu nebo je void

**{}** tělo lambda funkce - stejné jako u klasické funkce,

**Lambda funkce**

Lambda funkce se z hlediska parametrů v kulatých závorkách chová jako klasická funkce - jsou lokální. Může ovšem sdílet i parametry funkce, ve které je definována (volána).

**[]** capture žádnou proměnnou

**[&]** capture všechny použité proměnné pomocí referencí

**[=]** capture všechny použité proměnné pomocí kopie (jelikož u objektu zkopíruje this, jsou všechny proměnné třídy dány referencí !)

**[x,&y,this]** capture pouze vyjmenované proměnné hodnotou nebo referencí

**[=,&x]** vše hodnotou, kromě vyjmenovaných

## Lambda funkce

- **[ ] {…} ()** nadefinovaná a zavolaná lambda funkce bez parametrů (sekce definice parametrů je vynachána, protože je prázdná).

- Realizace (překlad) může být pomocí funkčních objektů (třída s definovaným operator()) jsou-li parametry v [], nebo funkcí pro prázdné capture []. Parametry jsou součástí konstruktoru.

- generic lambda: **auto xx = [](auto b){}** // použití místo šablony

- **auto a = [x,y]() ->double {return x*x+y*y} ();** vezme lokální hodnoty x a y a vypočítá z nich inicializační hodnotu pro a. Lambda je "spuštěna" pomocí závěrečných (). Při předání x nebo y referencí může změnit i tyto hodnoty

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

# OPAKOVÁNÍ, SHRNUTÍ OBJEKTOVÉHO PROGRAMOVÁNÍ A C++

## Autor textu:

Květen 2014

Komplexní inovace studijních programů a zvyšování kvality výuky na FEKT VUT v Brně
OP VK CZ.1.07/2.2.00/28.0193

**Shrnutí tříd**

```
//======= komplex2214p.cpp - kód aplikace ============

#include "komplex2214.h"

char str1[]="(73.1,24.5)";
char str2[]="23+34.2i";

int main ()
{
Komplex a;
Komplex b(5),c(4,7);
Komplex d(str1),e(str2);
Komplex f=c,g(c);
Komplex h(12,35*3.1415/180.,Komplex::eUhel);
Komplex::TKomplexType typ = Komplex:: eUhel;
Komplex i(10,128*3.1415/180,typ);

d.PriradSoucet(b,c);
e.Prirad(d.Prirad(c));
d.PriradSoucet(5,c);
```

```
d.PriradSoucet(Komplex(5),c);

e = a += c = d;
a = +b;
c = -d;
d = a++;
e = ++a;
if (a == c)    a = 5;
else           a = 4;

if (a > c)      a = 5;
else            a = 4;

if (a >= c)     a = 5;
else            a = 4;

b = ~b;
c = a + b + d;
c = 5 + c;

int k = int (c);
int l = d;
```

```
float m = e; // pozor - použije jedinou možnou konverzi a to přes int

//?? bool operator&&(Komplex &p) {}
if (a && c) // musí být implementován - neni-li konverze (např. zde
// se proháčkuje přes konverzi int, kde je && definována)
     e = 8; // u komplex nesmysl

Komplex n(2,7),o(2,7),p(2,7);
n*=o;
p*=p; // pro první realizaci n*=n je výsledek n a p různy i když
// vstupy jsou stejné

if (n!=p)  return 1;
return 0;
}

//======== komplex2214.h - hlavička třídy ============
// trasujte a divejte se kudyma to chodi, tj. zobrazte *this, ...
// objekty muzete rozlisit pomoci indexu

#ifndef KOMPLEX_H
#define KOMPLEX_H
```

```
#include <math.h>

struct Komplex {
enum TKomplexType {eSlozky, eUhel};
static int Poradi;
static int Aktivnich;
double Re,Im;
int Index;

Komplex(void) {Re=Im=0;Index = Poradi;++Poradi;++Aktivnich; }
inline Komplex
                (double re,double im=0, TKomplexType kt = eSlozky);
Komplex(const char *txt);
inline Komplex(const Komplex &p);
~Komplex(void) {--Aktivnich;}

void PriradSoucet(Komplex const &p1,Komplex const &p2)
                {Re=p1.Re+p2.Re;Im=p1.Im+p2.Im;}

Komplex Soucet(const Komplex & p)
                {Komplex pom(Re+p.Re,Im+p.Im);return pom;}
```

```
Komplex& Prirad(Komplex const &p)
                    {Re=p.Re;Im=p.Im;return *this;}

double faktorial(int d)
                     {double i,p=1; for (i=1;i<d;++i) p*=i; return p; }

double Amplituda(void)const
                     {   return sqrt(Re*Re + Im *Im);}

bool JeMensi(Komplex const &p)
                    {return Amplituda() < p.Amplituda();}

double Amp(void) const;

bool JeVetsi(Komplex const &p)
                      {return Amp() > p.Amp();}

// operatory
Komplex & operator+ (void)
                       {return *this;}
// unární +, může vrátit sám sebe, vrácený prvek je totožný s prvkem, // který to vyvolal
```

```
Komplex operator- (void)
                        {return Komplex(-Re,-Im);}
// unární -, musí vrátit jiný prvek než je sám

Komplex & operator++(void)
                    {++Re;++Im;return *this;}
// nejdřív přičte a pak vrátí, takže může vrátit sám sebe
// (pro komplex patrně nesmysl)

Komplex operator++(int) {++Re;++Im;return Komplex(Re-1,Im-1);}

//vrací původní prvek, takže musí vytvořit jiný pro vrácení

Komplex & operator= (Komplex const &p)
                    {Re=p.Re;Im=p.Im;return *this;}
// bez const v hlavičce se neprelozi nektera přiřazeni,
// implementováno i zřetězení

Komplex & operator+=(Komplex &p)
                     {Re+=p.Re;Im+=p.Im;return *this;}
// návratový prvek je stejný jako ten, který to vyvolal, takľe se dá
// vrátit sám
```

```
bool operator==(Komplex &p)
        {if ((Re==p.Re)&&(Im==p.Im)) return true;else return false;}

bool operator> (Komplex &p)
                {if (Amp() > p.Amp()) return true;else return false;}
// může být definováno i jinak

bool operator>=(Komplex &p)
                {if (Amp() >=p.Amp()) return true;else return false;}

Komplex operator~ (/*Komplex &p*/ void)
                {return Komplex(Re,-Im);}

// bylo by dobré mít takové operátory dva jeden, který by změnil sám // prvek a druhý, který
by prvek neměnil

Komplex& operator! ()
                {Im*=-1;return *this;}; // a tady je ten operátor
// co mění prvek. Problém je, ľe je to nestandardní pro tento operátor
// a zároveň se mohou plést. Takľe bezpečnějąí je nechat jen ten první
// bool operator&&(Komplex &p) {}
```

```
Komplex operator+ (Komplex &p)
                        {return Komplex(Re+p.Re,Im+p.Im);}

Komplex operator+ (float f)
                         {return Komplex(f+Re,Im);}

Komplex operator* (Komplex const &p)
        {return Komplex(Re*p.Re-Im*p.Im,Re*p.Im + Im * p.Re);}

Komplex &operator*= (Komplex const &p)
// zde je nutno pouľít pomocné proměnné, protoľe
// je nutné pouľít v obou přiřazeních obě proměnné
                 {double pRe=Re,pIm=Im;
                 Re=pRe*p.Re-Im*p.Im;Im=pRe*p.Im+pIm*p.Re;
                return *this;}
// ale je to ąpatně v případě, ľe pouľijeme pro a *= a;, potom první
// přiřazení změní  i hodnotu p.Re a tím nakopne výpočet druhého
// parametru (! i kdyľ je konst !)

// {double pRe=Re,pIm=Im,oRe=p.Re;
// Re=pRe*p.Re-Im*p.Im;Im=pRe*p.Im+pIm*oRe;return *this;}
```

```
// verze ve ktere přepsání Re sloľky jiľ nevadí
// friend Komplex operator+ (float f,Komplex &p); //není nutné
// pokud nejsou privátní proměnné

operator int(void)
        {return Amp();}
};

inline Komplex::Komplex(double re,double im, TKomplexType kt )
{
Re=re;
Im=im;
Index=Poradi;
++Poradi;
++Aktivnich;

if (kt == eUhel)
   {Re=re*cos(im);Im = Re*sin(im);}
}
```

```
Komplex::Komplex(const Komplex &p)
{
Re=p.Re;
Im=p.Im;
Index=Poradi;
++Poradi;
++Aktivnich;
}

#endif

//======= komplex2214.cpp - zdrojový kód třídy ============
// trasujte a divejte se kudyma to chodi, tj. zobrazte *this, ...
// objekty muzete rozlisit pomoci indexu

#include "komplex2214.h"

int Komplex::Poradi=0;
int Komplex::Aktivnich=0;

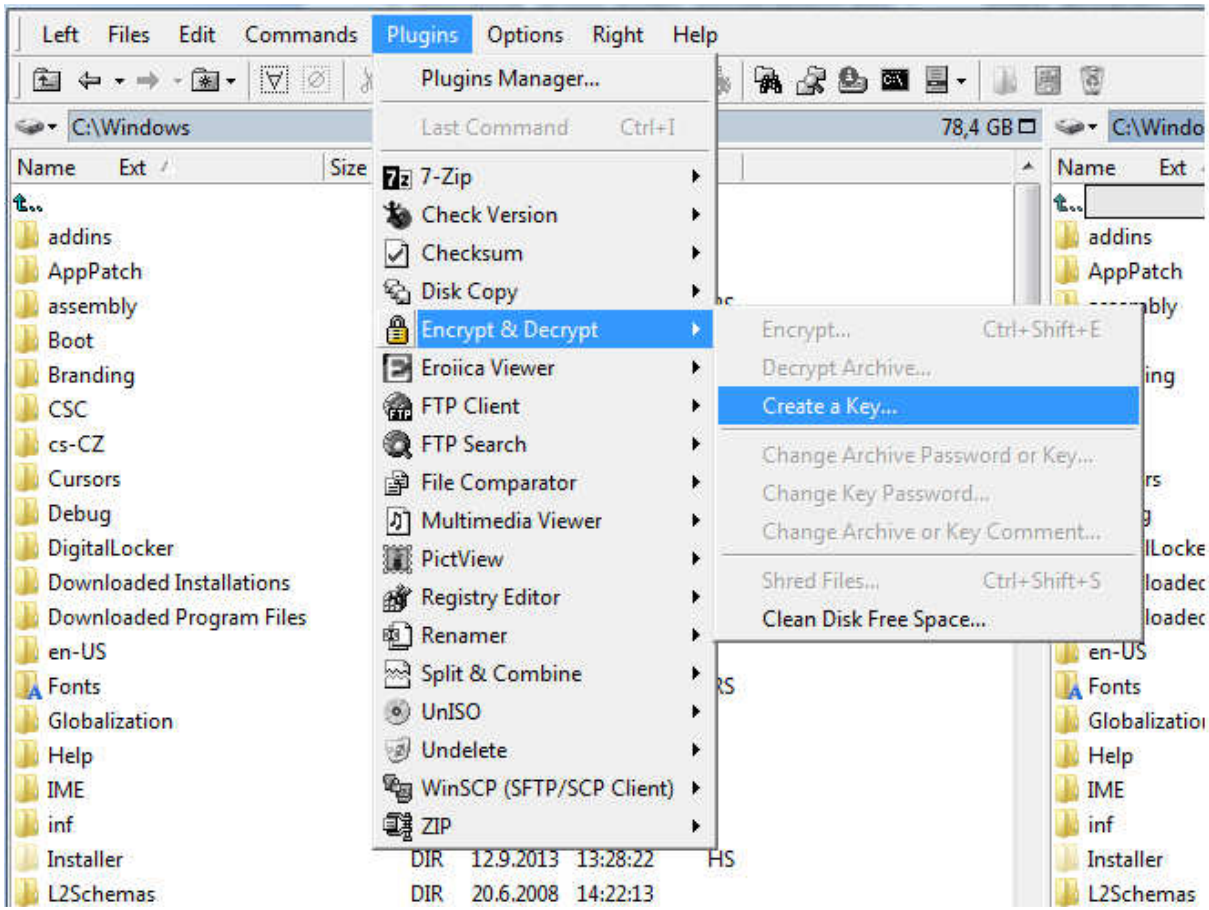
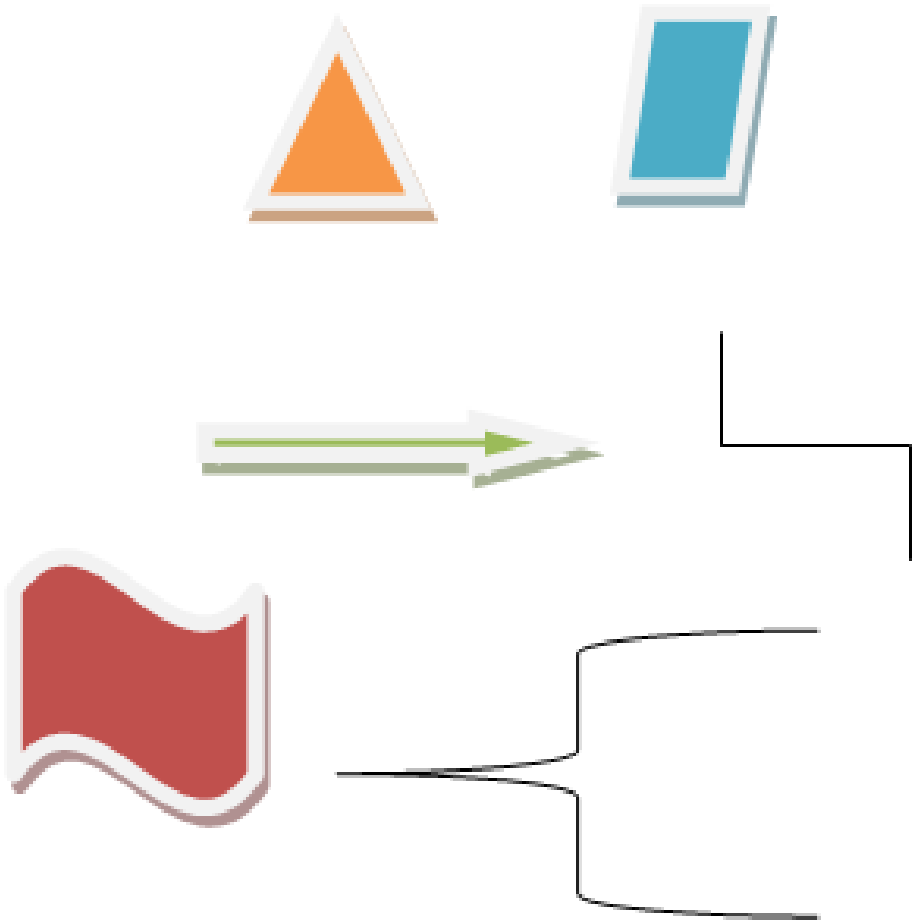
Komplex::Komplex(const char *txt)
{
```

```
/* vlastni alg */;
Re=Im=0;
Index = Poradi;
++Poradi;
++Aktivnich;
}

double Komplex::Amp(void)const
{
return sqrt(Re*Re + Im *Im);
}

Komplex operator+ (float f,Komplex &p)
{
return Komplex(f+p.Re,p.Im);
}
```

**C v C++**

- může se stát, že je nutné kombinovat program ze zdrojů v C i C++, předpokládá se volání C z C++, opačná varianta je dosti krkolomná
- různé jazyky mají odlišné volání funkcí (různý způsob a pořadí pro: ”úklid” registrů, předávání parametrů, vytváření lokálních proměnných …)
- jelikož části programů mohou být napsány či přeloženy v různých jazycích (např. knihovny (dll, obj) mohou být pro pascal ….) je nutno při jejich volání zohlednit způsob jejich vytvoření.
- jako parametr v hlavičce funkce musí být pro tyto případy uveden způsob volání
- rozdílný je i způsob funkcí v C a C++
- musíme ošetřit volání funkcí v jazyce C z prostředí v C++

```
#ifdef  __cplusplus
extern ”C”
#endif
{
// celý tento blok bude mít volání jazyka C
float fce(int);
…
}
```

- rozdíly je nutné zohlednit i při definici ukazatelů na funkce v části psané v C++
- C ukazatelům potom musíme přiřazovat C funkce a C++ ukazatelům C++ funkce

int (*pf) (int i) ;  - C++ volání v jazyce C++ (nebo C v C)

extern ”C” {typedef int (*pcf) (int) }  - C volání v C++

pcf pc; pc = &cfun; (*pc)(10);

Pravidla pro volání konstruktorů a destruktorů (automatické (definice objektů) i dynamické proměnné (vytvoření pomocí new))

1) volání konstruktorů (v každém kroku se začíná od a), pokud byl bod na dané úrovni vyřešen, pokračuje se dalším)

a) konstruktor bázové třídy (existuje-li bázová třída, a zde opět od a))

b) konstruktory objektů třídy (existují-li, v pořadí daném definicí objektů ve třídě. Pro každý objekt se provádí a) b) c) ). Předepsané konstruktory v hlavičce konstruktoru neurčují pořadí ale typ.

c) vlastní tělo konstruktoru

2) volání destruktorů – je v opačném pořadí jako volání konstruktorů. Mohou být virtuální (potom se volají v opačném pořadí v jakém došlo ke konstrukci, nehledě na to, čemu je objekt v současnosti přiřazen). Pokud jsou nevirtuální, jsou destruktory volány v opačném pořadí ke konstruktorům, jaké by se volaly pro prvek třídy, které je objekt právě přiřazen. Destruktor je volán na konci definičního bloku pro proměnné v něm definované. Destruktor je volán při delete.

Pravidla pro volání (virtuálních) metod

1) zjistíme, zda-li je volaná metoda virtuální nebo nevirtuální

2) pokud je volaná metoda nevirtuální, rozhoduje “jak to vidí” překladač – neboli je volána taková metoda, která patří k typu (třídě) jak je současný objekt (ukazatel na objekt) definován.

3) pokud je volaná metoda virtuální, nerozhoduje, čemu je aktuálně prvek přiřazen, ale jak “se narodil”. Při vzniku (konstruktor) je mu totiž virtuální metoda přiřazena na základě vznikajícího typu (a zůstává “majetkem” objektu). U objektu se při běžné činnosti nejedná o problém, protože je známo jak objekt vznikl (podle typu v definici). Důležité je to však u ukazatelů, které mohou ukazovat na cokoli (i když z hlediska daného mechanizmu je nutné dodržet to, že přiřazovat by se měl ukazatel na potomka do ukazatele na předka). Potom musíme najít, jak opravdu vznikl objekt (definice, nebo new), na který se právě ukazuje – nezávisle na množství přiřazení, které se staly.

4) Pokud metoda neexistuje, použije se metoda nejbližší (například u předka).

Zkouška
1) teoretický příklad na mechanizmus, nebo klíčové slovo C++

2) Složitější příklad z jazyka C (struktura, soubory, pole, řetězce, vázaný seznam, bitové operace …)

3) Třída – úkolem je napsat metody tak, a by šla přeložit daná část kódu

TString obsahuje dynamicky alokované pole charů pro řetězec.
{
TString a(“abc”), b=a,c; // konstruktor z řetězce, kopykonstruktor, implicitní konstruktor
c = a + b; // přiřazení (=) spojených řetězců (+)
a = a;
int i1 = c.Delka(); // vrací délku řetězce
int i2 = VyskytZnaku(a,’b’); // vrátí počet výskytů daného znaku v řetězci
char znak = c[i-1]; // vrátí znak na dané pozici, při indexaci mimo řetězec vrací odkaz na globální proměnnou
c[2] = ‘e’; // index musí fungovat i pro přiřazení
int j = a > b;
cout << a << ” to je a ”;
}

4)
co se vypíše po spuštění tohoto programu. Tištěný text napište k příslušnému řádku funkce main, kterého se týká:

```
class A {
public:
A(void) {cout << 'a';}
virtual ~A(void) {cout << 'b';}
void f(void) {cout << 'c';}
virtual fv(void) {cout << 'd';}
};

class B:public A {
A a;
public:
B(void) {cout << 'e';}
virtual ~B(void) {cout << 'f';}
void f(void) {cout << 'g';fv();}
virtual fv(void) {cout << 'h';}
};

class C:public A {
B a;
public:
C(void) {cout << 'i';}
virtual ~C(void) {cout << 'j';}
void f(void) {cout << 'k';fv();}
};

int main () {
 A *a;                B b;
 B *c = (B*)new C;
 a = &b;
 a -> f();                  a -> fv();
 c -> f();                  c -> fv();
 delete c;
 b.f();               b.fv();
}
```

# Hodně štěstí, zdraví, a vědomostí v novém roce

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

# PŘEDNÁŠKY KURZU
# PRAKTICKÉ PROGRAMOVÁNÍ V C++

**Autor textu:**
**Ing. Miloslav Richter, Ph. D.**

Květen 2014

Komplexní inovace studijních programů a zvyšování kvality výuky na FEKT VUT v Brně
OP VK CZ.1.07/2.2.00/28.0193

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

# ORGANIZACE KURZU
# OPAKOVÁNÍ C, ÚVOD C++

**Autor textu:**
**Ing. Miloslav Richter, Ph. D.**

Květen 2014

Komplexní inovace studijních programů a zvyšování kvality výuky na FEKT VUT v Brně
OP VK CZ.1.07/2.2.00/28.0193

# Praktické programování v jazyce C++
# 09.12.2019

## Přednášející a cvičící:

**Richter Miloslav**
zabývá se zpracováním signálu, především obrazu. Realizoval několik průmyslových aplikací na měření nebo detekci chyb při výrobě. Řízení HW a zpracování naměřených dat realizoval převážně pomocí programů v jazyce C/C++, který je v těchto oblastech využíván díky svým vlastnostem jako je přenositelnost, rychlost, dostupnost dat, kvalitní překlad …

**Petyovský Petr**
zabývá se zpracováním obrazu, především v dopravních aplikacích (počítání a detekce aut, sledování přestupků, …). Účastnil se řady projektů, které byly ukončeny praktickou realizací v průmyslu. Programoval v různých jazycích a má rozsáhlou praxi v implementaci programů na různé platformy.

# Materiály a podmínky kurzu (vyhláška garanta)

www.uamt.feec.vutbr.cz/~richter/vyuka
dosažitelné z e-learningu

Jestliže nerozumím nebo nevím, pak se zeptám.

Pokud se neptáte, má se za to, že je vše jasné.

Studium na VŠ vyžaduje i (spolu)účast studenta

Programování se naučíte jen praxí (ne čtením)

Programátor musí poznat, zda program funguje

Můžeme probrat víc (stačí říct a zrychlíme)

**www stránky**

http://www.uamt.feec.vutbr.cz/~richter/vyuka/XPPC/bppc/bppc_main.html

Zdroje textů

Pozn.: texty vycházejí z minulých textů předmětu a (převážně) následujících zdrojů:
...
Jazyky C a C++, Virius
http://www.cplusplus.com (http://www.cplusplus.com/doc/tutorial)
https://en.cppreference.com (https://en.cppreference.com/w/cpp)
texty draftů norem
stackoverflow.com – pouze validní informace

C funkce: http://pubs.opengroup.org/onlinepubs/9699919799/

# Dotazy k organizaci kurzu

# Dotazy k látce předchozích kurzů BPC1A (UDP),  BPC2A (ALD)

# Náplň kurzu

- rozsah je přizpůsoben zkušenostem z minulých roků
- Učí se pouze „základy“. Je možné zrychlit výuku a učit i „nástavby“.

Jak hodnotíte své znalosti jazyka C?
Kolik z vás programovalo v C++?
Kolik v objektových jazycích?

- týdenní plán přednášek – orientační

- neobjektové vlastnosti – rozšíření vlastností oproti jazyku C
- objektové vlastnosti – objektové programování, dědění, polymorfizmus
- „nástroje“ – výjimky, šablony, streamy, STL,

## Náplň kurzu

- opakování a rozšíření jazyka C
- programátorské dovednosti
- jazyk C++

## Proč C++

- vysoký výkon – překlad do spustitelného kódu (assembler), kvalitní optimalizace, jazyk se snaží neimplementovat pomalé mechanizmy, blízké spojení jazyka a výsledného kódu (např. jasně definovaná životnost/zánik proměnných (odložený zánik pomocí garbage collectoru (destruktor) může blokovat zdroje (soubory, linky (seriová, …), handly k zařízení (tiskárna, monitor …)))
- moderní jazyk
- velké rozšíření
- velké množství cílových platforem – PC, mobily, hradlová pole, programovatelné automaty …

# Náplň kurzu

***Opakování a rozšíření jazyka C, neobjektové vlastnosti***

- především na cvičeních než bude možné začít s objektovým C++
- překlad programu, hlavičkové a zdrojové soubory
- rozdíly „čistého C“ oproti možnostem C++ a objektovému programování
- nové datové typy,
- ukazatele x reference

- vstup a výstup - streamy
- knihovny jazyka C, C++

# Náplň kurzu

***Programátorské dovednosti***

- obecná pravidla programování (návrh, tvorba, překlad a testování programu)
- základní programátorské dovednosti a návyky – programátorská kultura, trasování, … použití objektů
- nástroj pro správu (verzí) projektů svn pro spolupráci více autorů na jednom projektu
- nástroj doxygen (+graphviz) pro komentování programů a pro tvorbu dokumentace

# Náplň kurzu

***Jazyk C++ a objektové programování***

- základní teorie, rozdíly oproti C stylu programování
- objektové vlastnosti,
- dědění,
- polymorfizmus
- šablony
- STL
- …

# Výuka programovacích jazyků na tomto oboru

**… a počátek devadesátých let**

- Analogové programování (modelování dynamických soustav), logické obvody a programovatelné automaty, Assembler (práce s programovatelným HW), Pascal (vědecké výpočty), Prolog, Lisp (umělá inteligence)
- podle aktuální situace a oboru činnosti (dostupné překladače, drivery, programová prostředí a jejich možnosti) se některé způsoby programování a jazyky opouštějí a jiné se dostávají do popředí (programování hradlových polí, mikroprocesorů, inteligentních periferií, zpracování dat, komunikace na sítích …)
- základem je stále logické myšlení, znalost základních nástrojů programování a jejich využití

**Polovina devadesátých let**

- výuka jazyka C/C++ navazující na Pascal. V **jednom semestru** výuka jazyka C, obsluha základního HW (čítače, časovače, přerušení, DMA …), C++.

**Dvacáté první století**

- po ukončení výuky Pascalu se C/C++ učí ve dvou semestrech.
- počátek grafického programování – "… pište aplikaci bez znalosti jazyka … v našem prostředí napíšete aplikaci bez programování …" – stačí pro "běžného uživatele", náš absolvent by však měl uvažovat i v souvislostech (jak a proč je implementováno, …) a znát mechanizmy hlouběji

# Příklady využití jazyka C++

- vhodné využití: složitější projekty, znovupoužití kódu (dědění, polymorfizmus, šablony)

- projekty realizované v C++:
  Adobe Systems (Photoshop, Illustrator, Adobe Premier …)
  Google (Google Chromium, Google file system)
  Mozilla (Firefox, Thunderbird)
  MySQL (využito: Yahoo!, Alcatel-Lucent, Google, Nokia, YouTube, Wikipedia …)
  Autodesk Maya 3D (3D modeling, games, animation, modeling …)
  Winamp Media Player
  Apple OS X (některé části a některé aplikace)
  Microsoft (většina na bázi C++)
  Symbian OS
  Qt framework
  OpenCV

# Konkrétní realizace – projekty vhodné pro objektové programování

- *menu* – je struktura obsahující položky (menu, podmenu, akce …). Struktury pro menu, položky, texty, barvy …



- *grafické objekty* – mají společný interface (rozhraní/ přístup). I když jsou různého typu, je možné s nimi pracovat jednotně – program si "zjistí" jakého jsou typu a provede správnou akci pro daný typ (vykreslení, rotace, posun, inverze barev, zjištění který objekt je nejblíže dané pozici (kliknutí myši), …)



- vytváření nových datových typů s operacemi jako typy standardní (ale vlastním chováním)
- například komplexní čísla, zlomky, matice
- znovupoužití kódu pro různé typy …

ukázka kódu pro vlastní typ MATRIX (matice). "Umí" operace jako základní typy, a také je možné ho "naučit" funkce. Pro výpočty je možné zvolit přesnost výpočtu – zde double

```
MATRIX <double> y,x(5,5),a(5,1),A,x1(10,5), ykontrola;
int i,j;

//  řešení rovnice y = x * A pro neznámé A
A = SolveLinEq(x,y);
// kontrola správnosti
ykontrola = x * A;
// vypočtení kvadrátu chyby řešení
chyba = (ykontrola – y);
chyba *= chyba;

// obecné výpočty se standardními operátory a vlastními funkcemi
pro // nový typ (MATRIX)
x1 = x * A * Transp(y) * Inv(x);
```

# Opakování „programování“ – předchozí kurzy

HW návaznost
- procesor – sběrnice, instrukční sada, optimalizace rychlosti, datové typy, operace (matematické, logické, podmínky, skoky, podprogram …)
- paměti a periferie
- adresování

Tvorba programu
- návrh
- kriteria hodnocení

Programové prostředky (editor, překladače, ladicí prostředky, sestavení programu)

Jazyk
- klíčová slova
- datové typy
- základní mechanizmy jazyka

**Procesor**

- má určitý počet instrukcí (příkazy ve strojovém kódu)
- instrukce říká, co a s čím se má udělat
- instrukce trvá určitý počet cyklů (času, přístupu k paměti …)
- obsahuje registry (vnitřní paměti)
- akumulátor – výpočetní jednotka (ALU)
- je schopen pracovat s určitými datovými typy
- čítač instrukcí říká, kde leží další instrukce (ovlivňují ho instrukce skoků (podmíněné/nepodmíněné)), cykly
- podprogram (call/return) – zásobník
- interrupt (přerušení) - volatile proměnné
- registr příznaků – výsledky operací (nulovost, kladnost, přetečení …)
- synchronizační mechanismy a instrukce pro spolupráci více procesorů

**Paměť**

- v paměti jsou uloženy instrukce a data programu
- program obsahuje instrukce, které se vykonávají
- datová oblast příslušná programu – základní data pro proměnné programu
- zásobník – lokální data, adresy při podprogramech
- statické  a globální proměnné v datové části programu (inicializace)
- „volná“ datová oblast – je možné o paměť z ní požádat „systém“
- mapování periferií do paměti – data se mění "nezávisle" – volatile proměnné
- cache paměť na čipu – podstatně rychlejší přístup k datům (dnes několika úrovňová – jádro, procesor, chipset)

**Datové typy** (vázané na procesor, nebo emulované v SW)

- celočíselné – znaménkové x bezznaménkové (zápis binárně, oktalově, dekadicky, hexadecimálně)
- s desetinnou čárkou
- podle typu procesoru a registru (spojení registrů) je dána přesnost (velikost typu v bytech)
- adresa x ukazatel
- pro adresování (segment:offset, indexovaný přístup …)
- pro vyjádření znaku se využívá celočíselná proměnná – teprve její interpretací (například na tiskárně) „vznikne“ znak.
- Základní znaková sada (ASCII, EBCDIC) je osmibitová
- Rozšířená znaková sada UNICODE
- znakové sady s konstantním nebo proměnným počtem bytů na znak

## Matematické operace

- Sčítání, odčítání – základ (celočíselné)
- Násobení, dělení
- Mocniny, sinus, cos, exp … jsou většinou řešeny podprogramy, nebo pomocí tabulek (a interpolací). Jsou součástí knihoven ne jazyka.

**Boolovské operace**

- použití pro vyhodnocování logických výrazů
- Tabulka základních logických funkcí pro kombinace dvou proměnných

První dva řádky tabulky ukazují možné varianty/kombinace proměnných A a B.

Další řádky ukazují všechny možné výsledky vstupních kombinací.

Každý řádek je jedna operace nad vstupními proměnnými.

Ve sloupci jsou vstupní hodnoty a příslušná hodnota výsledku pro danou operaci.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 1 | 1 | vstup A |
| 0 | 1 | 0 | 1 | vstup B |
| 0 | 0 | 0 | 0 | nulování |
| 0 | 0 | 0 | 1 | AND |
| 0 | 0 | 1 | 0 | přímá inhibice (negace implikace) - Nastane-li A, nesmí nastat B. |
| 0 | 0 | 1 | 1 | A |
| 0 | 1 | 0 | 0 | zpětná inhibice |
| 0 | 1 | 0 | 1 | B |
| 0 | 1 | 1 | 0 | XOR nonekvivalence (jsou-li proměnné různé je výsledkem 1, jsou-li stejné, pak 0) |
| 0 | 1 | 1 | 1 | OR |
| 1 | 0 | 0 | 0 | negace OR |
| 1 | 0 | 0 | 1 | negace XOR ( výsledek je 1, pokud jsou proměnné stejné, pokud jsou různé pak je výsledek 0) |
| 1 | 0 | 1 | 0 | negace B |
| 1 | 0 | 1 | 1 | zpětná implikace |
| 1 | 1 | 0 | 0 | negace A |
| 1 | 1 | 0 | 1 | přímá implikace (nastane-li stav A, je výsledek řízen stavem B. Z nepravdy A nemůžeme usoudit na stav B – mohou být platné oba stavy (nebude-li pršet, nezmoknem). Pokud platí A je možné z výsledku usuzovat na B (B je stejné jako výsledek) pokud A neplatí nelze o vztahu výsledku a B nic říci. |
| 1 | 1 | 1 | 0 | negace AND |
| 1 | 1 | 1 | 1 | nastavení do jedničky |

**Způsoby „adresování“**

- Součást instrukce - INC A (přičti jedničku k registru A) – registr, se kterým se pracuje je přímo součástí instrukce
- Přímý operand – JMP 1234 – skoč na danou adresu – je uvedena v paměti za instrukcí. Může mít i relativní formu k současné pozici
- Adresa je uvedena jinde (v jiné proměnné) – PUSH B – registr B se uloží na zásobník, LD A, (BC) – do registru A se načte hodnota z adresy ve dvojici registrů BC
- Indexové adresování MOVIX A,BC,IX – do registru A se načte hodnota z paměti, která je posunuta o IX (index) od adresy v registru BC (báze). Registry BC, IX bývají pevně určené (tj. není možné určit, který registr obsahuje bázi a který index/offset)

**Programování**

- Rozbor úlohy – které funkce patří k sobě (knihovny), rozhraní funkcí (předávané a návratové hodnoty), datové typy pro proměnné
- Algoritmy – řešení daného úkolu ve funkci
- Zapsání kódu
- překlad – „jazyková“ správnost
- Ladění kódu – debugging – „funkční“ správnost
- Testovací databáze

**Postup programování**

- požadované vlastnosti
- návrh činnosti
- návrh datových struktur
- návrh funkčních volání

## Hodnocení programu

- Výkon a efektivita – čas, využití zdrojů
- Spolehlivost – HW, SW (na podněty musí správně reagovat)
- Robustnost – odolnost proti „rušení“, chybovým nebo neočekávaným stavům (HW, SW, uživatel)
- Použitelnost – jak je „příjemný“ pro uživatele, jak snadno se zapracovává do programu
- Přenositelnost – jak velké úpravy je nutné dělat při překladu na jiné platformě (jiným překladačem) – jazyk, použité funkce, návaznost na OS, velikost datových typů, endiany …
- Udržovatelnost – dokumentace, komentáře, přehlednost
- Kultura programování – programátorský styl, komentáře (popisují proč je to tak), dokumentace

**Programovací prostředí**

- Editor – vytvoření zdrojových a hlavičkových souborů (co to je, jaká je mezi nimi vazba)
- Překladač + preprocesor – direktivy preprocesoru #xxx, překlad do mezikódu, kontrola syntaktických chyb
- Linker – spojení částí programu (.o, .obj, .lib, .dll, ...) do jednoho celku (.exe, .lib, .dll, ...)
- knihovny (.c, .cpp, .o, .obj, .lib, .dll) předpřipravené části kódu, které zjednodušují psaní programu. Jejich rozhraní je oznámeno v hlavičkovém souboru.
- Debugger – je možné hledat chyby v programu. Trasování – procházení programu po krocích nebo částech s možností zobrazení hodnot proměnných nebo paměťových míst

- Projekt – sada souborů, jejichž zpracováním vznikne výsledek (.exe, .dll, ...)
- Řešení (solution) - sada společných projektů
- Překlad – kompilace (zpracování zdrojových souborů); linkování (sestavení programu), build (kompilace změněných souborů a linkování); build all, rebuild (kompilace všech souborů a linkování); reset, clean, clear (smazání všech souborů (meziproduktů) překladu)

# Opakování jazyka C

Imperativní programování – popisujeme kroky, které má program vykonat
Strukturovanost programu – „grafická“ v rámci funkcí, programátorský styl, (firemní) kultura programování, program realizován pomocí funkcí (předávání parametrů),

Klíčová slova - cca 37 klíčových slov

`void`
`char, short (int), int, long (int)`
`signed, unsigned`
`float, double, (long double)`
`union, struct, enum`
`auto, register, volatile, const, static`
`extern, typedef`
`sizeof`
`if, else, switch, case, default, break` – (podmíněné větvení)
`goto`
`return`
`for, while, do, continue,` (break) - cykly a skoky
operátory (matematické a logické , přiřazení (možnost zřetězení), ternární operátor)
`restrict, inline, _Bool, _Complex, _Imaginary` (C99)

**Datové typy**

- datové typy – udávají přesnost, typ, znaménko, modifikátory
- velikost vázána na platformu (sizeof)
- celočíselné neznaménkové – pro logické operace (bitové, posuny…)
- složené datové typy (struktury, union)
- ukazatel – adresa spojená s typem, který na ní leží, ukazatelová aritmetika
- pole – návaznost na ukazatel, řetězce C (typ string)
- alokace paměti – automatické proměnné, dynamické proměnné (kde leží), globální proměnné, definice a deklarace (inicializace)
- výčtový typ enum

- psaní konstant (znaková ´a´; celočíselná -12, 034, 0xFA8ul; neceločíselné 23.5, 56e-3; pole “ahoj pole“
- escape sekvence \n \r \t \a \0 \0x0D
- konverze datových typů implicitní a explicitní
- typedef

Literál – jednoduchá, pevně daná přímo vyjádřená hodnota (12, ’a’,”abc”,{12,13,147}), kterou lze inicializovat proměnná (včetně pole, struktury…)

**Boolovská logika**

- použití logické (proměnná je brána jako celek nula/nenula) x matematické (po bitech)
- využití pro maskování
- spojeno s neznaménkovými celočíselnými typy
- hodnoty používané k vyjádření logické proměnné
- operace bit po bitu (nad bitovými řezy, bitwise) a s celým číslem (konverzí na bool)

**Funkce**

- návratová hodnota – jak se předává
- parametry funkce – lokální parametry, předávání hodnotou (využití ukazatele), předávání polí (v závislosti na definici)
- lokální parametry funkcí
- funkce main – musí mít návratovou hodnotu int, může mít parametry
- funkce pro (formátovaný) vstup a výstup – standardní vstupy a výstupy stdin, stdout, stderr;

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

# VLASTNOSTI JAZYKA C++
# NEOBJEKTOVÉ VLASTNOSTI C++

**Autor textu:**
**Ing. Miloslav Richter, Ph. D.**

Květen 2014

Komplexní inovace studijních programů a zvyšování kvality výuky na FEKT VUT v Brně
OP VK CZ.1.07/2.2.00/28.0193

# Úvod C++

## jazyk C++  základní popis

- jazyk vyšší úrovně
- nová klíčová slova a mechanizmy
- jednodušší zápis komplexních úloh
- lepší udržovatelnost komplexního SW
- přísnější kontroly při překladu
- mechanizmy pro znovupoužitelnost a modifikaci kódu
- přenositelnost kódu

**jazyk C++  programovací mechanizmy**

- rozšiřuje programovací možnosti C (neobjektové vlastnosti)
- přidává objektové vlastnosti (program objektově orientován, lze psát i "standardně")
- dědění – znovupoužití a rozšíření/modifikace kódu
- šablony – znovupoužití kódu (pro různé datové typy),
- oproti C nové standardní knihovny STL
- výjimky – nový způsob ošetření chyb
- jmenné prostory
- Koenigovo vyhledávání ADL (Argument Dependent Lookup)

**jazyk C++  návaznost na jazyk C**

- existují nezávislé normy C a C++ -  C (C99, C11, C18(?)) a C++ (C++98/03, C++11, C++14, C++17, C++20(?)), embedded C
- C++ přejímá většinu vlastností C
- C může mít některé vlastnosti navíc, až na výjimky lze říci, že C je podmnožinou C++ (když norma C předběhla normu C++; vlastnosti, které musí C dělat jinak, protože nemá nové mechanizmy C++, kterými se to realizuje v C++)
- v některých vlastnostech je C++ přísnější (trvá na přesném dodržování pravidel)
- C přijímá některé (neobjektové) vlastnosti z C++

**jazyk C++ zdrojové soubory**

- zdrojový kód (nejčastěji) přípona ”.cpp”.
- díky dvou normám dva překladače. Jeden pro C, druhý pro C++ (u MSVC GUI rozhoduje o použití přípona zdrojového souboru)
- hlavičkové soubory mají názvy bez přípony nebo ”.h”, ”.hpp”, ”.hxx”,

- standardní hlavičkové soubory jazyka C (například stdio.h) jsou dostupné i v C++
- nově C++ obsahuje obdoby hlavičkových souborů jazyka C se jménem tvořeným předponou c a bez rozšíření .h (stdio.h -> cstdio). Tyto knihovny se chovají stejně, ale jsou lépe přizpůsobeny jazyku C++. (Např. existují stejné proměnné/funkce, ale mají lépe volené datové typy; uzpůsobení přísnějším překladům C++).
- definice z původních hlavičkových souborů jazyka C se nacházejí na globálním prostoru a jsou proto dostupné z globálního prostoru i std.
- definice z nových hlavičkových souborů jsou v prostoru std. Při použití nového jména souboru je jeho obsah součástí jmenného prostoru std (std::printf()). Mohou být ale přístupné i v globálním prostoru (např. MSVC uvádí názvy do obou prostorů rovnocenně – tedy definuje proměnné v std i v globálním prostoru)

## Neobjektové vlastnosti - popis

- lze použít i samostatně,
- lze použít v „C programovacím stylu“ pro zlepšení komfortu programování
- hlavní využití u práce s objekty (vlastními typy)

**Neobjektové vlastnosti - základ**

- definice proměnné
- přetěžování funkcí
- přetěžování operátorů (operátor definujeme jako speciální typ funkce)
- inline funkce
- implicitní parametry
- reference
- prostory jmen
- typ bool
- jemnější členění explicitních konverzí (const_cast, static_cast, dynamic_cast, reinterpret_cast)

- definice „nulového“ ukazatele NULL byla nahrazena klíčovým slovem nullptr

## „Neobjektové“ vlastnosti – složitější mechanizmy

- výhoda jejich použití vynikne při práci s objekty
- lze s nimi pracovat pro standardní proměnné i bez znalosti objektů, i když mohou pracovat s objekty, nebo jsou dokonce na objektech postaveny

- alokace paměti (new, delete) – návaznost na inicializaci a rušení objektu
- typově orientovaný vstup, výstup - streamy
- šablony
- výjimky

**Objektové programování**

- přináší nové možnosti a styl programování
- vystavěn na složeném datovém typu (struct, union)
- objektové vlastnosti mají složené datové typy – class, struct, union
- spojení dat a funkcí/metod pro práci s nimi
- ochrana dat (přístupová práva)
- výsledný mechanizmus (spojení dat, metod a práv) nazýváme zapouzdřením
- zlepšuje "kulturu" programování – automatická inicializace, ukončení života proměnné, chráněná data …

**Komentáře (no = NeObjektová vlastnost)**

- v původním C pouze víceřádkové komentáře /* */
- vnořené komentáře nelze používat - /* /* */ */
- v C++ navíc jednořádkový komentář: // až po konec řádku
- // již i v C99

```
int k;     // nový řádkový komentář
// komentář může začínat kdekoli,
int i ;   /* původní víceřádkový typ  lze stále použít  pro
rozsáhlejší komentáře */
```

Napište funkci pro výpočet obvodu čtverce a okomentujte ji

```
/** \brief Vypocet obvodu ctverce na zaklade delky strany.
\param[in] aStrana Delka jedne strany
\return    Vraci vypocteny obsah ctverce
\attention Tato funkce byla napsana pro hru XXX, ktera ma ctvercovy rastr (celá čísla) a proto vypocty probihaji nad typem int.
*/
int ObvodCtverce(int aStrana)
{
  int /*takhle ne*/ Vysledek;

// ctverec ma ctyri stejne strany
  Vysledek = 4 * aStrana;
  return Vysledek;
}
```

**přetěžování funkcí (no)**

co se stane v jazyce C při překladu následujícího kódu?

```
int ObvodCtverce(int aStrana)
{
  int  Vysledek;
  Vysledek = 4 * aStrana;
  return Vysledek;
}

double ObvodCtverce(double aStrana)
{
  double  Vysledek;
  Vysledek = 4 * aStrana;
  return Vysledek;
}
```

**přetěžování funkcí (no)**

- v C může být jen jediná funkce s daným jménem
- v C++ může být více stejnojmenných funkcí – přetěžování (viz. minulý příklad)
- přetěžování není myšleno ve smyslu překrytí (znemožnění přístupu k původní, ale přidání další funkce se stejným jménem na stejné úrovni)

```
int f(int);        // první z funkcí
int f(int, int);  // přetížení – stejné jméno,
// jiný počet parametrů

// použít lze obě
a = f(b);
c = f(d,e);
```

**přetěžování funkcí (no)**

- při volání vybírá překladač z přetížených funkcí/metod na základě kontextu (překladač si funkce interně „pojmenuje“ tak, že k názvu přidá typ parametrů např. @fYYXX, takže funkce pro něj potom nemají stejný název)
- funkce musí být odlišené: počtem nebo typem parametrů, prostorem,
- typ návratové hodnoty se nerozlišuje (nelze rozlišit pouze návratovou hodnotou)

```
int f(int);    // první z přetížených funkcí
float f(int); // nelze – návratová hodnota neodlišuje
float f(float); // lze rozlišit – jiný typ parametru
float f(float, int) // lze rozlišit – jiný počet parametrů
```

**přetěžování funkcí (no)**

- při vyhledávání má přednost ”nejbližší”, jinak musíme uvést celý přístup - Prostor::Jméno
- problém s konverzemi

```
int f(int);    // první z přetížených funkcí
float f(int); // nelze – návratová hodnota neodlišuje
float f(float); // lze rozlišit – jiný typ parametru
float f(float, int) // lze rozlišit – jiný počet parametrů

float ff = f(3); // volání f(int)

f(3.14); // chyba – parametr double lze převést na int i float
         // a překladač nemůže jednoznačně rozhodnout

f( (float) 3.14);// s konverzí v pořádku–volá se f(float)

f(3,4.5); // OK, implicitní konverze parametrů
// volá se f(float, int) – rozlišení počtem parametrů
```

**implicitní parametry (no)**

- pokud je funkce volána velice často se stejným parametrem, je možné využít jeho implicitní uvedení v deklaraci (hlavičkový soubor)
- při deklaraci funkce uvedeme hodnotu parametru, která se doplní (překladačem) při volání, ve kterém není uvedena
- implicitní parametry se v deklaraci funkce používají od posledního parametru
- při volání se parametry přestávají uvádět od posledního parametru

```
int f(float a=4,float b=random()); //deklarace
// tato funkce je použita pro volání

f(); // překladač doplní chybějící a volá f(4,random())

f(22); // překladač doplní chybějící a volá f(22,random())

f(4,2.3); // je-li zadán následující parametr různý
// od implicitního,  musí se uvést i předchozí,
// i kdyby byl stejný jako implicitní
```

**implicitní parametry (no)**

- implicitní parametry se uvádí (pouze jedenkrát) v deklaraci (.h soubory)
- jako implicitní parametr nemusí být použita hodnota ale libovolný výraz (konstanta, volání funkce, proměnná …)

```
int f(float a=4,float b=random()); //deklarace
// tato funkce je použita pro volání

// předchozí definice funkce koliduje s (=zastupuje i)
// následující  funkce.
// Tyto funkce nemohou být již definovány.
// protože překladač je nedokáže odlišit.

typ f(void);
typ f(float);
typ f (float, float);
// a bez dalších úprav koliduje i s:
typ f(char); // nejednoznačnost při volání s parametrem int –
// je možná konverze na char i float
```

**Null pointer**

- hodnota pro ukazatel, který neukazuje na proměnnou. Používá se pro neinicializovaný ukazatel, nebo pro signalizaci chybového stavu ukazatele.
- V C byl používán **`NULL`** (konstanta definovaná pomocí makra)
- díky konverzím byl **`NULL`** převoditelný i na int či float. Toto není vhodné (ukládat ukazatel do float) a často je to důsledek chyby programátora (nevšiml si, že to není ukazatel). Aby se tomuto zamezilo, byl nově implementován (literál) **`nullptr`**
- **`nullptr`** je klíčové slovo
- **`nullptr`** je možné přiřadit pouze ukazatelům (všech typů)

```
int *pi = nullptr;  // (oznámení ne)inicializace

if (pi == nullptr) …;  // test na inicializovanost

int i = nullptr; // chyba. i není ukazatel
```

**prostory jmen (no) - úvod**

- ”oddělení” názvů proměnných/identifikátorů v rámci různých částí programu
- zabránění kolizí stejných jmen (u různých programátorů) - jsou-li proměnné se stejným názvem v různých jmenných prostorech, potom jejich názvy nekolidují
- použitím jmenného prostoru se přidává ”příjmení” ke jménu (jméno prostoru se přidá k názvu proměnné/funkce jako příjmení a tedy celek příjmení::jméno je různý i pro stejná jména)

prostor::identifikátor
prostor::podprostor::identifikátor

- například proměnné v nové knihovně cstdio leží v prostoru std a tedy při tisku je musíme psát

```
std::printf(“text“); // jsme-li mimo prostor std
```

- pokud jsme ve stejném prostoru jako volaná funkce (nebo využívaná proměnná), nemusíme jméno prostoru používat

```
printf(“text“); // jsme-li v prostoru std
```

**prostory jmen (no) – použití volání**

- při použití má přednost ”nejbližší” identifikátor – prvně se hledá v aktuálním prostoru, potom v nadřazeném. Do prostorů s jiným jménem se bez uvedení pomocí using nedostaneme
- klíčové slovo using – zpřístupňuje v daném prostoru identifikátory či celé prostory skryté v jiném prostoru. Umožní neuvádět ”příjmení” při přístupu k proměnným z jiného prostoru. Při definice v bloku platí pouze do konce bloku.
- doporučuje se zpřístupnit pouze vybrané funkce a data (ne celý prostor = totální porušení ohraničení=ochrany).
- Zároveň se nedoporučuje používání using (zpřístupňování) v hlavičkových souborech = globální dosah zpřístupnění/otevření (v každém souboru, kde je hlavičkový soubor následně includován). Lépe zpřístupnit v c/cpp souborech jen tam kde je skutečně potřeba
- zpřístupnění/”dotažení” proměnné končí s koncem bloku, ve kterém je uvedeno

nechceme-li psát std:: při volání printf

```
std::printf(“text“);
```

musíme před použitím prostého printf uvést některý z příkazů:

```
using std::printf(char *); // pouze funkce
using namespace std; // celý prostor – horší varianta
```

**prostory jmen (no) - vytvoření**

- vlastní prostor definujeme pomocí klíčového slova namespace – vyhrazuje (vytváří) prostor s daným jménem
- vytváří blok společných funkcí a dat – oddělených od zbytku (jménem prostoru)
- definičních bloků se stejným názvem prostoru může být v programu více – do uvedeného jmenného prostoru se „přidají“ nové funkce a data (obsah prostoru může být tedy definován na více místech).
- přístup do jiných prostorů přes celý název proměnné

definice:

```
namespace XX { // začátek prostoru s daným jménem XX
proměnné  // definice proměnných patřících do prostoru XX
funkce
třídy
};
```

**prostory jmen (no) – použití definice**

Hlavičkový soubor

```
namespace XX {
double funkce(void); // funkce v prostoru
struct AA { // struktura definovaná ve jmenném prostoru
   double x;
   };
}
```

Zdrojový soubor (vložení všeho stejně jako u hlavičky, nebo lze i jednotlivě):

```
double XX::funkce(void) // nutno uvést prostor do kterého
patří
{
 AA  a; // definice proměnné struktura „uvnitř“ prostoru

 return (a.x);
}

XX::AA b; // definice proměnné struktura mimo prostor
```

**prostory jmen (no) - poznámka**

- pomocí **using NadřazenýProstor::x; using BázováTřída::g**; lze zpřístupnit prvek, který se ”ztratil” (byl překryt či je přímo nepřístupný)
  Pozn.: „BázováTřída“ – viz. dědění

- pomocí namespace můžeme zkrátit i název vnořených prostorů

```
namespace zkratka = Petr::Prostor1::Oddil2;

// přístup k proměnným v prostoru Oddil z Prostor1 z Petr
x = zkratka::promenna;
```

- pomocí using můžeme nově nahradit typedef

```
typedef int TYPE;
using TYPE = int;  // ekvivalent předchozího (pro C++ lepší)

typedef double (*FUNC)(double , int);
using FUNC = double (double,int); // ekvivalent předchozího
```

**operátor příslušnosti :: (no)**

- Jsme-li uvnitř prostoru, můžeme se odkazovat na jeho členská data, funkce a metody přímo (protože jsou v prohledávání „nejblíž“). Třída (viz. objektové programování) se svým obsahem je vlastně prostorem.
- pokud přistupujeme k datům nebo metodám uvnitř prostoru, či přes objekt, určuje tento prostor (třída), primární oblast, ve které hledat typ použitého objektu
- pokud nelze prostor, ve kterém se data nebo metody nacházejí jednoznačně odvodit z kontextu, musíme tento prostor explicitně uvést
- odlišení datových prostorů (a tříd) přístupem přes operátor příslušnosti ::
- použití i pro přístup k (překrytým) globálním proměnným

```
Prostor::JménoProměnné
Prostor::JménoFunkce()
```

(statická) proměnná Pocet uvnitř prostoru/třídy Komplex je přístupná pomocí:

```
Komplex::Pocet = 10;
```

bez uvedení Komplex by se jednalo o „obyčejnou“ globální proměnnou

Napište funkci, která bude mít lokální proměnnou se stejným názvem jako je název proměnné globální a ukažte v této funkci jak provést přístup k lokální i globální proměnné.

```
float Stav;
fce() {
  int Stav;
  Stav = 5;
  ::Stav = 6.5; //přístup ke ”globální” proměnné
// globální prostor je nepojmenován
}
```

```
// při uvádění metody (viz objektové prg.) vně prostoru/třídy
// (bez vazby na objekt daného prostoru / třídy)
// nutno uvést
int Komplex::metoda(int, int) {}
//při psaní metody u proměnné se odvodí
// z kontextu
Třída a;
a.Metoda(5,6); // Metoda musí patřit ke Třída

Struct A {static float aaa;};
Struct B {static float aaa;};
A::aaa          // proměnná aaa ze struktury A
B::aaa          // proměnná aaa ze struktury B
```

**cyklus for z rozsahu (no)**

for cyklus pro procházení kontejnerů (nebo polí)
- cyklus probíhá přes daný rozsah
- používá se především u kontejnerů
- u polí pouze v bloku definice pole (s poli předanými ukazateli nefunguje)

```
for (deklarace_proměnné : výraz_pro_rozsah) tělo cyklu
```

**- deklarace_proměnné - proměnná pro procházení kontejneru (hodnota nebo reference)**
**- výraz_pro_rozsah - výraz, ze kterého lze odvodit hodnoty/indexy sekvence (například pole, objekty mající metody begin a end)**

```
double Pole[4]={0,1,2,3};
for (double &Prvek: Pole) // v proměnné prvek budou
 { // postupně hodnoty pole
   Prvek = 4 * Prvek; // postupná práce s prvky pole
 }
```

Pro "pole" dynamické je (lepší použít "normální for, jinak je) pro použití této varianty nutné vytvořit objekt, který bude mít metody begin a end (vlastní ukazatel nemusí být nutně jeho součástí).

```
struct PoleBE {
double * iBegin, *iEnd;
double * begin() {return iBegin;}
double * end() {return iEnd;}
PoleBE(double *b,double *e) {iBegin = b;iEnd = e;}
PoleBE(double *b,size_t len) {iBegin = b;iEnd = b + len;}
}

double *Pole = new double [MAX];

PoleBE meze = {Pole,Pole+MAX};

for (double &prvek: meze) {  }

for (double &prvek: PoleBE(Pole,Pole+MAX) ) {  }

for (double &prvek: PoleBE(Pole,MAX) ) {  }
```

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

# NEOBJEKTOVÉ VLASTNOSTI VÝJIMKY, ALOKACE PAMĚTI, ...

**Autor textu:**
**Ing. Miloslav Richter, Ph. D.**

Květen 2014

Komplexní inovace studijních programů a zvyšování kvality výuky na FEKT VUT v Brně
OP VK CZ.1.07/2.2.00/28.0193

**výjimky (exceptions)**

- mechanizmus ošetření chyb

- jak se dá ošetřit chyba v programu?

**výjimky (exceptions)**

- chyby zřejmé za překladu – test (tzv. statické testy), který vyřeší kompilátor
- chyby vzniklé za chodu programu – ošetření programátorem vložením testovacího kódu při překladu (makro asssert (ukončení programu je-li parametr false), nedefinovaná proměnná…), dělení nulou, odmocnina záporného čísla, některé pomocné programy (VLD, checker), testování hodnoty proměnné pomocí knihovního makra - většinou končí ukončením programu, „výskokem“ dialogového okna – nelze s tím moc dělat z pozice uživatele, někdy ani programátora. Vhodné spíše pro ladění.
- představte si účetní, jak může reagovat na okno s textem chyby „sqrt(-)“
- chyby vzniklé za chodu programu ošetřené programátorem – provedení testu před rizikovými operacemi (dělení, odmocnina, test na přidělení paměti, souboru …) – následně „dopravit“ chybu do „rozumného“ místa a zde se snažit
  1) zachránit data co se dá a uložit je,
  2) převést (pravděpodobnou) chybu do srozumitelného jazyka – například místo „sqrt(-)“ uvést „Nedostatek dat (položky řádků …) pro vyřešení rovnice stanovující …“.

Nevýhody posledně uvedeného řešení?

**výjimky (exceptions)**

nevýhody při řešení chyb:
- k chybě může dojít „hluboko“ v programu (například přes více funkcí; v cizí knihovně)
- pro specifikaci chyby je nutný složitější/složený typ
- je nutné řešit ukončení každé funkce (odalokovat paměť, zavřít soubory, …)
- cesta chyby do „rozumného“ místa tak může spočívat i v několika returnech:

```
struct SChyba{…};//struktura pro zaznamenání chybových stavů

struct SChyba chyba = funkce( );
if (chyba.err)
 {
   ošetři ukončení funkce
   return chyba; // „přepošli chybu“ dál
 }
```

- řešení, které nabízí C++, které řeší výše uvedené – mechanizmus výjimek

**výjimky (exceptions) - úvod**

- oddělení řešení chyb od kódu programu
- při použití výjimky se oddělí parametry a návratové hodnoty od hlášení chyb
- při neošetření výjimky program „padne“ – nepokračuje tedy ve výpočtu s chybnými daty
- přenést řešení chyby do místa, kde je to možné a vhodné, aniž by bylo nutné se věnovat řešení mechanizmu přenosu a ošetření cesty mezi těmito body (odalokování paměti, zavření souborů …)
- možnost odlišit typ chyby a řešit chyby podle typu
- možnost popsat typ a příčinu chyby (k přenosu informace lze použít složený datový typ, který může obsahovat: typ chyby, místo chyby, hodnoty parametrů při vzniku chyby…)
- používat s rozmyslem – jsou pomalejší než standardní řešení returnem

- během řešení výjimky se ruší proměnné v nadřazených blocích (mezi throw a catch). Paměť uložená do ukazatele se nevrátí. Nutno použít objekt – volání destruktoru. Platí obecně pro jakýkoli zdroj (soubor, handle na HW zařízení …)
- další výjimka během řešení výjimky (před dosažením catch) způsobí ukončení programu
- destruktory by neměly vyvolat výjimku (mohla by být druhá) -> noexcept.

**výjimky (exceptions) – vytvoření výjimky**

- výjimka je objekt, který se vytvoří (”hodí”, pomocí klíčového slova throw) v místě chyby (na základě testu chybového stavu if …).
- throw je příkaz pro vytvoření objektu přenášejícího informace o výjimce
- následně se ”legálně” ukončují funkce (včetně rušení proměnných - destruktory) až do místa kde má být chyba reprezentovaná daným typem ”chycena” (catch)
- při chybě se vytvoří objekt třídy výjimky pomocí throw V, popřípadě s parametrem, který blíže popíše chybu

```
SChyba xxx; // složený objekt pro popis chyby

if (a == 0) // “hození” jednoduchého textového objektu char[]
   throw “chyba číslo x v místě y“;
if (spatne){
    Napln(xxx, a, b, c ,d); // naplnění aktuálními daty
    throw xxx; // “hození” složitějšího objektu
  }
```

**výjimky (exceptions) – definice oblasti, ze které výjimky zpracováváme**

- blok, ve kterém se mají výjimky odchytávat, je třeba ohraničit/označit (try-catch)
- provádí se pouze standardní odalokování – tj. ruší se proměnné a volají se destruktory objektů.
  Automaticky se neruší objekty vzniklé pomocí new uchované pomocí ukazatele. Proto se vytvářejí objekty pracující s pamětí, zapouzdřující ukazatel, které se ve svém destruktoru postarají o odalokaci paměti.
- výjimka se dá odchytit, pouze je-li v označeném bloku

```
try
   {
…
volání funkce, která hodí/vyvolá výjimku
…
} catch(V) {zde je řešení pro výjimku V}
catch (V2) {zde je řešení pro výjimku V2}
```

**výjimky (exceptions) – zpracování výjimek**

místa kde má být chyba reprezentovaná daným typem ”odchycena” (catch; obsluha;handler)

- po odchycení je možné vybrané výjimky řešit
- catch může být pouze po bloku začínajícím try nebo za jiným catch
- výjimku vyřeší první příslušné catch, na které se narazí
- lze odchytit i více výjimek
- lze odchytávat i postupně catch(V) {… catch(V1);}
- catch (…) odchytí všechny výjimky (je tedy uváděna jako poslední z bloků catch)
- je možné poslat výjimku dál pomocí throw;. Výjimka se totiž bere jako zpracovaná jakmile se začne zpracovávat – pokud nedojde k vyřešení, je možné/nutné ji poslat znovu

```
try
   {
…
volání funkce, která hodí/vyvolá výjimku
…
} catch(V) {zde je řešení pro výjimku V}
catch (V2) {zde je řešení pro výjimku V2}
catch(…){zde je řešení pro (všechny) ostatní výjimky}
  throw; //nedokáži vyřešit, přepošlu dál}
```

## výjimky příklad

```
int funkce (int delka,int sirka, int volba)
{
  if (delka <= 0) throw 1;
  if (sirka <= 0) throw 2;
  if (volba != 0) throw “spatny parametr volba“;
  return delka * sirka;
}

try    {
    int vysledek = funkce(a,b,0);
}
catch(int x) // x nabývá hodnoty 1 nebo 2 (throw ve funkci)
  {/* zde je řešení pro výjimku typu int
   tj. špatná délka nebo šířka */
   printf(“%d”,x); /* v x je hodnota hozená výjimkou */  }
catch (char * txt)
  {/* zde je řešení pro výjimku řetězec */ }
catch(…)
  { /*zde je řešení pro (všechny) ostatní výjimky */
   throw; } //neznám je = nedokáži vyřešit, přepošlu dál
```

## výjimky – příklad s definicí typu pro výjimku

```
enum class Err1{CH1,CH2,CH3};// typ a hodnoty pro vyj.typu 1
enum class Err2 { CH1, CH2, CH3}; // a pro výjimku typu 2
struct E3  { unsigned TypChyby; double *data; int hodnota;}
// složený typ pro řešení s předáním více dat

int fce(int x) // funkce generující výjimku
{ // pouze příklady vygenerování výjimky (bez podmínek a kódu)
throw E1::CH1; throw E1::CH2; throw E2::CH1;  throw E2::CH2;
struct E3 vyj = {8,nullptr,x}; throw vyj;
// složitější objekt výjimky
}

int main()
{try  {
   fce(i)  ;
}  // řešení výjimek podle generovaného typu
catch (E1 &x) { return 1;} // vyslaná hodnota se zapíše do x
catch (E2 &x) { return 2;}
catch (E3 &x) { return 3;}
return 0;}
```

**výjimky (exceptions) – dokončení**

- catch může mít parametry typu T, const T, T&, const T&, a zachycuje výjimku stejného typu, typu zděděného, pro ukazatel T, musí se dát zkonvertovat na T
- není-li výjimka zachycena, je program ukončen (terminated), pomocí funkce terminate (lze ji předefinovat pomocí set_terminate), která ukončí program
- výjimka se nadefinuje ve třídě, jíž se týká class V {… }

- u funkcí je možné napsat které výjimky funkce ”hází” a tím zpřehlednit a zjednodušit psaní a zrychlit program díky možným optimalizacím:

  **void f() throw (v1,v2,v3) {}** a jiné nesmí hodit (=abort) je volána funkce std::unexpected, kterou lze přetížit
  **void f() {}** nebo **void f() noexcept(false) {}** může hodit cokoli
  **void f() throw () {}** nebo (nově) **void f() noexcept(true) {}** či **void f() noexcept {}** nemůže hodit žádnou výjimku (optimalizátor kódu při překladu má lepší prostor k optimalizacím)

- Při výjimce v konstruktoru se nevolá destruktor třídy, v jejímž konstruktoru k výjimce došlo
- Výjimka v konstruktoru (raději) nebo destruktoru (vždy) ho nesmí opustit (ale může v něm být, pokud je odchycena)

**výjimky (exceptions) – dokončení**

- před hozením výjimky je dobré nastavit data do stavu "chyba" (například ukazatele odalokovat a nastavit na nullptr …), nebo nechat v chybovém stavu, pokud z něj později potřebujeme určit, co se stalo - zbytek aplikace tomu musí být přizpůsoben
- pokud nepotřebujeme bližší specifikaci chyby, lze hodit a odchytit pouze typ bez proměnné (implicitní objekt)

- předdefinovaný typ ukazatel na výjimku
  **std_exception_ptr ep;** // chytrý ukazatel s odkazy- objekt výjimky zmizí až s posledním
- při řešení výjimek (nejčastěji v sekci catch(...))
  **std_exception_ptr ep = std::current_exception()** // vrátí buď ukazatel na aktuální
  // výjimku nebo ukazatel na kopii (implementačně závislé)
- umožňuje vyřešit výjimku později mimo standardní proces výjimek
  **ep = std::current_exception()** // v catch si zapamatuju výjimku
  **std::rethrow_exception(ep)** // mimo sekci try-catch, znovu hodí uloženou výjimku
  // uložená výjimka zanikne až s koncem životnosti ep
- **make_exception_ptr(ee)** // vytvoří ukazatel z kopie výjimky (ee předáno hodnotou)

**výjimky (exceptions) – knihovní, předdefinované**

- existuje společný základ pro výjimky – třída std::exception
- z této základní třídy jsou odvozeny další třídy, např. logic_error, runtime_error a dále z nich invalid_argument, out_of_range, underflow_error, …
- knihovny jazyka vyvolávají pouze výjimky z dané množiny odvozené od std::exception
- je výhodné od tohoto základu odvodit i své vytvářené výjimky
- základní výjimky jsou v knihovně <exception>, ostatní odvozené v <stdexcept>

(https://en.cppreference.com/w/cpp/error/exception)

-

**alokace paměti (no/o)**

- typově orientovaná (dynamická) práce s pamětí
- klíčová slova, operátory: **new** a **delete**
- jednotlivé proměnné nebo pole proměnných
- alternativa k **xxxalloc** resp. **xxxfree** v jazyce C, zůstává možnost jejich použití (nevhodné)
- lze je přetížit (pro alokaci se použije volání ”globálních” ::new, ::delete; popřípadě xxxalloc)

```
char*  pch = (char*) new char;

delete pch;
```

**alokace paměti – alokační funkce**

- operátor new pro získání paměti o daném počty bytů
- vrátí adresu počátku přiděleného bloku
- při neúspěchu generuje výjimku

- operátor delete odalokuje paměť; parametr může být nullptr

- verze pro jednu hodnotu a pro pole hodnot (pro obě new většinou jedna knihovní funkce) používat zásadně párově: new + delete; new [] + delete []
- je možné napsat vlastní (přetížit původní) – vlastní verze má přednost – překryje původní
- vlastní verze může mít i další parametry a lze ji napsat pro vlastní datové typy

pro jednu proměnnou

```
void* :: operator new    (size_t počet_bytů)
void  :: operator delete (void *) noexcept
```

pro pole hodnot

```
void* :: operator new[ ] (size_t počet_bytů)
void  :: delete[]        (void *) noexcept
```

## alokace paměti - new-expresion; delete-epxresion

- zjednodušený zápis volání
- new provede alokaci a inicializaci/vytvoření (pomocí konstruktoru)
- delete provede zrušení (ukončení života proměnné pomocí destruktoru) a odalokaci
- pro manipulaci s pamětí se volají alokační funkce
- pro práci s proměnnými se volají konstruktory a destruktory (na rozdíl od malloc a free)
- výsledná alokovaná paměť může být větší, než je součet alokovaných proměnných

```
char*  pch = (char*) new char;   // new char(3) s inicializací
// alokace paměti pro jeden prvek typu char
// konverze void* na/z jiného typu je povolena
delete pch; // vrácení paměti pro jeden char

Komplex *kk; // vlastní datový typ
kk = new Komplex(10,20); // alokace paměti
// pro jeden prvek Komplex s inicializací
// zde předepsán konstruktor se dvěm parametry

Komplex *pck = (Komplex*) new Komplex [5*i];
// alokace pole objektů typu Komplex, volá se
// implicitní konstruktor pro každý prvek pole
```

Vysvětlete rozdíl mezi **`delete`** a **`delete[]`**

Obě dvě verze zajistí odalokování paměti.
První verze volá destruktor pouze na jeden (první) prvek.
Druhá verze zavolá destruktory na každý prvek v poli.
Každý z destruktorů se tedy chová odlišně. Zavoláme-li obyčejné delete na pole, nemusí dojít k volání destruktorů na prvky (a odalokování jejich interní paměti, vrácení zdrojů…). V případě zavolání „polního“ delete na jeden prvek může dojít k neočekávaným výsledkům (například může očekávat před polem hlavičku s informacemi o počtu prvků pole. Pokud zde hlavička nebude, může dojít k chybné interpretaci dat, které zde budou).

```
delete[]  pck; // vrácení paměti pole
// destruktory na všechny prvky
delete pck;//destruktor pouze na jeden prvek!!
```

zjednodušený zápis/výraz new X se skládá z volání funkčního operátoru new pro získání paměti a volání konstruktoru, výsledkem je ukazatel na alokovaný objekt (či pole objektů)

využívané funkční operátory
new T = new(sizeof(T)) = T::operator new (size_t)
new T[u] = new(sizeof(T)*u+hlavička) = T::operator new[ ](size_t)
new (2) T = new(sizeof(T),2) - volá přetížené new s parametry
new T(v) s voláním neimplicitního konstruktoru. Zde s jedním parametrem typu jako má v

```
void T::operator delete(void *ptr)
 { // přetížený operátor delete pro třídu T
   // ošetření ukončení ”života” proměnné
  if (změna) Save(”xxx”);
  if (ptr!=nullptr)
   ::delete ptr; //”globální” delete,
// jinak možné zacyklení
…}
```

uložení dat v paměti – stanovení hodnoty sizeof(T)

Alignment
- adresa umístění proměnné je zarovnávána na adresy dělitelné její velikostí (např. char na byte, short int na 2 byty, int na 4 byty, double na 8 bytů).

Padding
- výplň, vložení nepojmenované proměnné (prázdná paměť) mezi proměnné (struktury, definice ve funkci) tak aby byl respektován jejich alignment
- je-li struktura v poli, musí mít takový rozměr, aby její první (vnitřní/členská) proměnná byla umístěna správně (pro svůj alignment). Zároveň ale musí být správně umístěny i ostatní proměnné (tj. alignment struktury je dán alignmentem jejího „největšího“ prvku). Proto je nutné doplnit i celkový rozměr struktury, tak aby na sebe mohly navazovat.

Který zápis je výhodnější? Jak bude vypadat v paměti?
(respektujte alignment a padding proměnných i struktury)

```
struct X {char  ; double; int; double; short ; }
struct Y {char  ; short ; int; double; double; }
struct Z {double; double; int; short ; char  ; }
```

konstruktory při nenaalokování paměti podle zadaných požadavků používají systém výjimek, konkrétně std::bad_alloc z knihovny <new>.

“původního” vracení nullptr (ve starších překladačích NULL) je možné docílit ve verzi s potlačením výjimek pomocí volby nothrow (opět nutno přidat knihovnu - #include <new>). Nepoužívat není-li to vyloženě nutné

```
char *uk = (char *)new(std::nothrow) char[10];

try{ // alokace paměti generuje výjimky při neúspěchu
     // musíme řešit výjimku bad_alloc
   mat = new TType*[aY]; // vlastní alokace s výjimkou
   for(y = 0; y < aY; ++y)
      mat[y] = new TType[aX]; // další alokace s výjimkou
}
catch(std::bad_alloc)
{
   if(mat) // pokud došlo v minulém bloku k výjimce
      deallocate(mat, y - 1); // odalokujem co se naalokovalo
   throw(ENoMemory); // pošlem výjimku dále, změníme její typ
}
```

**alokace paměti**

```
T* tptr = new (ptr) T;
```

- nealokuje paměť, ale použije paměť již získanou = vrátí ptr
- volá konstruktor
- použití k (re)inicializaci existující proměnné pomocí konstruktoru
- použití k vytvoření proměnné při použití vlastního memory managementu – v tomto případě musíme zajistit „nezavolání“ delete, ale pouze destruktoru

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

# NEOBJEKTOVÉ VLASTNOSTI (pokračování)

**Autor textu:**
**Ing. Miloslav Richter, Ph. D.**

Květen 2014

Komplexní inovace studijních programů a zvyšování kvality výuky na FEKT VUT v Brně
OP VK CZ.1.07/2.2.00/28.0193

**základy vstupu a výstupu znaků v C++**

- neřeší klíčová slova, ale knihovní funkce (součást normy)
- složitý mechanizmus, řešeno pomocí třídy, šablon
- použití (přetížení) operátorů bitových posunů << a >>

```
xstream & operator xx (xstream &, Typ& p) {  }

istream & operator >> (istream &, Typ& p) {  }
ostream & operator << (ostream &, Typ& p) {  }
```

- díky přetížení operátoru není nutné při volání specifikovat/kontrolovat typy (správný operátor hledá překladač)
- pro námi definované typy je nutno tyto operátory napsat

```
struct TPole2D {};

istream& operator>> (istream &is,      TPole2D & p)
{… return is;}
ostream& operator<< (ostream &os,const TPole2D & p)
{… return os;}
```

Pozn.: znak & je symbol pro referenci, nový způsob předávání parametrů

**základy vstupu a výstupu znaků v C++**

- realizace pomocí streamů – objekt propojující program a V/V zařízení
- pro práci s konzolou slouží předdefinované objekty **`cin, cout, cerr`** uvedené v knihovně **`<iostream>`**
- endl (manipulátor) slouží k vynucení vytištění textu a odřádkování
- objekty jsou v prostoru **`std::`**. Použití **`std::cout, std::endl`**.
- jelikož prvním operandem je "cizí" objekt, jedná se o (friend) funkce

```
int i;
double j;
char k[]=“Ahoj“;
TPole2D p;

cin >> i >> j >> k;
cout << i << ”text” << j << k << p << endl;
```

**cout, cin, endl** jsou v prostoru **std**, pak správný přístup z našeho programu je **std::cout**. Použijeme-li na začátku modulu **using namespace std**, pak to znamená, že k proměnným z prostoru **std** můžeme přistupovat přímo a tedy psát pouze **cout**
Lépe je být konkrétní a tedy použít **using std::cout; using std::cin; using std::endl;**

## Deklarace a definice proměnných (no)

- v (původním) C na začátku bloku programu tj. za ihned za {
- v C++ v libovolném místě (deklarace je příkaz)
- deklarace ve for je lokální pro cyklus
- konec života proměnné je s koncem bloku, ve kterém je definovaná
- důvodem je hlavně snaha nevytvářet neinicializované proměnné (jejichž použití vede k chybám). Proměnnou tedy definujeme, až v okamžiku kdy ji můžeme inicializovat
- (globální) deklarace musí mít extern (převážně v hlavičkovém souboru)

```
for (int i=0;i<10;++i)
 { /* zde je i známo, dd neznámo */
  …
  … // libovolný kod
  double dd=j; // definice s inicializací
  …
 }  // zde končí obě proměnné: i a dd
```

**Typy inicializací**

inicializace proměnných

```
int a = 0,aa = j; // původní C styl
int b(1),bb(a); // styl "konstruktor" C++
int c{2},cc{b}; // uniform init - C++11

int c{3.5}; // nelze inicializovat “přesnější” proměnnou

int arr[10] = { }; // naplní nulama
int arr[10] {};// uvádět “=” není nutné (včetně inicializace)


int funkce(); // deklarace funkce (častá chyba v těle jiné fce)
int funkce{}; // definice proměnné
```

použití {} hlavně v templatech a makrech

## Odvození typu proměnné překladačem

Používat pokud nelze typ přesně určit, nebo při podstatném zlepšení čtení kódu. Nejčastěji v makrech a šablonách.
Jinak pro lepší orientaci v programu je vhodnější psát přímo datový typ.

```
auto - odvození typu z inicializační proměnné
auto x = f(3) * f1(4,5);

decltype(b) d; // typ se získá z typu proměnné b -> int d;
// programátor musí hledat b pokud chce znát typ d (=> pracné)
```

**Reference (no)**

- v C je možné předávání parametrů pouze hodnotou (výjimkou je pouze pole)
- v případě, že v C potřebujeme další „odkaz“ na již existující proměnnou (v tom samém bloku, nebo předat jako parametr funkci), řešíme pomocí ukazatele – lze i v C++ ukazatel je lokální hodnota (adresa do paměti)

- nakreslete umístění proměnných z následujícího příkladu v paměti

```
// dvě proměnné předané hodnotou, první typu int,
// druhá typu ukazatel
// obě jsou definice lokálních proměnných s inicializací
void funkce(int aParam, int *aProm)
{
 int *prom; //  neinicializovaná proměnná
 prom = &aParam; // druhá proměnná pro práci s aParam
 *aProm = 3; // práce s předanou proměnnou (zde bbb)
}

int bbb,a = 3;
funkce (a, &bbb); // předání – inicializace parametrů
```

**Reference (no)**

- nový datový typ v C++
- reference – odkaz (alias, přezdívka, nové jméno pro stávající proměnnou)
- zápis proměnné typu reference je **Typ&** a musí být inicializována ihned při definici
- obdobně jako předávání ukazatelem, reference „šetří čas“ a paměť při předávání parametrů do a z funkcí

```
T tt, &ref=tt; //  definice reference povinně s inicializací
extern T &ref; //  deklarace reference

Typ& pom = p1.p2.p3.p4; // zjednodušení zápisu pro přístup
```

Varianty použití operátoru &:

```
int aa, bb, cc, *pc;
cc = aa & bb; // & značí operátor logické and bit po bitu
pc = &cc;     // & značí operátor získání adresy prvku
int &rx=aa;//& značí,že je definována proměnná jako reference
// reference je to v definici proměnné na levé straně =
int *pa= &aa;//& pro získání adresy, v definici,ale napravo =
```

**Reference (no)**

Napište funkce Real, která má parametr typu reference double a vrací double. Funkce nastavuje předanou hodnotu na 4. Ukažte volání této funkce a popište co se děje s proměnnými a jejich hodnotami

Napište funkce Real, která má parametr typu reference double a vrací double. Funkce nastavuje předanou hodnotu na 4. Ukažte volání této funkce a popište co se děje s proměnnými a jejich hodnotami

```
double Real(double &aVa)//předání proměnné referencí do funkce
{aVa = 4;
return aVa;}

double ab; Real(ab); // způsob volání

// aVa je nové jméno pro volající proměnnou =
// dvě jména/proměnné se dělí o společné místo v paměti.
// Přístup k hodnotě ab i aVa směřuje do téhož místa v paměti.
// Při přiřazení do aVa dojde i ke změně původní proměnné ab.
// Reference umožní změny vně,úspora proti volání hodnotou.
// sndnější zápis při psaní těla funkce
```

- ”splývá” předávání i práce při předání hodnotou a referencí (až na prototyp stejné)
- práce s referencí = práce s původní odkazovanou proměnnou
- nelze reference na referenci, na bitová pole,
- nelze pole referencí, ukazatel na referenci
- je možné vracení parametrů odkazem (je možné vrátit pouze parametry (proč?))

**Reference (no)**

Napište funkci, která má dva parametry. Jeden předávaný referencí, druhý pomocí ukazatele. Funkce vrátí prvek z větší hodnotou pomocí reference. Vysvětlete způsob předávání proměnných („jak to vypadá v paměti“ během programu). Ukažte a vysvětlete použití funkce „na levo“ od rovná se funkce() = proměnná;

Funkce má dva parametry. Jeden předávaný referencí, druhý ukazatelem. Funkce vrátí prvek z větší hodnotou pomocí reference. „Jak to vypadá v paměti“ během programu?

```
double& Funkce(double &p1, double *p2)
{  double aa;
   p1 = 3.14; // pracujem jako s proměnnou
   // return aa; // nelze - aa neexistuje vně
   if (p1 > *p2)
      return p1; // lze – existuje vně
   else
      return *p2; // lze – existuje vně
   //vrací se ”hodnota”,referenci udělá překladač
   // odkazujem se na proměnnou vně Funkce
}

double bb,cc,dd ; //ukázka volání
dd = Funkce (bb,&cc); // návratem funkce je
// odkaz na proměnnou, s ní se dále pracuje
Funkce(bb,&cc) = dd; // vrací odkaz
```

U ukazatele je jasně vidět z přístupu, že je to ukazatel (& a *)
U reference je předávání a práce jako u hodnoty, liší se pouze v hlavičce (-> const)

**const, const parametry (no)**

klíčové slovo const slouží k vytvoření konstantní proměnné, nebo k ochraně proměnných před nechtěnou změnou (především při předávání parametrů ukazatelem nebo referencí)

vytvoření konstanty (neměnné proměnné)
- nelze ji měnit – proměnná označená const je hlídána překladačem před změnou

- konstantní proměnná - obdoba **#define PI 3.1415** z jazyka C
- typ proměnné je součástí definice **const float PI=3.1415;**
- pokud lze, použít const typ místo #define
- obvykle dosazení přímé hodnoty při překladu

- const int a int jsou dva různé/rozlišitelné typy
- při snaze předat (odkazem) const proměnnou na místě nekonstantního parametru funkce dojde k chybě (pozor na překladače vytvářející dočasnou proměnnou)
- volání const parametrem na místě neconst parametru (fce) – nelze
- už je i v C99

**const, const parametry (no)**

Potlačení možnosti změn u parametrů předávaných funkcím (především) ukazatelem a referencí (odkazem)

```
int fce(const int *i)
int fce1(int const &ii)

double abs(double val);
double abs(const double val); // jiná funkce než předchozí

double fce2(double *pval) {…*pval = 10;…} // změna vně
const int & fce3(double aa)…


double a;
double const ca;

abs(a); // volá se abs(double val)
abs(ca); // volá se abs(double const val)
fce2(&ca); // nelze přeložit;
   // došlo by ke zpřístupnění konstantní proměnné ca ve funkci
```

**const, const parametry (no)**

shrnutí definicí (typ, ukazatel, reference, const):
T reprezentuje konkrétní typ (int, double, TKomplex, CString …)

| | |
|---|---|
| `T NázevProměnné` | je proměnná daného typu |
| `T * NP` | je ukazatel na daný typ |
| `T & NP` | reference na T |
| `const T NP`<br>`T const NP` | deklaruje konstantní T<br>(const char a=´b´;) |
| `T const * NP`<br>`const T* NP` | deklaruje ukazatel na konstantní T |
| `T const & NP`<br>`const T& NP` | deklaruje referenci na konstantní T |
| `T * const NP` | deklaruje konstantntí ukazatel na T |
| `T const * const NP`<br>`const T* const NP` | deklaruje konstatntní ukazatel na konstantní T |

**const, const parametry (no)**

U použití ve více modulech (deklarace-definice v h souboru) – rozdíl v C a C++

- u C je **const char a=´b´;** ekvivalentní **extern const char a=´b´;**
- pro lokální viditelnost – **static const char a=´b´;**
- u C++ je **const char a=´b´;** ekvivalentní **static const char a=´b´;**
- pro globální viditelnost – **extern const char a=´b´;** v .cpp a **extern const char a;** v .h
- pro dodržení kompatibility je tedy vhodné psát včetně modifikátorů extern/static

**inline funkce (no)**

- obdoba maker v C, oproti kterým mají typovou kontrolu (zajistit nejrychlejší volání)
- dávat přednost inline, pokud lze
- předpis pro rozvoj do kódu, není funkční volání
- umisťuje se v hlavičkovém souboru
- označení funkce klíčovým slovem inline (v deklaraci)
- pouze pro jednoduché funkce (jednoduchý kód)
- „volání“ stejné jako u funkcí
- v debug modu může být použita funkční realizace
- některé překladače berou pouze jako “doporučení”
- je i v C

```
inline int deleno2(double a) {return a/2;}

int bb = 4;
double cc;
cc = deleno2(bb); // v tomto místě překladač
// vloží (něco jako) cc = (int)(double(bb)/2);
```

**typ bool (no)**

- nový typ pro reprezentaci logických proměnných
- klíčová slova bool (typ), true a false (konstanty pro hodnoty)
- implicitní konverze mezi int a bool (0 => false, nenula => true, false => 0, true => 1)
- v C se řeší pomocí define nebo enum

```
bool test; int i,j;
test = i == j;
// do test se uloží výsledek srovnání i a j
test = i; // dojde ke ”klasické” konverzi
// 0 -> false, ostatní -> true
j = test; // ”klasická” konverze 0/1
```

**typ long long (no)**

- nový celočíselný typ s danou minimální přesností 64 bitů

```
unsigned  long long int lli = 1234533224LLU;
printf(”%lld”,lli);
```

- je i v C

**restrict (no)**

- nové klíčové slovo v jazyce C99 (v C++ není), modifikátor (jako const…) u ukazatele
- z důvodu optimalizací – rychlejší kód – (možnost umístit data do cache či registru)
- říká, že daný odkaz (ukazatel) je jediným, který je v daném okamžiku namířen na data
  to je - data nejsou v daném okamžiku přístupna přes jiný ukazatel – data
  to je - data se nemění (jinak než prostřednictvím daného ukazatele)
- const řeší pouze přístup přes daný ukazatel, ne přes jiné (lze const i neconst ukazatel na jednu proměnnou)
- nelze tedy například přesouvat data v jednom poli pomocí dvou restringovaných ukazatelů do téhož pole (není splněn požadavek, že se data nemění)

**Funkce s proměnným počtem a typem parametrů (no) – výpustka**

```
int fce (int a, int b, …);
```

- v C nemusí být ”, …” uvedeno
- v C++ musí být ”, …” uvedeno
- u parametrů uvedených v části ”…” nedochází ke kontrole typů

- makra va_start, va_arg, va_end <cstdarg>

**prototypy funkcí (no)**

- v C nepovinné uvádět deklaraci (ale nebezpečné) – implicitní definice
- v C++ musí být prototyp přesně uveden (parametry, návrat)

- není-li v C deklarace (prototyp) potom se má za to, že vrací int a není informace o parametrech

- **`void fce( )`** v C++ je bez parametrů tj. **`void fce(void)`**
- **`void fce( )`** je v C (neurčená funkce) – funkce s libovolným počtem parametrů (**`void fce(…))`**
- **`void fce(void)`** v C – bez parametrů

**přetypování (no)**

- explicitní (vynucená) změna typu proměnné
- (metoda) operátor
- v C se provádí **(float) i**
- v C++ se zavádí ”funkční” přetypování **float(i)** – lépe vystihuje definici metody
- lze nadefinovat tuto konverzi-přetypování u vlastních typů
- toto platí o “vylepšení” c přetypování. Ještě existuje další, nový typ přetypování (příkazy …_cast)

```
double aa; int b = 3;
// nejdříve se vyčísluje pravá strana, potom operátor =
aa = 5 / b; // pravá strana (od =) je typu int
// následně implicitní konverze na typ double při zápisu do
aa
aa = b / 5; // pravá strana je typu int
aa = 5.0 / b; // pravá strana je double
// výpočet v největší (přítomné) přesnosti
aa = (double) b / 5; // pravá strana je double
```

**enum (no)**

- typ definovaný výčtem hodnot (v překladači reprezentovány celými čísly)

- v C lze převádět enum a int
- v C je: sizeof(A) = sizeof(int) pro enum b(A);

- v C++ jméno výčtu jménem typu
- v C++ lze přiřadit jen konstantu stejného typu
- v C++: sizeof(A) = sizeof(bb) (kde bb je překladačem zvolený celočíselný typ, dostačující k reprezentaci hodnot výčtového typu)

```
enum EBARVY {RED, YELLOW,WHITE, BLACK}

enum EBARVY  barva = RED; // použití enum v C
EBARVY  barva = RED; // v C ++ je enum datový typ

int i;
i = barva; barva = i; // v C lze, v C++ nelze
```

**enum class**

- obdobně jako enum, ale přístup k hodnotám je přes název typu
- místo class lze použít i struct, ale zápisy jsou rovnocenné
- navíc lze v definici určit datový typ, který se má použít
- tento typ se nazývá kvalifikovaný výčtový typ (proměnná se musí kvalifikovat/označit jménem typu). Pouhé enum se nazývá nekvalifikovaný výčtový typ

```
enum class EBARVY : unsigned char {RED, YELLOW,WHITE, BLACK}

enum EBARVY  barva = EBarvy::RED; // použití enum v C
EBARVY  barva = EBarvy::RED; // v C ++ je enum datový typ

int i;
i = barva; barva = i; // nelze
```

**znakové konstanty, dlouhé literály (no)**

- standardně typ char (8bitů – základní znaky)
- znaková sada “interní systému”, překladače, programu
- znaky (univerzální jména znaků) je možné zadávat pomocí ISO 10646 kódu ”F\u00F6rster” (Főrster)
- typ pro ukládání znakových proměnných větších než char (UNICODE-snaha o sjednocení s ISO 10646) – tj. ”dlouhé” znakové konstanty – dostatečně velký celočíselný typ (například unsigned int)
- znaky (char) již proto nejsou konvertovány na int
- v C je sizeof(´a´) = sizeof(int) v C++ je = sizeof(char)
- **klíčové slovo wchar_t –** dostatečně „široký“ typ pro uložení „nejširšího“ locale znaku
- char16_t, char32_t – typy pro znaky jejichž „šířku“ známe
- respektuje pravidla stejně velkého celočíselného typu (zarovnání, znaménko…)

- wchar_t b = L´a´;
- wchar_t c[20] = L”abcd”;
- existují pro něj nové funkce a vlastnosti například wprintf( ), wcin, wcout, …
- řeší výstup zapsaný v “Unicode” do výstupu na základě lokálních nastavení
- dán normou, ale stále v překladačích rozdílné implementace

**znakové konstanty, dlouhé literály (no)**

- třída std:: locale s řešeními pro nastavování a správu informací o národním prostředí (a tedy národní specifika se neřeší přímo ve tvořeném programu)
- setlocale() – nastavení pro program – desetinná tečka, datum, čas
- wcout.imbue(xxx) napojení výstupního proudu na lokální prostředí (locale xxx)

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

# MOTIVACE A ZÁKLADY OBJEKTOVÉHO PROGRAMOVÁNÍ

**Autor textu:**
**Ing. Miloslav Richter, Ph. D.**

Květen 2014

Komplexní inovace studijních programů a zvyšování kvality výuky na FEKT VUT v Brně
OP VK CZ.1.07/2.2.00/28.0193

**Objektové programování**

- přináší nové možnosti a styl programování
- vytváří nový datový typ, který „umí“ vše co standardní datové typy + to co ho naučíme
- překladač se k tomuto typu chová stejně jako k typům standardním
- vystavěn na složeném datovém typu (struct)
- spojení dat a funkcí/metod pro práci s nimi
- ochrana dat (přístupová práva)
- výsledný mechanizmus (spojení dat, metod a práv) nazýváme zapouzdřením
- zlepšuje "kulturu" programování – automatická inicializace (konstruktor), ukončení života proměnné (destruktor), chráněná data …

- nejblíže k ní má knihovní celek z jazyka C – rozhraní, data, kód
- výhody: tvorba knihoven, sdílení kódu, údržba programu

**Třída - základ objektového programování**

- možnost vytvořit nový složený typ (odvozena od *struct*)
- třída *class* respektuje nové přístupy, ale zůstává i *struct* (zpětně kompatibilní vlastnosti)

- třída je obdobně jako struktura dána **popisem** vlastností a velikosti nového typu (v hlavičkovém souboru).
- konkrétní realizace funkcí/metod třídy je ve zdrojovém souboru

- prvky/proměnné třídy se vytváří až při definici objektu/proměnné
- definujeme-li proměnnou daného typu, je jí rezervováno místo v paměti. U třídy nehovoříme o proměnné ale spíše o objektu, nebo o instanci
- zavádí se mechanizmy automatické inicializace proměnných při vzniku (konstruktory)
- velikost objektu (třídy, struktury) může být větší než součet velikostí jejích proměnných (přidány skryté složky, aplikováno paměťové zarovnání složek)

- funkce přístupné/nabídnuté k použití uživateli tvoří rozhraní třídy (přes které se s ní komunikuje)

- standardní typy mají i operátory. Jelikož se objekt chová jako nový typ podobný standardnímu, je možné pro něj nadefinovat i operátory (mající podobné chování jako u standardního typu)

**Objektové programování – znovupoužití kódu**

- C++ umožňuje znovupoužití kódu, tvorbu společných rozhraní (šablony, dědění, polymorfizmus…)

šablony (generické programování, templates)
– naprosto stejný kód pro různé typy,
- napsáno pouze jednou
- lze i pro neobjektové funkce

dědění (specializace, inheritance)
- odvození třídy z již existující třídy
- nová třída má vše co původní + drobné změny a rozšíření = specializace předka. Postupujeme od obecného ke konkrétnímu

polymorfizmus (mnohotvarost)
- dědění, které využívá tzv. virtuálních metod
- tvoření skupin tříd, které mají společné rozhraní – jde k nim přistupovat stejně, i když jsou to různé třídy
- při volání metody se vyhledá metoda pro typ aktuálního prvku – lze tedy dát do společné skupiny prvky různých tříd (se společnou bází – rozhraním)
- ekvivalentní předávání zpráv objektům – každý objekt umí přijmout zprávu

**Rozbor úlohy pro objektové programování**

- podobný jako u „normálního“ programování
- stanovení logických celků a jejich vazeb. Definice entit majících v úloze svoje role (například: zákazník (nakupuje, platí, objednává…), prodavač (vystavuje zboží, přijímá objednávku, ověřuje platbu, vydává zboží…)
- stanovení objektů a jejich rozhraní

- formulace (definice) problému – slovní popis
- vznik (inicializace) a zánik (zrušení) objektu
- rozbor problému – vstupní a výstupní data, operace s daty
- návrh dat (vnitřní datové struktury)
- návrh metod (vstupy, výstupy, "výpočty"/operace, vzájemné volání, rozhraní, předávaná data)
- testování (modelové případy, hraniční případy, vadné stavy …)

**Rozbor problému – koncepce programu**

- konzultace možných řešení, koncepce
- možnost znovupoužití kódu – stávající řešení nebo nové řešení; šablona, dědění (vztah „je“), prvek jiné třídy (vztah „má“)
- rozhodneme, zda je možné použít stávající třídu, zda je možné upravit stávající třídu (dědění), zda vytvoříme více tříd (buď výsledná třída bude obsahovat jinou třídu jako členská data, nebo vytvoříme hierarchii – připravíme základ, ze kterého se bude dědit – všichni potomci budou mít shodné vlastnosti). (Objekt je prvkem a objekt dědí z …) – relace má (jako prvek) a je (potomkem-typem)
- pohled uživatele (interface), pohled programátora (implementace)
- použití výjimek

**Formulace problému – konkrétnější specifikace prvků programu**

- co má třída dělat – obecně
- určení požadované přesnosti pro vnitřní data
- jak vzniká (->konstruktory)
- jak zaniká (->destruktor)
- jak nastavujeme a vyčítáme hodnoty (gettery a settery – data jsou soukromá/nedosažitelná pro uživatele)
- jak pracujeme s hodnotami (->metody a operátory)
- vstup a výstup

## Návrh datové struktury

- zvolí se data (proměnné a jejich typ), které bude obsahovat, může to být i jiná třída
- během dalšího návrhu nebo až při další práci se může ukázat jako nevyhovující
- data jsou (většinou) skrytá

Navrhněte datovou strukturu (členské proměnné/data) pro třídu komplexních čísel.

Pro třídu komplexních čísel se nabízí dvě realizace dat:

- Reálná a imaginární složka
- Amplituda a fáze (délka a úhel, …)

První verze je výhodná pro operace jako sčítání, druhá pro násobení.
Budeme více násobit nebo sčítat? Obecně nelze říci -> reprezentace jsou rovnocenné.

Dále ve třídě/objektu můžeme mít datový člen pro signalizaci chybového stavu – minulý výpočet se nezdařil (dělení nulou …)

## Návrh metod

- metoda – funkce ve třídě pro práci s daty třídy
- metody vzniku a zániku = konstruktor a destruktor
- metody pro vstup a čtení dat = gettery a settery
- metody pro práci s objektem
- operátory
- vstupy a výstupy
- metody vzniklé implicitně (ošetřit dynamická data)
- vnitřní realizace (implementace) metod - zde se (hlavně) zužitkuje C – algoritmy
- to jak je třída napsaná (jak vypadá ona a metody uvnitř) nazýváme implementací

Navrhněte metodu/funkci, která vrátí reálnou část komplexního čísla (pro obě reprezentace dat)

```
double Real()
{
  return iReal;
}

double Real()
{
  return iAmpl * cos( iUhel );
}
```

V případě, že uživatel nepracuje přímo s datovými členy třídy (iReal, iAmpl, iUhel), potom při změně (implementace/realizace) vnitřních parametrů uživatel rozdíl nepozná, protože s třídou komunikuje přes metody/funkce, které jsou veřejně přístupné a které tvoří rozhraní/interface mezi daty třídy a uživatelem.
Dojde ke změně časové a výpočetní náročnosti (zde související i s použitím knihovní funkce cos).

**Testování**

- na správnost funkce
- kombinace volání
- práce s pamětí (dynamická data)
- vznik a zánik objektů (počet vzniků = počet zániků)
- testovací soubory pro automatické kontroly při změnách kódu

Příklad:
Napište testovací soubor tester.bat pro testování programu progzk.exe tak, že mu předložíte vstupní soubor a jeho výstup porovnáte s výstupem očekávaným. V případě chyby vytiskněte hlášení na konzolu

Část testovacího souboru (**tester.bat** - Windows) pro jedny vstupní parametry

```
progzk.exe  <input1.dat   >output1.dat
fc output1.dat vzor1.dat
if ERRORLEVEL == 1 echo "Program s input1 vratil chybu"
```

nebo pro UNIX/LINUX vložte následující obsah do souboru: **tester.sh**

```
#!/bin/sh
progzk.exe <input1.dat >output1.dat
diff output1.dat vzor1.dat
if [ $? -ne 0 ] ; then
 echo "Program s input1 vratil chybu."
fi
```

---

Nastavte soubor jako spustitelný…

```
chmod u+x tester.sh
```

A spusťte soubor **tester.sh** z lokálního adresáře

```
./tester.sh
```

**Test Driven Development**

- unit testing – (postupný) cyklus psaní kódu, ladění, testování správnosti
- testování je součástí vývoje: nadefinuji činnost, napíši test, tvořím kód. Napomáhá k tomu, že v kódu nejsou zbytečnosti - jen to co se testuje, testuje se to co je v definici.
- red (chyba v testu)/green (test v pořádku)/refaktor (vylepši kvalitu) – (bez kódu v testované funkci) test nefunguje/napiš to aby to nějak fungovalo/ předělej to aby to fungovalo lépe (rychleji, přesněji, okomentuj, pojmenuj vhodně proměnné, ...)
- Arrange/Act/Assert - přichystat data pro testovanou metodu/s parametry spustit metodu/Vyhodnotit výsledky pomocí Assert::
- napomáhá vývoji rozhraní - promýšlím parametry již při psaní testu=volání
- kód se přidává, jen když neprojde test (assert). Pokud není kód, mělo by vrátit chybu.
- Testy pozitivní (např. na stejné vstupy stejná odezva) a negativní (různé vstupy mají různou odezvu/výsledek)
- Preferovat malé kroky přidávání kódu (testů)
- neduplikovat kód (pokud něco píši podruhé, tak to buď dělám zbytečně/navíc,nebo to dám do funkce - jinak musím řešit případné chyby vícekrát)
- neduplikovat (nepřekrývat) testované vlastnosti/metody; testy začnou jednoduchými příklady a jdou ke složitějším konstrukcím
- testujeme jednu metodu; testujeme scénář (tj. návaznosti);
-

**Test Driven Development**

- Konstrukce testů by měla být smysluplná a logická.

sekvence :

**`x(item); s = -x; Assert(s == -x)`**

nic neotestuje, protože pokud je v operaci -*x* chyba, projeví se dvakrát stejně. Tímto tedy otestujete pouze to, že -x se chová pokaždé stejně.

Takže by to mělo být třeba takhle:

**`s(-item) ; x (item); Assert (s == -x)`** - pozitivní test (testuje situace, kdy by to mělo fungovat) – musí souhlasit (funguje i pro nulu)

**`x1 = -s;x2 = s;Assert (x1 != x2)`** – negativní test (testuje situace, kdy by to nemělo fungovat – například kdyby operátor –s měnil prvek s, což je proti zažitým zvyklostem u základních datových typů) – nesmí souhlasit (=>pro nulu se musí udělat vlastní test)

**Základní pojmy Objektového programování (shrnutí):**

**Třída (Class) -** Nový datový celek (datová abstrakce) obsahující: data (složky / dříve atributy) a operace (metody), přístupová práva

**Instance (Instance) -** realizace (výskyt / exemplář) proměnné daného typu.
**Objekt (Object) -** instance třídy (proměnná typu třída).

**(Členská) data (Member data / member variable) -** data / proměnné definované uvnitř třídy. Často se používá i pojem složka. Dříve atribut (dnes má jiný význam).
**Metoda (Member function / method) -** funkce definovaná uvnitř třídy. Má vždy přístup k datům třídy a je určena pro práci s nimi.

**Implementace (Implementation) -** Těla funkcí a metod (tj. kód definovaný uvnitř funkce / metody).

**Zapouzdření (Encapsulation)** – shrnutí logicky souvisejících (součástí programu) do jednoho celku (zde data, metody, přístupová práva) – nového datového typu třída. Ve volnější pojetí lze používat i pro funkce a proměnné definované v rámci jednoho .c souboru. Někdy je tímto termínem označováno skrytí přímého přístupu k datům a některým metodám třídy (private members). Volně dostupné vlastnosti se označují jako veřejné (public members).

**Rozhraní (Interface) -** Seznam metod, které jsou ve třídě definovány jako veřejné a tvoří tak rozhraní mezi vnitřkem a vnějškem třídy.

**Životní cyklus objektu (Object live cycle**) **-** Objekt jako každá proměnná má definováno místo vzniku (definice/inicializace) a místo zániku.

**Konstruktor / Destruktor (Constructor / Destructor / c'tor / d'tor) -** metody které jsou v životě objektu volány jako první resp. jako poslední. Slouží k inicializaci datových členů objektu resp. k jejich de inicializaci (navrácení alokovaných zdrojů – paměť, soubory…).

**Operátor (Operator) -** Metoda umožňující zkrácený zápis svého volání pomocí existujících symbolů. (součet +, podíl /, apod.)

**Dědičnost (Inheritance) -** Znovupoužití kódu jedné třídy (předka) k vytvoření kódu třídy nové (potomka). Nová třída (potomek) získá všechny vlastnosti (data, metody) z potomka a může definovat libovolnou novou vlastnost.

**Mnohotvarost (polymorphism) -** Třídy se stejným rozhraním, a různou implementací, jednotný přístup k instancím. Mechanismus umožňující správné volání metod potomka z metod předka.

**Pojem třídy a struktury v C++ (o – Objektová vlastnost)**

- *struct* a *class* jsou složené datové typy – vychází ze *struct* jazyka C
- pomocí struct a class se definuje nový datový typ (má „stejné“ vlastnosti a možnosti co do použití jako standardní typy – *int*, *double* …
- *struct* v C++ je rozšířena o (objektové vlastnosti) možnost přidat metody a přístupová práva (a dále dědit do dalších potomků)
- *struct* a *class* v C++ se liší pouze minimálně (leč v důležité věci)
- nebude-li dále řečeno jinak, platí uvedené pro *struct* i *class*
- třída tvoří jmenný prostor

- v jazyce C *struct* obsahuje pouze data
- v jazyce C++ obsahuje data/členy, metody (funkce pracující s třídou)
- v jazyce C++ lze nastavit přístupová práva pro data a metody (lze je používat pouze „uvnitř“ třídy, nebo je může používat i „uživatel“ třídy) – tzv. vnitřní a vnější rozhraní
- v C++ platí, že „data jsou to nejcennější, co máme“ a proto jsou v *class* data implicitně „schována“ – *private*
- struktura kvůli zpětné kompatibilitě s jazykem C musí implicitně umožňovat uživatelský přístup k datům - *public*

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

# POJEM TŘÍDA
# DATA A METODY, PŘÍSTUPOVÁ PRÁVA

**Autor textu:**
**Ing. Miloslav Richter, Ph. D.**

Květen 2014

Komplexní inovace studijních programů a zvyšování kvality výuky na FEKT VUT v Brně
OP VK CZ.1.07/2.2.00/28.0193

**Pojem třídy a struktury v C++**

- pro deklaraci/definici slouží klíčové slovo class/struct
- deklarace třídy - pouze popis třídy – nevyhrazuje paměť – uvádíme v hlavičkovém souboru
- deklarací struktury/třídy vzniká nový datový typ, který se chová (je rovnocenný) jako základní datové typy (pokud autor třídy odpovídající činnosti popíše)
- objektové vlastnosti rozšířeny i pro union (potlačeno dědění)

Na základě znalostí o struktuře jazyka C napište pro jazyk C++:

- oznámení/deklaraci jména struktury, třídy
- definice struktury, třídy s vyznačením, kde budou parametry (data a metody)
- nadefinujte dva objekty (proměnné) dané třídy a ukazatel na objekt dané třídy, který inicializujte tak, aby ukazoval na první z objektů

Pozn.: postupujte na základě znalostí o strukturách
Pro nový datový typ platí stejná pravidla jako pro základní typy

- deklarace - oznámení názvu/nového typu. Vlastní definice dat a metod je později.
- následně lze použít pouze ukazatel (ne instanci), jelikož není známa velikost typu
- netvoří kód -> je v hlavičkovém souboru, jeho uvedením není zabrána žádná paměť

```
// deklarace typu – netvoří kód
class  jméno_třídy;
struct jméno_struktury;
```

- členská data a metody jsou uvedeny za názvem třídy v {} závorkách, ***musí*** být zakončeno středníkem
- nepoužívat typedef – většinou není nutný
- popis dat a hlaviček metod netvoří kód -> píšeme do hlavičkového souboru
- je již známa velikost výsledného typu (lze využít sizeof)

```
// definice typu – netvoří kód - předpis
class  jméno_třídy   { parametry, tělo třídy };
struct jméno_struktury  {parametry, tělo     };
```

- definice proměnné, vyhradí paměť -> v cpp zdrojovém souboru
- klíčové slovo class, struct není nutné uvádět, stačí název typu
- zápis totožný jako pro int, nejste-li si zápisem jistí, napište pro typ int a následně typ změňte

```
// definice proměnných daného typu a práce s nimi
jméno_třídy a, b, *pc; // vyhradí paměť pro proměnné
//obdoba int a,b,*pc
// 2x objekt, 1x ukazatel
pc = &a;  // inicializace ukazatele
```

**Pojem třídy a struktury v C++ - postup při psaní programu**

- vytvoříme dva soubory pro třídu – hlavičkový a zdrojový
- součástí vývoje třídy by měl být i testovací kód (testovací funkce) – může být součástí zdrojového souboru („odstranitelnou“ například pomocí #if - #endif), lépe vytvořit soubor zvláštní (například s funkcí main)
- hlavičkový soubor ošetřit proti vícenásobnému načtení
- ve zdrojovém souboru třídy (a souborech kde budeme třídu používat) naincludovat hlavičkový soubor
- v hlavičkovém souboru napsat deklaraci i definici třídy (včetně těla, nezapomenout ukončit středníkem)

hlavičkový soubor třídy

```
#ifndef CCOMPLEX_H123
#define CCOMPLEX_H123
class CComplex {

};
#endif
```

zdrojový soubor třídy

```
#include “ccomplex.h”
```

## Přístupová práva (o)

- nastavuje kdo má k datům/metodám přístup: pouze třída (private/privátní/soukromá) x uživatel i třída (public, veřejná)
- klíčová slova pro nastavení přístupových práv – private, public, protected
- klíčová slova jsou přepínače - označují začátek bloku stejných přístupových práv
- přepínače možno vkládat libovolně
- rozdíl mezi class a struct (jeden z mála) – implicitní přístupové právo private x public. To je právo, které je implicitně nastaveno na „začátku“ těla definice – platí do první změny, do prvního uvedení přepínače na jiná přístupová práva

```
class X  {            int i   je ekvivalentní
class X  { private:   int i  …
struct Y {            int i   je ekvivalentní
struct Y { public:    int i …
```

**Přístupová práva - (o) postup při psaní programu**

- uvádí se pouze v definici – tj. v hlavičkovém souboru
- říkají, které z proměnných může používat uživatel (mimo třídu)
- lze je používat pro každou metodu/proměnnou zvlášť ale z důvodu přehlednosti je lepší volit větší celky (shlukovat členská data se stejnými právy)

```
// definice třídy CComplex
class CComplex {
   double iReal; // privátní datová proměnná/složka
public:
   double iImag; // veřejně přístupná proměnná
private: // uživateli nepřístupné proměnné
   double iAlpha; // privátní
   double iAmplitude; // privátní
};    // konec definice třídy CComplex

// definice proměnné uživatelem (mimo prostor třídy)
class CComplex prom;
prom.iImag = 5; // lze – iImage je public
prom.iReal = 2; // nelze – iReal je private
prom.iAlpha = 2; // nelze – iAlpha je private
```

**Data, metody - práce s nimi (o)**

- datové členy – jakýkoli známý typ (objekt nebo ukazatel)
- s datovými členy pracujeme stejně jako s daty uvnitř struktury (z důvodu „bezpečnosti dat“ se snažíme přístupu uživatele k datům zabránit)
- rozlišujeme přístup k datům objektu = operátor „.“ K datům „ukazatele“ =operátor “->“
- metody – členské funkce patřící ke třídě, pracujeme s nimi stejně jako s daty a „funkční volání“ naznačíme přidáním „()“, mezi kterými jsou uvedeny parametry metody
- uživatelovi přístupné metody tvoří interface
- přístupová práva **– `private, protected, public`**

Nadefinujte třídu, která bude mít privátní členská data (po jednom) typu int, float, class Jmeno, C-řetězec. Dále bude mít veřejné členské metody a jeden datový člen int:
metoda1 – bez parametrů, vrací int
mteoda2 – dva parametry int a float, bez návratové hodnoty
metoda 3 – vrací float a má parametry int a ukazatel na Jmeno

Napište část programu, který nadefinuje objekt dané třídy, ukazatel inicializovaný tímto objektem. Dále ukažte přístup ke členům a metodám a řekněte, které budou fungovat.

```
// deklarace (popis) třídy – v souboru jmeno_tridy.h
class Jmeno_třídy { // implicitně private:
  int data1; //datové členy třídy
  float data2;
  Jmeno *j;  // class není nutné uvádět
  char string[100];
public: // metody třídy
  int metoda1() {…return 2;}
  void metoda2(int a,float b) {…}
  float metoda3( int  a1,  Jmeno *a2);
 int dd;//nevhodné, veřejně přístupná proměnná
 };

Jmeno_třídy aa, *bb = &aa;
// obdoba struct pom aa, *bb = &aa;
// přístup jako k datovým prvkům struct
aa.dd = bb->dd;
int b = aa.metoda3(34,”34.54”), c = bb->metoda3(34,”34.54”);
aa.metoda1(); // přístup přes proměnnou/objekt
bb->metoda1(); // přístup přes ukazatel na proměnnou/objekt
// aa.data1 = bb->data1; //nelze přistupovat k privátním datům
```

```
struct Komplex { // public: - implicitní
double Re, Im; // public

private:  // přepínač přístupových práv

double Velikost(void) {return 14;}
// metoda (funkce) interní
int pom;  // interní-privátní proměnná

public: // přepínač přístupových práv

// metoda veřejná = interface
double Uhel(double a ) {return a-2;}
};

Komplex a,b, *pc = &b;
a.Re = 1;      pc->Re = 3;      // je možné
b.Uhel(3.14); pc->Uhel(0);     // je možné
a.pom = 3;     pc->pom = 5  ;  // není možné
b.Velikost(); pc->Velikost(); // není možné
```

**Data, metody – postup při psaní programu**

- datovou reprezentaci a metody si dobře promyslíme a rozvrhneme
- pokud není speciální důvod, potom data jsou v sekci private
- metody „nebezpečné“ nebo s omezenými kontrolami jsou private (aby je nemohl volat uživatel, který by mohl použít tyto metody, aniž by domyslel důsledky)
- metody tvořící interface (přístupné uživatelovi) – uvedeme v sekci public
- z hlediska programu obvykle jako první píšeme „speciální“ metody pro vznik a zánik proměnné – konstruktory a destruktor

```
class CComplex { // implicitně private:
   double iReal, iImag; //datové členy třídy
   double iApha, iAmplitude;
// použít všechny čtyři členy? nebo jen dva? které?

public: // metody třídy
  void Set(double aRe, double aIm) {…}
  double GetReal() {return iReal;}

  int error;//nevhodné, veřejně přístupná proměnná
 };
```

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

# THIS, INLINE METODY, STATICKÉ DATOVÉ ČLENY

**Autor textu:**
**Ing. Miloslav Richter, Ph. D.**

Květen 2014

Komplexní inovace studijních programů a zvyšování kvality výuky na FEKT VUT v Brně
OP VK CZ.1.07/2.2.00/28.0193

**ukazatel this (o)**

- základ mechanizmu volání metod – metodám se předá ukazatel na aktuální objekt, který metodu zavolal (zajistí překladač)
- this - klíčové slovo
- **`T* const this; // „součást“ každého objektu`**
- předán implicitně do každé metody (skrytý parametr-překladač)
- při použití metody **`aa.Metoda();`** se vlastně „volá“ ***`Metoda(&aa)`*** – objekt, který chce „svou“ metodu zavolat je do ní překladačem skrytě předán jako parametr.
- Prototyp metody je napsán v hlavičkovém souboru **`void Metoda(void)`** ale je „přeložen“ se skrytým parametrem jako
  ***`void Metoda(T *const this)`*** a potom v těle lze používat členské metody a data aktuálního objektu {**`this->data1 = 4;this->metodax();}`**

Použití this při psaní programu:

- přístup k datům a metodám aktuálního objektu (this je možné vynechat, proměnná třídy je první v rozsahu prohledávání – třída tvoří jmenný prostor**)**
  **`this->data = 5, b = this->metoda( a )`**
- objekt vrací sám sebe – **`return *this`**;
- kontrola parametru s aktuálním prvkem **`if (this==&param)`**

**ukazatel this**

Napište třídu Komplex a v ní metodu, která vrací maximum ze dvou proměnných typu Komplex.

```
class CComplex {
double Re,Im;
public:
Komplex& Max(Komplex &param) // & reference
{ // this je předán implicitně při překladu
// Komplex& Max(Komplex*const this,Komplex &p…
// rozdíl funkce x metoda

if (this == &param) // & adresa
    return *this;// oba parametry totožné a tak
// nepočítám, => rychlý návrat.
if ( this->Re < param.Re ) return param;
else                       return *thís;
//  param i this existují vně -> lze reference
}  // konec funkce
}; // konec třídy
```

volání:

```
Komplex aa,b, c ;
c = aa.Max(b); // neboli Max(&aa,b). Překladem
//  se aa uvnitř metody mění v this
c = b.Max(b); // mezivýsledek c = b; this v Max je &b
```

Alternativní hlavičky pro metodu Max. Vysvětlete rozdíly při předávání (kde vznikají dočasné proměnné).

```
Komplex  Max(Komplex  param)
Komplex & Max(Komplex &param)

c = a.Max(b);
```

**`c = a.Max(b);`**
společné volání pro obě hlavičky. Z volání není vidět rozdíl pro předávání hodnotou a referencí.

**`Komplex Max(Komplex param)`**
předaný parametr b z volání se stane předlohou pro lokální proměnnou param, která vznikne jako (plnohodnotná lokální) kopie – musí tedy vzniknout a zaniknout objekt. Změní-li se param, nemění se původní objekt b.
Vracený parametr je vracen hodnotou – musí tedy vzniknout (jako plnohodnotná kopie prvku z return xxx;) a zaniknout.

**`Komplex & Max(Komplex const &param)`**
pokud se předává objekt pomocí reference, nevytváří se žádný nový objekt, odkazujeme se na objekt původní. Manipulací s prvkem param pracujeme přímo s objektem b. Aby nedošlo k nechtěné změně b, můžeme param označit jako const a potom ho nelze změnit (lze zde const použít? Sledujte návaznost na návratovou hodnotu). Vracet referenci můžeme, pouze pokud proměnná existuje ve funkci volající i volané.

Jelikož je předávání parametrů pomocí reference úspornější (časově i paměťově), dáváme mu přednost (u složitějších proměnných, v situacích kdy to jde!).

**inline metody (o)**

- obdoba inline funkcí pro třídu
- slouží pro zápis krátkých metod
- rozbalené do kódu, předpis, netvoří kod

- automaticky jsou to metody s „tělem” v deklaraci třídy (hlavičkový soubor)
- inline jsou i metody v deklaraci třídy s klíčovým slovem inline, tělo mimo (v hlavičce)
- pouze hlavička metody v deklaraci třídy a tělo mimo (ve zdroji) – není inline

- obsahuje-li složitý kód (cykly) může být inline potlačeno (překladačem)
- může být bráno překladačem pouze jako doporučení

| .h soubor | .cpp soubor | pozn. |
|---|---|---|
| metoda() {} | - | inline funkce, tělo je definováno ve třídě |
| metoda(); | metoda::<br>metoda() {} | není inline. Tělo je definováno mimo hlavičku a není uvedeno inline |
| class {inline metoda(); }<br>inline metoda(){} | - | je inline „z donucení“ pomocí klíčového slova inline.<br>Hlavička s *inline* je ve třídě.<br>Hlavička s inline a tělo je v hlavičkovém souboru mimo třídu |
| inline metoda(); | inline metoda::<br>metoda(){} | je inline ”z donucení” pomocí klíčového slova inline.<br>Definice by ale měla být též v hlavičce (v cpp chyba) |
| metoda () {} | - neinline | nelze programátorskými prostředky zajistit aby nebyla inline, může ji však překladač přeložit jako neinline (na inline příliš složitá) |
| metoda (); | inline metoda::<br>metoda(){} | špatně (mělo by dát chybu) – mohlo by vést až ke vzniku dvou interpretací – někde inline a někde funkční volání |
| inline metoda() | metoda::<br>metoda() {} | špatně – mohlo by vést až ke vzniku dvou interpretací – někde inline a někde funkční volání; i když je vlastní kód metody pod hlavičkou takže se o inline ví, nedochází k chybě |

**inline metody (o) – postup při psaní programu**

- podle „délky“ metody rozhodneme, zda je vhodné, aby byla inline (pokud funkce či metoda obsahuje cykly, nebo volání jiných metod, nemá smysl, aby byla inline)
- definice třídy by měla být přehledná – měla by obsahovat pokud možno jen deklarace

**inline metody (o) – postup při psaní programu**

- těla extrémně krátkých inline metod můžeme psát přímo do „těla“ definice třídy -> metoda je implicitně inline (bez označení)
- delší těla inline metod je výhodné kvůli přehlednosti psát mimo „tělo“ definice třídy. Před prototypem se uvede klíčové slovo inline, vlastní tělo metody se napíše za definici třídy do hlavičkového souboru
- metody s funkčním voláním (nejsou inline) mají v definici třídy pouze prototyp. Tělo metody se uvede ve zdrojovém souboru

hlavičkový soubor:

```
class CComplex{ public:
 int Metoda1(void){return 1;} // implicitně inline (má tělo)
 inline int Metoda2();// inline díky klíčovému slovu
 int Metoda3();// není uvedeno inline ani tělo=>funkční volání
};
// jsme-li mimo třídu, musí být CComplex::
int CComplex::Metoda2(){…; return 2;}
```

zdrojový soubor (inlclude hlavička):

```
int CComplex::Metoda3(){…;…;…;return 3;}
```

## Hlavičkové soubory a třída (o)

- hlavičkový soubor (.h), inline soubor (.inl, nebo .h), zdrojový soubor (.cpp)
- hlavička – deklarace třídy s definicí proměnných a metod, a přístupových práv (”těla” inline metod – lépe mimo) – předpis, netvoří kód
- inline soubor – ”těla” inline metod – předpis. Jelikož jsou těla mimo definici třídy, musí obsahovat jméno třídy, do které patří (a operátor přístupu). Mimo definici třídy je nutné k metodám uvádět, ke které třídě patří pomocí operátoru příslušnosti T::metoda
- zdrojový soubor – ”těla” metod – ”skutečný” kód. Jelikož jsou těla mimo definici třídy, musí obsahovat jméno třídy, do které patří (a operátor přístupu)
- V souborech, kde je třída používána, musí být vložen hlavičkový soubor třídy.

hlavička: (soubor.h)

```
class T{
data
metody (bez ”těla”); // těla v cpp
inline metody (bez ”těla”); // tělo je v h souboru
metody (s „tělem) {} // inline metody
};

těla metod přímo v hlavičce, nebo přidat
#include ”soubor.inl”

soubor.inl obsahuje těla inline metod:   T::těla metod
návratová hodnota T::název(parametry) {…}
```

zdrojový kód:

```
#include  hlavička
T::statické proměnné
T::statické metody
T::těla metod
```

soubory, kde je třída používána

```
#include ”hlavička”
použití třídy
```

```
//======== konkrétní příklad ========== hlavičkový soubor
class POKUS {
int a;
public:
POKUS(void) { this->a = 0;} //má tělo -> inline, netvoří kód

inline POKUS(int xx); //označení -> inline, netvoří kód

POKUS(POKUS &cc); // nemá tělo, ani označení
// -> není inline = funkční volání = generuje se kód
};
// pokračování hlavičkového souboru
// nebo #include ”xxx.inl” a v něm následující

// je inline, proto musí být v hlavičce protože je mimo tělo
// třídy musí být v názvu i označení třídy (prostoru)
POKUS::POKUS(int xx) { this->a = xx; }
// konec hlavičky (resp. inline)

// zdrojový soubor
#include ”hlavička.h”
POKUS::POKUS (POKUS&cc) { this->a = cc.a; }
```

**statický datový člen třídy (o)**

- vytváří se pouze jeden na třídu, společný všem objektům třídy
- např. počítání aktivních objektů třídy, společné nastavení pro všechny prvky třídy, zabránění vícenásobné inicializaci, zabránění vícenásobnému výskytu objektu …
- v deklaraci (*.h) třídy označen jako static

```
class string {
   static int pocet;
// deklarace statické proměnné nerezervuje paměť
};
```

- existuje i v okamžiku, kdy neexistuje žádný objekt třídy
- není součástí objektu, vytvoří se jako globální proměnná (nutno definovat a inicializovat ve zdrojovém souboru *.cpp)

```
int string::pocet = 0;
```

**statické metody (o)**

- pouze jedna na třídu
- je možné ji volat, aniž by existoval (jediný) objekt dané třídy
- nemá this (= „normální“ funkce s přístupem k privátním datům)
- ve třídě označená static
- vlastní tělo ve zdrojové části
- nesmí být virtuální
- může k private členům (obdobně jako friend funkce),
- externí volání se jménem třídy bez objektu **`Třída::fce( )`**

## statické členy – použití v programu

```
// v *.h popis
class Tr {
static int Pocet; //staticka data
public:
static int Kolik (void); //staticka metoda
// priklady pouziti/přístupu v ramci tridy
int Prvku(void){Pocet = 1; return Kolik();}
}

// v souboru *.cpp kód – pouze jednou, úplný název proměnné
int Tr::Pocet = 0; // místo v paměti a inicializace
int Tr::Kolik() {return Pocet;} // kód funkce

// způsob použití v programu – celá cesta
int p1 = Tr::Pocet; // nelze - není public
Tr a;
int p2 = Tr::Kolik(); // je-li public; volani bez objektu
int p3 = a.Kolik(); // je mozne i volani přes objekt
int p4 = a.Prvku(); // pro metodu musí vždy existovat objekt
```

## statické členy – použití v programu

```
// využití pro generování testovacích hodnot
// v *.h popis
class Tr {
static int Minuly; //staticka data
static char RetChar[200]; // neprislis stastne (proc?)
public:
static int           TestValue0(void){return 0;}
static int           TestValue1(void){return 1;}
static const char *  TestStr0(void)  {return "0";}
static const char *  TestStr1(void)  {return "1";}
static int         TestValueRand(void){return Minuly=rand();}
static const char* TestStrRand(void){//prevod Minuly->RetChar
                     return RetChar;}
}

// v souboru *.cpp kód pro testování konstruktorů
Tr Hodnota0a(Tr::TestValue0()), Hodnota1a(Tr::TestValue1());
Tr Hodnota0b(Tr::TestStr0 ()) , Hodnota1b(Tr::TestStr1());
Tr HodRa(Tr::TestValueRand()) , HodRb (Tr::TestStrRand());
if (Hodnota0a != Hodnota0b) // něco je špatně
if (Hodnota1a != Hodnota1b) // něco je špatně
```

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

# KONSTRUKTORY A DESTRUKTORY

**Autor textu:**
**Ing. Miloslav Richter, Ph. D.**

Květen 2014

Komplexní inovace studijních programů a zvyšování kvality výuky na FEKT VUT v Brně
OP VK CZ.1.07/2.2.00/28.0193

## konstruktory a destruktory (o)

- slouží k ovlivnění vzniku (inicializace) a zániku (úklid) objektu
- základní myšlenkou je, že proměnná by měla být inicializována (nastavena do počátečního stavu) a zároveň by se při zániku proměnné neměly ztratit získaná data nebo obdržené zdroje (soubory, paměť ...)

- jsou to metody se specifickými vlastnostmi (rozšíření/omezení)
- jsou volány automaticky překladačem (nespoléhá se na uživatele)
- konstruktor – první (automaticky) volaná metoda na objekt. Víme, že data jsou (určitě) neinicializovaná.
- místo volání konstruktorů určíme definicí nebo vytvořením proměnné pomocí *new*
- destruktor – poslední (automaticky) volaná metoda na objekt
- místo volání destruktoru určí místo konce života proměnné (konec bloku kde byla nadefinována) nebo *delete*

- „konstruktory“ vlastně známe již z jazyka C z definicí s inicializací
- některé „konstruktory“ a „destruktor“ jsou u jazyka C prázdné (nic nedělají)

```
{//příklad(přiblížení) pro standardní typ int
 int a;
//definice proměnné bez konkrétní inicializace = implicitní

 int b = 5.4;
// definice s inicializací. vytvoření, konstrukce proměnné int
// z hodnoty double = konverze (z double na int)

 int c = b;
// konstrukce (vytvoření) proměnné int na základě proměnné
// stejného typu = kopie
…
}  // konec životnosti proměnných – zánik proměnných
// je to prosté zrušení bez ošetření – (u std typů)
// zpětná  kompatibilita
```

**Konstruktor**

- je to metoda, která má některé speciální vlastnosti
- metoda konstruktor má stejný název jako třída
- nemá návratovou hodnotu
- volán automaticky při vzniku objektu (lokálně i dynamicky)
- konstruktor je využíván k inicializaci proměnných (nulování, nastavení základního stavu, alokace paměti, …)
- možnost (funkčního zápisu) konstrukce je přidána i základním typům

```
class Trida {
int ii = 0; // možný způsob inicializace;
// použije se jako poslední, pokud není jiný
public:
// inicializace členů třídy před tělem konstruktoru
Trida(void):ii(0) {…} // implicitní kontruktor

Trida(int i): ii(i) {…} // konverzni z int
// ii(i) je konstruktor proměnné ii na základě i

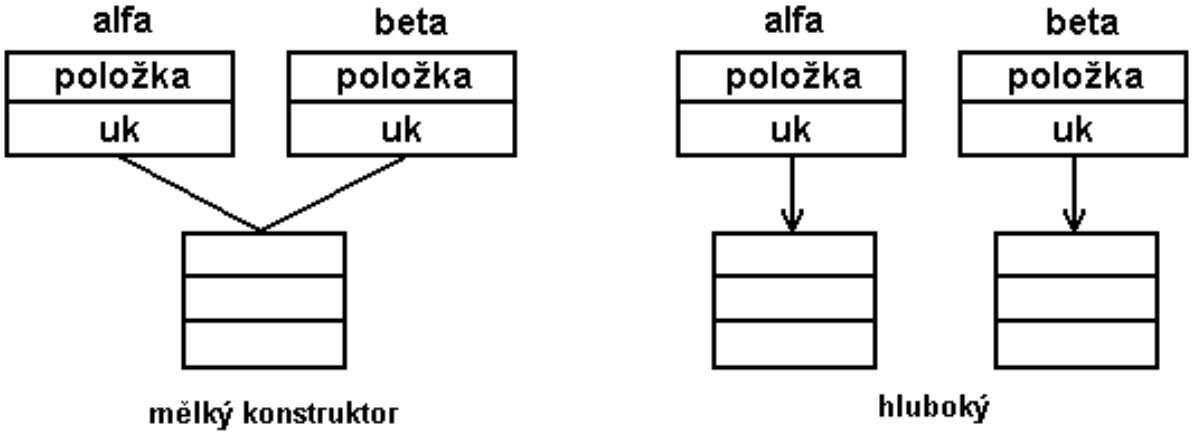
Trida(Trida const & a):ii(a.ii) {…} // kopy konstruktor
 }
```

- třída může mít několik konstruktorů – přetěžování
- implicitní (bez parametrů) – volá se i při vytváření prvků polí
- konverzní – s jedním parametrem
- kopy konstruktor – vytvoření kopie objektu stejné třídy (předávání hodnotou, návratová hodnota …), rozlišovat mezi kopy konstruktorem a operátorem přiřazení

```
Trida(void)   // implicitní
Trida(int i)  // konverzní z int
Trida(char *c) // konverzní z char *
Trida(const Trida &t) // copy
Trida(float i, float j) // ze dvou parametrů
Trida(double i, Trida &t1) //ze dvou parametrů

Trida a, b(5), c(b), d=b, e(”101001”);
Trida f(3.12, 8), g(8.34, b), h = 5;

// pouze pro ”názornost” !!! Překladač přeloží
Trida a.Trida(), b.Trida(5), c.Trida(b), d.Trida(b),
 e.Trida(”101001”);
f.Trida(3.12, 8) , g.Trida(8.34, b), h.Trida(5)
//”.Trida” by bylo nadbytečné a tak se neuvádí
(promenna).~Trida(); // na konci bloku pro každou proměnnou
```

- konstruktor může použít i překladač ke konverzi (například voláním metody s parametrem *int*, když máme metodu jen s parametrem *Trida*, ale máme konverzní konstruktor z *int*)
- konstruktory se používají pro implicitní konverze, pouze jedna uživatelská (problémy s typy, pro které není konverze)
- *explicit* - klíčové slovo – zakazuje použití konstruktoru k implicitní konverzi

```
class Trida {public:
explicit Trida(int j); // konverzní konstruktor z int
Trida::Metoda(Trida & a);
}

int i;

a.Metoda ( i ); // nelze, implicitní konverze se neprovede
// kdyby nebylo uvedeno explicit, pak by překladač
// využil kostruktor k implicitní konverzi int->Trida

b.Metoda ( Trida(i)); // lze,  explicitní konverze je povolena
```

- u polí se volají konstruktory od nejnižšího indexu
- konstruktor nesmí být *static* ani *virtual*
- alespoň jeden musí být v sekci *public* (jinak zákaz pro běžného uživatele)

- implicitní konstruktor (kvůli zpětné kompatibilitě) vzniká automaticky jako prázdný
- je-li nadefinován jiný konstruktor, implicitní automaticky nevznikne
- není-li programátorem definován kopykonstruktor, je vytvořen překladačem (kvůli zpětné kompatibilitě) a provádí kopii (paměti) jedna k jedné (memcopy)

Vysvětlete jaký je problém při vzniku automatického kopykonstruktoru je-li ve třídě ukazatel?

- automatický kopykonstruktor se chová jako prostá kopie prostoru jedné proměnné do druhé
- pokud objekt nevlastní dynamická data (ukazatel na ně), dojde ke kopii hodnot což je v pořádku
- jsou-li dynamická data ve třídě (tj. jsou odkazována ukazatlelm) dojde ke kopii ukazatele. Potom dva objekty ukazují na stejná data (a neví od tom) –> problém při rušení dat – první rušený objekt společná data zruší …
- nazýváme je mělké (memcopy) a hluboké kopírování (shallow, deep copy – vytváří i kopii dat na které se odkazují ukazatele. Ukazatele mají tedy různé hodnoty.)
- řešením je vlastní kopie nebo indexované odkazy



**Destruktor**

- slouží k „úklidu“ proměnné – uchování dat, vrácení zdrojů (vrácení systémových prvků, paměť, soubory, ovladače, ukončení činnosti HW, uložení dat …)
- má stejný název jako třída, názvu předchází ~ (proč?)
- na celou třídu je pouze jeden (bez parametrů)
- nemá návratovou hodnotu
- volán automaticky překladačem

```
~Trida (void) {} // destruktor
```

- destruktory se volají v opačném pořadí jako konstruktory
- je možné ho volat jako metodu (raději ne)
- není-li definován, vytváří se implicitně prázdný
- musí být v sekci public

- při dědění je výhodné aby byl *virtual*

```
{ Trida aa, bb, *pc = new Trida;
  delete pc; // volá se destruktor }
// volají se destruktory pro prvky bb a aa ( v tomto pořadí)
```

**Konstruktory a destruktory – použití při psaní programu**

- promyslíme, na základě jakých dat může objekt vznikat (implicitní vznik je častý, kopykonstruktor se používá i při předávání hodnotou, …)
- promyslíme, zda je nutné ošetřit zánik proměnné (data, zdroje)
- můžeme vytvořit i privátní konstruktory, které nemůže používat uživatel (tomu bychom měli ale alespoň jeden nechat)
- u kratších konstruktorů promyslíme možnost inline
- členy třídy s jednoduchým přiřazením inicializujeme mezi hlavičkou a tělem konstr.
- nejprve se volají konstruktory datových členů v pořadí uvedeném v definici. Typ inicializace je implicitní, pokud není v inicializační části metody naznačeno jinak.
- po definici členů se provádí tělo konstruktoru

```
class Trida {
   CComplex a,b,c=0;
public:
   Trida(int i, int j = 0): c(i), a(i,j)
      {b.iRe = …; bIm=…;}
   Trida(): c(0),b(0), a(0,0) {}
   Trida(const Trida &aa): b(aa.b),c(aa.c), a(aa.a) {}
   ~Trida() {}
};
```

```
class Trida {
   CComplex a,b,c=0; // implicitní inicializace až nakonec

public:
   Trida(int i, int j = 0): c(i), a(i,j)
// inicializují se nejprve členy v pořadí (definice)=>a,b,c
// pro a je volán konstr. se dvěma parametry, pro b implicitní,
// pro c je volán konstruktor CComplex s jedním parametrem
      {b.iRe = …; bIm=…;}
// po inicializaci členů jde tělo
// pro b nejdříve implicitní konstr., potom druhé přiřazení
// stejným proměnným v těle, nevhodné

   Trida(): c(0),b(0), a(0,0) {} // implicitní konstruktor
   Trida(const Trida &aa): b(aa.b),c(aa.c), a(aa.a) {} //copy
   ~Trida() {}  // destruktor

};
```

**Konstruktory (novější normy):**

move sémantika – move konstruktor

- obsah jedné proměnné se přesune do druhé (první se „smaže“)
- slouží v situacích, kdy je proměnná pouze dočasná, k přesunu zdrojů bez jejich získávání a pouštění
- přesun hodnot je rychlejší než kopie, „prázdný“ objekt má jednodušší činnost destruktoru
- volá se, je-li parametr  r-hodnota (například objekt vracený hodnotou z funkce)
- operátor && = „reference na r-hodnotu“

```
Trida(Trida && x) {}
```

možnost použití („volání“) konstruktoru stejné třídy v rámci jiného konstruktoru

```
Trida(int i, int j) :Trida(){}

Trida(int i, int j) :Trida(), ii(i+2*j){} // chyba, nesmí
// být žádná další inicializace
```

## Pravidla pro konstruktory a operátory

- pokud není výrazný/rozumný důvod k jejich porušení, potom se snažíme je dodržet
- ***pravidlo tří***: pokud uživatel nadefinuje destruktor, kopykonstruktor nebo operátor přiřazení, musí nadefinovat všechny tři
- ***pravidlo pěti***: (předchozí potlačí implicitní move konstruktor a move přiřazení) pokud nadefinujeme prvky podle předchozího pravidla a je pro naši třídu výhodné/potřebné mít move metody, potom je musíme nadefinovat
- ***pravidlo nuly***: Pokud není výše uvedené metody definovat, potom nedefinujeme ani jeden z nich

**Objekty jiných tříd jako data třídy**

- jejich konstruktory se volají před konstruktorem třídy
- volají se implicitní, není-li uvedeno jinak
- pořadí určuje pořadí v deklaraci třídy (ne pořadí v konstruktoru)

```
class Trida {
int i;  // zde je určeno pořadí volání = i,a,b
Trida1 a; // prvek jiné třídy prvkem třídy
Trida2 b;
public:
Trida(int i1,int i2,int x):b(x,4),a(i2),i(i1)
//zde jsou určeny konkretni konstruktory
{ … tělo … }
// vola se konstruktor i, a, b a potom tělo
}

například
class string {… data …
public:
string(char *txt) { … }
~string() {…}
}
```

```
class Osoba {
int Vek;
string Jmeno;
string Adresa;
public:
Osoba(char*adr, char* name,int ii) :Adresa(adr), Jmeno(name),
Vek(ii) {… tělo konstruktoru …}
}

{ // vlastní kod pro použití
string Add(”Kolejni 8 ”) ;
// standardní volání konstruktoru stringu
Osoba Tonda(Add, ”Tonda”,45);
// postupně volá konstruktor int  (45)
// pro věk, poté konstruktor string pro jmeno
// (tonda)a adresu (Add) (pořadí jak jsou
// uvedeny v hlavičce třídy, a potom
// vlastní tělo konstruktoru Osoba
} // tady jsou volány destruktor Osoba,
// destruktory stringů Adresa a
// Jmeno. A destruktor pro Add
// (v uvedeném pořadí)
```

**shrnutí deklarací a definicí tříd a objektů (o)**

- class Trida; - oznámení názvu třídy – hlavička – použití pouze ukazatelem
- class Trida {} – popis třídy – proměnných a metod – netvoří se kód - hlavička
- Trida a, *b, &c=a, d[ 10]; definice proměnná dané třídy, ukazatel na proměnnou, reference a pole prvků – zdrojový kód
- extern Trida a , *b; deklarace proměnná a ukazatel - hlavička
- platí stejná pravidla o viditelnosti lokálních a globálních proměnných jako u standardních typů
- ukazatel: na existující proměnnou nebo dynamická alokace (->)
- přístup k datům objektu – z venku podle přístupových práv, interně bez omezení (v aktuálním objektu přes this->, nebo přímo)
- pokud je objekt třídy použit s modifikátorem const, potom je nejprve zavolán konstruktor a poté teprve platí const

**const a metody (o)**

- const u parametrů – parametry nepředávat hodnotou (paměťově a časově náročné), const slouží jako ochrana proti nechtěnému přepisu hodnot v metodě (funkci)
- const u návratové hodnoty – návratovou hodnotu nelze měnit (či použít na místě ne-const argumentu metody/funkce)
- const parametry by neměly být předávány na místě neconst parametrů
- na const parametry nelze volat metody, které je změní – kontrola překladač
- metody, které nemění objekt je nutno označit (programátorem) jako const a pouze takto označené metody lze volat na const objekty

```
float f1(void) const {   …  }
//míní float f1(T const * const this) {}

float f2(void) {}

const T a;
T b;
a.f1(); b.f1(); b.f2(); // lze, převod na const je v pořádku
a.f2(); // nelze konstantní proměnnou na místě nekonstantní
```

**const a metody – použití v programu**

- u parametrů metod/funkcí se doporučuje ty, které se nemění označit const
- u metod, které nemění parametr, který je vyvolal, je nutné za definici přidat const,
- případný pokus o změnu „this“ v metodě označené const hlídá překladač
- T a const T jsou dva různé typy. Proto můžeme mít dvě metody stejného jména, jednu volanou pro konstantní proměnné a druhou pro nekonstantní

**friend funkce (o)**

- klíčové slovo friend
- zaručuje přístup k private členům třídy pro nečlenské funkce či třídy
- friend se nedědí
- porušuje ochranu dat, (zrychluje práci a činnost funkce)

```
class Trida {
friend complex;
friend double f(int, Trida &);
// třída komplex a globální funkce f mohou
// přistupovat i k private členům Třídy.
private:
int i;
}

double f(int a, Trida &tt)
{
 tt.i = a; // jde, protože je friend
}
```

**friend funkce**

- zdrojový kód friend funkce je mimo třídu a nenese informaci o třídě, ke které patří (nemá this ani jinou „zpětnou vazbu“ na třídu, která ho označila friend …)
- alternativou jsou statické metody
- použití pro nečlenské operátory – první parametr nepatří ke třídě a proto není možné použít metodu

```
T operátor*(double d, T &t)
```

s voláním

```
T a,b;
b = 5 * a;
```

**friend funkce**

- použití pro metody, které mají více parametrů, jejichž typy nepatří mezi standardní (int, double …)

ve třídě Y a Z označíme třídu X jako *friend*, potom

```
X X::Metoda(double d, Y &y, Z &z)
```

má přístup k privátním prvkům třídy Y a Z (a samozřejmě X). Volání je

```
X a,b; Z c; Y d;
b = a.Metoda(2.1, d, c);
```

V předchozím příkladu má proměnná **a** odlišné vlastnosti (this) než **d** a **c** (parametry)
Pokud by prvky měly být rovnocenné, potom vytvoříme funkci, kterou ve třídách X, Y a Z označíme jako *friend*, a tu potom použijeme

```
void funkce(double d, X &x, Y &y, Z &z)
```

funkce má přístup k privátním prvkům tříd X, Y a Z. Volání je

```
X a; Z c; Y d;
funkce(2.1,a, d, c);
```

Tento přístup k rovnosti parametrů se často používá i u operátorů, kdy místo metod jsou realizovány jako funkce.

```
T operátor*( T &p1, T &p2) { }
```

## Template friend

- friend funkce může být i v template třídě
- řešení je komplikovanější
- existují tři řešení

Řešení 1
- tělo friend funkce je definováno ve třídě
- (delší) tělo znepřehlední kód.
- většinou zde tělo funkce mezi metodami nečekáme/nehledáme

```
template <typename T>
class TTest {
  T iVal;
public:
  friend std::ostream& operator<< <T>(std::ostream &os,
  TTest<T> &aVal){ // tělo ve třídě}

};
```

Řešení 2

- spřátelit šablonu ne se stejným, ale s jiným obecným typem
- mohlo by vést ke spřátelení funkcí se streamy s TTest pro různé typy

```
template <typename T>
class TTest {
  T iVal;
public:
  template <typename U>
  friend std::ostream& operator<< (std::ostream &os,
  TTest<U> &aVal); // značí funkci, která je vytvořena
  pomocí šablony
};
```

Řešení 3

- nutno nejprve provést deklarace pro „propojení“ kódu v překladači
- uvedeme-li ve třídě

  friend std::ostream& operator<< (std::ostream &os, TTest<T> &aVal);

  potom toto funguje z hlediska překladu (překladač „zná“ hlavičku), ale správná funkce se nevytvoří (takže pro link neexistuje) protože takto se značí "klasická" funkce s parametrem typu template, ale ne template funkce – takže nedojde k propojení

```
template  <typename T> class TTest;
// deklarace/oznámení názvu třídy pro deklaraci friend
funkcí
template <typename T>
std::ostream & operator<<(std::ostream &os, TTest<T> &aVal);
// deklarace/oznámení, že existuje šablona na tvorbu funkce
template <typename T>  class TTest {
  T iVal;
public:
  friend std::ostream& operator<< <T>(std::ostream &os,
  TTest<T> &aVal);// značí friend funkci, která je vytvořena
//pomocí šablony. Bez <T> před (…) by se hledal "obyčejný"
//operátor<<(ne template),který má pouze template parametr
};
// definice šablony funkce
template <typename T>
std::ostream& operator<< (std::ostream &os, TTest<T> &aVal)
     { os << aVal.iVal; return os;}

int main(){  // použití
  TTest<long double> a(3);
  std::cout << a << std::endl;
```

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

# OPERÁTORY

**Autor textu:**
**Ing. Miloslav Richter, Ph. D.**

Květen 2014

Komplexní inovace studijních programů a zvyšování kvality výuky na FEKT VUT v Brně
OP VK CZ.1.07/2.2.00/28.0193

**přetížení operátorů (o)**

- pro vlastní typy je možné přetížit i operátory (tj. definovat vlastní)
- pro definici slouží klíčové slovo operator následované typem/znakem operátoru
- operátor je speciální metoda/funkce, mající plné a zjednodušené volání
- deklarace pomocí „funkčního“ volání např. unární a binární + pro typ int by šlo psát:

- ```
  int operator +(int a1) {}
  int opreator +(int a1, int a2) {}
  ```

  s „funkčním“ voláním
  ```
  operator +(i);
  operator+(i,j);
  ```

  ve zkrácené formě
  ```
  +i;
  i + j;
  ```

  možnost volat i „funkčně“
  ```
  operator=(i,operator+( j ))
  ```
  nebo zkráceně
  ```
  i=+j
  ```
  ```

**operátory - obecné shrnutí (o)**

- operátory lze v C++ přetížit
- správný operátor je vybrán podle seznamu parametrů (a dostupných konverzí), výběr rozliší překladač podle kontextu
- operátory unární mají jeden parametr – u funkcí proměnnou, se kterou pracují, nebo ”this” u metod
- operátory binární mají dva parametry – dva parametry funkce, se kterými pracují nebo jeden parametr a ”this” u metod
- unární operátory:
  **+, -, ~, !,++,--**
- binární
  **+,-,*,/,%,=,^,&,&&,|,||,>,<,>=,==, +=,*=,<<,>>,<<=, …**
- ostatní operátory [ ], ( ), new, delete
- operátory matematické a logické
- nelze přetížit operátory:
  sizeof, ? :, ::, ., .*
- nelze změnit počet operandů a pravidla pro asociativitu a prioritu
- nelze použít implicitních parametrů
- operátorem je i **new** a **delete,**
- pro vstup a výstup do **stream**u je operátor využit,
- hlavní využití u vlastních tříd (objektů)

**operátory – definice a použití (o)**

- slouží ke zpřehlednění programu
- snažíme se, aby se přetížené operátory chovaly podobně jako původní (např. nemění hodnoty operandů, operátor + sčítá nebo spojuje…)
- klíčové slovo operator
- operátor má plné (funkční) a zkrácené volání

```
z = a + b
z.operator=(a.operator+(b))
```

- nejprve se volá operátor + a potom operátor =
- funkční zápis slouží i k definování operátoru

metoda patří ke třídě (T::) první parametr je this (tj. a + b pro a , b stejného typu)

```
T T::operator+(T & param) {}
```

(friend) funkce pro dva parametry třídy – oba operandy „rovnocenné“ (pro konverze)

```
T operator+(T & param1, T & param2) {}
```

(friend) funkce pro případ, že prvním operandem je „cizí“ typ (tj. například 5 * a)

```
T operator+(double d, T&param) {}
```

***Unární operátory***

- mají jeden parametr (this)
- například + a – , ~, !, ++, --

```
complex          operator+(void) // zbytečně vrací objekt
complex        & operator+(void) // vrácený objekt lze změnit
complex          operator+(void) const // převod na neconst
complex const & operator+(void) const // výsledek const
```

- operátor plus (+aaa) nemění prvek a výsledkem je hodnota tohoto (vně metody existujícího) prvku – proto lze vrátit referenci – což z úsporných důvodů děláme (výsledek by neměl být měněn=const),

- operátor mínus (-aaa) nemění prvek a výsledek je záporná (tj. odlišná) hodnota – proto musíme vytvořit nový prvek – vracíme hodnotou

- pokud nejsou operandy měněny (a většina standardních operátorů je nemění), potom by měly být označeny const (pro this i parametr). Návrat referencí potom musí být také const.

***Unární operátory***

- operátory ++ a `--` mají prefixovou a postfixovou notaci
- definice operátorů se odliší (fiktivním) parametrem typu int
- je-li definován pouze jeden, volá se pro obě varianty
- některé překladače obě varianty neumí
- při volání dáváme přednost ++a (netvoří tmp objekt)

**`++( void)  s voláním  ++x`**
**`++( int )  s voláním  x++. Argument int se však při volání nevyužívá`**

```
T& operator ++(void)
T  operator ++( int)
```

operátor ++aa na rozdíl od aa++ netvoří dočasný prvek pro návratovou hodnotu a proto by měl v situacích, kdy lze tyto operátory zaměnit, dostávat přednost

***Binární operátory***

- mají dva parametry  (u třídy je jedním z nich)
- například +, -, %, &&, &, <<, =, +=, <, …

```
complex complex::operator+ (const complex & c) const
complex complex::operator+ (         double c) const
complex          operator+ (double f, const complex & c)

a + b          a.operator+(b)
a + 3.14       a.operator+(3.14)
3.14 + a       operator+(3.14,a)
```

- výstupní hodnota různá od vstupní –> vrácení hodnotou
- mohou být přetížené – více stejných operátorů v jedné třídě
- lze přetížit i jako funkci (globální prostor, druhý parametr je třída) – často friend
- opět může nastat kolize při volání (implicitní konverze)
- parametry se (jako u standardních operátorů) nemění a tak by měly být označeny const, i metoda by měla být const

***Operátor =***

- pokud není napsán, vytváří se implicitně (mělká kopie – přesná kopie 1:1, memcopy)
- měl by (díky kompatibilitě) vracet hodnotu (musí fungovat zřetězení  a = b = c = d;)
- obzvláště zde je nutné ošetřit případ a = a
- pro činnost s dynamickými daty nutno ošetřit mělké a hluboké kopie
- nadefinování zamezí vytvoření implicitního =
- je-li v sekci private, pak to znamená, že nelze použít (externě)
- od kopykonstruktoru se liší tím, že musí před kopírováním ošetřit proměnnou na levé straně

```
T& operator=(T const& r)
```

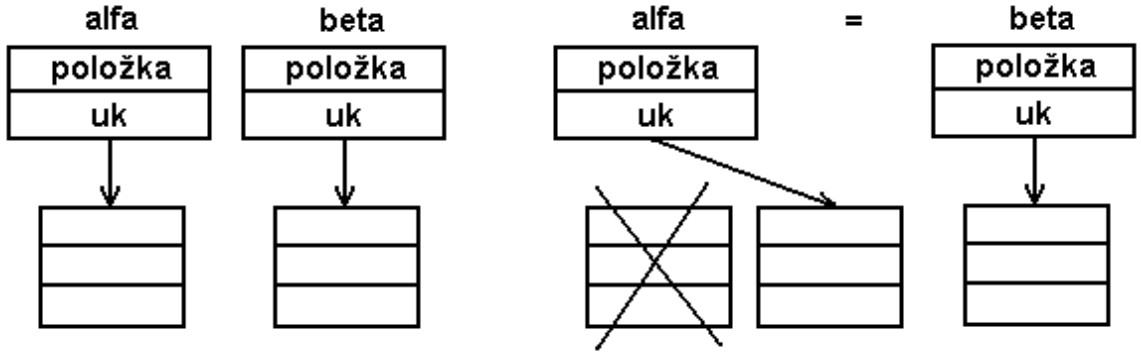
musí umožňovat

```
a = b = c = d = …;
a += b *= c /= d &= …;
```

Vysvětlete rozdíl mezi mělkým a hlubokým kopírováním.
Vysvětlete rozdíl mezi kopykonstruktorem a operátorem =.

***Operátor =***

Problém nastává v případě, že jsou v objektu ukazatele na paměť, kterou je nutné při zániku objektu odalokovat.
Na rozdíl od kopykonstruktoru je nutné si uvědomit, že v cílovém objektu jsou platná data. Před jejich naplněním novými hodnotami je nutné odalokovat původní paměť.
Při mělkém kopírování (i implicitně vytvářený operátor) dojde ke sdílení paměti (přiřazení ukazatele na paměť) aniž by o tom objekty věděly. Při odalokování dojde k problémům.
Při hlubokém kopírování (musí napsat tvůrce třídy) se vytvoří kopie dat paměti, na kterou ukazuje ukazatel, nebo se použije mechanizmus čítání odkazů na danou paměť.




Vysvětlete rozdíly mezi operátorem = pro:

a) ukazatele
b) objekty s členskými objekty bez ukazatelů
c) objekty obsahující ukazatele bez operátoru =
d) objekty obsahující ukazatele s operátorem =

***Operátor =***

Způsoby přiřazení:

```
string * a,* b;
a = new string;
b = new string;
a = b ;
delete a ;
delete b ;
```

- pouze přiřazení ukazatelů, oba ukazatele sdílí stejný objekt (stejná statická i dynamická data)
- chyba při druhém odalokování, protože odalokováváme stejný objekt podruhé

Objekty bez ukazatelů mohou využívat implicitní operátor = (memcopy), pokud po nich není požadován nějaký postranní efekt (nastavení čítače, kontrola dat…)

```
string {int delka; char *txt}
string a , b(”ahoj”);
a = b ;
”delete a” ; // volá překladač
”delete b” ;
```

- je vytvořeno a tedy použito implicitní =
- ukazatel txt ukazuje na stejná dynamická data (statické proměnné jsou zkopírovány, ale dále se používají nezávisle)
- pokud je nadefinován destruktor, který odalokuje txt (což by měl být), potom zde odalokováváme pamět, kterou odalokoval již destruktor pro prvek a

```
string {int delka; char *txt;operator =();}
string a , b(”ahoj”);
a = b ;
”delete a” ;
”delete b ”;
```

- použito nadefinované =
- v = se provede kopie dat pro ukazatel txt
- oba prvky mají svoji kopii dat statických i dynamických
- každý prvek si odalokovává svoji kopii

***Move varianta operátoru =***

- obdobně jako u move konstruktoru
- je možné realizovat „úspornější“ variantu přiřazení pro r-hodnoty
- od operátoru = se liší tím, že *this* převezme hodnoty parametru.
- Proměnné parametru (zvláště spojené s dynamickými daty) je nutno ošetřit/vynulovat (na parametr bude volán destruktor)
- i zde je nutné uvažovat případ a = a

```
T& operator=(T && r) {}  // definice move operátoru =

T funkce( ) {T x;    ; return x;} // funkce vracející hodnotu




T a;              // kód

a = funkce();//při přepisu výsledku funkce (návratové hodnoty)
// do proměnné a se použije move operátor =
```

***Konverzní operátory***

- převod objektů na jiné typy
- využívá překladač při implicitních konverzích (zákaz pomocí klíčového slova explicit)
- opačný směr jako u konverzních konstruktorů (jiný typ -> můj typ/ můj typ -> jiný typ)
- například konverze na standardní typy – int, double…
- nemá návratovou hodnotu (je dána názvem)
- nemá parametr (jen this)
- v C++ lépe používat konverze pomocí "cast" (dynamic, static …)

```
operator typ(void)
T::operator int(void)
```

volán implicitně nebo

```
T aaa;
int i = int (aaa) ;
(int) aaa; // starý typ - nepoužívat
```

***Operátory vstupu a výstupu***

- nejedná se o zvláštní typ operátoru, jedná se o využití standardního operátoru
- knihovní funkce
- řešeno pomocí třídy
- použití (přetížení) operátorů bitových posunů << a >>
- díky přetížení operátoru není nutné kontrolovat typy (správný hledá překladač)
- pro vlastní typy nutno tyto operátory napsat
- pro práci s konzolou předdefinované objekty cin, cout, cerr v knihovně <iostream>
- objekty jsou v prostoru std::. Použití using: std::cout, std::endl.
- jelikož prvním operandem je "cizí" objekt, jedná se o (friend) funkce

```
cin >> i >> j >> k;
cout << i << ”text” << j << k << endl;

xstream & operator xx (xstream &, Typ& p) {  }

istream & operator >> (istream &, Typ& p) {  }
ostream & operator << (ostream &, Typ& p) {  }
```

***Přetížení indexování [ ]***

- podobně jako operátor( ) ale [] má pouze jeden operand (+ this, je to tedy binární operátor s indexem jako jediným „viditelným“ parametrem)
- nejčastěji používán s návratovou hodnotou typu reference (l-hodnota)

```
double& T::operator[ ](int )

aaa[5] = 4;
d = aaa.operator[ ](3);
```

***Přetížení funkčního volání ( )***

- může mít libovolný počet parametrů
- takto vybaveným objektům se říká funkční objekty
- nedoporučuje se ho používat (plete se s funkcí)

```
operator ()(parametry )
double& T::operator()(int i,int j) { }
T aaa;

double d = aaa(4,5); // vypadá jako funkce
// ale je to funkční objekt
d  = aaa.operator()(5,5);
aaa(4,4) = d;
```

***přetížení přístupu k prvkům třídy***

- je možné přetížit ” -> ”
- musí vracet ukazatel na objekt třídy, pro kterou je operátor -> definován protože:

```
TT* T::operator->( param ) { }

x -> m;                    // je totéž co
(x.operator->( ) ) -> m;
```

**operátory a STL**

-je-li nutné používat relační operátory, stačí definovat operátory == a <

- ostatní operátory jsou z nich odvozeny pomocí template v knihovně <utility>

```
namespace rel_ops {
template <class T> bool operator!=(const T& x, const T& y){return!(x==y);}
template <class T> bool operator> (const T& x, const T& y){return y<x;}
template <class T> bool operator<=(const T& x, const T& y){return !(y<x);}
template <class T> bool operator>=(const T& x, const T& y){return !(x<y);}
}
```

zdroj: http://www.cplusplus.com/reference/utility/rel_ops/

**operátory přístupu ke členům (o)**

- operátory pro přístup k určitému členu třídy – je dán pouze prototyp, reference může být na kterýkoli prvek třídy odpovídající prototypu
- využití například při průchodu polem a prací s jednou proměnnou
- .* dereference ukazatele na člen třídy přes objekt
- ->* dereference ukazatele na člen třídy přes ukazatel na objekt
- nejdou přetypovat (ani na void)
- při použití operátoru .* a -> je prvním operandem vlastní objekt třídy T, ze kterého chceme vybraný prvek použít

```
int (T::*p1) (void);
p1=&T::f1;

T tt;
tt.*p1( )
```

```
int (T::*p1) (void);
    // definice operátoru pro přístup k metodě
    // bez parametrů vracející int ze třídy T
p1=&T::f1;
    // inicializace přístupu na konkrétní
    // metodu   int T::f1(void)

float T::*p2;
     // definice operátoru pro přístup k
     // proměnné
p2=&T::f2;
     // inicializace přístupu na konkrétní
     // proměnnou zatím nemáme objekt ani
     // ukazatel na něj – pouze definici třídy
T tt,*ut=&tt;
ut->*p2=3.14;
(ut->*p1)();//volání fce –závorky pro prioritu
tt.*p2 = 4;
tt.*p1( );
```

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

# DĚDĚNÍ, VIRTUÁLNÍ METODY ABSTRAKTNÍ TŘÍDY

**Autor textu:**
**Ing. Miloslav Richter, Ph. D.**

Květen 2014

Komplexní inovace studijních programů a zvyšování kvality výuky na FEKT VUT v Brně
OP VK CZ.1.07/2.2.00/28.0193

**dědění**

- jednou ze základních vlastností objektového programování je myšlenka znovupoužitelnosti kódu – dědění. Nový objekt (třída) může vzniknout na základě jiné, jako její nástavba. Nový objekt získává vlastnosti původní a sám definuje pouze odlišnosti.
- ”znovupoužití” kódu (s drobnými změnami)
- odvození tříd z již existujících
- převzetí a rozšíření vlastností, sdílení kódu
- dodání nových proměnných a metod
- ”překrytí” původních proměnných a metod (zůstávají)
- původní třída – bázová/předek, nová – odvozená/potomek

**dědění**

- nová třída má vše co měla původní. K ní lze přidat nová data a metody. Stejné metody v nové třídě překryjí původní – mají přednost (původní se dají stále zavolat).

| | | |
|---|---|---|
| class Base { | class Dedeni:public Base { | |
| public: | public: | |
| Metoda1(); | | // necháme původní metodu z báze |
| Metoda2(); | Metoda2(); | //vytvoříme novou metodu,původní je skrytá |
| Metoda3(); | Metoda3() | // doplníme původní metodu |
| } | {Base::Metoda3();} | // vytvoříme novou metodu |
| | Metoda4(); | |
| | } | |

**dědění**

- při dědění se mění přístupová práva proměnných a metod bázové třídy v závislosti na způsobu dědění
- class C: public A – A je bázová třída, public značí způsob dědění a C je název nové třídy
- způsob dědění u třídy je implicitně private (a nemusí se uvádět), u struktury je to public (a nemusí se uvádět) class C: D

tabulka ukazuje, jak se při různém způsobu dědění mění přístupová práva bázové třídy (A) ve třídě zděděné

| **class A** | **class B:private A** | **class C:protected A** | **class D:public A** |
|---|---|---|---|
| public a | private a | protected a | public a |
| private b | - | - | - |
| protected c | private c | protected c | protected c |

- postup volání konstruktorů - konstruktor bázové třídy, konstruktory lokálních proměnných (třídy) v pořadí jak jsou uvedeny v hlavičce, konstruktor (tělo) dané třídy
- destruktory se volají v opačném pořadí než konstruktory

```
class Base {
   int x;
  public:
  float y;
  Base( int i ) : x ( i ) { };
// zavolá konstruktor třídy a pak proměnné,
// x(i) je kontruktor pro int          };

class Derived : Base {
 public:
 int a ;
  Derived ( int i ) : a ( i*10 ) , Base (a) { }
// volání lokálních konstruktoru umožní
// konstrukci podle požadavků, ale nezmění
// pořadí konstruktorů
using Base::y;  // je možné takto vytáhnout
// proměnnou (zděděnou zde do sekce private)
// na jiná přístupová práva (zde public)         };
```

**dědění**

- - - - příklad 2 - - - - - - - - -

```
class base {
public:
base (int i=10) {…}
}

class derived:base {
complex x,y; ….

public: derived() : y(2,1) {f()  … }

}
```

volá se base::base()
complex::complex(void)  - pro x
complex::complex(2,1) – pro y
f() … - vlastní tělo konstruktoru

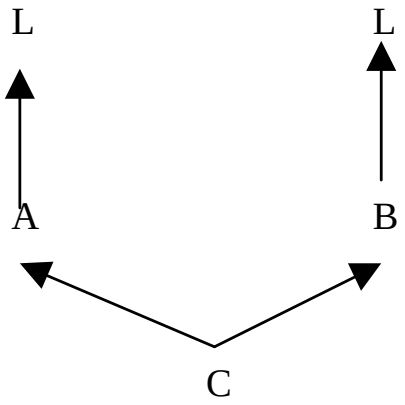
**dědění**

- nedědí se: konstruktory, destruktory, operátor =
- ukazatel na potomka je i ukazatelem na předka
- implicitní konstruktor v private zabrání dědění, tvorbu polí
- destruktor v private zabrání dědění a vytváření instancí
- kopykonstruktor v private zabrání předávání (a vracení) parametru hodnotou
- operátor = v private zabrání přiřazení

**vícenásobné dědění**

- v případě, že je výhodné aby objekt dědil ze dvou (či více) C++ toto dovoluje (jedná se ovšem o komplikovaný mechanizmus)
- lze dědit i z více objektů najednou
- problémy se stejnými názvy – nutno rozlišit
- problémy s vícenásobným děděním stejných tříd - virtual
- nelze dědit dvakrát ze stejné třídy na stejné úrovni C:B,B

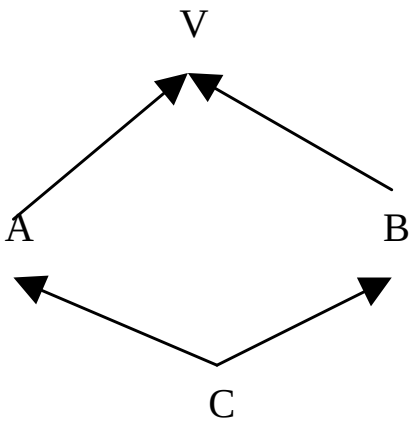
A: public L
B: public L
C: public A, Public B




v C je A::a a B::a

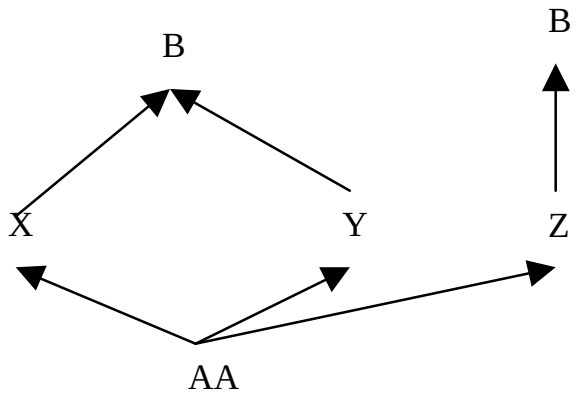
**vícenásobné dědění**

A: virtual V
B: virtual V
C: public A, public B
(konstruktor V se volá pouze jedenkrát)



**vícenásobné dědění**

X: virtual public B
Y: virtual public B
Z: public B
AA: public X, Y, Z



**Virtuální metody - polymorfizmus**

- potomka lze použít v místě, kde je možné použít předka
- v dosud probraných situacích byly vždy volány funkce, které jsou známy již v době překladu. V situaci, kdy v době překladu není známa funkce, která se bude volat (volá se například funkce vykresli grafického objektu, který zadal až uživatel v době chodu programu), je nutný mechanizmus, kdy si funkci v sobě nese objekt a překladač předá řízení na adresu, kterou najde v objektu – k tomu slouží virtuální metody

- zajišťují tzv. pozdní vazbu, tj. zjištění adresy metody až za běhu programu pomocí tabulky virtuálních metod,

- tvm - se vytváří voláním konstruktoru.

- V ”klasickém” programování je volaná metoda vybrána již při překladu překladačem na základě typu proměnné, funkce či metody, která se volání účastní.

- U virtuálních metod není důležité, čemu je proměnná přiřazena, ale jakým způsobem vznikla – při vzniku je jí dána tabulka metod, které se mají volat. Tato tabulka je součástí prvku.

**Virtuální metody**

- jsou-li v bázové třídě definovány metody jako virtual, musí být v potomcích identické

- ve zděděných třídách není nutné uvádět virtual

- stejný název a jiné parametry – nevirtuální – statická vazba (v dalším odvození pro původní parametry opět virtual)

- uvede-li se za definicí final, potom již nemůže být přetížena

```
virtual int Metoda(int i) const final {}
```

- virtuální metody fungují nad třídou, proto nesmí být ani static ani friend

- i když se destruktor nedědí, může/musí být virtuální (je-li dědění)

- virtuální funkce se mohou lišit v návratové hodnotě, pokud tyto jsou vůči sobě v dědické relaci

- Využívá se v situaci, kdy máme dosti příbuzné objekty, potom je možné s nimi jednat jako s jedním – jednotný interface (Např. výkres, kresba – objekty mají parametry, metody jako posun, rotace, data … Kromě toho i metodu kresli na vykreslení objektu)

```
class A { public:
virtual Metoda (){cout << “a”;}
};

class B:A{ public:
virtual Metoda() {cout << “b”;}
};

class C:A{ public:
virtual Metoda() {cout << “c”;}
};

fce () {
A* pole[2];
B b;
C c;
pole [0] = &b; pole [1] = &c;

pole[0]->Metoda();
// tiskne b – podle vzniku ne podle toho čemu je přiřazeno
pole[1]->Metoda(); // tiskne c
}
```

**Virtuální metody**

- Společné rozhraní – není třeba znát přesně třídu objektu a je zajištěno (při běhu programu) volání správných metod – protože rozhraní je povinné a plyne z bázové třídy.

- Virtuální f-ce – umožňují dynamickou vazbu (late binding) – vyhledání správné funkce až při běhu programu.

- Rozdíl je v tom, že se zjistí při překladu, na jakou instanci ukazatel ukazuje a zvolí se virtuální funkce. Neexistuje-li, vyhledává se v rodičovských třídách.

- Musí souhlasit parametry funkce.

- Ukazatel má vlastně dvě části – dynamickou – danou typem, pro který byl definován (tvm) a statickou – která je dána typem na který v dané chvíli ukazuje (překladač).

- Není-li metoda označena jako virtuální – použije se nevirtuální (tj. volá se metoda typu, kterému je právě přiřazen objekt).

- je-li metoda virtuální, použije se dynamická vazba – je zařazena funkce pro zjištění až v době činnosti programu – zjistit dynamickou kvalifikaci. Dynamická/pozdní vazba znamená, že se volá metoda typu, pro který byl vytvořen objekt

**Virtuální metody**

- zavolat metody dynamické klasifikace – přes tabulku odkazů virtuální třídy

- Při vytvoření virtuální metody je ke třídě přidán ukazatel ukazující na tabulku virtuálních funkcí.

- Tento ukazatel ukazuje na tabulku se seznamem ukazatelů na virtuální metody třídy a tříd rodičovských. Při volání virtuální metody je potom použit ukazatel jako bázová adresa pole adres virtuálních metod.

- Metoda je reprezentována indexem, ukazujícím do tabulky.

- Tabulka odkazů se dědí. Ve zděděné tabulce – přepíší se adresy předefinovaných metod, doplní nové položky, žádné položky se nevypouští. Nevirtuální metoda překrývá virtuální

- Máme-li virtuální metodu v bázové třídě, musí být v potomcích deklarace identické. Konstruktory nemohou být virtuální, destruktory ano.

- Virtual je povinné u deklarace a u inline u definice .

**Využití virtuálních metod s friend funkcemi/operátory**

- v případě, kdy je nutné použít zděděný obsah, ale uchovávaný odkaz je na společného předka (pomocí reference nebo ukazatele)

```
input >> static_cast<Base&>(derived);

cout << (Base&)m << endl;

// virutální metoda s funkčností v odvozené třídě
virtual istream& read(istream& in) {... return in; }

// operátor je pro bázovou třídu
// operátor není virtuální, ale využívá virtuální metodu
istream& operator>>(istream& input, Base &base)
{
    return base.read(input);
}
```

využití u operátorů: https://www.linuxtopia.org/online_books/programming_books/thinking_in_c++/Chapter15_027.html

## Čisté virtuální metody

- pokud není virtuální metoda definována (nemá tělo), tak se jedná o čistou virtuální metodu, která je pouze deklarována
- obsahuje-li objekt čistou virtuální metodu, nemůže být vytvořena jeho instance, může být ale vytvořen jeho ukazatel.

```
deklarace : class base {
....
virtual void fce ( int ) = 0;
}
```

- virtuální metoda nemusí být definována – v tom případě hovoříme o čistě virtuální metodě, musí být deklarována.
- chceme využít jednu třídu jako Bázovou, ale chceme zamezit tomu, aby se s ní pracovalo. Můžeme v konstruktoru vypsat hlášení a ukončit exitem. Čistější je ovšem, když na to přijde překladač – tj. použít čistě virtuální metody
- deklarace vypadá: virtual void f (int)=0 (nebo =NULL/nullptr)
- tato metoda se dědí jako čistě virtuální, dokud není definována
- starší překladače vyžadují v odvozené třídě novou deklaraci anebo definici
- obsahuje-li objekt č.v.m. nelze vytvořit jeho instanci, může být ale ukazatel

```
class B {
public: virtual void vf1() {cout << ”bv”; }
        void f()           {cout << ”bn”; }
class C:public B{
        void vf1()     {cout << ”cv”;}   // virtual nepovinné
        void f()      {cout << ”cn”;}}

class D: public B {
        void vf1()     {cout << ”dv”;}
        void f()       {cout << ”dn”;}}

B b; C c;D d;
b.f();  c.f(); d.f();  // vola normální metody třídy
// tisk b c d – protože proměnné jsou typu B C D / překladač
b.vf1(); c.vf1(); d.vf1(); // vola virtuální metody třídy
// tisk b c d – protože proměnné vznikly jako B C D/ runtime
B* bp = &c; // ukazatel na bázovou třídu
// (přiřazení může byt i v ifu, a pak se neví co je dal)
bp->f();  // volá normální metodu třídy B
// tisk b, protože proměnná je typu B / překladač
bp -> vf1(); // vola virtuální metodu
// tisk c – protože proměnná vznikla jako typ c / runtime
```

## abstraktní bázové třídy

- Při tvorbě tříd někdy potřebujeme, aby bylo možné pracovat se třídami stejným principem, tj. aby se třídy „zvenku“ chovaly stejně. To je aby jejich část volání měla povinně určité metody. K tomu slouží abstraktní bázový typ, který slouží pouze jako základ pro potomky, ale sám se nevyužívá.
- má alespoň jednu čistou virtuální metodu (C++ přístup)
- neuvažuje se o jejím použití (tvorba objektu)
- obecně třída, která nemá žádnou instanci (objektový přístup)
- slouží jako společná výchozí třída pro potomky
- tvorba rozhraní

```
class X {
  public:
  virtual void f()=0;
  virtual void g()=0;
  void h() ;
}
X b; // nelze

class Y: X {
  void f() {}
}

Y b; opet nelze

class Z:  Y{
  void g(){}
}

Z c; uz jde
c.h() z X
c.f() z Y
c.g() z Z
```

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

# ŠABLONY, STL, RTTI

**Autor textu:**
**Ing. Miloslav Richter, Ph. D.**

Květen 2014

Komplexní inovace studijních programů a zvyšování kvality výuky na FEKT VUT v Brně
OP VK CZ.1.07/2.2.00/28.0193

**šablony (template)**

- dost často napíšeme kód a následně zjistíme, že bychom ho potřebovali několikrát, přičemž jediné čím se liší, je typ proměnné, se kterou pracuje (například funkce max, lineární seznam…). Toto může řešit princip šablon, kdy se napíše kód pro obecný typ a překladač si potom vygeneruje podle něj kód pro typ, který potřebuje.
- umožňují psát kód pro obecný typ
- vytvoří se tak návod (předpis, šablona) na základě které se konkrétní kód vytvoří až v případě potřeby pro typ, se kterým se má použít
- umisťuje se do hlavičkového souboru (předpis, netvoří kód).

```
template <typename T> T max ( T &h1, T &h2 )
{
return (h1>h2) ? h1 : h2 ;
}

double d,e,f;
int i;
d = max(e,f);
d = max(e,i);//nelze, parametry jsou různého typu
d = max<float>(e,i);// typ T stanoven explicitně
```

```
template <typename T>
T max ( T &h1, T &h2 )
{
return (h1>h2) ? h1 : h2 ;
}

double a, b, c;
c = max(b,a);
```

- template – klíčové slovo říkající, že se jedná o předpis
- použitelné pro každý typ, který je “schopen” prováděných operací (v příkladu výše typ, který má definován operátor > a kopykonstruktor pro vytvoření návratové hodnoty)
- Zápis <typename T> (původní zápis byl <class T>) určuje název zástupného typu = T. Tento typ je použit při psaní šablony. Při realizaci bude nahrazen reálným typem.
- konkrétní typ T se zjistí při použití. V příkladu výše double, proto je vytvořeno max, kde na místě T se objeví double
- díky přetížení je možné na základě template vytvoření funkce (či třídy) pro různé typy
- vytvoření je možné i ”silou”.Např. deklarací int max(int, int); nebo int max<int>(int,int)
- lze i template pro třídu
- lze uvést i více obecných typů,

```
template < typename T, typename S >
double max ( T h1, S h2 ) {return h1>h2 ? h1 : h2 ;}
// problém s určením “přesnějšího” typu
// vždy vrátí double

template < typename T, typename S >
auto max ( T h1, S h2 ) {return h1>h2 ? h1 : h2 ;}
// překladač zjistí, že se vrací dva různé typy
// (pokud může) určí “přesnější” a ten zvolí jako návratový
// auto – značí, že se typ odvodí z kontextu
// všechny returny musí vracet stejný typ

template < typename T, typename S >
auto max ( T h1, S h2 ) -> decltype (h1 + h2)
{return h1>h2 ? h1 : h2 ;}
// výsledný typ je odvozen z typu výsledku h1 + h2
```

**`template <typename T, int nn=10>` …**

- výrazový parametr nn, pokud použijeme nn, pak se nahradí zadaným číslem (nebude-li zadán, potom hodnotou 10) <int, 22>

```
template < class T = char>  // implicitní parametr je char
// starý zápis s class místo typename
struct A {
T a , b ;
T fce ( double, T, int )
}

T A<class T>:: fce (double a, T b,int c) {}

potom
A <double>c, d;
budou c,d typu A<double>,proměnné a,b ve struktuře jsou double
A <int> g, h;
budou g,h  A<int>, kde proměnné a,b ve struktuře jsou int
A <> x,y; // využití implicitního parametru pro určení typu
budou x,z  A<char>, kde proměnné a,b ve struktuře jsou char
```

- specifikace jména typu získaného z parametru šablony (např. enum ve třídě)

```
template<typename T>
class X {
typedef typename T::InnerType Ti;
// synonymum pro typ uvnitř T
int m(Ti o) { ..... }
}
```

- šablony lze i přetěžovat – vytvořit specializaci pro daný typ
  (má přednost; pro ostatní typy se volá šablona původní)

```
template<typename T> class TSpec     {T x; }
template< >          class TSpec<int> {long x;}// specializace
```

**auto**

- klíčové slovo pro určení typu proměnné bez uvedení konkrétního typu
- konkrétní typ je odvozen ze souvislostí
- nutné pro programování šablon
- zhoršuje čitelnost programu (určení konkrétního typu proměnné je nutné odvodit)

```
double f () {return 3.14;}
auto aa = 5; // 5 je int a proto i aa je int
auto bb = aa; // aa je int a proto i bb je int
auto cc = f(); // všechny f() musí vracet stejný typ
// cc je double, protože návratová hodnota f je double

template <typename T, typename S>
auto funkce(T aa,S bb) -> decltype(aa+bb)
// typ výsledku funkce je odvozen z typu výsledku aa+bb

template <typename T, typename S>
auto funkce(T aa,S bb) { return (aa+bb);}
// od C++14 se typ odvodí z typu návratové hodnoty
// všechny návratové hodnoty musí být stejného typu
```

**„chytré“ ukazatele – unique_ptr, shared_ptr, weak_ptr**

```
void fce(void)
{
int *pu = new int; // dynamicky alokovaná paměť
TTyp aa; // objekt třídy obsahující dynamická data

if ( … )
   throw “Err12“; // vyvolání výjimky ukončí funkci.
                  // volají se destruktory objektů -> paměť
                 // v aa je odalokována destruktorem
                 // paměť alokovaná do pu se ztratí

// nedojde-li k výjimce
delete pu; // o odalokování se musí starat programátor
} // objekt odalokuje paměť automaticky v destruktoru
```

- potřebujeme, aby se ukazatele chovaly jako by byly v objektu -> dáme je do objektu a vytvoříme mu rozhraní, aby se s nim pracovalo jako s ukazatelem
-

## „chytré“ ukazatele – unique_ptr, shared_ptr, weak_ptr

```
void fce(void)
{
//shared_ptr<int> dp = new int; *dp = 3;// nefunguje s auto
shared_ptr<int> dp = make_shared<int>(3);//lepší.Lze  auto dp=
   // konstruktor uloží ukazatel do proměnné dp
TTyp aa; // objekt třídy obsahující dynamická data

*dp = 3; // přetížený operátor * umožní práci s hodnotou
         // odkazovanou ukazatelem uloženým v dp

if ( … )
   throw “Err12“; // vyvolání výjimky ukončí funkci
                  // volají se destruktory objektů -> paměť
                 // v aa je odalokována destruktorem.
                 // objekt je i dp => odalokuje se i jeho paměť

// nedojde-li k výjimce
}//objekty dp i aa odalokují paměť automaticky v destruktorech
```

**„chytré“ ukazatele – unique_ptr, shared_ptr, weak_ptr**

- „obaly“ pro ukazatele, které mají „vylepšené“ vlastnosti (například při konci života odalokují naalokovanou paměť)
- „bezstarostné“ ukazatele – umožňují volněji programovat a zamezit leakům v paměti
- výhoda při výjimkách – odalokuje se paměť
- prototypy ve standardní knihovně <memory> => v prostoru std

- automatické odalokování naalokované paměti přístupné pomocí tohoto objektu
- "garbage collector" - automatické odalokování v místě zániku "nosiče"
- pozor v některých částech (výjimka v konstruktoru …) je nutné ošetřit jinak

- přístup k hodnotám pomocí operátoru * (vrací typ pointeru podle typu xxx_ptr) a get() (vrací ukazatel na "skutečný" uložený typ).
- metoda release vrátí objekt, a xxx_ptr "vlastní" nullptr

```
shared_ptr<double> apd (new double);
// ukazatel se vloží, apd je jediným vlastníkem objektu
 *apd.get() = *apd; // dva způsoby přístupu
 double *up = &*apd ; // zjištění adresy, operátor * vrátí
// dereferencovaný vnitřní prvek,
// operátor & zjistí jeho adresu
```

**„chytré“ ukazatele – unique_ptr, shared_ptr, weak_ptr**

**unique_ptr**

- unique_ptr pro unikátní vlastnictví paměti – je to „handle“ na ukazatel,
- stávají se (jedinými) vlastníky objektu vloženého pomocí ukazatele
- při přiřazování mezi unique_ptr se objekt přesouvá „move“
- při svém zániku odalokuje odkazovaný objekt
- má specializaci pro pole
- podporuje operátory *(vhodné pro základní typy), ->(vhodné pro přístup do struktury), [] (bez pointerové aritmetiky)

pro pole

```
unique_ptr <double []> x(new double[xx]);
```

přístup

```
x[i] nebo x.get()[i]
```

## „chytré“ ukazatele – unique_ptr, shared_ptr, weak_ptr

```
{
int *pu = new int;
//unique_ptr<double> dp = new double; *dp = 3.14;
unique_ptr<double> dp = make_unique<double>(3.14);
if ( ) return 1; // neodalokuje pu, dp se odalokuje
if ( ) throw “chyba“; // neodalokuje pu, dp se odalokuje

unique_ptr<double> dp2 = std::move(dp);
// dp je „prázdný“
// využívá move operator=, proto musí být na pravé straně
// rhodnota, která se vytvoří (z lhodnoty dp) pomocí move
//„normální“ operátor= by vytvořil kopii(už by nebyl unikátní)
// a proto je zakázán (nepřeloží se)

delete pu; // odalokuje pu
} // zanikne dp2 i dp (to neodalokuje nic, protože je prázdné)
```

**„chytré“ ukazatele – unique_ptr, shared_ptr, weak_ptr**

**shared_ptr**

- shared_ptr slouží pro společné vícenásobné sdílení paměti – společně s kopií shared_ptr se o ní vytváří záznam. Součástí je počítadlo, které počítá, kolik objektů na vložený prvek odkazuje
- "odalokování" nebo zrušení probíhá tak, že se odečítá počítadlo. Poslední prvek zruší i odkazovaný objekt
- Do funkcí předávat pomocí hodnoty, pokud potřebujeme zaručit aby objekt existoval; to předávání pomocí reference nezaručí (není započítán odkaz); kopie vytvářet přes kopykonstruktor nebo = (ne přes vnitřní ukazatel)
- nelze do něj přiřadit/vložit ukazatel
- přiřazení shared_ptr – levý parametr opustí/odalokuje objekt, který odkazuje, a začne odkazovat nový parametr

- make_shared - podle parametrů zavolá odpovídající konstruktor a vytvoří objekt, který vloží do shared_ptr

**weak_ptr**

- realizuje dočasné vlastnictví
- nevlastní vložený ukazatel, odkazuje na objekt zprostředkovaně přes vlastníka (shared_ptr, unique_ptr), umí sdílet ukazatele s shared_ptr, aniž by je vlastnil
- pro přístup/práci nutno zkonvertovat na shared_ptr pomocí lock (tím se "zablokuje" případné zrušení původního shared_ptr v této době). Použijeme unique_uk.lock(), který vrátí shared_ptr
- Dá se zjistit, zda originál stále existuje (weak_ptr != nullptr, nebo metoda expired)

```
weak_ptr<double> xx;
shared_ptr<double>bb (new double);
xx = bb;
...
shared_ptr aa = xx.lock();
if (xx)
   // ukazatel je v pořádku => bb ještě existuje
else
   // ukazatel je nullptr => bb již zaniklo
// jednodušeji
if (xx.expired())
  // bb je zrušeno
else
// bb je ještě validní
```

**Dynamická identifickace typu (Run Time Type Identification)**

- slouží ke zjištění "skutečného" typu nebo srovnání "stejnosti" dvou typů
- třída std:: type_info
- operátory (klíčová slova) – **`typeid, xxx_cast`**
-

**typeid** (operátor)
- slouží ke zjištění typu výrazu za chodu programu nebo porovnání typů dvou proměnných
- vrací objekt třídy **`std::type_info`**
- za chodu umí určit pouze typ třídy s virtuální metodou (polymorfizmus)

**typeinfo**
- v hlavičce **`typeinfo`**
- porovnání "tříd" pomocí v ní definovaných operátorů (== a !=)
- metoda **`name`** pro zjištění jména typu (char *)

```
typeid(aaa).name
```

**dynamic_cast<typ>(prevadeny_vyraz)**
- přetypování mezi potomky; kontroluje, zda je možné; jinak vrátí nullptr, pro reference výjimku std::bad_cast
- pro "virtual"; přetypovává se ukazatel nebo reference
- pokud máme v poli ukazatele na bázi, přetypujeme na "skutečný" typ (potomka), nebo naopak
- Derived2 *d2; Derived1 *d1 = dynamic_cast<Derived1*> (d2);

**static_cast**
- obyčejná přetypování
- dále využití k přetypování mezi "nevirtuálními" potomky
- nekontroluje převáděné typy (musí však existovat platný konverzní mechanizmus)

**const_cast**
- manipulace s const a volatile u proměnných
- typ zůstává zachován

**reinterpret_cast**
- převody čísel na ukazatele a zpět
- převody ukazatelů na různé typy mezi sebou (nebezpečné převody)

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

# VSTUPY A VÝSTUPY STREAMY

**Autor textu:**
**Ing. Miloslav Richter, Ph. D.**

Květen 2014

Komplexní inovace studijních programů a zvyšování kvality výuky na FEKT VUT v Brně
OP VK CZ.1.07/2.2.00/28.0193

**Vstupy a výstupy v jazyce C++**

- přetížení (globálních) operátorů << a >>
- typově orientovány
- jazyk C++ dává možnost řešit vstup a výstup proměnných (na V/V zařízení) podstatně elegantněji než jazyk C. Tyto mechanizmy se postupně vyvíjejí, v poslední době využívají vlastnosti objektů, šablon, dědění i přetěžování funkcí. Existují společné vlastnosti operací s proměnnou a V/V, které jsou specializované pro standardní typy.

```
int i;
double j;
char k[]="text";

cin >> i >> j >> k;
cout << i << "text" << j << k << endl;

ostream & operator << (ostream &st, Typ& p) {… return st;}
istream & operator >> (istream &st, Typ& p) {… return st;}
```

**Vstupy a výstupy v jazyce C++**

- knihovní funkce (ne klíčová slova) (ios pro char; wios pro wchar_t, …)
- vstup a výstup je zajišťován přes objekty, hierarchie tříd
- stream je abstrakce I/O zařízení, které je ”napojeno” na soubor, paměť, standardní (seriové) zařízení
- standardní objekty pro vstupy a výstupy (streamy) spojené s konzolami –
  cin, cout, cerr, clog pro char
  wcin, wcout, wcerr, wclog pro wchar_t
- knihovny xxxstream (http://www.cplusplus.com/reference/iolibrary/)
  <ios> definuje základní třídy a konstanty
  <streambuf> definuje buffery (přístup na zařízení potom není přímý pro každou operaci)
  <istream> standardní vstup – základní vlastnosti
  <ostream> standardní výstup – základní vlastnosti
  využívané knihovny:
  <iostream> standardní vstup/výstup (základní komunikace; cin, cout …)
  <fstream> streamy pro soubory; mají buffery
  <sstream> streamy pro řetězce (paměť)

<iomanip> standardní manipulátory (globální funkce pro práci se streamy, mění vlastnosti jako je formát …)

***práce se streamy***

- vstup a výstup základních typů přes konzolu
- formátování základních typů
- práce se soubory
- implementace ve třídách
- obecná realizace streamu

***vstup a výstup přes konzolu***

- přetíženy operátory << a >> pro základní typy
- výběr na základě typu proměnné
- předdefinován cout, cin, cerr, clog (+ w…)
- knihovna <iostream>
- zřetězení díky návratové hodnotě typu stream
- vyprázdnění (případného) bufferu – **flush, endl** (´\n´+flush), ends (´\0´+flush) V obecném kódu dávat přednost použití ´\n´ - buffery se vyprázdní po naplnění (např. pro disk výhodnější). Vyprázdnění bufferu může být výhodné pro standardní konzolu

```
cin >> i >> j >> k;
cout << i << ”text” << j << k << endl;

xstream & operator xx (xstream &, Typ& p) {  }
```

***vstup a výstup – další manipulátory***

- vypouštění bílých znaků – manipulátory - přepínače **ws, noskipws, skipws** (přeskakuje BZ na začátku, nepřeskakuje, vynechá bílé znaky (default))
  bílý znak – (isspace()) tab, enter, mezera
- načítá-li se proměnný počet znaků (get, getline, ignore, read)–
  **gcount** vrátí skutečný počet
- načtení celého řádku
  **getline(kam,maxkolik,** delim**)** – čte řádek po \n nebo delim (zahodí),
  **get(kam, maxkolik,** delim**)** – čte řádek (\n nebo *delim* nenačte)
- načtení znaku **get**(char&c) – čte jeden znak
- **put** – uložení znaku (Pouze jeden znak bez vlivu formátování)
- vrácení znaku – **putback**
- ”vyčtení” znaku tak aby zůstal v zařízení – **peek**

```
int i,j; char txt[100];
 cout << ” zadejte dvě celá čísla \n”;
 cin >> i >> std::noskipws >> j >> txt;
 cout << std::cin.gcount() << ´\n´ << I << ”/” << j << ”=” <<
                                   double(i) / j << endl;
```

***Zjištění stavu streamu***

- pro oznámení stavu jsou uvnitř objektu streamu bity
- bity pro zjišťování stavu jsou definovány – ios_base::io_state
- **goodbit** – v pořádku
- **badbit** – vážná chyba (např. chyba zařízení, ztráta dat linky, přeplněný buffer …) – problém s bufferem (HW)
- **failbit -** méně závažná chyba, načten špatný znak (např. znak písmene místo číslice, neotevřen soubor ) – problém s formátem (daty)
- **eofbit** – dosažení konce souboru

Pro zjištění stavu (bitů) je možné použít metody streamu

- zjištění konce souboru – metoda **eof** – ohlásí až po načtení prvního za koncem souboru
- zjištění pomocí metod – **good( ), bad( ),fail( )**(fail+badbit)**, eof( )**

*Zjištění stavu streamu*

- zjištění stavu pomocí manipulace se stavovými bity

```
if(is.rdstate()&                    // rdstate načte chybové bity
      (ios_base::badbid|ios_base::failbit)) …
```

- po nastavení bitu (po chybě, po dosažení konce souboru je nutné smazání nastaveného bitu) – některé funkce provedou automaticky (**seek**…) nebo pomocí **clear(bit)**

- při chybě se mohou generovat výjimky (ios_base:: ; ifstream::)**failure**. Výjimky je možné vybrat/nastavit pomocí **exceptions (iostate ist)**

```
fstream is;
iostate orig = fstream::exceptions();

is.exeptions (fstream::failbit | fstream::eofbit);

try {  }

catch (fstream::failure &val) { }

is.exceptions(orig);
```

***formátování základních typů***

- je možné pomocí modifikátorů, manipulátorů  nebo nastavením formátovacích bitů
- ovlivnění tvaru, přesnosti a formátu výstupu
- může být v <**iomanip**>
- přetížení operátorů << a >> pro parametr typu manip, nebo pomocí ukazatelů na funkce
- přesnost výsledku má přednost před nastavením
- *manipulátory* - funkce pracující s typem stream – mají stream & jako parametr i jako návratovou hodnotu, mění parametry streamu
- slouží buď pro nastavení nové, nebo zjištění stávající hodnoty
- některé působí na jeden (následující) výstup, jiné trvale
- bity umístěny ve třídě ios (staré streamy), nově v **ios_base** – kde jsou společné vlastnosti pro input i output, které nezávisí na templatové interpretaci (ios)

*formátování*

- **i = os.width(j)** – šířka výpisu, pro jeden znak, default 0 **-** metoda
- **os << setw(j) << i; -** šířka výpisu pomocí manipulátoru
- **i = os.fill(j)** – výplňový znak, pro jeden výstup, default mezera
- **os<<setfill(j) << i;**

- změna vlastností pomocí nastavení řídících bitů –
- pro uchování nastavení bitů je předdefinován typ **fmtflags**
- pomocí **setf** () s jedním parametrem (do)nastaví bity (vrátí současné)
- **setf** se dvěma parametry – nastavení bitu + nulování ostatních bitů ve skupině (označení bitu, označení společné skupiny bitů)(vrátí původní)
- nulování bitů – **unsetf**
- někdy (dříve) setioflags, resetioflags, flags

- **ios_base::left, ios_base::right, left, right -** zarovnání vlevo vpravo –
  **fmtlags orig = os.setf(ios_base::left, ios_base::adjustfield)** – manipulátory bity nastaví i nulují

- **ios_base::internal**, internal – znaménko zarovnáno vlevo, číslo vpravo
- bity **left, right, internal** patří do skupiny **ios_base::adjustfield**

- **ios_base::showpos**, manipulátor **showpos, noshowpos** – zobrazí vždy znaménko (+, **-**)
- **ios_base::uppercase, uppercase, nouppercase** – zobrazení velkých či malých písmen v hexa a u exponentu

- **ios_base:: dec,ios_base::hex, ios_base::oct, dec, oct, hex** – přepínání formátů tisku (bity patří do skupiny – **ios_base::basefield**)
- **setbase** – nastavení soustavy

- **ios_base::showbase, showbase, noshowbase** – tisk 0x u hexa

- **ios_base::boolalpha, boolalpha, noboolalpha** – tisk ”true”, ”false”

- **os.precision(j)** – nastavení přesnosti, významné číslice, default 6
- **os<<setprecision(j) << i**
- **ios_base::showpoint, showpoint, noshowpoint** – nastavení tisku desetinné tečky
- **ios_base::fixed, fixed** – desetinná tečka bez exponentu
- **ios_base::scientific, scientific** – exponenciální tvar
- bity **fixed, scientific** patří do **ios_base::floatfield**

- **eatwhite** – přeskočení mezer, **writes** – tisk řetězce …

***práce se soubory***

- podobné mechanizmy jako vstup a výstup pro konzolu
- přetížení operátorů >> a <<
- fstream, ofstream, ifstream, iofstream
- objekty – vytváří se konstruktorem, zanikají destruktorem
- první parametr – název otevíraného souboru
- lze otevřít i metodou open, zavřít metodou close
- metoda is_open pro kontrolu otevření (u MS se vztahuje na vytvoření bufferu a pro test otevření se doporučuje metoda fail() )

```
ofstream os(”nazev souboru”);
os << ”vystup”;
os.close( );
os.open(”jiny soubor.txt”);
if (!os.is_open()) …
```

***Práce se soubory***

- druhý parametr udává typ otevření, je definován jako enum v ios_base
- **ios_base::in** pro čtení (nastavení interního bufferu)
- **ios_base::out** pro zápis
- **ios_base:: ate** po otevření nastaví na konec souboru
- **ios_base::app** pro otevření (automaticky out) a zápis (vždy) za konec souboru
- **ios_base::binary** práce v binárním tvaru
- **ios_base::trunc** vymaže existující soubor

```
ofstream os(”soub.dat”,
          ios_base::out|ios_base::ate|ios_base::binary);
istream is(”soub.txt”,ios_base::in);
fstream iostr(”soub.txt”,
                ios_base::in | ios_base::out);
```

- ios::nocreate - nově nepodporováno - otevře pouze existující soubor (nevytvoří)
- ios::noreplace - nově nepodporováno - otevře pouze když vytváří (neotevře existující)

zdroj: www.devx.com
záměna nocreate

```
fstream fs(fname, ios_base::in);
// attempt open for read
if (!fs)
{
 // file doesn't exist; don't create a new one
}
else //ok,file exists. close and reopen in write mode
{
 fs.close();
 fs.open(fname,ios_base::out); //reopen for write
}
```

záměna noreplace

```
fstream fs(fname, ios_base::in);
// attempt open for read
if (!fs)
{
 // file doesn't exist; create a new one
 fs.open(fname, ios_base::out);
}
else //ok, file exists; ??close and reopen in write mode??
{
 fs.close()
 fs.open(fname, ios_base::out); //???
// reopen for write (???)
}
```

***Binární přístup ke streamu***

- práce s binárním souborem **write(bufer, kolik), read(bufer,kolik)**
- pohyb v souboru – **seekp** (pro výstup) a **seekg** (pro vstup), parametrem je počet znaků a odkud **(ios_base::cur, ios_base::end, ios_base::beg**)
- zjištění polohy v souboru **tellp** (pro výstup) a **tellg** (pro vstup)
- **ignore** – pro přesun o daný počet znaků, druhým parametrem může být znak, na jehož výskytu se má přesun zastavit. na konci souboru se končí automaticky

***implementace ve třídách***

- třída je nový typ – aby se chovala standardně – přetížení << a >> pro streamy

```
istream& operator >> (istream &s, komplex &a ) {
char c = 0;
s >> c; // levá závorka
s >>a.re>>c;//reálná složka a oddělovací čárka
s>>im>>c;//imaginární složka a konečná závorka
 return s;
}

ostream &operator << (ostream &s, komplex &a ) {
s << ‘ ( ’ << a.real << ‘,’ << a.imag << ‘) ‘;
return s;
}
```

knihovní template mají formát uvedený níže
*charT* je typ se kterým se pracuje (char, wchar_t …)
*Traits* určuje/definuje doplňkové vlastnosti pro práci s daným typem (typy pro základní znak, pozici, offset, size; funkce porovnání lt, eq, assign, compare, move, copy, length, eof …).
Základní *Traits* lze zdědit a předefinovat (např. funkci *lt* pro srovnání „podle abecedy“)

```
template<class charT, class Traits>
basic_ostream<charT, Traits> &
operator <<(basic_ostream <charT, Traits>& os,
const Komplex & dat)
```

***obecná realizace***

- streamy jsou realizovány hierarchií tříd, postupně přibírajících vlastnosti
- zvlášť vstupní a výstupní verze
- ios*_base – obecné definice, většina enum konstant (dříve ios), bázová třída nezávislá na typu – ios*base
- **streambuf** – třída pro práci s bufery – buďto standardní, nebo v konstruktoru dodat vlastní (pro file dědí filebuf, pro paměť streambuf, pro konzolu conbuf …)(streamy se starají o formátování, bufery o transport dat), pro nastavení (zjištění) buferu rdbuf
- istream, ostream – ještě bez buferu, už mají operace pro vstup a výstup (přetížené << a >>) – iostream
- ifstream, ofstream – pro práci s diskovými soubory, automaticky buffer, fstream.h
- iostringstream, stringstream – pro práci s řetězci, paměť pro práci může být parametrem konstruktoru – sstream.h
- iostream = istream + ostream (obousměrný) (dříve xxx_withassign – rozšíření (istream, ostream) , přidává schopnost přesměrování (např. do souboru, )) – definuje cin, cout ...
- nekombinovat cin, wcin (a printf)
- nedoporučuje se dělat kopie, nebo přiřazovat streamy
- stav streamu je možné kontrolovat i pomocí **if (!sout)**, kdy se používá přetížení operátoru !, které je ekvivalentní **sout.fail(),** nebo lze použít **if (sout),** které používá přetížení **operátoru ()** typu **void *operator ()**, a který vrací **!sout.fail().** (tedy nevrací good ).
-

**deklarace třídy uvnitř jiné třídy (o)**

- jméno vnořené třídy (struktury) je lokální
- vztahy jsou stejné jako by byly definovány nezávisle (To je, ve třídě A máme jednodušší zápis přístupu k B, ale přístupová práva jsou stejná, jako by byla B definována mimo A.)
- jméno se deklaruje uvnitř, obsah vně
- použití pro pomocné objekty, které chceme skrýt

```
class A {
   class B; // deklarace (názvu) vnořené třídy
   B y; // objekt třídy B definován ve třídě A
    .....
}

class A::B { // vlastní definice těla třídy
   .....
}

A::B x; // objekt třídy B definován vně třídy A
```

**mutable (o)**

- označení proměnných třídy, které je možné měnit i v const objektu
- například objekt s (konstantními=neměnnými) daty, který obsahuje čítač, kolikrát je tento objekt odkazován –> čitač se musí měnit
- statická data nemohou být mutable

```
class X {
public :
mutable int Pocet_odkazu ;
int Data ;
}

class Y { public: X x; }

const Y y ;
y . x . Pocet_odkazu ++ ;     může být změněn
y . x . Data ++ ;     chyba
```

**Lambda funkce (closure)**

-
- Funkce napsaná přímo v kódu, většinou jednoduchá, bez vícenásobného použití
- closure - struktura/objekt obsahující funkci společně s odkazy na parametry (v okolí)
- **sort (a.begin(),a.end(), [](X& c,X &b) ->bool {return c.iX < b.iX;})**
- FunkceA může být argumentem jiné funkce - například funkce prochází data a hledá "něco" (to mohou být např.: minimum, maximum, data odpovídající podmínkce …). A právě FunkceA může být ta, která řekne, zda jsme našli co jsme hledali. Funkce tedy prochází prvky a zkoumá je (pokaždé jinou) pomocí FunkceA.

**Lambda funkce**

lambda výraz je  objekt, lze ho uložit do proměnné a následně použít

```
// definice lambda funkce
auto vzdalenost = [](b1,b2)->double
                {return min(abs(b1.x-b2.x),abs(b1.y-b2.y));}
// volání
double v = vzdalenost(a,b);

// predani lambda funkce do jiné funkce
v = vyres(pole1, pole2, vzdalenost);


// volaná funkce
double vyres(Complex p1[], Complex p2[],
                      double (*fce)(complex a, complex b)))
{… vmin = fce(p1[i],p2[i]);… }

double vyres(… ,[]() {  });
// lze napsat přímo do volání -> (odsud označení)
nepojmenovaná/anonymní funkce
```

**Lambda funkce**

Při potřebě jednoduché funkce můžeme použít lambda funkci. Často náhrada makra.

```
auto fce = []()->int {... return y;}//definice lambda funkce
fce() - volání lambda funkce může ihned následovat
```

**auto -** překladač zvolí datový typ pro vytvářenou funkci (ukazatel na funkci se správnými parametry)

**fce -** název lambda funkce, pomocí kterého se bude volat

**[]** capture (záchyt) specifikace, uvádí definici lambda funkce, uvádí sdílení lokálních proměnných mezi volající a lambda funkcí

**()** seznam parametrů funkce (bez parametrů není nutné uvádět-zhorší čtivost) - stejný význam jako u klasických funkcí

**-> int** pokud se vrací různé datové typy je nutno návratový typ takto určit, jinak se návratová hodnota  určí z returnu nebo je void

**{}** tělo lambda funkce - stejné jako u klasické funkce,

**Lambda funkce**

Lambda funkce se z hlediska parametrů v kulatých závorkách chová jako klasická funkce - jsou lokální. Může ovšem sdílet i parametry funkce, ve které je definována (volána).

**[]** capture žádnou proměnnou

**[&]** capture všechny použité proměnné pomocí referencí

**[=]** capture všechny použité proměnné pomocí kopie (jelikož u objektu zkopíruje this, jsou všechny proměnné třídy dány referencí !)

**[x,&y,this]** capture pouze vyjmenované proměnné hodnotou nebo referencí

**[=,&x]** vše hodnotou, kromě vyjmenovaných

## Lambda funkce

- **[ ] {…} ()** nadefinovaná a zavolaná lambda funkce bez parametrů (sekce definice parametrů je vynachána, protože je prázdná).

- Realizace (překlad) může být pomocí funkčních objektů (třída s definovaným operator()) jsou-li parametry v [], nebo funkcí pro prázdné capture []. Parametry jsou součástí konstruktoru.

- generic lambda: **auto xx = [](auto b){}** // použití místo šablony

- **auto a = [x,y]() ->double {return x*x+y*y} ();** vezme lokální hodnoty x a y a vypočítá z nich inicializační hodnotu pro a. Lambda je "spuštěna" pomocí závěrečných (). Při předání x nebo y referencí může změnit i tyto hodnoty

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

# OPAKOVÁNÍ, SHRNUTÍ OBJEKTOVÉHO PROGRAMOVÁNÍ A C++

## Autor textu:

Květen 2014

Komplexní inovace studijních programů a zvyšování kvality výuky na FEKT VUT v Brně
OP VK CZ.1.07/2.2.00/28.0193

**Shrnutí tříd**

```
//======= komplex2214p.cpp - kód aplikace ============

#include "komplex2214.h"

char str1[]="(73.1,24.5)";
char str2[]="23+34.2i";

int main ()
{
Komplex a;
Komplex b(5),c(4,7);
Komplex d(str1),e(str2);
Komplex f=c,g(c);
Komplex h(12,35*3.1415/180.,Komplex::eUhel);
Komplex::TKomplexType typ = Komplex:: eUhel;
Komplex i(10,128*3.1415/180,typ);

d.PriradSoucet(b,c);
e.Prirad(d.Prirad(c));
d.PriradSoucet(5,c);
```

```
d.PriradSoucet(Komplex(5),c);

e = a += c = d;
a = +b;
c = -d;
d = a++;
e = ++a;
if (a == c)    a = 5;
else           a = 4;

if (a > c)      a = 5;
else            a = 4;

if (a >= c)     a = 5;
else            a = 4;

b = ~b;
c = a + b + d;
c = 5 + c;

int k = int (c);
int l = d;
```

```
float m = e; // pozor - použije jedinou možnou konverzi a to přes int

//?? bool operator&&(Komplex &p) {}
if (a && c) // musí být implementován - neni-li konverze (např. zde
// se proháčkuje přes konverzi int, kde je && definována)
     e = 8; // u komplex nesmysl

Komplex n(2,7),o(2,7),p(2,7);
n*=o;
p*=p; // pro první realizaci n*=n je výsledek n a p různy i když
// vstupy jsou stejné

if (n!=p)  return 1;
return 0;
}

//======== komplex2214.h - hlavička třídy ============
// trasujte a divejte se kudyma to chodi, tj. zobrazte *this, ...
// objekty muzete rozlisit pomoci indexu

#ifndef KOMPLEX_H
#define KOMPLEX_H
```

```
#include <math.h>

struct Komplex {
enum TKomplexType {eSlozky, eUhel};
static int Poradi;
static int Aktivnich;
double Re,Im;
int Index;

Komplex(void) {Re=Im=0;Index = Poradi;++Poradi;++Aktivnich; }
inline Komplex
                (double re,double im=0, TKomplexType kt = eSlozky);
Komplex(const char *txt);
inline Komplex(const Komplex &p);
~Komplex(void) {--Aktivnich;}

void PriradSoucet(Komplex const &p1,Komplex const &p2)
                {Re=p1.Re+p2.Re;Im=p1.Im+p2.Im;}

Komplex Soucet(const Komplex & p)
                {Komplex pom(Re+p.Re,Im+p.Im);return pom;}
```

```
Komplex& Prirad(Komplex const &p)
                    {Re=p.Re;Im=p.Im;return *this;}

double faktorial(int d)
                     {double i,p=1; for (i=1;i<d;++i) p*=i; return p; }

double Amplituda(void)const
                     {   return sqrt(Re*Re + Im *Im);}

bool JeMensi(Komplex const &p)
                    {return Amplituda() < p.Amplituda();}

double Amp(void) const;

bool JeVetsi(Komplex const &p)
                      {return Amp() > p.Amp();}

// operatory
Komplex & operator+ (void)
                       {return *this;}
// unární +, může vrátit sám sebe, vrácený prvek je totožný s prvkem, // který to vyvolal
```

```
Komplex operator- (void)
                        {return Komplex(-Re,-Im);}
// unární -, musí vrátit jiný prvek než je sám

Komplex & operator++(void)
                    {++Re;++Im;return *this;}
// nejdřív přičte a pak vrátí, takže může vrátit sám sebe
// (pro komplex patrně nesmysl)

Komplex operator++(int) {++Re;++Im;return Komplex(Re-1,Im-1);}

//vrací původní prvek, takže musí vytvořit jiný pro vrácení

Komplex & operator= (Komplex const &p)
                    {Re=p.Re;Im=p.Im;return *this;}
// bez const v hlavičce se neprelozi nektera přiřazeni,
// implementováno i zřetězení

Komplex & operator+=(Komplex &p)
                     {Re+=p.Re;Im+=p.Im;return *this;}
// návratový prvek je stejný jako ten, který to vyvolal, takľe se dá
// vrátit sám
```

```
bool operator==(Komplex &p)
        {if ((Re==p.Re)&&(Im==p.Im)) return true;else return false;}

bool operator> (Komplex &p)
                {if (Amp() > p.Amp()) return true;else return false;}
// může být definováno i jinak

bool operator>=(Komplex &p)
                {if (Amp() >=p.Amp()) return true;else return false;}

Komplex operator~ (/*Komplex &p*/ void)
                {return Komplex(Re,-Im);}

// bylo by dobré mít takové operátory dva jeden, který by změnil sám // prvek a druhý, který
by prvek neměnil

Komplex& operator! ()
                {Im*=-1;return *this;}; // a tady je ten operátor
// co mění prvek. Problém je, ľe je to nestandardní pro tento operátor
// a zároveň se mohou plést. Takľe bezpečnějąí je nechat jen ten první
// bool operator&&(Komplex &p) {}
```

```
Komplex operator+ (Komplex &p)
                        {return Komplex(Re+p.Re,Im+p.Im);}

Komplex operator+ (float f)
                         {return Komplex(f+Re,Im);}

Komplex operator* (Komplex const &p)
        {return Komplex(Re*p.Re-Im*p.Im,Re*p.Im + Im * p.Re);}

Komplex &operator*= (Komplex const &p)
// zde je nutno pouľít pomocné proměnné, protoľe
// je nutné pouľít v obou přiřazeních obě proměnné
                 {double pRe=Re,pIm=Im;
                 Re=pRe*p.Re-Im*p.Im;Im=pRe*p.Im+pIm*p.Re;
                return *this;}
// ale je to ąpatně v případě, ľe pouľijeme pro a *= a;, potom první
// přiřazení změní  i hodnotu p.Re a tím nakopne výpočet druhého
// parametru (! i kdyľ je konst !)

// {double pRe=Re,pIm=Im,oRe=p.Re;
// Re=pRe*p.Re-Im*p.Im;Im=pRe*p.Im+pIm*oRe;return *this;}
```

```
// verze ve ktere přepsání Re sloľky jiľ nevadí
// friend Komplex operator+ (float f,Komplex &p); //není nutné
// pokud nejsou privátní proměnné

operator int(void)
        {return Amp();}
};

inline Komplex::Komplex(double re,double im, TKomplexType kt )
{
Re=re;
Im=im;
Index=Poradi;
++Poradi;
++Aktivnich;

if (kt == eUhel)
   {Re=re*cos(im);Im = Re*sin(im);}
}
```

```
Komplex::Komplex(const Komplex &p)
{
Re=p.Re;
Im=p.Im;
Index=Poradi;
++Poradi;
++Aktivnich;
}

#endif

//======= komplex2214.cpp - zdrojový kód třídy ============
// trasujte a divejte se kudyma to chodi, tj. zobrazte *this, ...
// objekty muzete rozlisit pomoci indexu

#include "komplex2214.h"

int Komplex::Poradi=0;
int Komplex::Aktivnich=0;

Komplex::Komplex(const char *txt)
{
```

```
/* vlastni alg */;
Re=Im=0;
Index = Poradi;
++Poradi;
++Aktivnich;
}

double Komplex::Amp(void)const
{
return sqrt(Re*Re + Im *Im);
}

Komplex operator+ (float f,Komplex &p)
{
return Komplex(f+p.Re,p.Im);
}
```

**C v C++**

- může se stát, že je nutné kombinovat program ze zdrojů v C i C++, předpokládá se volání C z C++, opačná varianta je dosti krkolomná
- různé jazyky mají odlišné volání funkcí (různý způsob a pořadí pro: ”úklid” registrů, předávání parametrů, vytváření lokálních proměnných …)
- jelikož části programů mohou být napsány či přeloženy v různých jazycích (např. knihovny (dll, obj) mohou být pro pascal ….) je nutno při jejich volání zohlednit způsob jejich vytvoření.
- jako parametr v hlavičce funkce musí být pro tyto případy uveden způsob volání
- rozdílný je i způsob funkcí v C a C++
- musíme ošetřit volání funkcí v jazyce C z prostředí v C++

```
#ifdef  __cplusplus
extern ”C”
#endif
{
// celý tento blok bude mít volání jazyka C
float fce(int);
…
}
```

- rozdíly je nutné zohlednit i při definici ukazatelů na funkce v části psané v C++
- C ukazatelům potom musíme přiřazovat C funkce a C++ ukazatelům C++ funkce

int (*pf) (int i) ;  - C++ volání v jazyce C++ (nebo C v C)

extern ”C” {typedef int (*pcf) (int) }  - C volání v C++

pcf pc; pc = &cfun; (*pc)(10);

Pravidla pro volání konstruktorů a destruktorů (automatické (definice objektů) i dynamické proměnné (vytvoření pomocí new))

1) volání konstruktorů (v každém kroku se začíná od a), pokud byl bod na dané úrovni vyřešen, pokračuje se dalším)

a) konstruktor bázové třídy (existuje-li bázová třída, a zde opět od a))

b) konstruktory objektů třídy (existují-li, v pořadí daném definicí objektů ve třídě. Pro každý objekt se provádí a) b) c) ). Předepsané konstruktory v hlavičce konstruktoru neurčují pořadí ale typ.

c) vlastní tělo konstruktoru

2) volání destruktorů – je v opačném pořadí jako volání konstruktorů. Mohou být virtuální (potom se volají v opačném pořadí v jakém došlo ke konstrukci, nehledě na to, čemu je objekt v současnosti přiřazen). Pokud jsou nevirtuální, jsou destruktory volány v opačném pořadí ke konstruktorům, jaké by se volaly pro prvek třídy, které je objekt právě přiřazen. Destruktor je volán na konci definičního bloku pro proměnné v něm definované. Destruktor je volán při delete.

Pravidla pro volání (virtuálních) metod

1) zjistíme, zda-li je volaná metoda virtuální nebo nevirtuální

2) pokud je volaná metoda nevirtuální, rozhoduje “jak to vidí” překladač – neboli je volána taková metoda, která patří k typu (třídě) jak je současný objekt (ukazatel na objekt) definován.

3) pokud je volaná metoda virtuální, nerozhoduje, čemu je aktuálně prvek přiřazen, ale jak “se narodil”. Při vzniku (konstruktor) je mu totiž virtuální metoda přiřazena na základě vznikajícího typu (a zůstává “majetkem” objektu). U objektu se při běžné činnosti nejedná o problém, protože je známo jak objekt vznikl (podle typu v definici). Důležité je to však u ukazatelů, které mohou ukazovat na cokoli (i když z hlediska daného mechanizmu je nutné dodržet to, že přiřazovat by se měl ukazatel na potomka do ukazatele na předka). Potom musíme najít, jak opravdu vznikl objekt (definice, nebo new), na který se právě ukazuje – nezávisle na množství přiřazení, které se staly.

4) Pokud metoda neexistuje, použije se metoda nejbližší (například u předka).

Zkouška
1) teoretický příklad na mechanizmus, nebo klíčové slovo C++

2) Složitější příklad z jazyka C (struktura, soubory, pole, řetězce, vázaný seznam, bitové operace …)

3) Třída – úkolem je napsat metody tak, a by šla přeložit daná část kódu

TString obsahuje dynamicky alokované pole charů pro řetězec.
{
TString a(“abc”), b=a,c; // konstruktor z řetězce, kopykonstruktor, implicitní konstruktor
c = a + b; // přiřazení (=) spojených řetězců (+)
a = a;
int i1 = c.Delka(); // vrací délku řetězce
int i2 = VyskytZnaku(a,’b’); // vrátí počet výskytů daného znaku v řetězci
char znak = c[i-1]; // vrátí znak na dané pozici, při indexaci mimo řetězec vrací odkaz na globální proměnnou
c[2] = ‘e’; // index musí fungovat i pro přiřazení
int j = a > b;
cout << a << ” to je a ”;
}

4)
co se vypíše po spuštění tohoto programu. Tištěný text napište k příslušnému řádku funkce main, kterého se týká:

```
class A {
public:
A(void) {cout << 'a';}
virtual ~A(void) {cout << 'b';}
void f(void) {cout << 'c';}
virtual fv(void) {cout << 'd';}
};

class B:public A {
A a;
public:
B(void) {cout << 'e';}
virtual ~B(void) {cout << 'f';}
void f(void) {cout << 'g';fv();}
virtual fv(void) {cout << 'h';}
};

class C:public A {
B a;
public:
C(void) {cout << 'i';}
virtual ~C(void) {cout << 'j';}
void f(void) {cout << 'k';fv();}
};

int main () {
 A *a;              B b;
 B *c = (B*)new C;
 a = &b;
 a -> f();                a -> fv();
 c -> f();                c -> fv();
 delete c;
 b.f();             b.fv();
}
```

# Hodně štěstí, zdraví, a vědomostí v novém roce