C-Strings, std::string, std::string_view και οι τελεστές [] και &

#13

Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών (Άρτα)

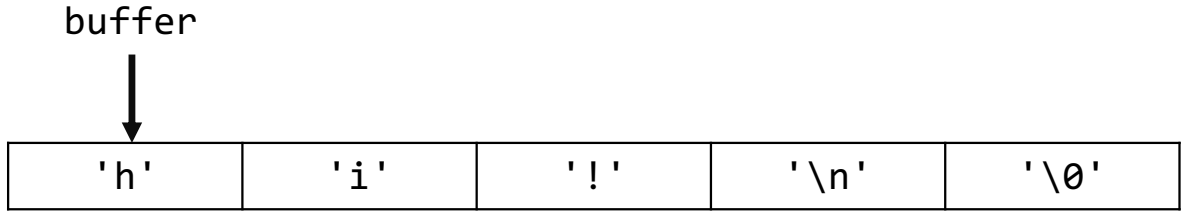
Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

Γκόγκος Χρήστος

C-strings

- Τα C-strings υλοποιούνται ως πίνακες χαρακτήρων που τερματίζονται με το χαρακτήρα `'\0' (NULL)`.

```
char buffer[5];
strcpy(buffer, "hi!\n");
cout << buffer;
```



- Όταν χρησιμοποιούμε τα διπλά εισαγωγικά `""`, ο μεταγλωττιστής κατασκευάζει μια τερματιζόμενη με NULL, `const` ακολουθία χαρακτήρων την οποία γεμίζει με τους χαρακτήρες που ο προγραμματιστής έχει επιλέξει.
- Αν ένας πίνακας χαρακτήρων δεν τερματίζει με NULL τότε δεν είναι C-string.

C-string και C++

- Υπάρχουν ενσωματωμένες δυνατότητες χειρισμού C-strings στις standard βιβλιοθήκες της C++.
  - Η βιβλιοθήκη `<cstring>`
    - Περιέχει συναρτήσεις για συνηθισμένες λειτουργίες πάνω σε strings όπως αντιγραφή, συνένωση, εύρεση μήκους, αναζήτηση, διάσπαση c-string σε τμήματα και άλλα.
      - `strcpy(), strcat(), strlen(), strncat(), strcmp(), strncmp(), strstr(), strtok(), …`
  - Η βιβλιοθήκη `<iostream>`
    - Περιέχει συναρτήσεις για το χειρισμό I/O των C-strings, όπως οι τελεστές εισαγωγής (<<) και εξαγωγής (>>), οι συναρτήσεις `get(), getline()` κ.α.
    - ```
      char str1[140];
      cout << str1;  // τελεστής εισαγωγής για c-strings
      cin >> str1; // τελεστής εξαγωγής για c-strings, διαβάζει μέχρι τον πρώτο κενό χαρακτήρα
      cin.get(str1, 40, ','); // διαβάζει μέχρι να συναντήσει το διαχωριστικό κόμμα (,) ή μέχρι να αναγνωστούν 39 = 40-1 χαρακτήρες
      cin.getline(str1, 40); // διαβάζει μέχρι το διαχωριστικό (το προκαθορισμένο είναι η αλλαγή γραμμής), απορρίπτει το διαχωριστικό ή μέχρι να αναγνωστούν 39 χαρακτήρες
      ```
      ```

Μειονεκτήματα των C-strings

- Σταθερό μέγεθος (ορίζεται όταν δηλώνεται το C-string ως στατικός πίνακας).
- Το όνομα του C-string λειτουργεί ως δείκτης.
- Τα όρια του πίνακα δεν επιβάλλονται με κάποιο τρόπο.
- Πρέπει να χρησιμοποιούν «άβολες» συναρτήσεις αντί για διαισθητικά εύκολα κατανοητούς τελεστές.
  - **`strcpy(str1, str2)`** αντί για **`str1=str2`**
  - **`strcmp(str1, str2)`** αντί για **`str1==str2`**
  - **`strcat(str1, str2)`** αντί για **`str1+=str2`**
- Η χρήση του NULL χαρακτήρα μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα.

Παραδείγματα κώδικα με C-strings

- https://github.com/chgogos/oop/blob/master/various/COP3330/lect13/sample2.cpp
- https://github.com/chgogos/oop/blob/master/various/COP3330/lect13/sample3.cpp
- https://github.com/chgogos/oop/blob/master/various/COP3330/lect13/sample4.cpp
- https://github.com/chgogos/oop/blob/master/cpp_playground/ex085/c_string1.cpp

std::string

- Πλεονεκτήματα std::string έναντι C-strings
  - Μεταβλητό μέγεθος
  - Εύρεση μήκους σε σταθερό χρόνο (και όχι σε γραμμικό)
  - Δεν απαιτούν εντολές διαχείρισης μνήμης
  - Αυτόματος χειρισμός των ορίων των λεκτικών
  - Διαισθητικά εύκολη ανάθεση τιμής με το = αντί για το strcpy
  - Διαισθητικά εύκολη σύγκριση με το == αντί για το strcmp
  - Διαισθητικά εύκολη συνένωση λεκτικών με το + αντί για το strcat
  - Μετατροπή σε C-string με τη συνάρτηση μέλος c_str()
- Δείτε το string1.cpp

  https://github.com/chgogos/oop/blob/master/cpp_playground/ex085/string1.cpp

  https://github.com/chgogos/oop/blob/master/cpp_playground/ex085/string2.cpp

Άσκηση #1: C-strings, std::string

- Γράψτε μια συνάρτηση με όνομα cstr_length που να δέχεται ως όρισμα ένα αλφαριθμητικό char* και χωρίς τη χρήση της συνάρτησης strlen να επιστρέφει το μήκος του αλφαριθμητικού. Καλέστε τη συνάρτηση από τη main για ένα κείμενο που εισάγει ο χρήστης που μπορεί να περιέχει και κενά. Χρησιμοποιήστε τη cin.getline() και θεωρήστε ότι η είσοδος του χρήστη δεν θα υπερβαίνει τους 100 χαρακτήρες.
- Γράψτε μια συνάρτηση με όνομα interpolate_spaces που να δέχεται ως όρισμα ένα αλφαριθμητικό std::string και να επιστρέφει νέο αλφαριθμητικό std::string με ένα κενό ανάμεσα από κάθε δύο γράμματα του ορίσματος. Καλέστε τη συνάρτηση από τη main για το αλφαριθμητικό "INFORMATION"

Άσκηση #1: Λύση

```
int cstr_length(const char* s) {
  int len = 0;
  while (s[len] != '\0') {
    ++len;
  }
  return len;
}
```

```
string interpolate_spaces(const string& s) {
  string result;
  for (int i = 0; i < s.size(); ++i) {
    result.push_back(s[i]);
    if (i < s.size() - 1) {
      result.push_back(' ');
    }
  }
  return result;
}
```

https://github.com/chgogos/oop/blob/master/various/COP3330/lect13/exercise1.cpp

std::string_view (C++17)

- Στη C++17, με τη χρήση της std::string_view μπορούν να αποφευχθούν περιττές αντιγραφές λεκτικών που θα συνέβαιναν με τη std::string
- Ένα std::string_view μπορεί να αναφέρεται τόσο σε ένα std::string όσο και σε ένα C-string
- Τα std::string_view έχουν το ίδιο API με τα std::string

```
const char *s = "ABCDEF";
char s2[10];
strcpy(s2, s);
string_view sv{s2};
cout << s << " " << s2 << " " << sv << endl;
s2[0] = '*';
cout << s << " " << s2 << " " << sv << endl;
```

```
ABCDEF ABCDEF ABCDEF
ABCDEF *BCDEF *BCDEF
```

https://github.com/chgogos/oop/blob/master/cpp_playground/ex085/string_view1.cpp

https://github.com/chgogos/oop/blob/master/cpp_playground/ex085/string_view2.cpp

Άσκηση #2: std::string_view

- Να γραφεί πρόγραμμα που να συγκρίνει τον χρόνο εκτέλεσης δύο συναρτήσεων: η πρώτη θα δέχεται ως όρισμα ένα std::string και θα υπολογίζει το πλήθος των γραμμάτων 'f' που διαθέτει, ενώ η δεύτερη θα δέχεται std::string_view και θα πραγματοποιεί την ίδια ακριβώς εργασία χωρίς δημιουργία αντιγράφου.
- Στη main() να δημιουργηθεί μία συμβολοσειρά με 1000 τυχαία πεζά γράμματα του αγγλικού αλφαβήτου.
- Να κληθούν και οι δύο συναρτήσεις 1.000.000 φορές μέσα σε βρόχο και να χρονομετρηθούν ώστε να γίνει εμφανής η διαφορά ταχύτητας.

Άσκηση #2: Λύση

```
int main() {
  string s; s.reserve(100);
  mt19937 gen(random_device{}());
  uniform_int_distribution<int> dist('a', 'z');
  for (int i = 0; i < 1000; ++i) s.push_back(static_cast<char>(dist(gen)));
  string_view sv(s);
  long long sum_string = 0, sum_view = 0;
  auto t1 = chrono::high_resolution_clock::now();
  for (int rep = 0; rep < 1'000'000; ++rep) {
    int cnt = 0; for (char c : s) if (c == 'f') cnt++;
    sum_string += cnt;
  }
  auto t2 = chrono::high_resolution_clock::now();
  auto time_string = chrono::duration_cast<chrono::milliseconds>(t2 - t1).count();

  auto t3 = chrono::high_resolution_clock::now();
  for (int rep = 0; rep < 1'000'000; ++rep) {
    int cnt = 0; for (char c : sv) if (c == 'f') cnt++;
    sum_view += cnt;
  }
  auto t4 = chrono::high_resolution_clock::now();
  auto time_view = chrono::duration_cast<chrono::milliseconds>(t4 - t3).count();
  cout << "Count (string):      " << sum_string << "\n";
  cout << "Count (string_view): " << sum_view << "\n\n";
  cout << "Time (string):      " << time_string << " ms\n";
  cout << "Time (string_view): " << time_view << " ms\n";
}
```

```
Count (string):      36000000
Count (string_view): 36000000

Time (string):      4595 ms
Time (string_view): 1365 ms
```

https://github.com/chgogos/oop/blob/master/various/COP3330/lect13/exercise2.cpp

Υπερφόρτωση του τελεστή [ ]

- Γίνεται με δύο συναρτήσεις μέλη:
  - `τύπος_επιστρεφόμενης_τιμής operator[](τύπος_δείκτη index) const;`
  - `τύπος_επιστρεφόμενης_τιμής& operator[](τύπος_δείκτη index);`
- Η `const` συνάρτηση μέλος επιτρέπει την ανάγνωση στοιχείων από ένα const αντικείμενο.
- Η συνάρτηση μέλος που δεν είναι `const` επιστρέφει μια αναφορά στο στοιχείο που μπορεί να τροποποιηθεί.

https://github.com/chgogos/oop/blob/master/various/COP3330/lect13/sample5.cpp

Υπερφόρτωση τελεστή &

- Ο τελεστής & μπορεί να υπερφορτωθεί όπως και οποιοσδήποτε άλλος τελεστής.

https://github.com/chgogos/oop/blob/master/various/COP3330/lect13/sample6.cpp

Ερωτήσεις σύνοψης

- Πως υλοποιείται στη C ένα λεκτικό;
- Τι είναι η συνάρτηση `strcpy` και ποια επικεφαλίδα πρέπει να γίνει include έτσι ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί;
- Τι επιτυγχάνουμε με τη συνάρτηση `getline()` του αντικειμένου `cin`;
- Γιατί υπάρχουν δύο υπερφορτώσεις συναρτήσεων για το `operator[]`;

Απαντήσεις στις ερωτήσεις σύνοψης

- Πως υλοποιείται στη C ένα λεκτικό;
  - Υλοποιείται ως πίνακας χαρακτήρων τύπου char που τερματίζεται με τον ειδικό χαρακτήρα '\0'
- Τι είναι η συνάρτηση `strcpy` και ποια επικεφαλίδα πρέπει να γίνει include έτσι ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί;
  - Η συνάρτηση strcpy(dest, src) αντιγράφει το C-string src στο C-string dest και δηλώνεται στο <string.h>
- Τι επιτυγχάνουμε με τη συνάρτηση `getline()` του αντικειμένου `cin`;
  - Η μέθοδος cin.getline(buf, n) διαβάζει μια ολόκληρη γραμμή κειμένου, μαζί με τα κενά, μέχρι να βρει αλλαγή γραμμής '\n'
- Γιατί υπάρχουν δύο υπερφορτώσεις συναρτήσεων για το `operator[]`;
  - Υπάρχουν δύο υπερφορτώσεις:
    char& operator[](size_t i);
    const char& operator[](size_t i) const;
    Η μία επιτρέπει τροποποίηση στοιχείων, ενώ η const έκδοση επιτρέπει μόνο ανάγνωση όταν το αντικείμενο είναι const.

Αναφορές

- http://www.cs.fsu.edu/~xyuan/cop3330/
- http://www.cs.fsu.edu/~myers/c++/notes/strings.html
- https://embeddedartistry.com/blog/2017/07/26/stdstring-vs-c-strings/