ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΑΝΟΙΚΤΑ ακαδημαϊκά μαθήματα ΠΠ

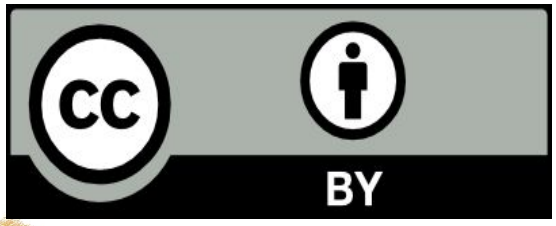
ΑΡΧΕΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ

Κεφάλαιο 14

Επιμέλεια:
Βασίλης Παλιουράς , Αναπληρωτής Καθηγητής
Ευάγγελος Δερματάς , Αναπληρωτής Καθηγητής
Σταύρος Νούσιας , Βοηθός Ερευνητή
Πολυτεχνική Σχολή
Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Τεχνολογίας Υπολογιστών

Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τυπου άδειας χρησης, η άδεια χρησης αναφερεται ρητώς.



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου των διδασκόντων καθηγητών.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδήμαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Πατρών» έχει χρηματοδοτηθεί μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκη Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικους πόρους.

Ανάπτυξη

Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό αναπτύχθηκε στο τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Τεχνολογίας Υπολογιστών του Πανεπιστημίου Πατρών

Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ
ΕΣΠΑ 2007-2013
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ
Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

Η δομή

```
struct <όνομα δομής> {
   <τύπος 1ου μέλους> <όνομα 1ου μέλους>;
   <τύπος 2ου μέλους> <όνομα 2ου μέλους>;
   <τύπος 3ου μέλους> <όνομα 3ου μέλους>;
   …
   <τύπος nου μέλους> <όνομα nου μέλους>;
} <λίστα ονομάτων μεταβλητών> ;
```

Παράδειγμα

Ορισμός τύπου **struct** address

```
struct address {
char street[20];
int number;
int code;
char city[20];
};

struct address myaddress ;
```

```
struct address
    {
      char street[20];
      int number;
      int code;
      char city[20];
} myaddress;
```

συνδυασμένος ορισμός τύπου **struct** address και δήλωση μεταβλητής τύπου **struct** address

χρήση τύπου **struct** address

όνομα μεταβλητής τύπου **struct** address

Αρχικοποίηση μεταβλητών

```
struct address {
 char street[20];
 int number;
 int code;
 char city[20];
} ;

struct address myaddress = {"Anthewn", 1, 123,
  "Patra" };
```

typedef

```c
#include <stdio.h>
#include <string.h>

struct address {
 char street[20];
 int number;
 int code;
 char city[20];
} ;
typedef struct address Address;

void report (Address) ;
Address readaddress (void) ;

main ( ) {

Address myaddress ;

     myaddress = readaddress( );
     report (myaddress);
}
```

```c
Address readaddress (void)  {
 Address localaddress;

     printf("Odos:\t");
     scanf("%s", localaddress.street);
     printf("Ar. :\t");
     scanf("%d", &localaddress.number);
     printf("Code:\t");
     scanf("%d", &localaddress.code);
     printf("Poli:\t");
     scanf("%s", localaddress.city);

   return localaddress;
}

void report (Address local) {
     printf("Odos: %20s\n",
local.street);
     printf("Ar. : %20d\n",
local.number);
     printf("T.C.: %20d\n", local.code);
     printf("Poli: %20s\n", local.city);
}
```

Ένθεση Δομών

```
struct person {
  char firstname[20];
  char surname[20];
  int age;
  struct address homeaddress;
  struct address bussinessaddress;
} ;
```

Δείκτες ως μέλη δομών

```
struct person {
  char firstname[20];
  char surname[20];
  int age;
  struct address homeaddress;
  struct address bussinessaddress;
  struct person *next_person;
} ;
```

Δείκτης σε δομή τύπου person

10

Συνοπτικά οι δομές (1)

- Ορισμός δομής ⇒ ορισμός τύπου

```
struct test {
            int a;
            char d[10]; };
  struct test mytest;
```

- Επιστρέφονται και περνούν κατ' αξία από συναρτήσεις.

```
struct test dosomething(int a, struct test b) {
<κώδικας>
}
```

- Βοηθάει το **typedef**

```
typedef struct test Test;
Test dosomething(int a, Test b) {
<κώδικας>
}
```

Συνοπτικά οι δομές (2)

- Αναφερόμαστε με dot notation σε μέλος μιας μεταβλητής τύπου δομής

```
struct test {
        int a;
        char d[10]; };
Test mytest;
mytest.a = 5;
strcpy(mytest.d,"hello");
```

μεταβλητή

μέλος

τύπος

- Ένα μέλος μιας μεταβλητής τύπου μίας δομής έχει ως τύπο τον τύπο του μέλους.

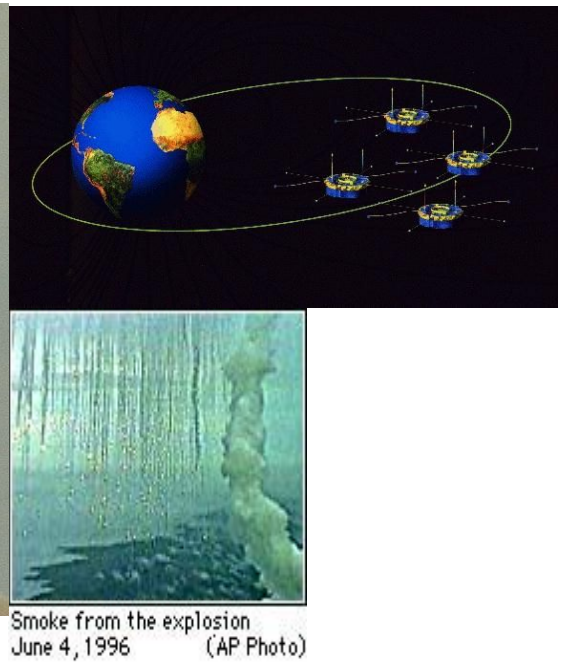
Σύστημα τύπων: Ένα βήμα στην ανάπτυξη λογισμικού

- Καθορισμός συστήματος τύπων οι οποίοι χαρακτηρίζουν τα δεδομένα του προβλήματος
  - Επιβάλλει κανόνες στη χρήση των δεδομένων
  - Αυτοματοποιεί τον λογικό έλεγχο
- Για να αξιοποιήσουμε αυτή τη δυνατότητα
  - ορίζουμε κατάλληλους τύπους
  - γράφουμε κατάλληλο κώδικα

4 Ιουνίου 1996,
Κουρού, Γαλλ. Γουιάνα

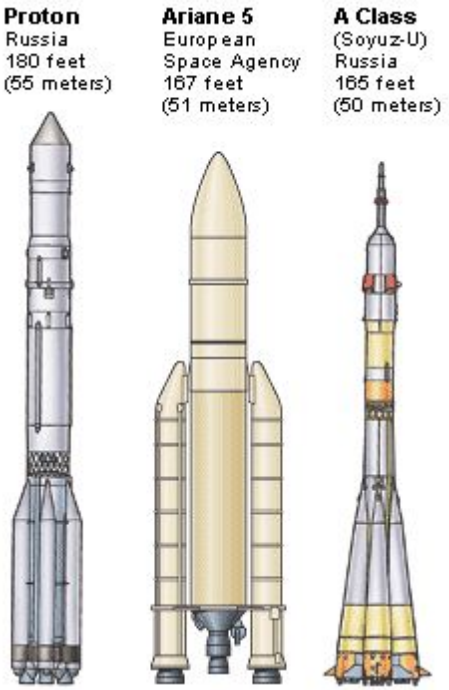
- Η πρώτη πτήση του Ariane 5G με φορτίο τέσσερεις δορυφόρους Cluster.

French Guiana



πηγή: wikipedia.org

Ariane 5 Flight 501



πηγή: wikipedia.org

- Ariane 5's first test flight (Ariane 5 Flight 501) on 4 June 1996 failed, with the rocket self-destructing 37 seconds after launch because of a malfunction in the control software, which was arguably one of the most expensive computer bugs in history.
- A data conversion from 64-bit floating point to 16-bit signed integer value had caused a processor trap (operand error).
- The floating point number had a value too large to be represented by a 16-bit signed integer.
- Efficiency considerations had led to the disabling of the software handler (in Ada code) for this trap, although other conversions of comparable variables in the code remained protected.

Κώδικας σε ADA

```
...
declare
vertical_veloc_sensor: float;
horizontal_veloc_sensor: float;
vertical_veloc_bias: integer;
horizontal_veloc_bias: integer;
...
begin
declare
pragma suppress(numeric_error, horizontal_veloc_bias);
    begin
        sensor_get(vertical_veloc_sensor);
        sensor_get(horizontal_veloc_sensor);
        vertical_veloc_bias := integer(vertical_veloc_sensor);
        horizontal_veloc_bias := integer(horizontal_veloc_sensor);
    ...
    exception
        when numeric_error => calculate_vertical_veloc();
        when others => use_irs1();
    end;
end irs2;
```

Date & Time (UTC)	Flight	Model	Serial number	Payload	Result
04.06.1996 12:34:06	V-89	Ariane-5G	501	Cluster	Failure
30.10.1997 13:43:00	V-101	Ariane-5G	502	MaqSat H & TEAMSAT, MaqSat B, YES	Partial failure
21.10.1998 16:37:21	V-112	Ariane-5G	503	MaqSat 3, ARD	Success
10.12.1999 14:32:07	V-119	Ariane-5G	504	XMM-Newton	Success
21.03.2000 23:28:19	V-128	Ariane-5G	505	INSAT 3B, AsiaStar	Success
14.09.2000 22:54:07	V-130	Ariane-5G	506	Astra 2B, GE 7	Success
16.11.2000 01:07:07	V-135	Ariane-5G	507	PAS 1R, Amsat P3D, STRV 1C, STRV 1D	Success
20.12.2000 00:26:00	V-138	Ariane-5G	508	Astra 2D, GE 8 (Aurora 3), LDREX	Success
08.03.2001 22:51:00	V-140	Ariane-5G	509	Eurobird 1, BSat 2a	Success
12.07.2001 22:58:00	V-142	Ariane-5G	510	Artemis, BSat 2b	Partial failure
01.03.2002 01:07:59	V-145	Ariane-5G	511	Envisat	Success
05.07.2002 23:22:00	V-153	Ariane-5G	512	Stellat 5, N-Star c	Success
28.08.2002 22:45:00	V-155	Ariane-5G	513	Atlantic Bird 1, MSG 1, MFD	Success
11.12.2002 22:22:00	V-157	Ariane-5ECA	517	Hot Bird 7, Stentor, MFD A, MFD B	Failure
09.04.2003 22:52:19	V-160	Ariane-5G	514	Insat 3A, Galaxy 12	Success
11.06.2003 22:38:15	V-161	Ariane-5G	515	Optus C1, BSat 2c	Success
27.09.2003 23:14:46	V-162	Ariane-5G	516	Insat 3E, eBird 1, SMART-1	Success
02.03.2004 07:17:44	V-158	Ariane-5G+	518	Rosetta	Success
18.07.2004 00:44:00	V-163	Ariane-5G+	519	Anik F2	Success
18.12.2004 16:26:00	V-165	Ariane-5G+	520	Helios 2A, Essaim 1, 2, 3 and 4, PARASOL, Nanosat 01	Success
12.02.2005 21:03:00	V-164	Ariane-5ECA	521	XTAR-EUR, Maqsat B2, Sloshsat	Success
11.08.2005 08:20:00	V-166	Ariane-5GS	523	Thaïcom 4-iPStar 1	Success
13.10.2005 22:32:00	V-168	Ariane-5GS	524	Syracuse 3A, Galaxy 15	Success
16.11.2005 23:46:00	V-167	Ariane-5ECA	522	Spaceway F2, Telkom 2	Success
21.12.2005 22:33:00	V-169	Ariane-5GS	525	Insat 4A, MSG 2, MFD C	Success
11.03.2006 22:32:50	V-170	Ariane-5ECA	527	Spainsat, MFD C, MFD C, Hot Bird 7A	Success
26.05.2006 21:08:50	V-171	Ariane-5ECA	529	Satmex 6, Thaicom 5	Success
11.08.2006 22:15:00	V-172	Ariane-5ECA	531	JCSat 10, Syracuse 3B	Success
13.10.2006 20:56:00	V-173	Ariane-5ECA	533	DirecTV-9S, Optus D1, LDREX-2	Success
08.12.2006 22:08:00	V-174	Ariane-5ECA	534	WildBlue 1, AMC 18	Success
11.03.2007 22:03	V-175	Ariane-5ECA	535	Skynet-5A, Insat-4B	Success
04.05.2007 22:29	V-176	Ariane-5ECA	536	Astra 1L, Galaxy 17	Success

Τύποι Δεδομένων

- Καθορίζουν σύνολο ιδιοτήτων μεταβλητών
  - πχ. το άθροισμα το ακεραίων είναι ακέραιος
- Αξιοποιούνται από ένα μηχανισμό ελέγχου
  - Τι γίνεται αν συνδυάσω σε μια έκφραση δεδομένα δια φορετικού τύπου;
  - Είναι σωστές οι διεπαφές των δομικών στοιχείων;
  - Βοηθάει στην αποφυγή λογικών λαθών στον κώδικα.

Έλεγχος Τύπων
Type Checking

- Κατά τη μεταγλώττιση παράγονται μηνύματα λάθους/προειδοποίησης όταν υπάρχει ασυμφωνία μεταξύ κλήσης και υλοποίησης συνάρτησης
  - μεταξύ του πλήθους των ορισμάτων,
  - των τύπων των ορισμάτων,
  - του επιστρεφόμενου τύπου.
- Βασική τεχνική αποφυγής σφαλμάτων
  - ενεργοποιείται με τη δήλωση προτύπων των συναρτήσεων
    - στην αρχή ή περιλαμβάνοντας κατάλληλα αρχεία κεφαλίδας (header files, .h)
  - Στη C μπορεί να προκαλέσει **έμμεσες** (implicit) μετατροπές τύπων.
- Γλώσσες με αυστηρό έλεγχο τύπων (strongly-typed languages)
  - Αποκλείουν τη χρήση δεδομένων τύπου T σε εκφράσεις οι οποίες δεν είναι κατασκευασμένες για να χειριστούν δεδομένα τύπου T.
- Γλώσσες με ασθενή έλεγχο τύπων
  - «Πρωτοβουλίες» σε μετατροπές τύπων.

Προστασία από λάθη λογικής μέσω ελέγχου τύπων

```c
#include <stdio.h>

struct student {
   char name[40];
   int code;
   };
typedef struct student Student;

struct school {
   char name[40];
   int code;
   };
typedef struct school School;
```

```c
main ( ) {
School myschool = {"paidikos", 10};
Student astudent = {"giannakis", 4},
    students[10];

students[0] = astudent;
students[1] = myschool;
}
```

error: incompatible types in assignment

λάθος: ασύμβατοι τύποι σε ανάθεση

Ο έλεγχος γίνεται την ώρα της μεταγλώττισης (compile-time).

Όμως...

```
#include <stdio.h>
typedef int Oranges;
typedef int Apples;

main ( ) {
 Oranges a, b;
 Apples c, d;
 int e = 0;

 a = b = 1;
 c = d = 1;
 d = a;
 b = d + e;
 printf("%d %d\n", d, b);
}
```

- Καλή πρακτική για κώδικα που περιγράφει τη λειτουργία του
- Στη C, ο έλεγχος τύπων για βαθμωτούς τύπους δεν είναι αυστηρός.
  - Εδώ δεν παράγονται μηνύματα λάθους.
  - Γλώσσα weakly-typed

Έμμεσες αλλαγές τύπου στη C

```
short int s;                /* 2 bytes (στην υλοποίηση που χρησιμοποιούμε)*/
unsigned long int l;        /* 4 bytes */
char c;             /* εξαρτάται από την υλοποίηση,
                                    signed ή unsigned, 1 byte*/
float f;            /* συνήθως απλής ακρίβειας κατά IEEE 754, 4
                    bytes*/
double d;                   /* συνήθως διπλής ακρίβειας κατά IEEE 754, 8
                            bytes*/
...
s = l;    /* τα λιγότερο σημαντικά ψηφία του l ερμηνεύονται ως
   προσημασμένος αριθμός*/
l = s;    /* γίνεται επέκταση προσήμου στον s μέχρι να γίνει ίσου
          μήκους με τον l και στη συνέχεια ερμηνεύεται ως αριθμός
          χωρίς πρόσημο */
s = c;              /* επέκταση προσήμου σε μήκος s */
f = l;              /* ο τύπος float είναι μεγαλύτερος από τον τύπο του l */
f = d;              /* εδώ μπορεί να έχουμε απώλεια ακρίβειας */
...
```

Με έλεγχο τύπων...

```
#include <stdio.h>
int report(int);
struct data {
   char name[10];
   int code;
   };
typedef struct data Data;

main ( ) {
Data mydata = {"giannis", 2};

report(mydata);
}
```

ενεργοποίηση μέσω δήλωσης

```
int report (int x){
   printf("%d\n",x);
   return x;
}
```

παράγεται μήνυμα λάθους στη μεταγλώττιση (compile-time error)

```
$ gcc i.c
i.c: In function `main':
i.c:12: error: incompatible type for argument 1 of `test'
```

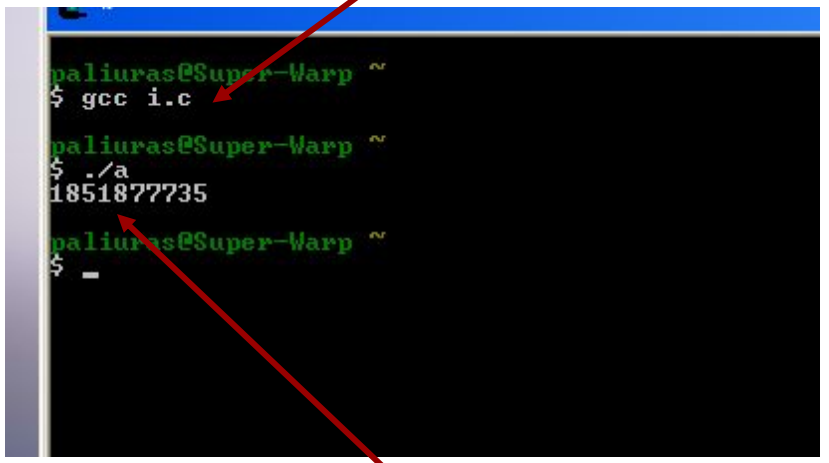
Χωρίς έλεγχο τύπων

```
#include <stdio.h>

struct data {
   char name[10];
   int code;
   };
typedef struct data Data;

main ( ) {
Data mydata = {"giannis", 2};

test(mydata);
}
```

?

```
int test (int x){
   printf("%d\n",x);
   return x;
}
```

όχι μήνυμα λάθους



συμπεριφορά χωρίς νόημα, εδώ εύκολα εντοπίσιμη

Έλεγχος Τύπων – Παράδειγμα σε C

```c
#include <stdio.h>

int main ( ) {
 testfunc(1.1, 2.1) ;
 testfunc(3);

 return 0;
}

int testfunc (int a, int b) {

    printf("%d %d\n", a, b);

 return 0;
}
```

έστω ότι **δεν** δηλώνουμε την testfunc( )

Έλεγχος Τύπων (2)

```
#include <stdio.h>

main ( ) {
 testfunc( (int) 1.1) ;
 testfunc(3);
}

int testfunc (int a) {

 printf("%d\n" ,a);

 return 0;
}
```

επιβάλουμε αλλαγή τύπου (explicit casting)

Ενεργοποίηση μηχανισμού

```
#include <stdio.h>
int testfunc(int, int );

main ( ) {
 testfunc(1.1, 2.1) ;
 testfunc(3);
}

int testfunc (int a, int b)
{

 printf("%d\n" ,a);

 return 0;
}
```

δήλωση συνάρτησης

ή *ισοδύναμη* ενέργεια

προκαλείται έμμεση αλλαγή τύπου
(implicit casting),
Μήνυμα λάθους για λάθος
πλήθος ορισμάτων

Η σημασία των προειδοποίησεων (warnings)

- gcc –Wall tc.c
  - Ή στα compiler options του Dev-C++
- Ο compiler προειδοποιεί για
  - υπονοούμενες δηλώσεις συναρτήσεων (implicit declarations).
  - Non-void functions χωρίς return …
  - Και άλλα

Μετατροπές Τύπων: Παράδειγμα

```c
#include <stdio.h>

int f(double);


main ( ) {
   printf ("%g\n", (double) f(3) );
}

int f (double x) {
   double temp ;

   temp =  x / 2;
   printf ("%g\n", temp);

   return temp ;
}
```

δύο κλήσεις της printf( ).
Τι τυπώνεται;

Παράκαμψη

```
#include <stdio.h>
struct student {
    char name[40];
    int code;
    };
typedef struct student Student;
struct school {
    char name[40];
    int code;
    };
typedef struct school School;
```

```
main ( ) {
School myschool = {"paidikos", 10};
Student astudent = {"giannakis", 4},
    students[10];
void *hack;

students[0] = astudent;
hack= &myschool;
students[1]= * ((Student *) hack);

printf("%s\n", students[1].name);
printf("%d\n", students[1].code);

}
```

Παράκαμψη (2)

```
#include <stdio.h>

struct student {
    char name[40];
    int code;
    };
typedef struct student Student;

struct school {
    char name[40];
    int code;
    };
typedef struct school School;

void report(Student);
```

```
main ( ) {
School myschool = {"paidikos", 10};
Student astudent = {"giannakis", 4},
    students[10];

students[0] = astudent;
students[1]= * ((Student *) &myschool);

report(students[0]);
report(students[1]);
}

void report(Student a) {
    printf("name: %s\n", a.name);
    printf("code: %4d\n", a.code);
}
```

Καλύτερα

```c
#include <stdio.h>

struct student {
    char name[40];
    int code;
    };
typedef struct student Student;

struct school {
    char name[40];
    int code;
    };
typedef struct school School;

void reportStudent(Student);
void reportSchool(School);
```

σαφέστερος κώδικας

```c
main ( ) {
School myschool = {"paidikos", 10};
Student astudent = {"giannakis", 4},
    students[10];

students[0] = astudent;

reportStudent(students[0]);
reportSchool(myschool);
}

void reportStudent(Student a) {
    printf("name: %s\n", a.name);
    printf("code: %4d\n", a.code);
}

void reportSchool(School a) {
    reportStudent(*(Student *) &a);
}
```

Ακόμα καλύτερα

```c
#include <stdio.h>

struct student {
    char name[40];
    int code;
    };
typedef struct student Student;

struct school {
    char name[40];
    int code;
    };
typedef struct school School;

void reportStudent(Student);
void reportSchool(School);
Student
    ConvertSchooltoStudent(School);
```

```c
main ( ) {
School myschool = {"paidikos", 10};
Student astudent = {"giannakis", 4}, students[10];
reportStudent(astudent);
reportSchool(myschool);
}

void reportStudent(Student a) {
    printf("name: %s\n", a.name);
    printf("code: %4d\n", a.code);
}

void reportSchool(School a) {
    reportStudent(ConvertSchooltoStudent(a));
}

Student ConvertSchooltoStudent(School a) {
    return *((Student *) &a);
}
```

συνάρτηση για την αναλυτική αλλαγή τύπου.

33

Συμπεράσματα

- Ο έλεγχος τύπων προστατεύει από λογικά και άλλα λάθη
- Γράφουμε κώδικα που να αξιοποιεί τον έλεγχο τύπων
  - Η γλώσσα καθορίζει πώς να γράφουμε προγράμματα που να αξιοποιούν το σύστημα τύπων.

Σημείωμα αναφοράς

- Copyright Πανεπιστήμιο Πατρών, Παλιουράς Βασίλειος , Δερματάς Ευάγγελος «Αρχές Προγραμματισμού ». Έκδοση: 1.0. Πάτρα 2015
- Διαθέσιμο από τη δικτυακιακή διέυθυνση https://eclass.upatras.gr/modules/