Řetězce

Karel Richta a kol.

katedra počítačů FEL ČVUT v Praze

© Karel Richta, Martin Hořeňovský, Aleš Hrabalík, 2020

Programování v C++, B636PJC
11/2020, Lekce 9c

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

Řetězce v C <string.h> (<cstring>)

```
size_t strlen(char *Retezec);
char *strcpy(char *Cil, char *Zdroj);
char *strncpy(char *Cil, char *Zdroj, size_t MaxDelka);
char *strcat(char *Cil, char *Zdroj);
char *strncat(char *Cil, char *Zdroj, size_t MaxDelka);
int strcmp(char *Prvni, char *Druhy);
int strncmp(char *Prvni, char *Druhy, size_t N);
char *strchr(char *Retezec, int Znak);
char *strrchr(char *Retezec, int Znak);
char *strstr(char *Retezec, char *Podretezec);
void *memcpy(void *Cil, void *Zdroj, size_t Delka);
void *memmove(void *Cil, void *Zdroj, size_t Delka);
int memcmp(void *Prvni, void *Druhy, size_t Delka);
void *memchr(void *Adresa, int Byte, size_t Delka);
void *memset(void *Adresa, int Byte, size_t Delka);
```

<u>Makro:</u>

NULL – jako celočíselná konstanta (0 nebor 0L), nebo hodnota typu nullptr_t (nullptr) - (void*)0

<u>Typ:</u> size_t – typ pro délku libovolného objektu (jako unsigned int)

Řetězce jako třída String s operátory

```
class String {
   int pocet; // aktuální délka řetězce
   char *znaky; // ukazatel na dyn. alokované pole
public:
   String(); // vytvoří prázdný řetězec
   String(const String&); // vytvoří řetězec jako kopii jiného
   String(const char *); // konverze z C-Stringu
   ~String(); // destruktor
   int delka() const; // vrátí délku řetězce
   String& operator=(const String&); // přiřazení řetězců
   friend ostream& operator<<(ostream&, const String&);
        // výstup řetězce do streamu
   bool operator>=(const String&) const; // porovnání řetězců
   String operator+(const String&) const; // sřetězení
   operator const char *() const; // konverze na C-String
private:
   String(const String&, const String&); // podpora sřetězení
};
```

Třída String s operátory

- přiřazení:

```
String& String::operator=(const String& p) {
  if (this != &p) {
    delete[] znaky;
    pocet = p.pocet;
    znaky = new char[pocet + 1];
    strcpy(znaky, p.znaky);
  }
  return *this;
}
```

- výstup do datového proudu:

```
ostream& operator<<(ostream& str, const String& p) {
  return str << p.znaky;
}
```

Třída String s operátory

- konverze na C-string:

```
String::operator const char *() const {
  return znaky;
}
```

- zpřístupnění i-tého znaku (pro čtení):

```
char String::operator[](int i) const {
  if (i < 0 || i >= pocet) throw ChybnyIndex();
  return znaky[i];
}
```

- zpřístupnění i-tého znaku (pro změnu):

```
char& String::operator[](int i) {
  if (i < 0 || i >= pocet) throw ChybnyIndex();
  return znaky[i];
}
```

Třída String s operátory

- použití:

```
int main() {
  String A, B("abc"), C(B);
  A = B; // přiřazení
  C = A + "de"; // sřetězení, konverze
  if (C >= B) // porovnání
        cout << C << " je větší nebo rovno " << B;
  else
        cout << C << " je menší než " << B;
  cout << endl << "Délka " << C << " je: " << C.delka() << endl;
  return 0;
}
```

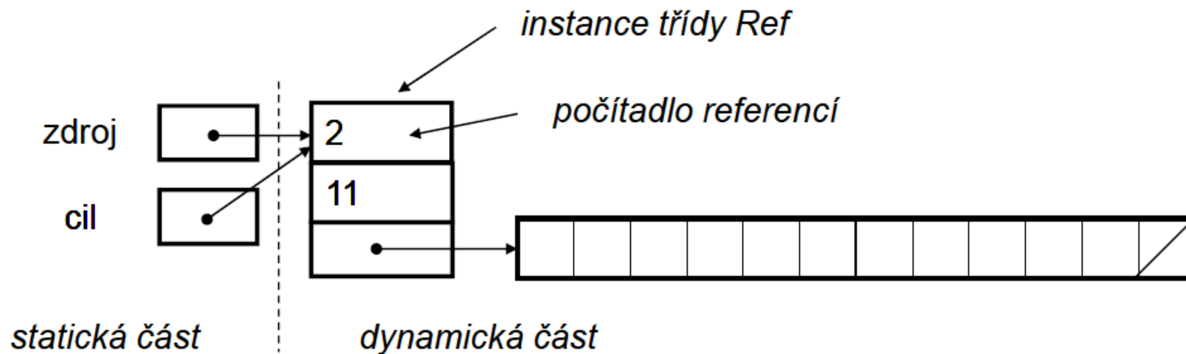
Výstup:
abcde je větší nebo rovno abc
Délka abcde je: 5

Počítané reference

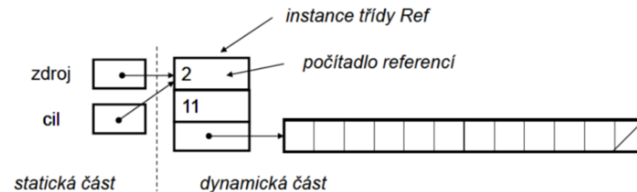
- Sdílení dynamické části:

  je třeba vyřešit dva problémy: modifikaci a destrukci

  cil = zdroj;



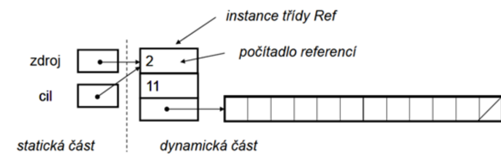
Počítané reference




```
class Ref {
public:
  int reference;
  int pocet;
  char *znaky;
public:
  Ref(const char *str) {
    reference = 1; pocet = strlen(str);
    znaky = new char[pocet + 1];
    strcpy(znaky, str);
  }
  Ref(int delka) {
    reference = 1; pocet = delka;
    znaky = new char[pocet + 1];
  }
  ~Ref() {
    delete[] znaky; pocet = 0;
    reference = 0; znaky = 0;
  }
};

Ref prazdny("");
```

Počítané reference

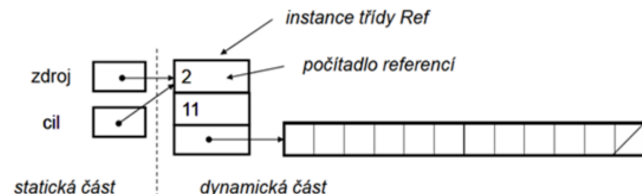



```
class String {
  Ref *ref;
  String(const String& l, const String& p); // konstruktor pro sretezeni
public:
  String() { // prazdny retezec
    ref = &prazdny; prazdny.reference++;
  }
  String(const char *str) { // C-string
    ref = new Ref(str);
  }
  String(const String& str) { // kopie jineho retezce
    ref = str.ref; ref->reference++;
  }
  ~String() { // destruktor
    ref->reference--;
    if (ref->reference == 0) { delete ref; ref = 0; }
  }
  int delka() const { // délka řetězce
    return ref->pocet;
  }
  operator const char *() const { // konverze na C-string
    return ref->znaky;
  }
```

Počítané reference (pokr.)

```
  String& operator=(const String& p) { // přiřazení
    if (ref != p.ref) {
      this->~String(); // explicitní volání destruktoru!
      ref = p.ref;
      ref->reference++;
    }
    return *this;
  }
  friend String operator+(const String& l, const String& p) { // sřetězení
    return String(l, p);
  }
  char operator[](int i) const; // vrať i-tý znak - později
  void zmen(int i, char novy); // změň i-tý znak - později
  bool operator>=(const String& p) const { // větší nebo rovno
    return strcmp(ref->znaky, p.ref->znaky) >= 0;
  }
  bool operator==(const String& p) const { // rovnost
    return strcmp(ref->znaky, p.ref->znaky) == 0;
  }
};

class ChybnyIndex {}; // třída pro výjimku
```



Počítané reference (pokr.)

```
String::String(const String& l, const String& p) {
  ref = new Ref(l.ref->pocet + p.ref->pocet);
  strcpy(ref->znaky, l.ref->znaky);
  strcat(ref->znaky, p.ref->znaky);
}

char String::operator[](int i) const {
  if (i < 0 || i >= ref->pocet) throw ChybnyIndex();
  return ref->znaky[i];
}

void String::zmen(int i, char novy) {
  if (i < 0 || i >= ref->pocet) throw ChybnyIndex();
  if (ref->reference > 1) {
    ref->reference--;
    ref = new Ref(ref->znaky); // vytvoříme dynamickou kopii
  }
  ref->znaky[i] = novy;
}
bool String::operator==(const String& p) const { // rovnost
  return strcmp(ref->znaky, p.ref->znaky) == 0;
}

class ChybnyIndex {}; // třída pro výjimku
```

Knihovna <string> pro C++

- Dva základní typy:
  - **basic_string** – generická šablona pro řetězce
  - **char_traits** – generická šablona pro množinu znaků
- Generické instance `char_traits`:
  - **char** – základní znaková sada (velikosti 1 byte)
  - **wchar_t** – sada širokých znaků (stejná velikost, znaménko a zarovnání, jako jiný celočíselný typ)
  - **char16_t** - reprezentuje 16-bitové kódové jednotky (stejná velikost, znaménko a zarovnání, jako celočíselný typ uint_least16_t)
  - **char32_t** - reprezentuje 32-bitové kódové jednotky (stejná velikost, znaménko a zarovnání, jako jiný celočíselný typ uint_least32_t)
- Generické instance `basic_string`:
  - **string** – řetězce znaků (char)
  - **wstring** – řetězce širokých znaků (wchar_t)
  - **u16string** - řetězce 16-bitových znaků
  - **u32string** - řetězce 32-bitových znaků

Konverze v knihovně <string>

Konverze z řetězců **`string`**:

- stoi - konverze string na int
- stol - konverze string na long int
- stoul - konverze string na unsigned long
- stoll - konverze string na long long
- stoull - konverze string na unsigned long long
- stof - konverze string na float
- stod - konverze string na double
- stold - konverze string na long double

Konverze na řetězce **`string`**:

- to_string - konverze numerické hodnoty na string
- to_wstring- konverze numerické hodnoty na string

Iterátory v knihovně <string>

Iterátory:

- begin – vrací iterátor na začátek
- end – vrací iterátor za konec
- rbegin – vrací iterátor na poslední znak (reverse beginning) – reverzní iterátory iterují pozpátku
- rend – vrací iterátor před první znak (reverse end)
- cbegin – vrací const_iterator na začátek
- cend – vrací const_iterator za konec
- crbegin – vrací const_reverse_iterator na poslední znak
- crend – vrací const_reverse_iterator před první znak

Příklad

```
// string::crbegin/crend
#include <iostream>
#include <string>

int main() {
  std::string str("lorem ipsum");
  for (auto rit = str.crbegin(); rit != str.crend(); ++rit)
  std::cout << *rit;
  std::cout << '\n';
  return 0;
}
```

```
muspi merol
```

Kapacita řetězců v knihovně <string>

- size – délka řetězce
- length – počet znaků
- max_size – maximální velikost řetězce
- resize – změna velikosti řetězce
- capacity – velikost alokované paměti
- reserve – požadavek na změnu kapacity
- clear – vymaže řetězec
- empty – test na prázdnot řetězce
- shrink_to_fit – nastaví kapacitu dle aktuální délky

Příklad

```
// string::shrink_to_fit
#include <iostream>
#include <string>

int main() {
  std::string str(100, 'x');
  std::cout << "1. capacity of str: " << str.capacity() << '\n';

  str.resize(10);
  std::cout << "2. capacity of str: " << str.capacity() << '\n';

  str.shrink_to_fit();
  std::cout << "3. capacity of str: " << str.capacity() << '\n';

  return 0;
}
```

```
1. capacity of str: 100
2. capacity of str: 100
3. capacity of str: 10
```

Přístup k elementům v knihovně <string>

- **operator[]** – indexace
- **at()** – totéž
- **back()** – poslední znak
- **front()** – první znak

```
int main() {
  std::string str("Test string");
  for (unsigned i = 0; i<str.length(); ++i) {
    std::cout << str.at(i);
  }
  cout << endl;
  cout << str.front() << endl;
  cout << str.back() << endl;
}
```

```
Test string
T
g
```

Další možnosti knihovny <string>

Modifikátory:

- operator+=
- append
- push_back
- assign
- insert
- erase
- replace
- swap
- pop_back

Práce s řetězci:

- c_str
- data
- get_allocator
- copy
- find
- rfind
- find_first_of
- find_last_of
- find_first_not_of
- find_last_not_of
- substr
- compare

Další možnosti:

- operator+
- relational operators
- swap
- operator>>
- operator<<
- getline

The End

Vektory

- Příklad: třída pro 3D vektorový prostor nad reálnými čísly

```
const int dim = 3;
typedef double Skalar;
class Vektor {
  Skalar slozky[dim];
public:
  Vektor();
  Vektor(Skalar x, Skalar y, Skalar z);
  Vektor operator-() const;
  Vektor operator+(const Vektor& p) const;
  Skalar operator*(const Vektor& p) const;
  Skalar operator[](unsigned index) const;
  Skalar& operator[](unsigned index);
  Skalar delka() const;
  friend Vektor operator*(Skalar k, const Vektor& v);
  friend ostream& operator<<(ostream&, const Vektor& v);
  bool operator==(const Vektor& p) const;
};
```

Vektory (pokr.)

- konstruktor prázdného vektoru:

```
Vektor::Vektor() {
  for (int i = 0; i < dim; i++)
  slozky[i] = 0;
}

Vektor::Vektor(Skalar x, Skalar y, Skalar z) {
  slozky[0] = x; slozky[1] = y; slozky[2] = z;
}
```

- opačný vektor: $-\vec{u}$

unární operátor => bez parametrů

```
Vektor Vektor::operator-() const {
  Vektor vysledek;
  for (int i = 0; i < dim; i++) vysledek.slozky[i] = -slozky[i];
  return vysledek;
}
```

Vektory (pokr.)

- součet vektorů:

```
Vektor Vektor::operator+(const Vektor& p) const {
  Vektor vysledek;
  for (int i = 0; i < dim; i++)
        vysledek.slozky[i] = slozky[i] + p.slozky[i];
  return vysledek;
}
```

- skalární součin:

```
Skalar Vektor::operator*(const Vektor& p) const {
  Skalar vysledek = 0;
  for (int i = 0; i < dim; i++)
        vysledek += slozky[i] * p.slozky[i];
  return vysledek;
}
```

Vektory (pokr.)

- indexace (i-tá složka):

```
Skalar Vektor::operator[](unsigned index) const {
  if (index >= dim) throw "chybny index";
  return slozky[index];
} // použije se na konstantní vektory

Skalar& Vektor::operator[](unsigned index) {
  if (index >= dim) throw "chybny index";
  return slozky[index];
} // pro nekonstantní vektory; umožňuje modifikaci
```

- velikost vektoru (délka):

```
Skalar Vektor::delka() const {
  return sqrt(*this * *this); // sqrt vyžaduje #include <cmath>
}
```

Vektory (pokr.)

- násobení vektoru skalárem:

```
Vektor operator*(Skalar k, const Vektor& v) {
  Vektor vysledek;
  for (int i = 0; i < dim; i++) vysledek.slozky[i] = k * v.slozky[i];
  return vysledek;
}
```

- výstup vektoru:

```
ostream& operator<<(ostream& str, const Vektor& v) {
  str << "[" << v.slozky[0];
  for (int i = 1; i < dim; i++) str << "," << v.slozky[i];
  return str << "]";
}
```

Vektory (pokr.)

- použití:

$$\vec{b}_1 = [1,0,0], \quad \vec{b}_2 = [0,1,0], \quad \vec{b}_3 = [0,0,1],$$
$$\vec{x} = -\vec{b}_1 + 3\,\vec{b}_2 + 2\,\vec{b}_3, \quad \vec{y} = -\vec{x}$$

```
int main() {
  const Vektor b1(1, 0, 0), b2(0, 1, 0), b3(0, 0, 1);
  Vektor x = -b1 + 3 * b2 + 2 * b3;
  Vektor y = -x;
  y[2] = 5;
  cout << "Vektory x=" << x << " a y=" << y;
  if (x * y == 0) cout << " jsou kolmé." << endl;
  else cout << " nejsou kolmé." << endl;
  return 0;
}
```

Výstup:

Vektory x=[-1,3,2] a y=[1,-3,5] jsou kolmé.