Y36PJC Programování v jazyce C/C++

Datové typy, deklarace, operátory a výrazy.

Ladislav Vagner

upravil Pavel Strnad

Dnešní přednáška

- Datové typy v C a C++.
- Zápis konstant.
- Deklarace proměnných.
- Operátory v C a C++.
- Vyhodnocení výrazů v C a C++.
- Obvyklé chyby.

Datové typy obecně

Určují:

- operace, které s prom. daného typu lze provádět,
- rozsah hodnot, které do něj lze uložit.

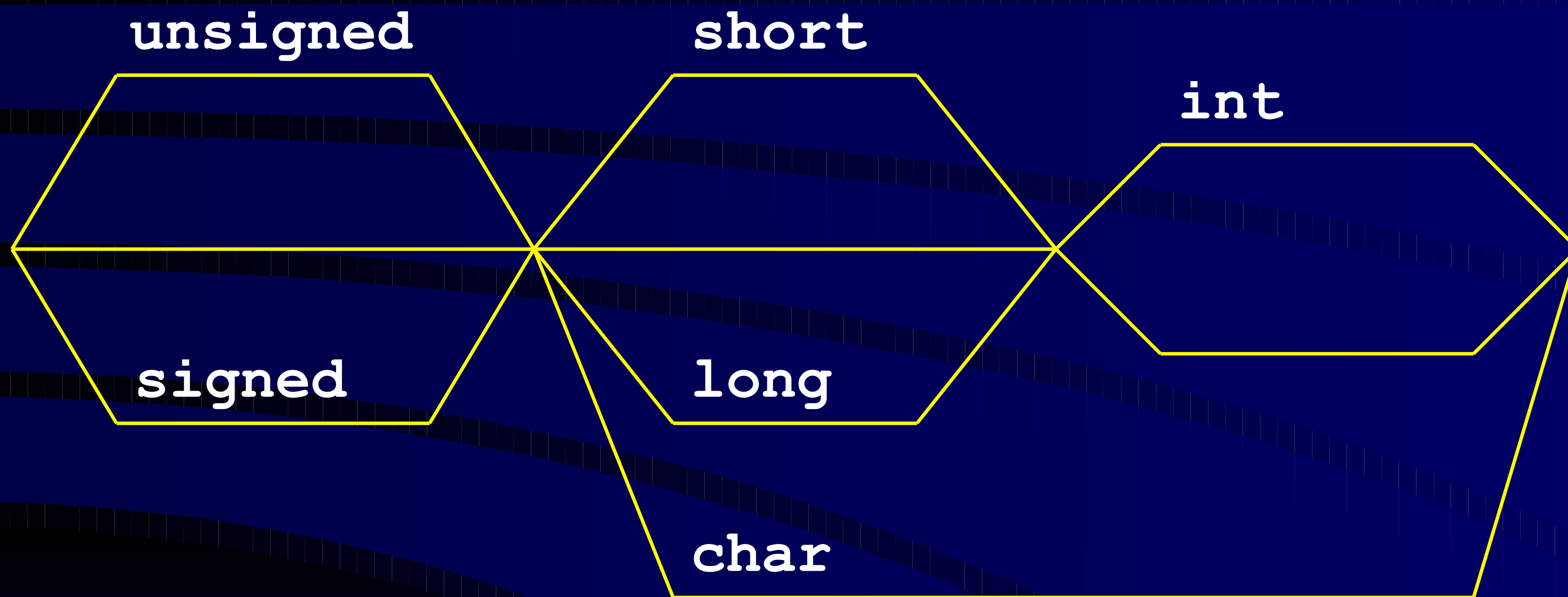
Původ:

- dané specifikací jazyka (built-in),
- uživatelem definované.

Datové typy C/C++

- Jednoduché (skalární, primitivní):
  - celočíselné,
  - desetinné,
  - znakové a (řetězcové),
  - ukazatele,
  - výčty (`enum`)
- Strukturované:
  - struktury (`struct`),
  - třídy (`class, struct`),
  - unie (`union`),
- Datový typ `void`.

Celočíselné typy



- Celkem 20 celočíselných datových typů (8 různých).
- Nepřenositelné datové typy:

  `long long int` – gcc,

  `__int64` – MSVC

Celočíselné typy

- Mnoho typů je ekvivalentních:

```
short int = short = signed short =
                    = signed short int
long int = long = signed long = signed long int
int = signed int
unsigned = unsigned int
unsigned short = unsigned short int
unsigned long = unsigned long int
```

Buď:

```
char = signed char
```

nebo:

```
char = unsigned char (méně obvyklé)
```

```
C++ 11
long long x = 9223372036854775807LL; //min 64-bit
```

Celočíselné typy

- C/C++ norma neurčuje rozsah datových typů
- Garantuje pouze:

```
          short int <= int <= long int
unsigned short <= unsigned int <= unsigned long
```

- Vnitřní reprezentace – většinou doplňkový kód.
- Rozsahy – dané implementací, většinou:

	`char`	`short`	`int`	`long`
16b	1B	2B	2B	4B
32b	1B	2B	4B	4B
64b	1B	2B	4B	8B

Celočíselné typy

- Zápis celočíselných konstant:
  - desítkově: `123, 56789`
  - šestnáctkově: `0x12, 0x5E`
  - osmičkově: `012, 0377`

- S udáním typu:
  - long: `567l`
  - unsigned: `890u`
  - long long: `999LL`
  - __int64: `987i64`

- Kombinace: `0123u, 0x567lu`

Desetinné typy

- Pouze 3 typy:
  - **`float`**
  - **`double`**
  - **`long double`**
- Rozsah – implementačně závislý. Platí:

  `float <= double <= long double`
- Vnitřní reprezentace – většinou dle IEEE 754:

	vel	rozsah	cifer
`float`	4B	~3.4E38	7-8
`double`	8B	~1.8E308	15-16
`long double`	10B	~3.4E4932	19-20

Desetinné typy

- Zápis desetinných konstant:
  - desítkově: `1.23, 567.89`
  - s exponentem: `1e15, 2.36e-9`

- S udáním typu:
  - float: `567.31f`
  - long double: `890.25l`

Znaky

Datový typ

- **`char`** pro ASCII znaky:
  - velikost většinou 8-bit,
  - v aktuální kódové stránce.

- **`wchar_t`** pro UNICODE znaky:
  - Windows: vel 16-bit, kódování UTF-16 (~UCS-2),
  - Linux: vel 32-bit, kódování UTF-32 (~UCS-4).

Znaky

Znakové konstanty:

```
'a', 'b', '*'
```

Escape-sekvence:

```
'\'', '\"', '\\'
'\n', '\t', '\r',
```

Zápis pomocí ASCII hodnoty:

```
'\012', '\x61'
```

UNICODE znaky:

```
L'a', L'\\', L'\n'
```

Řetězce

Neexistuje vlastní vestavěný datový typ:

- ukazatel na první znak (C, C++),
- knihovní třída `string` (C++).

Řetězcové konstanty – ASCIIZ konvence:

- znaky uložené v paměti za sebou,
- ukončené znakem s hodnotou bin. `0`,
- znak `'0'` není ukončující (bin. `0x30`).

Řetězce

Řetězcové konstanty:

- přímý zápis v uvozovkách: `"abc"`
- escape sekvence: `\",\\,\n,\r,\t`
- zápis ASCII hodnotou: `\012, \x41`
- UNICODE řetězce: `L"text"`

```
"I said \"Hello\""
"\"\x47\111\x20\x21\42"
"\\\"\"\\"
"\\""\"\\"
L"This is \"UNICODE\42 string"
"C:\autoexec.bat"
```

Raw string literals

```
string s = "\\w\\\\\\w";
```

```
string s = R"(\w\\\w)";
```

```
R"("quoted string")"      // the string is "quoted string"
```

Převzato z [1]

Výčtový typ

- Symbolické pojmenování možných hodnot:
  - reprezentován datovým typem `int`,
  - deklarace – klíčové slovo `enum`.

```
enum EDays { SUNDAY, MONDAY, TUESDAY,
  WEDNESDAY, THURSDAY, FRIDAY, SATURDAY };

EDays a;

a = MONDAY;
cout << a << endl; // zobrazi 1
cout << (a + 1) << endl; // zobrazi 2
```

Silně typovaný výčtový typ

```
enum Alert { green, yellow, orange, red }; // traditional enum

enum class Color { red, blue };   // scoped and strongly typed enum
                                  // no export of enumerator names into enclosing scope
                                  // no implicit conversion to int
enum class TrafficLight { red, yellow, green };

Alert a = 7;              // error (as ever in C++)
Color c = 7;              // error: no int->Color conversion

int a2 = red;             // ok: Alert->int conversion
int a3 = Alert::red;      // error in C++98; ok in C++11
int a4 = blue;            // error: blue not in scope
int a5 = Color::blue;     // error: not Color->int conversion

Color a6 = Color::blue;   // ok
```

Převzato z [1]

Deklarace

Obecný tvar deklarace:

```
<pam. třída> <kvalifikátor> <dat. typ> <deklarátor>
```

Paměťová třída:

`auto`	alokovat lokálně na zásobníku, implicitní pro proměnné,
`register`	umístit do registru CPU (doporučení),
`static`	statické přidělení (dat. segment),
`extern`	nealokovat paměť, pouze deklarace, implicitní pro funkce.

Deklarace

```
int         a;            // globalni (staticky alok.)
static int b;             // globalni, není videt 'ven'
extern int c;             // globalni, 'odjinud'
void foo ( void )         // funkce, je videt 'ven'
 {
   int         d;         // lokalni = auto int d;
   static int e = 5;      // staticky alokovana
   register int f;
   …
 }

static void bar ( void ) // funkce, neni videt 'ven'
 {
   static int e = 10; // ok, nekoliduje s e ve foo
   …
 }
```

Deklarace

Kvalifikátor (nepovinný):

- `const` konstanta (nelze měnit),
- `volatile` neoptimalizovzat přístupy k proměnné, (např. pro paměťově mapované I/O).

Příklad:

```
int                         a;
register int                x;
const int                   y = 10;
extern const double         pi;
volatile int              * timerPtr;

y = 20;   // !!!
```

Deklarace

Deklarátor:

`<identifikátor>`	
`'&' <identifikátor>`	reference
`'*' [ 'const' ] <deklarátor>`	ukazatel
`<deklarátor> '[' <konst. výraz> ']'`	pole
`<deklarátor> '(' <seznam param.> ')'`	funkce
`'(' <deklarátor> ')'`	

Příklad:

```
int       a;
int     * b;
int       foo ( void );
int       pole [30];
```

Složitější deklarace

Příklady:

```
int * a;                 // ukazatel na int
const int * b;           // ukazatel na konstantu
int * const c;           // konstantní ukazatel
const int * const d;     // konstantní + na konstantu
int * e (void);          // fce vrací ukazatel na int
int (*f)(void);          // ukazatel na funkci
int * g [20];            // pole 20 ukazatelů na int
int (*h)[40];            // ukazatel na pole 40 int
int (*(i(void)))(int)    // fce vrací ukazatel na fci
int (*j[30])(int)        // pole 30 ukazatelu na fci
int (*(*k)[50])(int)     // ukazatel na 50 prvkove
                         // pole ukazatelu na fci
int & l = *a;            // reference na int
int * &m = a;            // reference na ukazatel
int & *n = a;            // !!! nelze uk na referenci
```

Inicializace

Statícky alokované proměnné:

- vyplněné hodnotou `0`,
- inicializované na počátku programu.

Lokální proměnné:

- jednoduché dat. typy - nejsou inicializované,
- objektové dat. typy - konstruktor volán na počátku bloku (funkce).

Explicitní inicializace – může být součástí deklarace:

- lokální proměnné – libovolný výraz,
- staticky alokované – konstantní výraz.

Inicializace

```
int a = 10;        // globalni prom inic. na 10
int b;             // globalni prom inic. na 0
int main ( int argc, char * argv [] )
 {
   int c;          // lok prom, není inic.
   static int d; // staticky alokovana, inic. na 0

   for ( int i = 0; i < 10; i ++ )
    {
      int e = 20;// lok. prom s inicializaci
      d = d + e;
      b ++; e++;
    }
   cout << d << " " << c << " " << b << endl;
   return ( 0 );
 }
```

Operátory

C/C++ operátory:

- Aritmetické: unární -, +, -, *, /, % (modulo),
- Bitové: ~, &, |, ^, <<, >>,
- Logické: !, &&, ||,
- Relační: <, <=, >, >=, ==, !=,
- Přiřazovací: +=, -=, %=, >>=, &=, ...,
- Ternární: ? :
- Inkrement/dekrement: ++, --
- Volání funkce, indexace: (), []
- Přístup ke složkám struktury: ., ->
- Reference a dereference: &, *

Operátory

Aritmetické operátory:

- zápis podobný jako v jiných pgm. jazycích,
- zbytek po dělení - `%`,
- typ výsledku je určen typem operandů,
- automatické konverze datových typů před provedením operace.

Příklad:

```
double x;
x        = 2   / 4;    // x = 0.0, proc ?
x        = 2.0 / 4;    // x = 0.5
x        = 2   / 4.0f; // x = 0.5
```

Operátory

Bitové operátory:

- `|` or,
- `&` and,
- `^` xor,
- `~` bitová negace,
- >>, << aritmetický posuv vpravo / vlevo.
- Jak zařídit bitový posuv (Java operátory <<< a >>>)? Unsigned operandem.

Příklad:

```
int x;          // 37 = 0010 0101
x = 37 | 94;    // 94 = 0101 1110
                // x  = 0111 1111 => 127
```

Operátory

Příklady použití bitových operátorů:

- Vytvoření masky, kde je nastaven pouze i-tý bit:
```
mask = 1 << i
```
- Vytvoření masky, kde je nulován pouze i-tý bit:
```
mask = ~(1 << i)
```
- Nastavení i-tého bitu na 1:
```
val = val | (1 << i)
```
- Nastavení i-tého bitu na 0:
```
val = val & ~(1 << i)
```
- Překlopení i-tého bitu:
```
val = val ^ (1 << i)
```
- Test, zda je i-tý bit nastaven:
```
(val & ( 1 << i )) != 0
```

Operátory

Logické operátory:

- `||` or,
- `&&` and,
- `!` logická negace,
- výsledkem je hodnota `0` (`false`) nebo `1` (`true`),
- zkrácené vyhodnocení (ukončí se v okamžiku, kdy je jasný výsledek).

Příklad:

```
x = 37 || 94;   // x = 1 (true)
x = 37 && 94;   // x = 1 (true)
x = ! 37;       // x = 0 (false)
x = x && delAll ( "C:\\" ); // nesmaze
```

Operátory

Relační operátory:

- `<, <=, …,`
- výsledkem je hodnota `0` (`false`) nebo `1` (`true`),
- pozor na asociativitu.

Příklad:

```
x = 5;
if ( 10 < x < 30 ) doJob (); // does
 // ( ( 10 < x ) < 30 )

if ( a == b == c == d ) …
 // ((( a == b ) == c ) == d )
```

Operátory

Přiřazovací operátory:

- `=, +=, -=, …,`
- pravě asociativní, lze seskupovat,
- vedlejší efekt (zápis do paměti) není serializovaný.

Příklad:

```
x = y = z = 0;  // x = ( y = ( z = 0 )));

x += 10;        // x = x + 10

x -= 20 + 30;   // x = x - ( 20 + 30 );

x *= x *= 20;   // nedefinovano
```

Operátory

Ternární operátor:

- **`podmínka ? hod_pravda : hod_nepravda`**
- vyhodnotí právě jeden z výrazů pravda / nepravda,
- výrazy větví pravda a nepravda musejí mít stejný (konvertovatelný) typ.

Příklad:

```
max2 = ( x > y ) ? x : y;
absx = x >= 0 ? x : -x;
cout << "X je " << (X > 0 ? "kladne" :
     "nekladne") << endl;
cout << "X je " << (X > 0 ? "kladne" :
     X ) << endl;
```

Operátory

Další operátory:

- `++, --` pre/post inkrement/dekrement,
- `,` operátor "zapomenutí",
- `*,&` (jako unární) dereference / reference,
- `.,->` přístup k složkám třídy / struktury
- `(),[]` (jako postfixové) volání funkce, indexace.

Příklad:

```
int a = 4, b;
b = a ++;        // b = 4, a = 5
b = ++ a;        // b = 6, a = 6
b = a ++ ++;     // !!
```

Operátory

Pr.	Operátory	Asociativita
1	() [] -> .	zleva doprava
2	! ~ ++ -- + - (typ) * & sizeof	zprava doleva
3	* / %	zleva doprava
4	+ -	zleva doprava
5	<< >>	zleva doprava
6	< > >= <=	zleva doprava
7	== !=	zleva doprava
8	&	zleva doprava
9	^	zleva doprava
10	|	zleva doprava
11	&&	zleva doprava
12	||	zleva doprava
13	?:	zleva doprava
14	= += -= *= /= %= >>= <<= &= |= ^=	zprava doleva
15	,	zleva doprava

Výrazy

- Výraz je vyhodnocován podle priorit operátorů a jejich asociativity.
- Změna priority či asociativity pomocí závorek.
- Pořadí vyhodnocení není garantováno, k dispozici pro optimalizaci.
- Pořadí je definované pro ternární operátor a čárku.
- Zkrácené vyhodnocení logických operátorů.
- Pořadí vyhodnocení může být důležité, pokud má podvýraz vedlejší efekt (volání funkce, přiřazení, ++,...).
- V C/C++ lze zapsat nedefinované výrazy.

Výrazy

- l-value:
  - výraz, který může stát na levé straně operátoru =,
  - má paměťovou reprezentaci (je kam uložit výsledek),
  - lze na něj vytvořit ukazatel či referenci.
- r-value:
  - výraz, který může stát na pravé straně operátoru =,
  - má hodnotu, ale nemá paměťovou reprezentaci,
  - např. může existovat pouze v registru CPU během výpočtu, pak je zapomenut.

Výrazy

Příklady l-value a r-value:

```
int a, *b = &a, *c[5], & d = a;
```

l-value	r-value
`a`	`a + 5`
`b`	`2 * a`
`c[3]`	`&a`
`d`	`&b`
`*b`	`c`
`*c`	`&c[3]`
`*(&a)`	`a ++`
`*(b+1)`	`a > 0 ? *b : d`

Výrazy

Pozor na prioritu a asociativitu:

```
int a, b, c, *d = &a;

c = a + b >> 1;     // c = (a + b) >> 1

c = a & 2 == 2;     // c = a & (2 == 2)

c = 3 * a / 4 * b;  // c = (3 * a / 4) * b

c = *d ++;          // c = *(d ++)
```

Výrazy

Nedefinované výrazy:

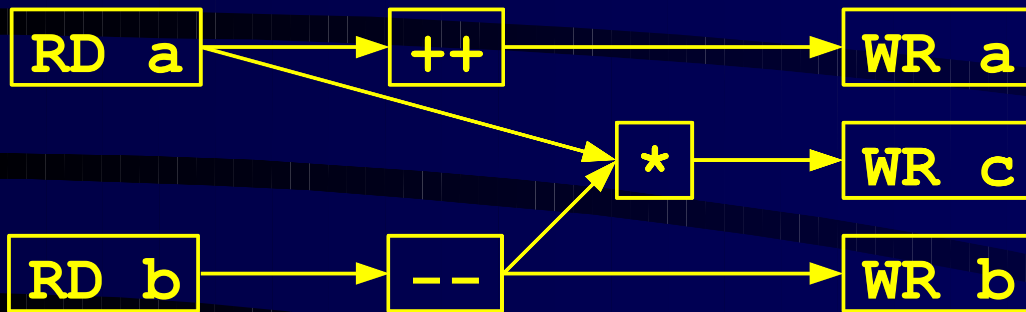
- Není definováno v jakém pořadí jsou vyhodnoceny podvýrazy.
- Není definováno, kdy se do paměti zapíše výsledek, pokud má operátor vedlejší efekt (`++`, `=`, `+=`, ...).
- Všechny vedlejší efekty se uplatní nejpozději po skončení příkazu, operátorech `||`, `&&`, `?:` a `,`.

Příklad:

```
int a = 1, c;
c = a++ + a++; // a = 2, 3 ?
               // c = 2, 3 ?
```

Výrazy - příklad

```
c = a ++ * -- b;
```

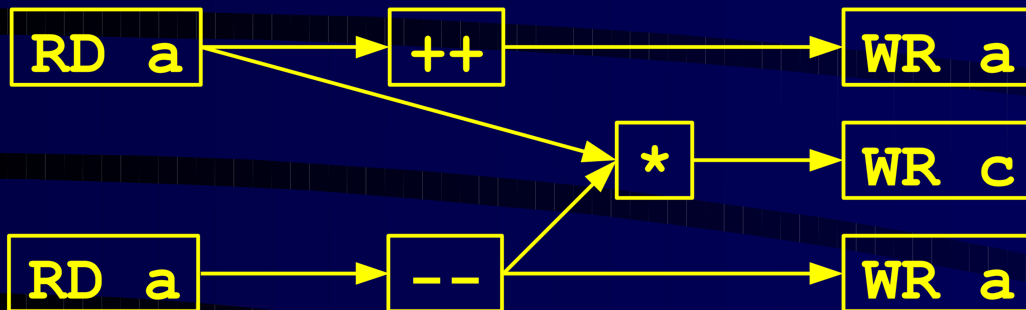


Možné překlady (uspořádání):

RD a	RD b	--	*	WR c	WR b	++	WR a
RD a	++	WR a	RD b	--	WR b	*	WR c
RD b	--	WR b	RD a	++	WR a	*	WR c

Výrazy - příklad

```
c = a ++ * -- a; // !!
```



Možné překlady (uspořádání):

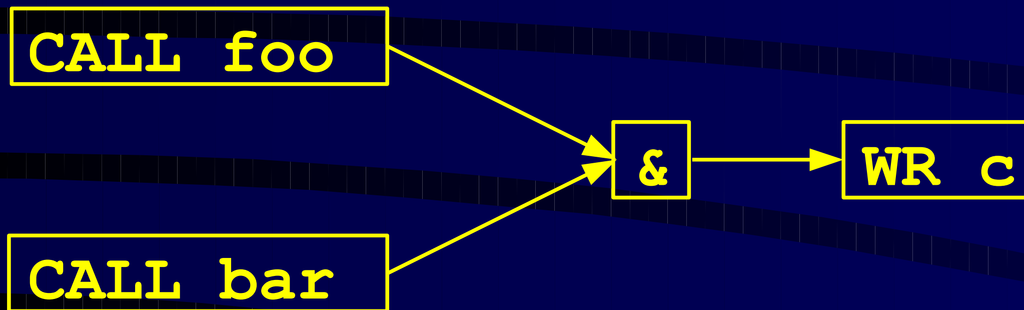
RD a | RD a | -- | * | WR c | WR a | ++ | WR a

RD a | ++ | WR a | RD a | -- | WR a | * | WR c

RD a | -- | WR a | RD a | ++ | WR a | * | WR c

Výrazy - příklad

```
c = foo () & bar (); //  !!!
```

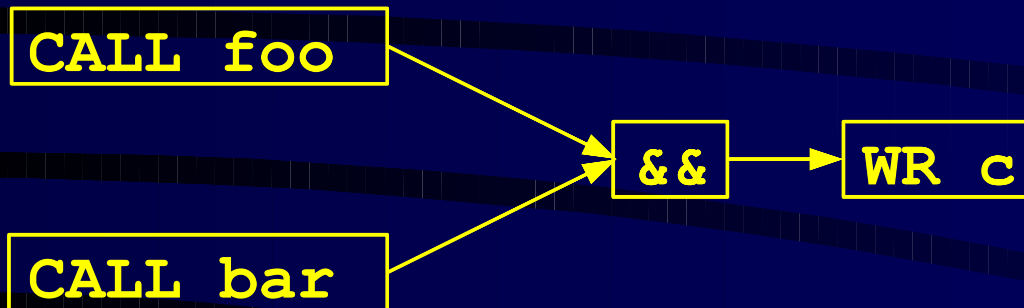


Možné překlady (uspořádání):

CALL foo	CALL bar	&	WR c
CALL bar	CALL foo	&	WR c

Výrazy - příklad

```
c = foo () && bar ();
```



Možné překlady (uspořádání):

CALL foo | CALL bar | && | WR c

~~CALL bar | CALL foo | && | WR c~~

Dotazy …

Děkuji za pozornost.

[1] http://www.stroustrup.com/C++11FAQ.html