Αντικειμενοστραφείς Γλώσσες Προγραμματισμού C++ / ROOT

Ιωάννης Παπαδόπουλος

Τμήμα Φυσικής, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

Οκτώβριος 2018

Περιεχόμενα

Υπονοούμενες (implicit) μετατροπές Τύπων

```
#include <iostream>
#include <iomanip>  // για τη συνάρτηση setprecision
using namespace std;

int main(){
  double d=-1.23456789012;       // (1)
  cout << setprecision(12);      // (2)

  cout << "d = " << d << endl;   // (3)

  float f = d;
  cout << "f = " << f << endl;   // (4)

  int i = d;
  cout << "i = " << i << endl;   // (5)

  unsigned short int j = i;      // (6)
  cout << "j = " << j << endl;   // (7)

  return 0;
}
```

(1) Ορισμός του double d με πολλά ψηφία.

(2) Το cout θα τυπώνει 12 σημαντικά ψηφία.

(3) Οθόνη: `d = -1.23456789012`

(4) Οθόνη: `f = -1.23456788063`
Η τιμή του d δεν μπορεί να αναπαρασταθεί ακριβώς από τον f, που έχει τύπο float και συνεπώς μικρότερη ακρίβεια.

(5) Οθόνη: `i = -1`
Το δεκαδικό μέρος του αριθμού έχει απορριφθεί.

(6) Ο ακέραιος j ορίζεται ως "unsigned short", και αρχικοποιείται στην τιμή του i.

(7) Οθόνη: `j = 65535` $\neq -1 \equiv i$
Η μετατροπή του i κατά την αρχικοποίηση του j (signed$\longrightarrow$unsigned) οδηγεί σε ανεπιθύμητο αποτέλεσμα...

Υπονοούμενες (implicit) μετατροπές Τύπων

- **Αναβάθμιση ακεραίου:**
  Ένας char ή int (είτε εμπρόσημος είτε όχι) μπορεί να χρησιμοποιηθεί οπουδήποτε απαιτείται η χρήση ενός ακεραίου. Αν λοιπόν μία τιμή ενός αρχικού τύπου μπορεί να αναπαρασταθεί από έναν int (long int), τότε ο αρχικός τύπος μετατρέπεται σε int (long int). Σε αντίθετη περίπτωση, μετατρέπεται σε unsigned int (unsigned long int).
- **Μετατροπή ακεραίου:**
  - Κατά τη μετατροπή **unsigned→signed**, αν η τιμή βρίσκεται εντός της περιοχής τιμών του τύπου signed, τότε αυτή διατηρείται. Διαφορετικά το αποτέλεσμα της μετατροπής είναι απροσδιόριστο!
  - Στην περίπτωση της μετατροπής **signed→unsigned**, χρησιμοποιείται μία μέθοδος αποκοπής bits ή προσθήκης επιπλέον μηδενικών bits στις αναπαραστάσεις συμπληρώματος ως προς 2 (όταν ο τύπος unsigned έχει μεγαλύτερο εύρος). Μπορεί έτσι να οδηγήσει σε ανεπιθύμητα αποτελέσματα.

Υπονοούμενες (implicit) μετατροπές Τύπων

- **Μετατροπή δεκαδικού σε ακέραιο**:
  Κατά τη μετατροπή αυτή, απορρίπτεται το δεκαδικό μέρος του αριθμού. Αν η τιμή που προκύπτει δεν μπορεί να αναπαρασταθεί από τον ακέραιο τύπο, τότε το αποτέλεσμα είναι απροσδιόριστο!
- **Μετατροπή ακεραίου σε δεκαδικό**:
  Κατά τη μετατροπή αυτή, η τιμή του δεκαδικού αριθμού που προκύπτει μπορεί να είναι η αμέσως μεγαλύτερη ή μικρότερη τιμή που μπορεί να αναπαρασταθεί. Π.χ. ο αριθμός unsigned int 429496729, αν μετατραπεί σε float θα είναι ίσος με 429496736, ενώ αν μετατραπεί σε double θα είναι ίσος με 429496729.
- **Μετατροπές μεταξύ δεκαδικών**:
  Όταν ένας λιγότερο ακριβής τύπος μετατρέπεται σε έναν ακριβέστερο τύπο (π.χ. float→double), η τιμή διατηρείται αμετάβλητη. Στην αντίθετη περίπτωση (π.χ. double→float), το αποτέλεσμα θα αντιστοιχηθεί στην αμέσως μεγαλύτερη ή μικρότερη τιμή που μπορεί να αναπαρασταθεί. Αν όμως η τιμή είναι εκτός των ορίων του λιγότερο ακριβούς τύπου, τότε το αποτέλεσμα είναι απροσδιόριστο!

Υπονοούμενες (implicit) μετατροπές Τύπων

- **Αναβάθμιση τελεστέων κατά την εκτέλεση αριθμητικών πράξεων:**
  - Αν ο ένας τελεστέος είναι long double, τότε ο άλλος τελεστέος μετατρέπεται σε long double.
  - Διαφορετικά, αν ο ένας τελεστέος είναι double, τότε ο άλλος τελεστέος μετατρέπεται σε double.
  - Διαφορετικά, αν ο ένας τελεστέος είναι float, τότε ο άλλος τελεστέος μετατρέπεται σε float.
  - Διαφορετικά (όταν δηλαδή οι τελεστέοι είναι ακέραιοι), πραγματοποιείται αναβάθμιση ακεραίου και για τους δύο τελεστέους, και έπειτα:
    - Αν ο ένας τελεστέος είναι unsigned long int, τότε ο άλλος τελεστέος μετατρέπεται σε unsigned long int.
    - Διαφορετικά, αν ο ένας τελεστέος είναι long int και ο άλλος unsigned int, τότε το αποτέλεσμα εξαρτάται από το αν ο long int μπορεί να αναπαραστήσει όλες τις τιμές ενός unsigned int: Αν ναι, τότε ο τελεστέος τύπου unsigned int μετατρέπεται σε long int. Αν όχι, μετατρέπονται και οι δύο τελεστέοι σε unsigned long int.
    - Διαφορετικά, αν ο ένας τελεστέος είναι long int, τότε ο άλλος τελεστέος μετατρέπεται σε long int.
    - Διαφορετικά, αν ο ένας τελεστέος είναι unsigned int, τότε ο άλλος τελεστέος μετατρέπεται σε unsigned int.
    - Διαφορετικά, και οι δύο τελεστέοι είναι τύπου int.

Υπονοούμενες (implicit) μετατροπές Τύπων

```
#include <iostream>
#include <iomanip>
using namespace std;

int main(){
  cout << setprecision(23);
  for (int n : {12, 13,  14,   21,   23,
                26, 35, 171, 1754, 1755}) {
    int                iP=1;
    unsigned int      uiP=1;
    long int          liP=1;
    unsigned long int uliP=1;
    float              fP=1;
    double             dP=1;
    long double       ldP=1;

    for (              int c=1 ;(int)c<=n ;c++)   iP*=c;
    for (     unsigned int c=1 ;(int)c<=n ;c++)  uiP*=c;
    for (         long int c=1 ;(int)c<=n ;c++)  liP*=c;
    for (unsigned long int c=1 ;(int)c<=n ;c++) uliP*=c;
    for (            float c=1 ;(int)c<=n ;c++)   fP*=c;
    for (           double c=1 ;(int)c<=n ;c++)   dP*=c;
    for (      long double c=1 ;(int)c<=n ;c++)  ldP*=c;

    cout << endl;
    cout << n << "! =   iP = " <<   iP << endl;
    cout << n << "! =  uiP = " <<  uiP << endl;
    cout << n << "! =  liP = " <<  liP << endl;
    cout << n << "! = uliP = " << uliP << endl;
    cout << n << "! =   fP = " <<   fP << endl;
    cout << n << "! =   dP = " <<   dP << endl;
    cout << n << "! =  ldP = " <<  ldP << endl;
  }
}
```

Άσκηση:

Να υπολογιστεί το $n!$ για
$n \in \{12, 13, 14, 21, 23, 26, 35, 171, 1754, 1755\}$
χρησιμοποιώντας για το αποτέλεσμα αριθμούς
int,
unsigned int,
long int,
unsigned long int,
float,
double και
long double.
Συγκρίνετε τα αποτελέσματα.
Τι συμπέρασμα βγάζετε;

Δημιουργία του φακέλου `~/erg3` (μία φορά):

```
mkdir  ~/erg3
```

Μετάβαση στον φάκελο που δημιουργήθηκε:

```
cd  ~/erg3
```

Άνοιγμα και επεξεργασία αρχείου cpp με emacs:

```
emacs   ask1.cpp  &
```

Μεταγλώττιση (αφού σωθεί το αρχείο):

```
g++  -std=c++11 ask1.cpp  -o ask1.exe
```

Εκτέλεση του προγράμματος που προκύπτει:

```
./ask1.exe
```

Συναρτήσεις

- Οι συναρτήσεις βελτιώνουν τον διαδικασιακό προγραμματισμό, συμβάλλουν στην άνετη ανάγνωση του κώδικα και στην ευκολότερη συντήρησή του.
- Μπορούν να ομαδοποιηθούν σε βιβλιοθήκες, που καλούνται από προγράμματα.

Συναρτήσεις

- Οι συναρτήσεις βελτιώνουν τον διαδικασιακό προγραμματισμό, συμβάλλουν στην άνετη ανάγνωση του κώδικα και στην ευκολότερη συντήρησή του.
- Μπορούν να ομαδοποιηθούν σε βιβλιοθήκες, που καλούνται από προγράμματα.

```
// δήλωση της συνάρτησης
return_type myFunc(arg1_type, arg2_type, ... );

int main(){
  ...
  arg1_type x=... ;
  arg2_type y=... ;
  return_type z;
  z=myFunc(x,y);    // κλήση της συνάρτησης
  ...
  return 0;
}

// ανάπτυξη της συνάρτησης
return_type myFunc(arg1_type A, arg2_type B, ... ) {
  ...
  return_type theResult=... ;
  ...
  // χρήση των A, B, ... σε εκφράσεις
  ...
  return theResult;
}
```

- Μία συνάρτηση πρέπει να δηλωθεί εντός του κώδικα πριν χρησιμοποιηθεί. Η δήλωση αυτή καθορίζει την **υπογραφή** της συνάρτησης.

Συναρτήσεις

- Οι συναρτήσεις βελτιώνουν τον διαδικασιακό προγραμματισμό, συμβάλλουν στην άνετη ανάγνωση του κώδικα και στην ευκολότερη συντήρησή του.
- Μπορούν να ομαδοποιηθούν σε βιβλιοθήκες, που καλούνται από προγράμματα.

```
// δήλωση της συνάρτησης
return_type myFunc(arg1_type, arg2_type, ... );

int main(){
  ...
  arg1_type x=... ;
  arg2_type y=... ;
  return_type z;
  z=myFunc(x,y);    // κλήση της συνάρτησης
  ...
  return 0;
}

// ανάπτυξη της συνάρτησης
return_type myFunc(arg1_type A, arg2_type B, ... ) {
  ...
  return_type theResult=... ;
  ...
  // χρήση των A, B, ... σε εκφράσεις
  ...
  return theResult;
}
```

- Η χρήση της γίνεται μέσω κλήσεών της (**function calls**) εντός άλλων συναρτήσεων, όπως π.χ. εντός της main.

Συναρτήσεις

- Οι συναρτήσεις βελτιώνουν τον διαδικασιακό προγραμματισμό, συμβάλλουν στην άνετη ανάγνωση του κώδικα και στην ευκολότερη συντήρησή του.
- Μπορούν να ομαδοποιηθούν σε βιβλιοθήκες, που καλούνται από προγράμματα.

```
// δήλωση της συνάρτησης
return_type myFunc(arg1_type, arg2_type, ... );

int main(){
  ...
  arg1_type x=... ;
  arg2_type y=... ;
  return_type z;
  z=myFunc(x,y);    // κλήση της συνάρτησης
  ...
  return 0;
}

// ανάπτυξη της συνάρτησης
return_type myFunc(arg1_type A, arg2_type B, ... ) {
  ...
  return_type theResult=... ;
  ...
  // χρήση των A, B, ... σε εκφράσεις
  ...
  return theResult;
}
```

- Η ανάπτυξή της υλοποιείται οπουδήποτε μετά τη δήλωσή της (όχι όμως εντός άλλης συνάρτησης). Πρέπει να έχει την **ίδια ακριβώς υπογραφή** με αυτή της δήλωσης (ίδιο τύπο επιστροφής, ίδιους τύπους ορισμάτων, ίδια διάταξή τους). Τα ορίσματα αποκτούν πλέον και **αναγνωριστικά**, που χρησιμοποιούνται σε εκφράσεις εντός της συνάρτησης.

Συναρτήσεις

- Οι συναρτήσεις βελτιώνουν τον διαδικασιακό προγραμματισμό, συμβάλλουν στην άνετη ανάγνωση του κώδικα και στην ευκολότερη συντήρησή του.
- Μπορούν να ομαδοποιηθούν σε βιβλιοθήκες, που καλούνται από προγράμματα.

```
// δήλωση της συνάρτησης
return_type myFunc(arg1_type, arg2_type, ... );

int main(){
  ...
  arg1_type x=... ;
  arg2_type y=... ;
  return_type z;
  z=myFunc(x,y);     // κλήση της συνάρτησης
  ...
  return 0;
}

// ανάπτυξη της συνάρτησης
return_type myFunc(arg1_type A, arg2_type B, ... ) {
  ...
  return_type theResult=... ;
  ...
  // χρήση των A, B, ... σε εκφράσεις
  ...
  return theResult;
}
```

- Μία συνάρτηση πρέπει να δηλωθεί εντός του κώδικα πριν χρησιμοποιηθεί. Η δήλωση αυτή καθορίζει την **υπογραφή** της συνάρτησης.
- Η χρήση της γίνεται μέσω κλήσεών της (**function calls**) εντός άλλων συναρτήσεων, όπως π.χ. εντός της main.
- Η ανάπτυξή της υλοποιείται οπουδήποτε μετά τη δήλωσή της (όχι όμως εντός άλλης συνάρτησης). Πρέπει να έχει την **ίδια ακριβώς υπογραφή** με αυτή της δήλωσης (ίδιο τύπο επιστροφής, ίδιους τύπους ορισμάτων, ίδια διάταξή τους). Τα ορίσματα αποκτούν πλέον και **αναγνωριστικά**, που χρησιμοποιούνται σε εκφράσεις εντός της συνάρτησης.

Συναρτήσεις

- **Τα ορίσματα περνούν** στις συναρτήσεις **ως τιμές** (call by value), δηλαδή:
  - Δημιουργείται στη μνήμη ένα αντίγραφο για κάθε αρχικό (πραγματικό) όρισμα, όπως αυτό εμφανίζεται στην αντίστοιχη εντολής κλήσης της συνάρτησης.
  - Τα αντίγραφα αυτά χρησιμοποιούνται στις όποιες εκφράσεις εντός της συνάρτησης, και μπορούν να τροποποιηθούν εντός αυτής.
  - Τα αρχικά (πραγματικά) ορίσματα παραμένουν αμετάβλητα, ανεξαρτήτως του τι συμβαίνει στα αντίγραφά τους εντός της συνάρτησης.
- Υπάρχουν δύο περιπτώσεις (που θα μελετηθούν αργότερα) οι οποίες δίνουν τη δυνατότητα χειρισμού/μεταβολής των αρχικών (πραγματικών) ορισμάτων της συνάρτησης.
  - Κλήση συναρτήσεων χρησιμοποιώντας ορίσματα με δείκτες.
  - Κλήση συναρτήσεων χρησιμοποιώντας ορίσματα με αναφορές.

Συναρτήσεις

```
1  #include <iostream>
2  using namespace std;
3  //------------------------------------------------
4  // δήλωση της συνάρτησης fmodulo
5  int fmodulo(int, int);
6  //------------------------------------------------
7  int main(){
8
9    int i=133;
10   int j=5;
11
12   cout <<     "i=" << i
13        << ",   j=" << j << endl;
14
15   int k=fmodulo(i,3*j);
16
17   cout <<     "i=" << i
18        << ",   j=" << j
19        << ",   k=" << k <<endl;
20
21   return 0;
22 }
23 //------------------------------------------------
24 // ανάπτυξη της συνάρτησης fmodulo
25 int fmodulo(int i, int m) {
26
27   i=i%m;
28
29   return i;
30
31 }
32 //------------------------------------------------
```

5 Δήλωση της συνάρτησης fmodulo

Συναρτήσεις


```
1  #include <iostream>
2  using namespace std;
3  //--------------------------------------------
4  // δήλωση της συνάρτησης fmodulo
5  int fmodulo(int, int);
6  //--------------------------------------------
7  int main(){
8
9    int i=133;
10   int j=5;
11
12   cout <<      "i=" << i
13        << ",    j=" << j << endl;
14
15   int k=fmodulo(i,3*j);
16
17   cout <<      "i=" << i
18        << ",    j=" << j
19        << ",    k=" << k <<endl;
20
21   return 0;
22 }
23 //--------------------------------------------
24 // ανάπτυξη της συνάρτησης fmodulo
25 int fmodulo(int i, int m) {
26
27   i=i%m;
28
29   return i;
30
31 }
32 //--------------------------------------------
```

25-31 Ανάπτυξη της συνάρτησης fmodulo. Τα αντίγραφα των ορισμάτων κλήσης ονομάζονται εντός της ανάπτυξης i και j.

Συναρτήσεις

```
1  #include <iostream>
2  using namespace std;
3  //---------------------------------------------
4  // δήλωση της συνάρτησης fmodulo
5  int fmodulo(int, int);
6  //---------------------------------------------
7  int main(){
8
9    int i=133;
10   int j=5;
11
12   cout <<    "i=" << i
13        << ",   j=" << j << endl;
14
15   int k=fmodulo(i,3*j);
16
17   cout <<    "i=" << i
18        << ",   j=" << j
19        << ",   k=" << k <<endl;
20
21   return 0;
22 }
23 //---------------------------------------------
24 // ανάπτυξη της συνάρτησης fmodulo
25 int fmodulo(int i, int m) {
26
27   i=i%m;
28
29   return i;
30
31 }
32 //---------------------------------------------
```

27 Η τιμή του i μεταβάλλεται.

29 Η τιμή του i επιστρέφεται από τη συνάρτηση.

Συναρτήσεις


```
1  #include <iostream>
2  using namespace std;
3  //-----------------------------------------------
4  // δήλωση της συνάρτησης fmodulo
5  int fmodulo(int, int);
6  //-----------------------------------------------
7  int main(){
8
9    int i=133;
10   int j=5;
11
12   cout <<      "i=" << i
13        << ",   j=" << j << endl;
14
15   int k=fmodulo(i,3*j);
16
17   cout <<      "i=" << i
18        << ",   j=" << j
19        << ",   k=" << k <<endl;
20
21   return 0;
22 }
23 //-----------------------------------------------
24 // ανάπτυξη της συνάρτησης fmodulo
25 int fmodulo(int i, int m) {
26
27   i=i%m;
28
29   return i;
30
31 }
32 //-----------------------------------------------
```

15 Η συνάρτηση καλείται με ορίσματα i και 3*j. Έτσι, η μεταβλητή αντίγραφο i της συνάρτησης παίρνει την τιμή του ***i*** της main, και η μεταβλητή αντίγραφο m της συνάρτησης παίρνει την τιμή 3*j. Η συνάρτηση επιστρέφει την τιμή του αντιγράφου i, η οποία αποδίδεται στη μεταβλητή k.

Συναρτήσεις

```
1 #include <iostream>
2 using namespace std;
3 //-----------------------------------------------
4 // δήλωση της συνάρτησης fmodulo
5 int fmodulo(int, int);
6 //-----------------------------------------------
7 int main(){
8
9   int i=133;
10   int j=5;
11
12   cout <<      "i=" << i
13        << ",   j=" << j << endl;
14
15   int k=fmodulo(i,3*j);
16
17   cout <<      "i=" << i
18        << ",   j=" << j
19        << ",   k=" << k <<endl;
20
21   return 0;
22 }
23 //-----------------------------------------------
24 // ανάπτυξη της συνάρτησης fmodulo
25 int fmodulo(int i, int m) {
26
27   i=i%m;
28
29   return i;
30
31 }
32 //-----------------------------------------------
```

12-13 Οθόνη: `i=133, j=5`

17-19 Οθόνη: `i=133, j=5, k=13`

Συναρτήσεις

Υπερφόρτωση συναρτήσεων (**function overloading**):

- Οι συναρτήσεις επιτρέπεται να έχουν το ίδιο όνομα, αρκεί να έχουν διαφορετική λίστα ορισμάτων (διαφορετικούς τύπους ή αριθμό ορισμάτων).

Συναρτήσεις

Υπερφόρτωση συναρτήσεων (**function overloading**):

- Οι συναρτήσεις επιτρέπεται να έχουν το ίδιο όνομα, αρκεί να έχουν διαφορετική λίστα ορισμάτων (διαφορετικούς τύπους ή αριθμό ορισμάτων).
- Ο μεταγλωττιστής επιλέγει την κατάλληλη κάθε φορά συνάρτηση, ανάλογα με τον τρόπο κλήσης της (ορίσματα, τύποι ορισμάτων).

Συναρτήσεις

Υπερφόρτωση συναρτήσεων (**function overloading**):

- Οι συναρτήσεις επιτρέπεται να έχουν το ίδιο όνομα, αρκεί να έχουν διαφορετική λίστα ορισμάτων (διαφορετικούς τύπους ή αριθμό ορισμάτων).
- Ο μεταγλωττιστής επιλέγει την κατάλληλη κάθε φορά συνάρτηση, ανάλογα με τον τρόπο κλήσης της (ορίσματα, τύποι ορισμάτων).

```
double  fcn () ;
```

- Ορίσματα: κανένα
  Επιστρέφει: double

Συναρτήσεις

Υπερφόρτωση συναρτήσεων (**function overloading**):

- Οι συναρτήσεις επιτρέπεται να έχουν το ίδιο όνομα, αρκεί να έχουν διαφορετική λίστα ορισμάτων (διαφορετικούς τύπους ή αριθμό ορισμάτων).
- Ο μεταγλωττιστής επιλέγει την κατάλληλη κάθε φορά συνάρτηση, ανάλογα με τον τρόπο κλήσης της (ορίσματα, τύποι ορισμάτων).

```
double  fcn () ;
```

- Ορίσματα: κανένα
  Επιστρέφει: double

```
double  fcn ( int ) ;
```

- Ορίσματα: int
  Επιστρέφει: double

Συναρτήσεις

Υπερφόρτωση συναρτήσεων (**function overloading**):

- Οι συναρτήσεις επιτρέπεται να έχουν το ίδιο όνομα, αρκεί να έχουν διαφορετική λίστα ορισμάτων (διαφορετικούς τύπους ή αριθμό ορισμάτων).
- Ο μεταγλωττιστής επιλέγει την κατάλληλη κάθε φορά συνάρτηση, ανάλογα με τον τρόπο κλήσης της (ορίσματα, τύποι ορισμάτων).

```
double  fcn () ;
```

- Ορίσματα: κανένα
  Επιστρέφει: double

```
double  fcn ( int ) ;
```

- Ορίσματα: int
  Επιστρέφει: double

```
int     fcn ( int, int ) ;
```

- Ορίσματα: int και int
  Επιστρέφει: int

Συναρτήσεις

Υπερφόρτωση συναρτήσεων (**function overloading**):

- Οι συναρτήσεις επιτρέπεται να έχουν το ίδιο όνομα, αρκεί να έχουν διαφορετική λίστα ορισμάτων (διαφορετικούς τύπους ή αριθμό ορισμάτων).
- Ο μεταγλωττιστής επιλέγει την κατάλληλη κάθε φορά συνάρτηση, ανάλογα με τον τρόπο κλήσης της (ορίσματα, τύποι ορισμάτων).

```
double  fcn () ;
```

- Ορίσματα: κανένα
  Επιστρέφει: double

```
double  fcn ( int ) ;
```

- Ορίσματα: int
  Επιστρέφει: double

```
int     fcn ( int, int ) ;
```

- Ορίσματα: int και int
  Επιστρέφει: int

```
double  fcn ( int, double ) ;
```

- Ορίσματα: int και double
  Επιστρέφει: double

Συναρτήσεις

Υπερφόρτωση συναρτήσεων (**function overloading**):

- Οι συναρτήσεις επιτρέπεται να έχουν το ίδιο όνομα, αρκεί να έχουν διαφορετική λίστα ορισμάτων (διαφορετικούς τύπους ή αριθμό ορισμάτων).
- Ο μεταγλωττιστής επιλέγει την κατάλληλη κάθε φορά συνάρτηση, ανάλογα με τον τρόπο κλήσης της (ορίσματα, τύποι ορισμάτων).

```
double  fcn () ;
```

- Ορίσματα: κανένα
  Επιστρέφει: double

```
double  fcn ( int ) ;
```

- Ορίσματα: int
  Επιστρέφει: double

```
int     fcn ( int, int ) ;
```

- Ορίσματα: int και int
  Επιστρέφει: int

```
double  fcn ( int, double ) ;
```

- Ορίσματα: int και double
  Επιστρέφει: double

```
int     fcn ( int ) ;
```

- Ορίσματα: int
  Επιστρέφει: int
  ΛΑΘΟΣ: ίδια υπογραφή με τη 2η περίπτωση, αν και με διαφορετικό επιστρεφόμενο τύπο.

Συναρτήσεις

```
1  #include <iostream>
2  using namespace std;
3  //-----------------------------------------------------
4  int    f (int,    int       ) ;
5  int    f (int,    int, int  ) ;
6  double f (double, int       ) ;
7  //int  f (double, int       ) ; // -> ΛΑΘΟΣ
8  //-----------------------------------------------------
9  int main(){
10   cout << "f(1,2)      " << f(1,2)      << endl;
11
12   cout << "f(1,2,3)    " << f(1,2,3)    << endl;
13
14   cout << "f(3.5,2)    " << f(3.5,2)    << endl;
15
16   cout << "f(1.9,2.9)  " << f(1.9,2.9)  << endl;
17
18   cout << "f(1,2.9)    " << f(1,2.9)    << endl;
19
20   cout << "f(1.9,2,3)  " << f(1.9,2,3)  << endl;
21 }
22 //-----------------------------------------------------
23 int    f (int a,int b) {
24   cout << "-> A: i i   => i  : " ;
25   return a+b; }
26 //-----------------------------------------------------
27 int    f (int a,int b,int c) {
28   cout << "-> B: i i i => i  : " ;
29   return a+b+c; }
30 //-----------------------------------------------------
31 double f (double a,int b) {
32   cout << "-> C: d i   => d  : " ;
33    return a+b; }
```

```
10 f(1,2)      -> A: i i     => i : 3
```

Συναρτήσεις


```
1  #include <iostream>
2  using namespace std;
3  //-----------------------------------------------------
4  int    f (int,    int      ) ;
5  int    f (int,    int, int ) ;
6  double f (double, int      ) ;
7  //int  f (double, int      ) ; // -> ΛΑΘΟΣ
8  //-----------------------------------------------------
9  int main(){
10   cout << "f(1,2)      " << f(1,2)      << endl;
11
12   cout << "f(1,2,3)    " << f(1,2,3)    << endl;
13
14   cout << "f(3.5,2)    " << f(3.5,2)    << endl;
15
16   cout << "f(1.9,2.9)  " << f(1.9,2.9)  << endl;
17
18   cout << "f(1,2.9)    " << f(1,2.9)    << endl;
19
20   cout << "f(1.9,2,3)  " << f(1.9,2,3)  << endl;
21 }
22 //-----------------------------------------------------
23 int    f (int a,int b) {
24   cout << "-> A: i i   => i  : " ;
25   return a+b; }
26 //-----------------------------------------------------
27 int    f (int a,int b,int c) {
28   cout << "-> B: i i i => i  : " ;
29   return a+b+c; }
30 //-----------------------------------------------------
31 double f (double a,int b) {
32   cout << "-> C: d i   => d  : " ;
33    return a+b; }
```

```
12  f(1,2,3)    -> B: i i i   => i : 6
```

Συναρτήσεις

```
1  #include <iostream>
2  using namespace std;
3  //----------------------------------------
4  int    f (int,    int       ) ;
5  int    f (int,    int, int  ) ;
6  double f (double, int       ) ;
7  //int  f (double, int       ) ; // -> ΛΑΘΟΣ
8  //----------------------------------------
9  int main(){
10   cout << "f(1,2)      " << f(1,2)     << endl;
11 
12   cout << "f(1,2,3)    " << f(1,2,3)   << endl;
13 
14   cout << "f(3.5,2)    " << f(3.5,2)   << endl;
15 
16   cout << "f(1.9,2.9)  " << f(1.9,2.9) << endl;
17 
18   cout << "f(1,2.9)    " << f(1,2.9)   << endl;
19 
20   cout << "f(1.9,2,3)  " << f(1.9,2,3) << endl;
21 }
22 //----------------------------------------
23 int    f (int a,int b) {
24   cout << "-> A: i i   => i   : " ;
25   return a+b; }
26 //----------------------------------------
27 int    f (int a,int b,int c) {
28   cout << "-> B: i i i => i   : " ;
29   return a+b+c; }
30 //----------------------------------------
31 double f (double a,int b) {
32   cout << "-> C: d i   => d   : " ;
33    return a+b; }
```

```
14 f(3.5,2)    -> C: d i    => d : 5.5
```

Συναρτήσεις

```
1  #include <iostream>
2  using namespace std;
3  //---------------------------------------------
4  int    f (int,    int       ) ;
5  int    f (int,    int, int ) ;
6  double f (double, int       ) ;
7  //int  f (double, int       ) ; // -> ΛΑΘΟΣ
8  //---------------------------------------------
9  int main(){
10   cout << "f(1,2)       " << f(1,2)       << endl;
11
12   cout << "f(1,2,3)     " << f(1,2,3)     << endl;
13
14   cout << "f(3.5,2)     " << f(3.5,2)     << endl;
15
16   cout << "f(1.9,2.9) " << f(1.9,2.9) << endl;
17
18   cout << "f(1,2.9)     " << f(1,2.9)     << endl;
19
20   cout << "f(1.9,2,3) " << f(1.9,2,3) << endl;
21 }
22 //---------------------------------------------
23 int    f (int a,int b) {
24   cout << "-> A: i i   => i  : " ;
25   return a+b; }
26 //---------------------------------------------
27 int    f (int a,int b,int c) {
28   cout << "-> B: i i i => i  : " ;
29   return a+b+c; }
30 //---------------------------------------------
31 double f (double a,int b) {
32   cout << "-> C: d i   => d  : " ;
33    return a+b; }
```

```
16 f(1.9,2.9)  -> C: d i     => d : 3.9
```

Συναρτήσεις

```
1  #include <iostream>
2  using namespace std;
3  //---------------------------------------------
4  int    f (int,    int       ) ;
5  int    f (int,    int, int  ) ;
6  double f (double, int       ) ;
7  //int  f (double, int       ) ; // -> ΛΑΘΟΣ
8  //---------------------------------------------
9  int main(){
10   cout << "f(1,2)       " << f(1,2)       << endl;
11
12   cout << "f(1,2,3)     " << f(1,2,3)     << endl;
13
14   cout << "f(3.5,2)     " << f(3.5,2)     << endl;
15
16   cout << "f(1.9,2.9) " << f(1.9,2.9) << endl;
17
18   cout << "f(1,2.9)     " << f(1,2.9)     << endl;
19
20   cout << "f(1.9,2,3) " << f(1.9,2,3) << endl;
21 }
22 //---------------------------------------------
23 int    f (int a,int b) {
24   cout << "-> A: i i   => i  : " ;
25   return a+b; }
26 //---------------------------------------------
27 int    f (int a,int b,int c) {
28   cout << "-> B: i i i => i  : " ;
29   return a+b+c; }
30 //---------------------------------------------
31 double f (double a,int b) {
32   cout << "-> C: d i   => d  : " ;
33    return a+b; }
```

```
18 f(1,2.9)    -> A: i i    => i : 3
```

Συναρτήσεις

```cpp
#include <iostream>
using namespace std;
//-------------------------------------------------
int    f (int,    int       ) ;
int    f (int,    int, int ) ;
double f (double, int       ) ;
//int  f (double, int       ) ; // -> ΛΑΘΟΣ
//-------------------------------------------------
int main(){
  cout << "f(1,2)       " << f(1,2)       << endl;

  cout << "f(1,2,3)     " << f(1,2,3)     << endl;

  cout << "f(3.5,2)     " << f(3.5,2)     << endl;

  cout << "f(1.9,2.9) " << f(1.9,2.9) << endl;

  cout << "f(1,2.9)     " << f(1,2.9)     << endl;

  cout << "f(1.9,2,3) " << f(1.9,2,3) << endl;
}
//-------------------------------------------------
int    f (int a,int b) {
  cout << "-> A: i i   => i   : " ;
  return a+b; }
//-------------------------------------------------
int    f (int a,int b,int c) {
  cout << "-> B: i i i => i   : " ;
  return a+b+c; }
//-------------------------------------------------
double f (double a,int b) {
  cout << "-> C: d i   => d   : " ;
   return a+b; }
```

```
20 f(1.9,2,3)  -> B: i i i   => i : 6
```

Συναρτήσεις

```cpp
1  #include <iostream>
2  using namespace std;
3  //---------------------------------------------
4  int    f (int,    int       ) ;
5  int    f (int,    int, int ) ;
6  double f (double, int       ) ;
7  //int  f (double, int       ) ; // -> ΛΑΘΟΣ
8  //---------------------------------------------
9  int main(){
10   cout << "f(1,2)      " << f(1,2)      << endl;
11
12   cout << "f(1,2,3)    " << f(1,2,3)    << endl;
13
14   cout << "f(3.5,2)    " << f(3.5,2)    << endl;
15
16   cout << "f(1.9,2.9) " << f(1.9,2.9) << endl;
17
18   cout << "f(1,2.9)    " << f(1,2.9)    << endl;
19
20   cout << "f(1.9,2,3) " << f(1.9,2,3) << endl;
21 }
22 //---------------------------------------------
23 int    f (int a,int b) {
24   cout << "-> A: i i   => i  : " ;
25   return a+b; }
26 //---------------------------------------------
27 int    f (int a,int b,int c) {
28   cout << "-> B: i i i => i  : " ;
29   return a+b+c; }
30 //---------------------------------------------
31 double f (double a,int b) {
32   cout << "-> C: d i   => d  : " ;
33    return a+b; }
```

```
10 f(1,2)      -> A: i i    => i : 3
12 f(1,2,3)    -> B: i i i  => i : 6
14 f(3.5,2)    -> C: d i    => d : 5.5
16 f(1.9,2.9)  -> C: d i    => d : 3.9
18 f(1,2.9)    -> A: i i    => i : 3
20 f(1.9,2,3)  -> B: i i i  => i : 6
```

Δείκτες

- Μία μεταβλητή τύπου *δείκτη* (pointer) αποθηκεύει ως τιμή του τη *διεύθυνση* μίας μεταβλητής

```
1 char *pc;
2 char c = 'w';
3 pc = &c;
4 char d = *pc;
```

1 Δήλωση ενός δείκτη προς μία μεταβλητή τύπου char. Ο τύπος του δείκτη είναι `char *`.

Δείκτες

- Μία μεταβλητή τύπου *δείκτη* (pointer) αποθηκεύει ως τιμή του τη *διεύθυνση* μίας μεταβλητής

```
1 char *pc;
2 char c = 'w';
3 pc = &c;
4 char d = *pc;
```

2 Ορισμός και αρχικοποίηση μίας μεταβλητής τύπου char.

Δείκτες

- Μία μεταβλητή τύπου *δείκτη* (pointer) αποθηκεύει ως τιμή του τη *διεύθυνση* μίας μεταβλητής

```
1 char *pc;
2 char c = 'w';
3 pc = &c;
4 char d = *pc;
```

3 Ο δείκτης λαμβάνει ως τιμή τη διεύθυνση της μεταβλητής c, με τη χρήση του τελεστή &.

Δείκτες

- Μία μεταβλητή τύπου *δείκτη* (pointer) αποθηκεύει ως τιμή του τη *διεύθυνση* μίας μεταβλητής

```
1 char *pc;
2 char c = 'w';
3 pc = &c;
4 char d = *pc;
```

4 Αποαναφοροποίηση (dereferencing) του δείκτη με τη χρήση του τελεστή *. Η αποαναφοροποιημένη τιμή του δείκτη είναι ίση με την τιμή της μεταβλητής την οποία δείχνει. Εδώ π.χ. η μεταβλητή d ορίζεται ως τύπου char και αρχικοποιείται στην τιμή του c, μέσω της αποαναφοροποίησης *pc.

Δείκτες

- Μία μεταβλητή τύπου *δείκτη* (pointer) αποθηκεύει ως τιμή του τη *διεύθυνση* μίας μεταβλητής

```
1 char *pc;
2 char c = 'w';
3 pc = &c;
4 char d = *pc;
```

1 Δήλωση ενός δείκτη προς μία μεταβλητή τύπου char. Ο τύπος του δείκτη είναι `char *`.

2 Ορισμός και αρχικοποίηση μίας μεταβλητής τύπου char.

3 Ο δείκτης λαμβάνει ως τιμή τη διεύθυνση της μεταβλητής c, με τη χρήση του τελεστή `&`.

4 Αποαναφοροποίηση (dereferencing) του δείκτη με τη χρήση του τελεστή `*`. Η αποαναφοροποιημένη τιμή του δείκτη είναι ίση με την τιμή της μεταβλητής την οποία δείχνει. Εδώ π.χ. η μεταβλητή d ορίζεται ως τύπου char και αρχικοποιείται στην τιμή του c, μέσω της αποαναφοροποίησης *pc.

Δείκτες

- Η διεύθυνση μνήμης μίας μεταβλητής λαμβάνεται με τη χρήση του τελεστή &.
- Ένας δείκτης που αποαναφοροποιείται με τη χρήση του τελεστή * ταυτίζεται με τη μεταβλητή στην οποία δείχνει.
- Ο τύπος δεδομένων του δείκτη οφείλει να ταιριάζει με τον τύπο των δεδομένων της μεταβλητής στην οποία δείχνει.
  - Π.χ. ένας δείκτης char * μπορεί να δείχνει μόνον σε μεταβλητές τύπου `char`.
  - Ο μεταγλωττιστής πρέπει να γνωρίζει το μέγεθος σε byte του αποαναφοροποιημένου τύπου δεδομένων.
- Υπάρχει ένας ειδικός τύπος δείκτη, ο `void *` (δείκτης προς το κενό ⇒ προς ο,τιδήποτε), ο οποίος μπορεί να δείχνει σε οποιαδήποτε θέση στη μνήμη, ανεξαρτήτως του τύπου δεδομένων που είναι εκεί αποθηκευμένα. Οι κενοί δείκτες δεν μπορούν να αποαναφοροποιηθούν.

Προσοχή: Δείκτες που δεν έχουν αρχικοποιηθεί αποτελούν την πιο συνηθισμένη αιτία αποτυχίας ενός προγράμματος κατά τη διάρκεια εκτέλεσής του.

Δείκτες

- ```
  int *pi;
  ```

  Δείκτης προς μία μεταβλητή int

- ```
  double d=0.;
  int *pi;
  pi = &d;    // Λάθος!!!
  ```

  ΛΑΘΟΣ στην τρίτη γραμμή: ο δείκτης pi είναι τύπου int *, οπότε δεν μπορεί να λάβει ως τιμή τη διεύθυνση της μεταβλητής d, αφού αυτή είναι τύπου double.

Δείκτες


- ```
  const int i = 0;
  const int *pi = &i;
  *pi = 3;    // Λάθος!!!
  ```

  Ο δείκτης pi δηλώνεται ως εξής:
  Ο pi είναι ένας δείκτης προς έναν ακέραιο που δεν μπορεί να μεταβληθεί (const int).
  ΛΑΘΟΣ στην τρίτη γραμμή: Απαγορεύεται να μεταβάλλει κανείς έναν ακέραιο που δεν μπορεί να μεταβληθεί (const int).
  ```

Δείκτες

- ```
  int i = 0;
  int j = 1;
  int * const pi = &i;
  pi = &j;    // Λάθος!!!
  ```

  Ο δείκτης pi δηλώνεται ως εξής:
  Ο pi είναι ένας σταθερός δείκτης (* const) προς έναν ακέραιο (int) και αρχικοποιείται με τη διεύθυνση του i.
  ΛΑΘΟΣ στην τέταρτη γραμμή: Ο pi απαγορεύεται να μεταβληθεί αφού έχει δηλωθεί σταθερός.
  ```

Δείκτες

- ```
  int i = 0;
  int *pi = &i;
  int **pj;
  pj = π
  **pj = 3;
  ```

  Ο δείκτης pj δηλώνεται ως εξής:
  Ο pj είναι δείκτης προς έναν δείκτη προς ακέραιο.
  Ο pj παίρνει την τιμή της διεύθυνσης του δείκτη pi.
  Άρα τώρα ο pj δείχνει εκεί όπου δείχνει ο pi, δηλαδή στην μεταβλητή i.
  Έτσι, η τελευταία εντολή αποδίδει στη μεταβλητή i την τιμή 3.
  ```

Δείκτες

Προσοχή: Η απόπειρα αποαναφοροποίησης τυχαίων θέσεων μνήμης μπορεί να οδηγήσει σε αποτυχία ενός προγράμματος κατά τη διάρκεια εκτέλεσής του.

- ```
  int *pi;
  int i = 0;
  if ( ... ) {
    pi = &i; // εξαρτάται από το if, αν θα εκτελεστεί
  }
  *pi = 3;
  ```

Η εντολή `pi = &i;` ενδέχεται να μην εκτελεστεί, λόγω του if.
Τότε η τελευταία εντολή (`*pi = 3;`) μπορεί να οδηγήσει σε αποτυχία του προγράμματος κατά την εκτέλεσή του (segmentation fault).
  ```

Δείκτες

Η θέση μνήμης 0x0 δεν είναι έγκυρη σε κανένα πρόγραμμα, και για το λόγο αυτό συνηθίζεται να χρησιμοποιείται για δείκτες που δεν έχουν κάποια συγκεκριμένη αρχική τιμή ή που είναι άκυροι.
Με την πρακτική αυτή, μπορεί κανείς να ελέγξει αν η τιμή ενός δείκτη είναι ίση με 0x0 πριν τον χρησιμοποιήσει.

- ```
  int *pi = 0;   // Αρχικοποίηση στο 0x0
  int i = 0;
  if ( ... ) {
    pi = &i; // εξαρτάται από το if, αν θα εκτελεστεί
  }
  if ( pi != NULL ) {   // NULL = 0 εξ ορισμού
    *pi = 3;
  }
  ```

  Η εντολή `pi = &i;` ενδέχεται να μην εκτελεστεί, λόγω του if. Τότε η τελευταία εντολή (`*pi = 3;`) μπορεί να οδηγήσει σε αποτυχία του προγράμματος κατά την εκτέλεσή του (segmentation fault).
  ```

Δείκτες

```cpp
1  //----------------------------------------------
2  #include <iostream>
3  //----------------------------------------------
4  void fcn ( int * ) ;
5  //----------------------------------------------
6  using namespace std;
7  int main() {
8    int n=0;
9    cout << "n = " << n << endl;
10   fcn(&n);
11   cout << "n = " << n << endl;
12   return 0;
13 }
14 //----------------------------------------------
15 void fcn (int *pi) {
16   *pi = 3;
17 }
18 //----------------------------------------------
```

4 Η συνάρτηση fcn αναμένει ως μόνο όρισμά της έναν δείκτη προς έναν ακέραιο.

Δείκτες

```
1 //-----------------------------------------------
2 #include <iostream>
3 //-----------------------------------------------
4 void fcn ( int * ) ;
5 //-----------------------------------------------
6 using namespace std;
7 int main() {
8   int n=0;
9   cout << "n = " << n << endl;
10  fcn(&n);
11  cout << "n = " << n << endl;
12  return 0;
13 }
14 //-----------------------------------------------
15 void fcn (int *pi) {
16   *pi = 3;
17 }
18 //-----------------------------------------------
```

8 Η μεταβλητή n αρχικοποιείται σε 0.

Δείκτες

```
1  //--------------------------------------------
2  #include <iostream>
3  //--------------------------------------------
4  void fcn ( int * ) ;
5  //--------------------------------------------
6  using namespace std;
7  int main() {
8    int n=0;
9    cout << "n = " << n << endl;
10   fcn(&n);
11   cout << "n = " << n << endl;
12   return 0;
13 }
14 //--------------------------------------------
15 void fcn (int *pi) {
16   *pi = 3;
17 }
18 //--------------------------------------------
```

9 Οθόνη: n = 0

Δείκτες


```
1  //-------------------------------------------------
2  #include <iostream>
3  //-------------------------------------------------
4  void fcn ( int * ) ;
5  //-------------------------------------------------
6  using namespace std;
7  int main() {
8    int n=0;
9    cout << "n = " << n << endl;
10   fcn(&n);
11   cout << "n = " << n << endl;
12   return 0;
13 }
14 //-------------------------------------------------
15 void fcn (int *pi) {
16   *pi = 3;
17 }
18 //-------------------------------------------------
```

10 Η συνάρτηση fcn καλείται με όρισμα τη διεύθυνση της μεταβλητής n.

Δείκτες


```
1  //-------------------------------------------------
2  #include <iostream>
3  //-------------------------------------------------
4  void fcn ( int * ) ;
5  //-------------------------------------------------
6  using namespace std;
7  int main() {
8    int n=0;
9    cout << "n = " << n << endl;
10   fcn(&n);
11   cout << "n = " << n << endl;
12   return 0;
13 }
14 //-------------------------------------------------
15 void fcn (int *pi) {
16   *pi = 3;
17 }
18 //-------------------------------------------------
```

16 Η αποαναφοροποίηση του δείκτη pi, παρέχει πρόσβαση στην αρχική μεταβλητή n, η οποία έχει οριστεί εντός της main.

Δείκτες


```
1  //-----------------------------------------------
2  #include <iostream>
3  //-----------------------------------------------
4  void fcn ( int * ) ;
5  //-----------------------------------------------
6  using namespace std;
7  int main() {
8    int n=0;
9    cout << "n = " << n << endl;
10   fcn(&n);
11   cout << "n = " << n << endl;
12   return 0;
13 }
14 //-----------------------------------------------
15 void fcn (int *pi) {
16   *pi = 3;
17 }
18 //-----------------------------------------------
```

11 Οθόνη: n = 3

Δείκτες


```
1  //------------------------------------------------
2  #include <iostream>
3  //------------------------------------------------
4  void fcn ( int * ) ;
5  //------------------------------------------------
6  using namespace std;
7  int main() {
8    int n=0;
9    cout << "n = " << n << endl;
10   fcn(&n);
11   cout << "n = " << n << endl;
12   return 0;
13 }
14 //------------------------------------------------
15 void fcn (int *pi) {
16   *pi = 3;
17 }
18 //------------------------------------------------
```

4 Η συνάρτηση fcn αναμένει ως μόνο όρισμά της έναν δείκτη προς έναν ακέραιο.

8 Η μεταβλητή n αρχικοποιείται σε 0.

9 Οθόνη: n = 0

10 Η συνάρτηση fcn καλείται με όρισμα τη διεύθυνση της μεταβλητής n.

16 Η αποαναφοροποίηση του δείκτη pi, παρέχει πρόσβαση στην αρχική μεταβλητή n, η οποία έχει οριστεί εντός της main.

11 Οθόνη: n = 3

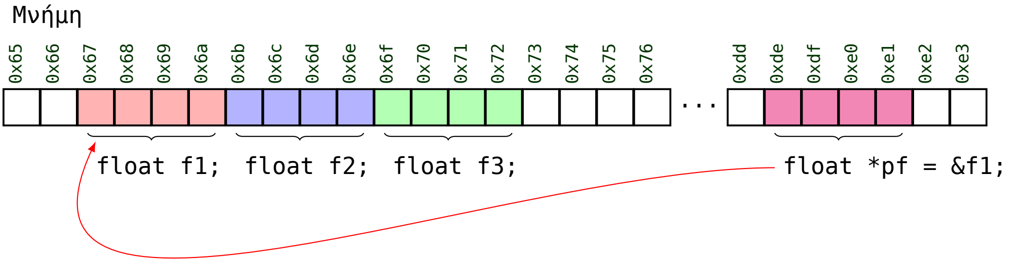
Δείκτες


```
//------------------------------------------------------------
#include <iostream>
//------------------------------------------------------------
using namespace std;

int main() {

  int i=100;
  int j=333;

  cout <<  "i = " << i
       << ", j = " << j << endl;

  // εδώ πρέπει να κληθεί η συνάρτησή σας

  cout <<  "i = " << i
       << ", j = " << j << endl;

  return 0;
}
//------------------------------------------------------------
```

άσκηση

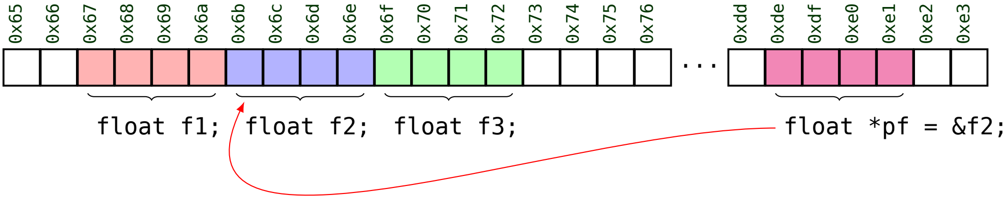
Να γραφεί ένα πρόγραμμα με μία συνάρτηση, την swap, η οποία να ανταλλάσσει μεταξύ τους τις τιμές δύο ακεραίων αριθμών. Δίνεται δίπλα ο πηγαίος κώδικας της συνάρτησης main.

Δείκτες

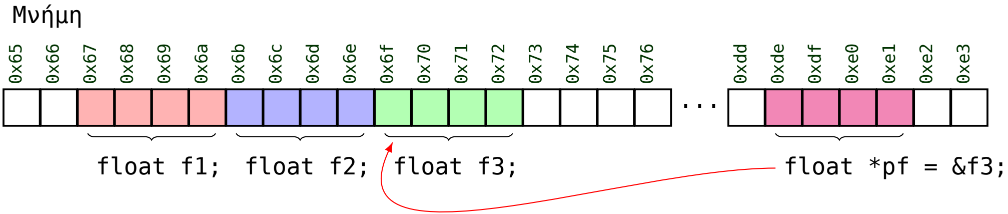

Μνήμη
0x65
0x66
0x67
0x68
0x69
0x6a
0x6b
0x6c
0x6d
0x6e
0x6f
0x70
0x71
0x72
0x73
0x74
0x75
0x76
...
0xdd
0xde
0xdf
0xe0
0xe1
0xe2
0xe3
float f1;
float f2;
float f3;
float *pf = &f1;

Δείκτες

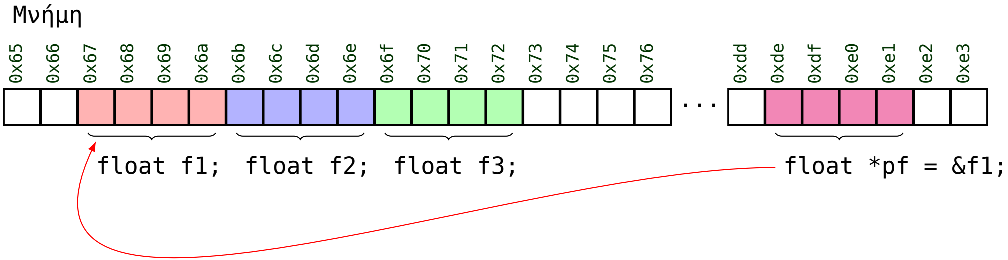
Μνήμη



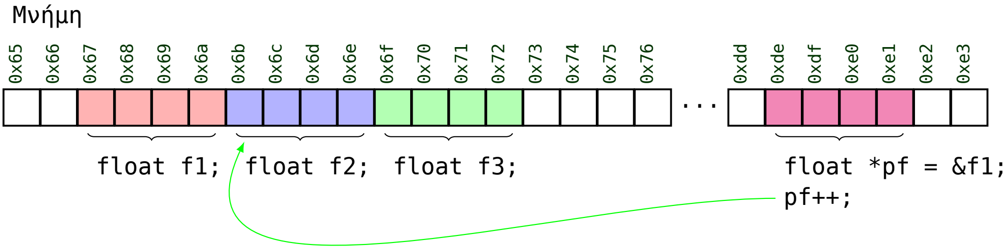
Δείκτες


Μνήμη
0x65
0x66
0x67
0x68
0x69
0x6a
0x6b
0x6c
0x6d
0x6e
0x6f
0x70
0x71
0x72
0x73
0x74
0x75
0x76
...
0xdd
0xde
0xdf
0xe0
0xe1
0xe2
0xe3
float f1;
float f2;
float f3;
float *pf = &f3;

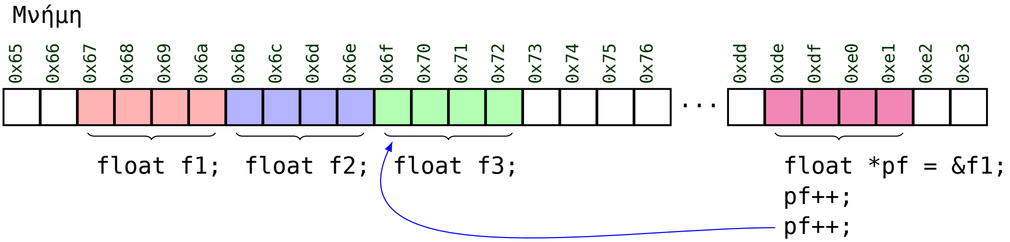
Δείκτες


Μνήμη
0x65
0x66
0x67
0x68
0x69
0x6a
0x6b
0x6c
0x6d
0x6e
0x6f
0x70
0x71
0x72
0x73
0x74
0x75
0x76
...
0xdd
0xde
0xdf
0xe0
0xe1
0xe2
0xe3
float f1;
float f2;
float f3;
float *pf = &f1;

Δείκτες

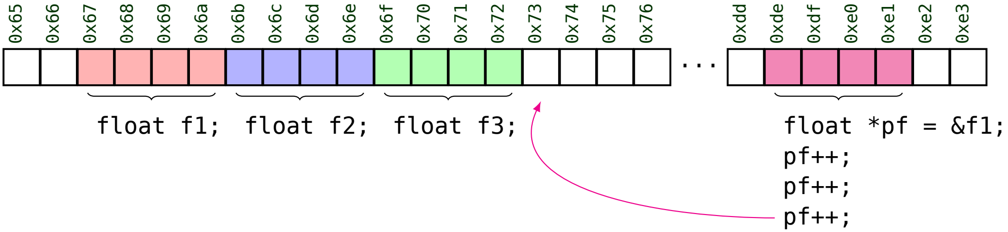

Μνήμη
0x65
0x66
0x67
0x68
0x69
0x6a
0x6b
0x6c
0x6d
0x6e
0x6f
0x70
0x71
0x72
0x73
0x74
0x75
0x76
...
0xdd
0xde
0xdf
0xe0
0xe1
0xe2
0xe3
float f1;
float f2;
float f3;
float *pf = &f1;
pf++;

Δείκτες

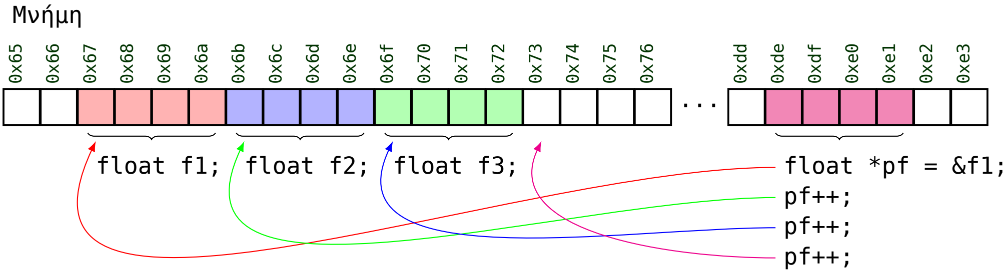

Μνήμη
0x65
0x66
0x67
0x68
0x69
0x6a
0x6b
0x6c
0x6d
0x6e
0x6f
0x70
0x71
0x72
0x73
0x74
0x75
0x76
...
0xdd
0xde
0xdf
0xe0
0xe1
0xe2
0xe3
float f1;
float f2;
float f3;
float *pf = &f1;
pf++;
pf++;

Δείκτες

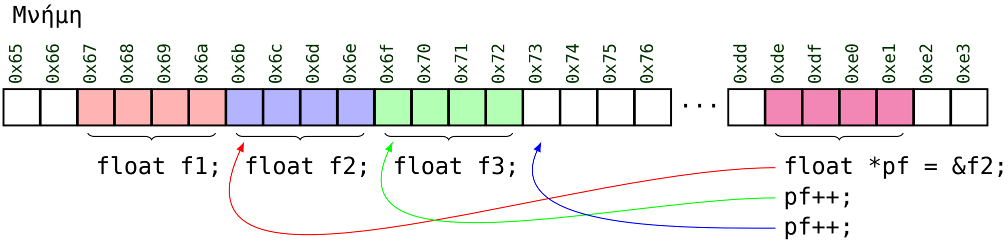
Μνήμη



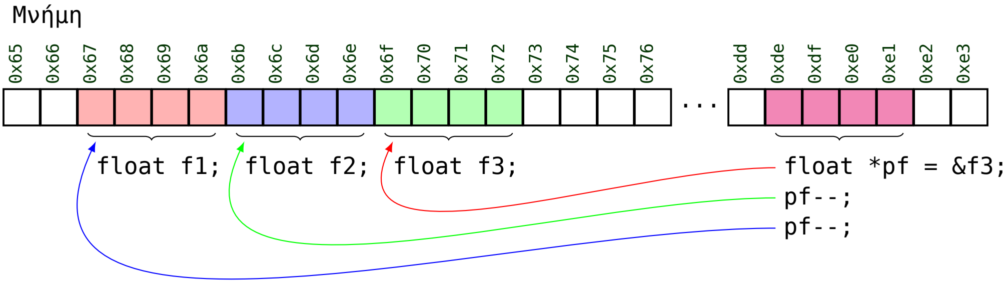
Δείκτες


Μνήμη
0x65
0x66
0x67
0x68
0x69
0x6a
0x6b
0x6c
0x6d
0x6e
0x6f
0x70
0x71
0x72
0x73
0x74
0x75
0x76
. . .
0xdd
0xde
0xdf
0xe0
0xe1
0xe2
0xe3
float f1;
float f2;
float f3;
float *pf = &f1;
pf++;
pf++;
pf++;

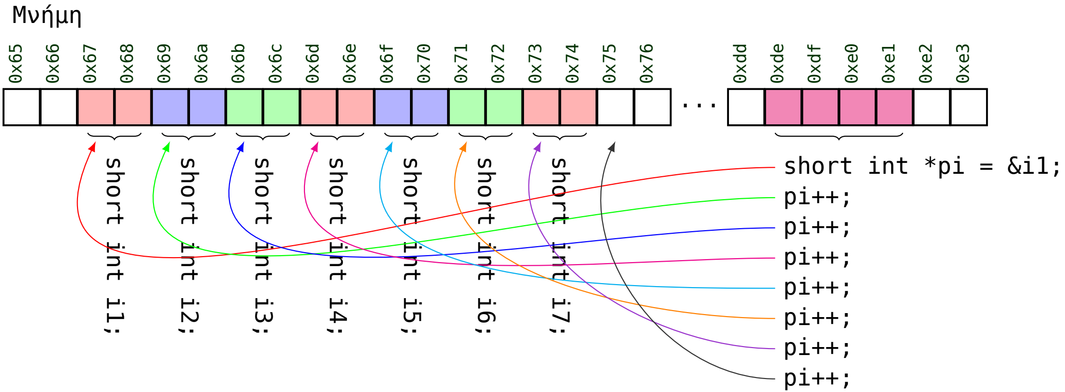
Δείκτες


Μνήμη
0x65
0x66
0x67
0x68
0x69
0x6a
0x6b
0x6c
0x6d
0x6e
0x6f
0x70
0x71
0x72
0x73
0x74
0x75
0x76
...
0xdd
0xde
0xdf
0xe0
0xe1
0xe2
0xe3
float f1;
float f2;
float f3;
float *pf = &f2;
pf++;
pf++;

Δείκτες


Μνήμη
0x65
0x66
0x67
0x68
0x69
0x6a
0x6b
0x6c
0x6d
0x6e
0x6f
0x70
0x71
0x72
0x73
0x74
0x75
0x76
...
0xdd
0xde
0xdf
0xe0
0xe1
0xe2
0xe3
float f1;
float f2;
float f3;
float *pf = &f3;
pf--;
pf--;

Δείκτες


Μνήμη
0x65
0x66
0x67
0x68
0x69
0x6a
0x6b
0x6c
0x6d
0x6e
0x6f
0x70
0x71
0x72
0x73
0x74
0x75
0x76
...
0xdd
0xde
0xdf
0xe0
0xe1
0xe2
0xe3
short int i1;
short int i2;
short int i3;
short int i4;
short int i5;
short int i6;
short int i7;
short int *pi = &i1;
pi++;
pi++;
pi++;
pi++;
pi++;
pi++;
pi++;

Πίνακες (Arrays)

- Μία ακολουθία αντικειμένων του ίδιου τύπου ονομάζεται *πίνακας*.
- Κάθε αντικείμενο του πίνακα αναφέρεται ως στοιχείο του πίνακα.
- Τα στοιχεία ενός πίνακα απασχολούν ένα συνεχές τμήμα της μνήμης, και είναι διατεταγμένα (πρώτο, δεύτερο, τρίτο στοιχείο κ.ο.κ.).

```
int a[10];          // Δήλωση ενός πίνακα ακεραίων με 10 στοιχεία
int b[3]={0,1,2};   // Δήλωση και αρχικοποίηση του πίνακα ακεραίων b με 3 στοιχεία
int c = b[0];   // Προσπέλαση του πρώτου στοιχείου του πίνακα b ( τελεστής [] )
b[0] = -1;
```

- Το πρώτο στοιχείο του πίνακα b είναι το b[0].

Πίνακες (Arrays)

```
int *pb;               // Δήλωση ενός δείκτη προς ακέραιο int.
int b[3]={2,4,7};      // Δήλωση και αρχικοποίηση του πίνακα ακεραίων b με 3 στοιχεία
pb = &b[0];            // O pb δείχνει στην αρχή του πίνακα, στο πρώτο του στοιχείο
pb = b;                // Ισοδύναμη εντολή...
int c = *(pb+1);       // Προσπέλαση του στοιχείου b[1]
b[0] = -1;
```

- Το όνομα ενός πίνακα είναι ταυτόσημο με τη διεύθυνση του πρώτου του στοιχείου, εδώ του b[0], δηλαδή `b` $\equiv$ `&b[0]`
- Ο δείκτης pb+1 δείχνει στο στοιχείο b[1], κ.ο.κ., δηλαδή:

`pb`	$\equiv$	`&b[0]`	`*(pb)`	$\equiv$	`b[0]`
`pb+1`	$\equiv$	`&b[1]`	`*(pb+1)`	$\equiv$	`b[1]`
`pb+2`	$\equiv$	`&b[2]`	`*(pb+2)`	$\equiv$	`b[2]`

Πίνακες (Arrays)

```
1  //-------------------------------------------
2  #include <iostream>
3  using namespace std;
4  //-------------------------------------------
5  void f( const int * , int );
6  //-------------------------------------------
7  int main() {
8    int a[10];
9    int n = sizeof(a) / sizeof(a[0]);
10   for ( int i=0 ; i<n ; i++ ) {
11     a[i]=i*i;
12   }
13   f(a, n);
14   return 0;
15 }
16 //-------------------------------------------
17 void f( const int *apn, int an) {
18   for ( int j=0 ; j<an ; j++ ) {
19     cout << "a[" << j << "] = " << *(apn+j) << endl;
20   }
21   return;   // Η f επιστρέφει void, δηλαδή τίποτε...
22 }
23 //-------------------------------------------
```

5 Το πρώτο όρισμα της συνάρτησης f δεν θα πρέπει να μεταβληθεί. Έτσι δηλώνεται ως `const int *`.

Πίνακες (Arrays)


```
1  //-------------------------------------------
2  #include <iostream>
3  using namespace std;
4  //-------------------------------------------
5  void f( const int * , int );
6  //-------------------------------------------
7  int main() {
8    int a[10];
9    int n = sizeof(a) / sizeof(a[0]);
10   for ( int i=0 ; i<n ; i++ ) {
11     a[i]=i*i;
12   }
13   f(a, n);
14   return 0;
15 }
16 //-------------------------------------------
17 void f( const int *apn, int an) {
18   for ( int j=0 ; j<an ; j++ ) {
19     cout << "a[" << j << "] = " << *(apn+j) << endl;
20   }
21   return;   // H f επιστρέφει void, δηλαδή τίποτε...
22 }
23 //-------------------------------------------
```

9 Προσδιορισμός του πλήθους στοιχείων του πίνακα (συνάρτηση `sizeof`).

Πίνακες (Arrays)


```
1  //-------------------------------------------
2  #include <iostream>
3  using namespace std;
4  //-------------------------------------------
5  void f( const int * , int );
6  //-------------------------------------------
7  int main() {
8    int a[10];
9    int n = sizeof(a) / sizeof(a[0]);
10   for ( int i=0 ; i<n ; i++ ) {
11     a[i]=i*i;
12   }
13   f(a, n);
14   return 0;
15 }
16 //-------------------------------------------
17 void f( const int *apn, int an) {
18   for ( int j=0 ; j<an ; j++ ) {
19     cout << "a[" << j << "] = " << *(apn+j) << endl;
20   }
21   return;   // H f επιστρέφει void, δηλαδή τίποτε...
22 }
23 //-------------------------------------------
```

10 Ο πίνακας γεμίζει με αριθμούς.

Πίνακες (Arrays)


```
1  //----------------------------------------
2  #include <iostream>
3  using namespace std;
4  //----------------------------------------
5  void f( const int * , int );
6  //----------------------------------------
7  int main() {
8    int a[10];
9    int n = sizeof(a) / sizeof(a[0]);
10   for ( int i=0 ; i<n ; i++ ) {
11     a[i]=i*i;
12   }
13   f(a, n);
14   return 0;
15 }
16 //----------------------------------------
17 void f( const int *apn, int an) {
18   for ( int j=0 ; j<an ; j++ ) {
19     cout << "a[" << j << "] = " << *(apn+j) << endl;
20   }
21   return;   // Η f επιστρέφει void, δηλαδή τίποτε...
22 }
23 //----------------------------------------
```

13 Κλήση της συνάρτησης f με πρώτο όρισμα τον δείκτη apn προς το πρώτο στοιχείο του πίνακα και δεύτερο όρισμα το πλήθος στοιχείων του πίνακα.

Πίνακες (Arrays)


```
1  //---------------------------------------------
2  #include <iostream>
3  using namespace std;
4  //---------------------------------------------
5  void f( const int * , int );
6  //---------------------------------------------
7  int main() {
8    int a[10];
9    int n = sizeof(a) / sizeof(a[0]);
10   for ( int i=0 ; i<n ; i++ ) {
11     a[i]=i*i;
12   }
13   f(a, n);
14   return 0;
15 }
16 //---------------------------------------------
17 void f( const int *apn, int an) {
18   for ( int j=0 ; j<an ; j++ ) {
19     cout << "a[" << j << "] = " << *(apn+j) << endl;
20   }
21   return;    // H f επιστρέφει void, δηλαδή τίποτε...
22 }
23 //---------------------------------------------
```

18 Η συνάρτηση f εμφανίζει στην οθόνη τις τιμές όλων των στοιχείων του πίνακα, ξεκινώντας από το την τιμή του ακεραίου που δείχνει ο δείκτης apn.

Πίνακες (Arrays)


```cpp
1  //-----------------------------------------
2  #include <iostream>
3  using namespace std;
4  //-----------------------------------------
5  void f( const int * , int );
6  //-----------------------------------------
7  int main() {
8    int a[10];
9    int n = sizeof(a) / sizeof(a[0]);
10   for ( int i=0 ; i<n ; i++ ) {
11     a[i]=i*i;
12   }
13   f(a, n);
14   return 0;
15 }
16 //-----------------------------------------
17 void f( const int *apn, int an) {
18   for ( int j=0 ; j<an ; j++ ) {
19     cout << "a[" << j << "] = " << *(apn+j) << endl;
20   }
21   return;   // H f επιστρέφει void, δηλαδή τίποτε...
22 }
23 //-----------------------------------------
```

19 Τιμή του j-οστού ακεραίου.

Πίνακες (Arrays)

```
1  //---------------------------------------------
2  #include <iostream>
3  using namespace std;
4  //---------------------------------------------
5  void f( const int * , int );
6  //---------------------------------------------
7  int main() {
8    int a[10];
9    int n = sizeof(a) / sizeof(a[0]);
10   for ( int i=0 ; i<n ; i++ ) {
11     a[i]=i*i;
12   }
13   f(a, n);
14   return 0;
15 }
16 //---------------------------------------------
17 void f( const int *apn, int an) {
18   for ( int j=0 ; j<an ; j++ ) {
19     cout << "a[" << j << "] = " << *(apn+j) << endl;
20   }
21   return;    // Η f επιστρέφει void, δηλαδή τίποτε...
22 }
23 //---------------------------------------------
```

5 Το πρώτο όρισμα της συνάρτησης f δεν θα πρέπει να μεταβληθεί. Έτσι δηλώνεται ως `const int *`.

9 Προσδιορισμός του πλήθους στοιχείων του πίνακα (συνάρτηση `sizeof`).

10 Ο πίνακας γεμίζει με αριθμούς.

13 Κλήση της συνάρτησης f με πρώτο όρισμα τον δείκτη apn προς το πρώτο στοιχείο του πίνακα και δεύτερο όρισμα το πλήθος στοιχείων του πίνακα.

18 Η συνάρτηση f εμφανίζει στην οθόνη τις τιμές όλων των στοιχείων του πίνακα, ξεκινώντας από το την τιμή του ακεραίου που δείχνει ο δείκτης apn.

19 Τιμή του j-οστού ακεραίου.

Πίνακες (Arrays)

Ένα αλφαριθμητικό της C (C-string) είναι ένας πίνακας χαρακτήρων, με τον τελευταίο χαρακτήρα να είναι ο '\0' (NUL).
Ο χαρακτήρας αυτός χρησιμοποιείται συχνά σε συναρτήσεις που υπολογίζουν το μήκος C-strings.
Στη C αυτά τα C-strings αποτελούν τον βασικό τύπο αποθήκευσης κειμένου.
Στη C++ έχουν σε μεγάλο βαθμό αντικατασταθεί από την κλάση *string*.

```
//-------------------------------------------
#include <iostream>
using namespace std;
//-------------------------------------------
int main(){

  char str[]="hello world";

  int n = sizeof(str) / sizeof(char);

  cout << str << " is " << n << " char long" << endl;

  for ( int i=0 ; i<n ; i++ ) {
    int c = str[i];
    cout << "ASCII " << str[i] << ": " << c << endl;
  }

  return 0;

}
//-------------------------------------------
```

7 Ο μεταγλωττιστής μπορεί να προσδιορίσει αυτόματα το μήκος ενός πίνακα κατά την αρχικοποίησή του.

```
char str[] = "hello world"; // ή ισοδύναμα:
char str[] = {'h','e','l','l','o',
              ' ','w','o','r','l','d','\0'}
```

Πίνακες (Arrays)

Ένα αλφαριθμητικό της C (C-string) είναι ένας πίνακας χαρακτήρων, με τον τελευταίο χαρακτήρα να είναι ο '\0' (NUL).
Ο χαρακτήρας αυτός χρησιμοποιείται συχνά σε συναρτήσεις που υπολογίζουν το μήκος C-strings.
Στη C αυτά τα C-strings αποτελούν τον βασικό τύπο αποθήκευσης κειμένου.
Στη C++ έχουν σε μεγάλο βαθμό αντικατασταθεί από την κλάση *string*.

```
1  //-------------------------------------------
2  #include <iostream>
3  using namespace std;
4  //-------------------------------------------
5  int main(){
6
7    char str[]="hello world";
8
9    int n = sizeof(str) / sizeof(char);
10
11   cout << str << " is " << n << " char long" << endl;
12
13   for ( int i=0 ; i<n ; i++ ) {
14     int c = str[i];
15     cout << "ASCII " << str[i] << ": " << c << endl;
16   }
17
18   return 0;
19
20 }
21 //-------------------------------------------
```

7 Ο μεταγλωττιστής μπορεί να προσδιορίσει αυτόματα το μήκος ενός πίνακα κατά την αρχικοποίησή του.

```
char str[] = "hello world"; // ή ισοδύναμα:
char str[] = {'h','e','l','l','o',
              ' ','w','o','r','l','d','\0'}
```

9 Προσδιορισμός του πλήθους στοιχείων του πίνακα (συνάρτηση `sizeof`).

Πίνακες (Arrays)

Ένα αλφαριθμητικό της C (C-string) είναι ένας πίνακας χαρακτήρων, με τον τελευταίο χαρακτήρα να είναι ο '\0' (NUL).
Ο χαρακτήρας αυτός χρησιμοποιείται συχνά σε συναρτήσεις που υπολογίζουν το μήκος C-strings.
Στη C αυτά τα C-strings αποτελούν τον βασικό τύπο αποθήκευσης κειμένου.
Στη C++ έχουν σε μεγάλο βαθμό αντικατασταθεί από την κλάση *string*.

```
1  //-------------------------------------------
2  #include <iostream>
3  using namespace std;
4  //-------------------------------------------
5  int main(){
6
7    char str[]="hello world";
8
9    int n = sizeof(str) / sizeof(char);
10
11   cout << str << " is " << n << " char long" << endl;
12
13   for ( int i=0 ; i<n ; i++ ) {
14     int c = str[i];
15     cout << "ASCII " << str[i] << ": " << c << endl;
16   }
17
18   return 0;
19
20 }
21 //-------------------------------------------
```

7 Ο μεταγλωττιστής μπορεί να προσδιορίσει αυτόματα το μήκος ενός πίνακα κατά την αρχικοποίησή του.

```
char str[] = "hello world"; // ή ισοδύναμα:
char str[] = {'h','e','l','l','o',
              ' ','w','o','r','l','d','\0'}
```

9 Προσδιορισμός του πλήθους στοιχείων του πίνακα (συνάρτηση `sizeof`).

11 Οθόνη: hello world is 12 char long

Πίνακες (Arrays)

Ένα αλφαριθμητικό της C (C-string) είναι ένας πίνακας χαρακτήρων, με τον τελευταίο χαρακτήρα να είναι ο '\0' (NUL).
Ο χαρακτήρας αυτός χρησιμοποιείται συχνά σε συναρτήσεις που υπολογίζουν το μήκος C-strings.
Στη C αυτά τα C-strings αποτελούν τον βασικό τύπο αποθήκευσης κειμένου.
Στη C++ έχουν σε μεγάλο βαθμό αντικατασταθεί από την κλάση *string*.

```
1  //----------------------------------------------
2  #include <iostream>
3  using namespace std;
4  //----------------------------------------------
5  int main(){
6  
7    char str[]="hello world";
8  
9    int n = sizeof(str) / sizeof(char);
10 
11   cout << str << " is " << n << " char long" << endl;
12 
13   for ( int i=0 ; i<n ; i++ ) {
14     int c = str[i];
15     cout << "ASCII " << str[i] << ": " << c << endl;
16   }
17 
18   return 0;
19 
20 }
21 //----------------------------------------------
```

7 Ο μεταγλωττιστής μπορεί να προσδιορίσει αυτόματα το μήκος ενός πίνακα κατά την αρχικοποίησή του.

```
char str[] = "hello world"; // ή ισοδύναμα:
char str[] = {'h','e','l','l','o',
              ' ','w','o','r','l','d','\0'}
```

9 Προσδιορισμός του πλήθους στοιχείων του πίνακα (συνάρτηση `sizeof`).

11 Οθόνη: hello world is 12 char long

14 Το c παίρνει την τιμή του i-οστού χαρακτήρα του str.

Πίνακες (Arrays)

Ένα αλφαριθμητικό της C (C-string) είναι ένας πίνακας χαρακτήρων, με τον τελευταίο χαρακτήρα να είναι ο '\0' (NUL).
Ο χαρακτήρας αυτός χρησιμοποιείται συχνά σε συναρτήσεις που υπολογίζουν το μήκος C-strings.
Στη C αυτά τα C-strings αποτελούν τον βασικό τύπο αποθήκευσης κειμένου.
Στη C++ έχουν σε μεγάλο βαθμό αντικατασταθεί από την κλάση *string*.

```
1  //-----------------------------------------------
2  #include <iostream>
3  using namespace std;
4  //-----------------------------------------------
5  int main(){
6
7    char str[]="hello world";
8
9    int n = sizeof(str) / sizeof(char);
10
11   cout << str << " is " << n << " char long" << endl;
12
13   for ( int i=0 ; i<n ; i++ ) {
14     int c = str[i];
15     cout << "ASCII " << str[i] << ": " << c << endl;
16   }
17
18   return 0;
19
20 }
21 //-----------------------------------------------
```

7 Ο μεταγλωττιστής μπορεί να προσδιορίσει αυτόματα το μήκος ενός πίνακα κατά την αρχικοποίησή του.

```
char str[] = "hello world"; // ή ισοδύναμα:
char str[] = {'h','e','l','l','o',
              ' ','w','o','r','l','d','\0'}
```

9 Προσδιορισμός του πλήθους στοιχείων του πίνακα (συνάρτηση `sizeof`).

11 Οθόνη: hello world is 12 char long

14 Το c παίρνει την τιμή του i-οστού χαρακτήρα του str.

15 Οθόνη:

```
ASCII h: 104
ASCII e: 101
ASCII l: 108
ASCII l: 108
ASCII o: 111
ASCII  : 32
ASCII w: 119
ASCII o: 111
ASCII r: 114
ASCII l: 108
ASCII d: 100
ASCII : 0
```

Σημείωση: Ο χαρακτήρας '\0' δεν μπορεί να τυπωθεί στην οθόνη.

Πίνακες (Arrays)

```
char k[3][5];
```

στήλες / γραμμές

	0	1	2	3	4
0	k[0][0]	k[0][1]	k[0][2]	k[0][3]	k[0][4]
1	k[1][0]	k[1][1]	k[1][2]	k[1][3]	k[1][4]
2	k[2][0]	k[2][1]	k[2][2]	k[2][3]	k[2][4]