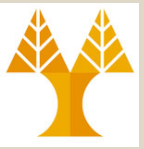
Τμήμα Πληροφορικής
Πανεπιστήμιο Κύπρου



ΕΠΛ232 – Προγραμματιστικές Τεχνικές και Εργαλεία

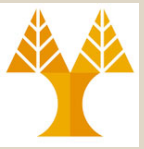
Διάλεξη 5: Δείκτες και Συναρτήσεις

(Κεφάλαιο 11, KNK-2ED)

Δημήτρης Ζεϊναλιπούρ

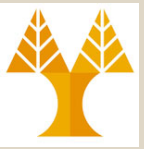
http://www.cs.ucy.ac.cy/courses/EPL232

Περιεχόμενο Διάλεξης 5

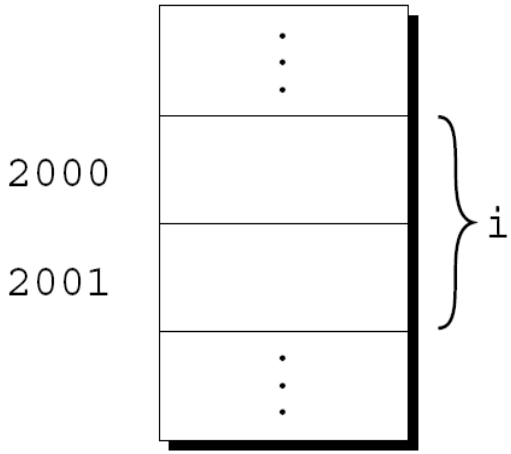


- **Μεταβλητές Δεικτών & Τελεστές**
  - Δήλωση και Αρχικοποίηση (NULL)
  - Τελεστής Διεύθυνσης (&), Τελεστής Έμμεσης Αναφοράς (*), Τελεστές Ανάθεσης (=), Παραδείγματα
- **Δείκτες ως Ορίσματα**
  - Δια-τιμής και Δια-Διεύθυνσης (Αναφοράς)
  - Παραδείγματα: swap, decompose, maxmin
- **Προστασία Ορισμάτων**
  - Η δήλωση **`const`**
  - Δείκτες ως Τιμές Επιστροφής (void *func())

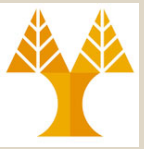
Μεταβλητή Τύπου Δείκτη



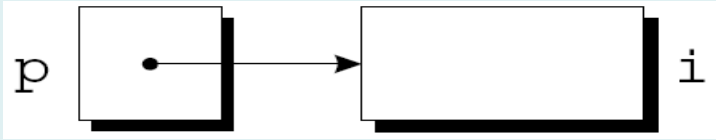
- Γνωρίζουμε ότι **κάθε μεταβλητή** σε ένα πρόγραμμα **καταλαμβάνει ένα** ή **περισσότερα bytes** στον πίνακα μνήμης του προγράμματος
  - Π.χ., char (1B), short(2B), int(4B), float(4B), double(8B).
- **Διεύθυνση Μεταβλητής:**
  Η διεύθυνση του πρώτου byte της μεταβλητής.
  - Εάν έχουμε τη δήλωση: `short i;`
  - *Η διεύθυνση του* `i` *είναι το 2000*



Μεταβλητή Τύπου Δείκτη



- Όταν αποθηκεύουμε τη **διεύθυνση της μεταβλητής** `i` στη μεταβλητή `p`, τότε λέμε ότι το `p` **"δείχνει στο"** `i` **(ή ότι ο p είναι δείκτης στο i)**
  - Η γραφική απεικόνιση
  - Το βελάκι δεν υπάρχει, είναι απλά για απεικόνιση!



- Οι δείκτες (p) **αποτελούνται** ουσιαστικά από μια **ακέραια τιμή της διεύθυνσης που δείχνουν (του i).**
  - Το `p` **καταλαμβάνει χώρο:** 4Bytes (ILP32) ή 8Bytes (LP64)
- Παρόλο που το p μοιάζει με μια απλή ακέραια τιμή (τύπου **unsigned int**), στην πράξη αποθηκεύονται σε ειδικές μεταβλητές **τύπου δείκτη** (***pointer variables).***
  - *Αυτό γίνεται για να επιτρέπεται η αριθμητική δεικτών που θα δούμε στη συνέχεια…*

Δήλωση Μεταβλητών Δεικτών

- **Δήλωση Μεταβλητής Δείκτη (σε ακέραιο):**

  `int *p;`

  - `p` είναι πλέον δείκτης που μπορεί να δείχνει (point) σε αντικείμενα τύπου `int`.

- Η δήλωση μπορεί να γίνει ταυτόχρονα με άλλες:

```
int i, j, a[10], b[20], *p, *q;
```

- Η C απαιτεί ότι κάθε μεταβλητή δείκτη δείχνει μόνο σε αντικείμενα συγκεκριμένου τύπου **(του τύπου αναφοράς - *referenced type*)**:

```
int *p;      /* points only to integers   */
double *q;   /* points only to doubles    */
char *r;     /* points only to characters */
```

Τελεστές Διεύθυνσης (&) και Έμμεσης Αναφοράς (*)

- Η C παρέχει **δυο τελεστές** οι οποίοι παρέχονται ειδικά για τη χρήση με τους δείκτες
  - Αυτό πέρα από την ανάθεση (=), ισότητας (==), κτλ
- Οι **τελεστές** αυτοί είναι:
  - Ο **Τελεστής Διεύθυνσης (&, Address Operator)**: Εύρεση της διεύθυνσης μιας μεταβλητής
    - οποιουδήποτε τύπου, ακόμη και τύπου δείκτη!
  - Ο **Τελεστής Έμμεσης Αναφοράς (*, Indirection Operator):** Για να προσπελάσουμε το αντικείμενο το οποίο αναφέρεται από ένα δείκτη.

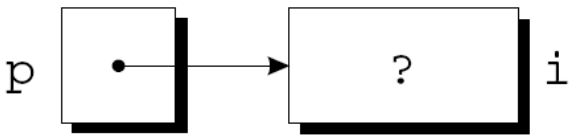
Τελεστές Διεύθυνσης (&) (Address Operator)

- Δηλώνοντας ένα δείκτη, **δεσμεύει** χώρο στη στοίβα του προγράμματος για τον **ίδιο τον δείκτη**, αλλά ΔΕΝ βάζει τον δείκτη να δείχνει κάπου:

```
int *p;           /* ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟ: το p δείχνει οπουδήποτε*/
int *p = NULL ;   /* ΑΣΦΑΛΕΣ: το p δείχνει στη διεύθυνση 0
                     δηλ., το NULL */
```

- Αρχικοποιείται **ΠΑΝΤΑ** τους δείκτες σε NULL για να αποφύγετε **απρόσμενα αποτελέσματα**.
- Στη συνέχεια, μπορείτε να τους βάλετε να δείχνουν εκεί που θέλετε, π.χ.,:

```
   int i, *p = NULL;   p = &i;
ή int i, *p = &i;
```



  - Το οποίο αποθηκεύει την διεύθυνση του **i** στη μεταβλητή **p** (δηλαδή το `p` δείχνει στο `i`):

Τελεστής Έμμεσης Αναφοράς (*) (Indirection Operator)

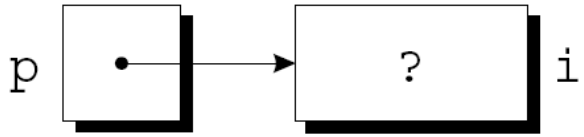
- **Τελεστής Έμμεσης Αναφοράς (*p):** Μας επιτρέπει να προσπελάσουμε την **τιμή (περιεχόμενο)** του αντικειμένου που δεικνύεται από το δείκτη `p`. π.χ., `printf("%d\n", *p);`
- **ΠΡΟΣΟΧΗ:** Προϋποθέτει ότι ο δείκτης δείχνει ήδη σε κάποιο αντικείμενο.
  - `int i, *p = &i; printf("%d\n", *p); OK`
  - `int *p; printf("%d\n", *p); // ERROR`
  - `int *p; *p = 1; // ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟ (γράφουμε σε απροσδιόριστη διεύθυνση μνήμης)`
- Το **&** μπορεί να θεωρηθεί ως η αντίστροφη πράξη του *, `int i, j;`

```
j = *&i; /* ίδιο με j = i;*/
j = &*i  /* compile error i not pointer */
```

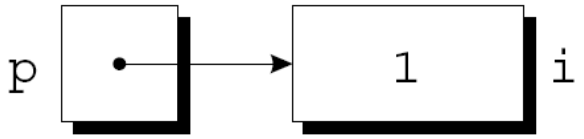
Τελεστής Έμμεσης Αναφοράς (*) (Indirection Operator)

- Παράδειγμα που δείχνει ότι το `*p` και `i` αναφέρονται στην ίδια μεταβλητή

```
p = &i;
```

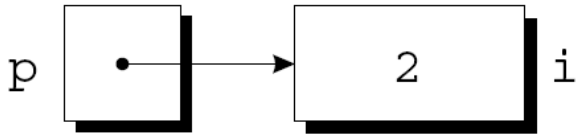



```
i = 1;
```



Τι θα τυπώσει το printf(“%ld”, p); (ή lld, llx, llu)

```
printf("%d\n", i);     /* prints 1 */
printf("%d\n", *p);    /* prints 1 */
*p = 2;
```

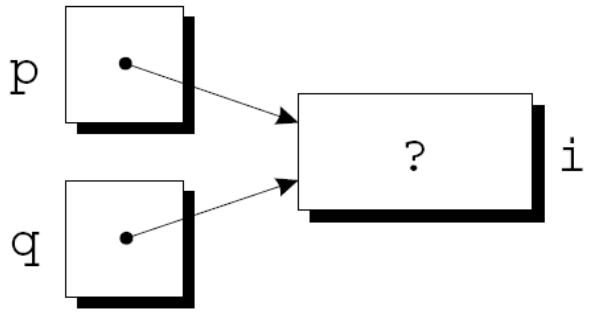



```
printf("%d\n", i);     /* prints 2 */
printf("%d\n", *p);    /* prints 2 */
```

Τελεστής Ανάθεσης (=) Δεικτών (Pointer Assignment)

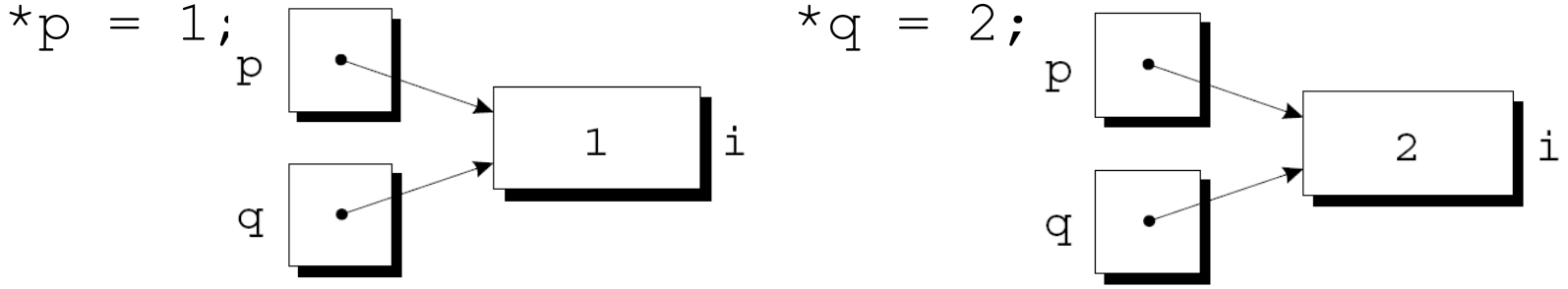
- Ο **τελεστής ανάθεσης a = b**, αντιγράφει το περιεχόμενο της μεταβλητής b στη a
  - Αυτό ισχύει για όλους τους βασικούς τύπους που είδαμε μέχρι στιγμής (int, float, double, κτλ.)
- Αντίστοιχα, επιτρέπεται να **αντιγράφουμε τις αναφορές των δεικτών**, αρκεί οι δείκτες να είναι του **ίδιου τύπου.**
  - Αντιγράφεται ουσιαστικά η **ακέραια διεύθυνση μνήμης** που αποθηκεύεται στην **μεταβλητή του δείκτη**!
- Π.χ.,:

```
int i, *p, *q;
p = &i; q = p;
```



Τελεστής Ανάθεσης (Δεικτών) (Pointer Assignment)

- Εάν `p` και `q` δείχνουν στο `i`, μπορούμε να αλλάξουμε το `i` αναθέτοντας μια νέα τιμή είτε στο `*p` ή το `*q`:



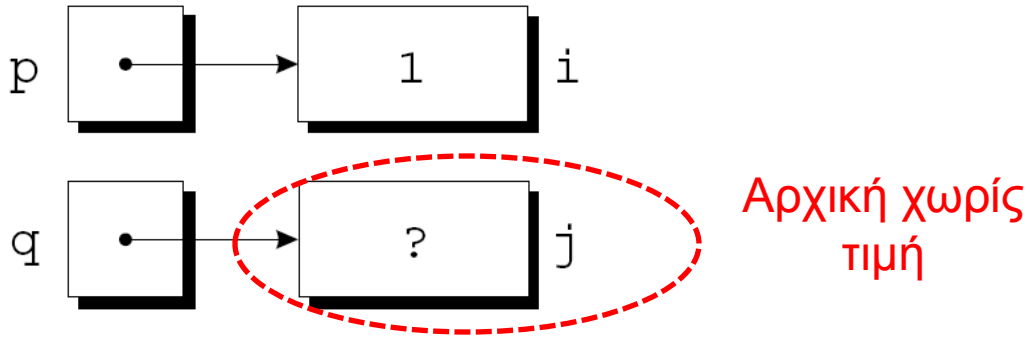
  - **Σημείωση:** Δεν υπάρχει περιορισμός στον αριθμό των δεικτών που μπορεί να δείχνουν σε ένα αντικείμενο.

- Ανάθεση Δείκτη vs. Ανάθεση Τιμής:

`ΠΡΟΣΟΧΗ: q = p;  ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΟ ΑΠΌ *q = *p;`

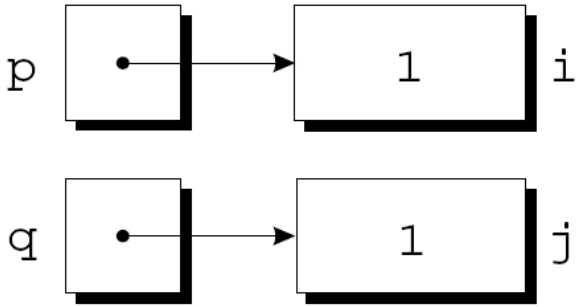
Τελεστής Ανάθεσης (Δεικτών) (Pointer Assignment)

```
int i,j;
p = &i;
q = &j;
i = 1;
```

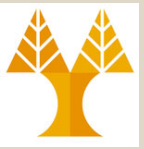


- Το περιεχόμενο του p δείκτη αντιγράφεται στο περιεχόμενο του q δείκτη

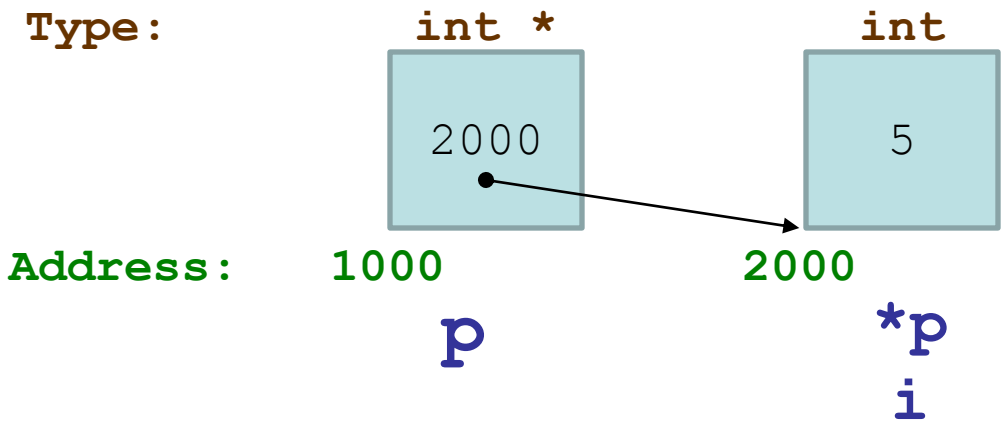
```
*q = *p;
```



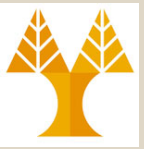
Δείκτες (Pointers)



```
int *p = NULL;
int i = 5;
p = &i;
…
printf("%ld", (unsigned long int) &p);   // 1000
printf("%ld", (unsigned long int) p);    // 2000
printf("%d", *p);                        // 5
printf("%d", i);                         // 5
```

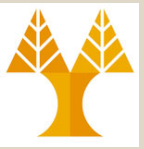


Παράδειγμα με Δείκτες



```
int    x = 1,   y = 2,   z[10] = {0};
int    *ip = NULL,  *iq = NULL;

ip   = &x;    /* ο ip δείχνει τώρα τη διεύθυνση του x */

*ip  = *ip + 1; /* η μεταβλητή που δείχνει ο ip (η x)
   αυξάνεται κατά 1 */

y    = *ip + 3;       /* η y παίρνει την τιμή 5 */
*ip  = 0;             /* η x παίρνει την τιμή 0 */

ip   = &z[6]; /* ο ip δείχνει τώρα τη διεύθυνση του z[6] */

iq   = ip;    /*ο iq δείχνει εκεί που δείχνει και ο ip */
```

Περιεχόμενο Διάλεξης 5



- **Μεταβλητές Δεικτών & Τελεστές**
  - Δήλωση και Αρχικοποίηση (NULL)
  - Τελεστής Διεύθυνσης (*), Τελεστής Έμμεσης Αναφοράς (&), Τελεστές Ανάθεσης (=), Παραδείγματα
- **Δείκτες ως Ορίσματα**
  - Δια-τιμής και Δια-Διεύθυνσης (Αναφοράς)
  - Παραδείγματα: swap, decompose, maxmin
- **Προστασία Ορισμάτων**
  - Η δήλωση **`const`**
  - Δείκτες ως Τιμές Επιστροφής (void *func())

Δείκτες ως Ορίσματα (Pointers as Arguments)

- Στη συνέχεια, θα γράψουμε τη συνάρτηση **`swap(X, Y)`** η οποία ανταλλάζει την τιμή της X με την τιμή της Y.

```
void swap(int *x, int *y); // ΣΩΣΤΟ
```

- Προτού δούμε την λύση, με πέρασμα μεταβλητών **δια-διεύθυνσης (by-reference)**, θα θυμίσουμε πως το πέρασμα μεταβλητών **δια-τιμής (by-value)** δεν δίνει το αναμενόμενο αποτέλεσμα.

```
void swap(int x, int y); // ΛΑΘΟΣ
```

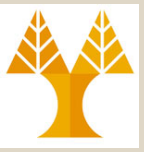
Παράδειγμα : Λανθασμένη Υλοποίηση swap()

- **Πέρασμα-Δια-Τιμής (Pass-by-Value)**

```
void swap(int x, int y) {
   int z;
   z = x; x = y; y = z;
}

int main() {
   int a=2, b=3;
   swap(a, b);
   printf("%d %d\n", a, b);
   return 0;
}
```

Το πρόγραμμα τυπώνει 2 3 αντί 3 2. Γιατί;

Παράδειγμα : Ορθή Υλοποίηση swap()



- **Πέρασμα-Δια-Διεύθυνσης ή Δια-Αναφοράς (Pass-by-Address or Reference)**

```
void swap(int *x, int *y) {
   int z;
   z = *x; *x = *y; *y = z;
}

int main() {
   int a=2, b=3;
   swap(&a,&b);
   printf("%d %d\n", a, b);
   return 0;
}
```

Το πρόγραμμα τώρα τυπώνει ορθά 3 2. Γιατί;

Δείκτες ως Ορίσματα (Pointers as Arguments)

- Ως δεύτερο παράδειγμα, θα γράψουμε τη συνάρτηση `decompose`, η οποία **αποσυνθέτει** ένα πραγματικό αριθμό x σε **ακέραιο όρο** `int_part` και όρο **δεκαδικής ακρίβειας** `frac_part`.
  - Η decompose λαμβάνει ορίσματα ως **δείκτες σε μεταβλητές**, αντί την **τιμή της μεταβλητής**.

```
void decompose(double x, long *int_part,
               double *frac_part)      {
  *int_part = (long) x;
  *frac_part = x - *int_part;
}
```

- Ενδεχόμενα πρότυπα συναρτήσεων της `decompose`:

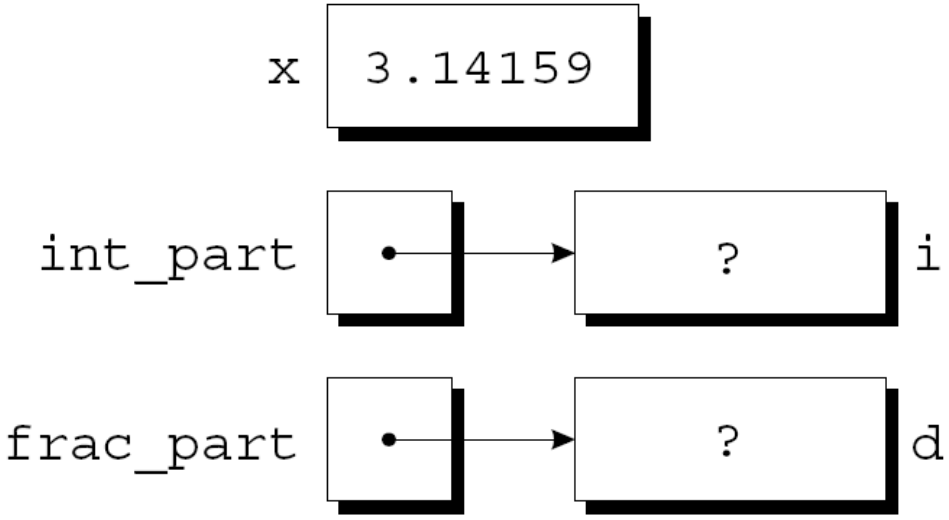
```
void decompose(double x, long *int_part,
               double *frac_part);
```

```
void decompose(double, long *, double *);
```

Δείκτες ως Ορίσματα (Pointers as Arguments)

- Κλήση της `decompose`: `// long i, double d;`

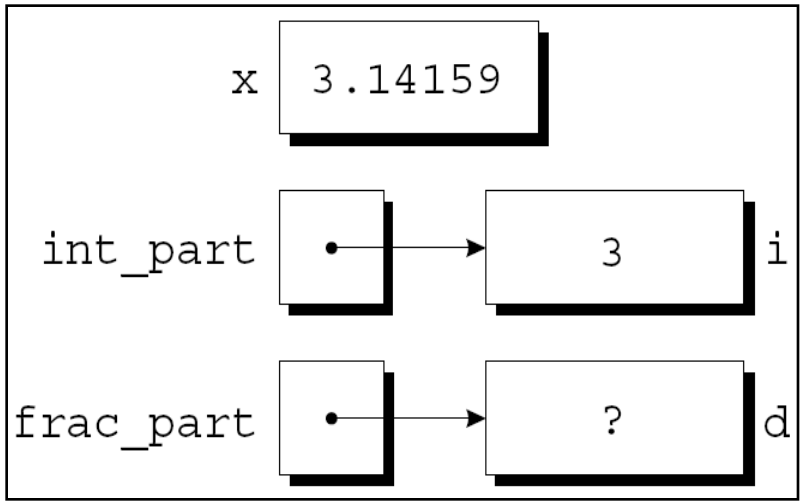
  `decompose(3.14159, &i, &d);`
- Ως αποτέλεσμα, το `int_part` δείχνει στο `i` και `frac_part` δείχνει στο `d` τα οποία βρίσκονται στο scope της καλούσας συνάρτησης:



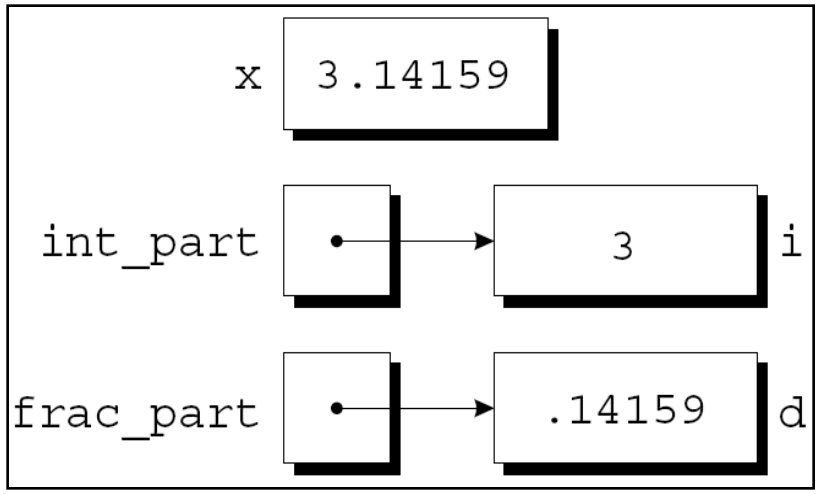
Δείκτες ως Ορίσματα (Pointers as Arguments)

- Α) Μετατρέπει την τιμή του `x` σε `long` και αποθηκεύει το αποτέλεσμα στο `int_part`:
- Β) Αποθηκεύει το `x – *int_part` στο αντικείμενο που δεικνύεται από το `frac_part` :

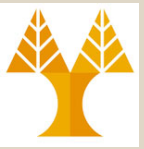
A) `*int_part = (long) x;`



B) `*frac_part = x - *int_part;`



Δείκτες ως Ορίσματα (Pointers as Arguments)



- Θυμηθείτε ότι η `scanf` λάμβανε και αυτή το όρισμα της δια αναφοράς:

```
int i; scanf("%d", &i);
```

ή με χρήση δείκτη

```
int i, *p; … p = &i; scanf("%d", p);
```

- Περνώντας δια αναφορά τη διεύθυνση του δείκτη δεν θα έδινε το αναμενόμενο αποτέλεσμα
  - Αυτό διότι ο δείκτης αναπαριστά ήδη διεύθυνση:

```
scanf("%d", &p);    /*** WRONG ***/
```

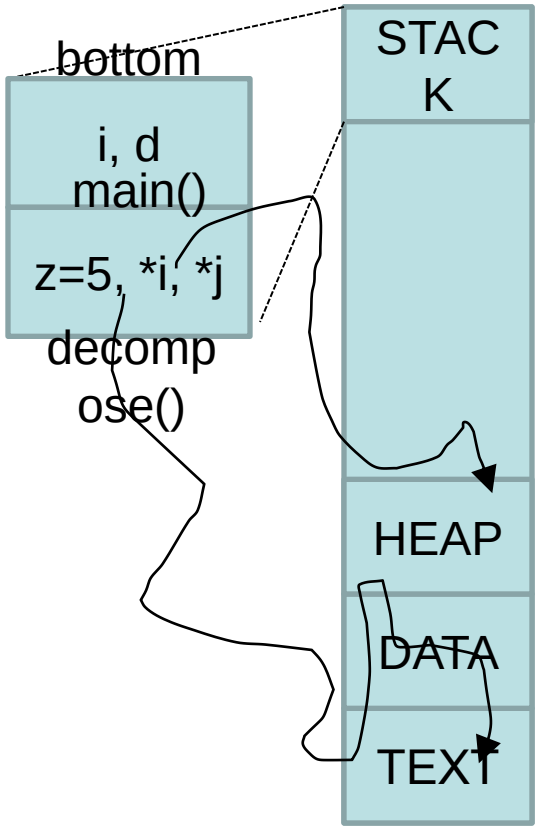
Δείκτες ως Ορίσματα (Pointers as Arguments)

- **Καταστροφικό Αποτέλεσμα**

```
decompose(3.14159, i, d);
```

```
// long i, double d;
```

- Η `decompose` επιχειρεί να αποθηκεύσει τιμές σε απροσδιόριστες περιοχές μνήμης, αντί του `i,d` στη στοίβα της καλούσας συνάρτησης, με καταστροφικό αποτέλεσμα
  - Π.χ., Segmentation Fault
- Εάν παρείχαμε πρότυπο συνάρτησης για την `decompose`, τότε ο μεταγλωττιστής θα έβρισκε το λάθος.
- Στη περίπτωση του `scanf("%d",i)` ωστόσο, θα μεταγλωττίζονταν με προειδοποίηση, άρα θα οδηγούσε σε ενδεχόμενη καταστροφή!



χωρίς &

Παράδειγμα :
MaxMin με Μεταβλητές Δια Αναφοράς

- Υλοποιήστε το ακόλουθο πρότυπο συνάρτησης `max_min.c` το οποίο βρίσκει τον **μέγιστο** και **μικρότερο** σε μια λίστα ακεραίων αποθηκεύοντας τις τιμές στο ***max** και ***min** αντίστοιχα.

```
int max_min(int a[], int n, int *max, int *min);
```

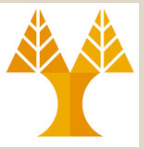
- Παράδειγμα Κλήσης της `max_min`:

```
max_min(b, N, &big, &small);
```

- Υποδειγματική Εκτέλεση:

```
Enter 10 numbers: 34 82 49 102 7 94 23 11 50 31
Largest: 102
Smallest: 7
```

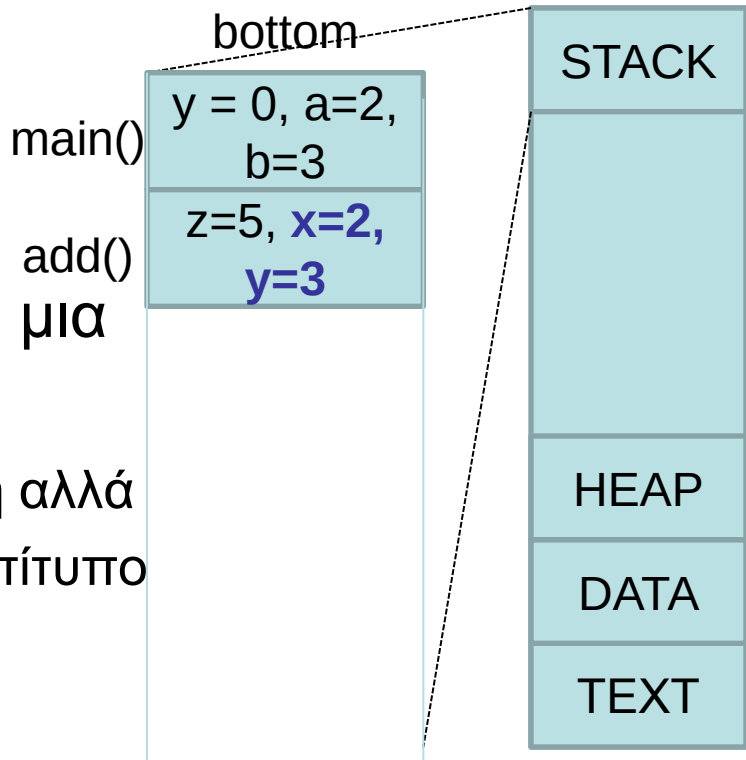
Περιεχόμενο Διάλεξης



- **Μεταβλητές Δεικτών & Τελεστές**
  - Δήλωση και Αρχικοποίηση (NULL)
  - Τελεστής Διεύθυνσης (*), Τελεστής Έμμεσης Αναφοράς (&), Τελεστές Ανάθεσης (=), Παραδείγματα
- **Δείκτες ως Ορίσματα**
  - Δια-τιμής και Δια-Διεύθυνσης (Αναφοράς)
  - Παραδείγματα: swap, decompose, maxmin
- **Προστασία Ορισμάτων**
  - Η δήλωση **`const`**
  - Δείκτες ως Τιμές Επιστροφής (void *func())

Προστασία Ορισμάτων Συναρτήσεων με `const`

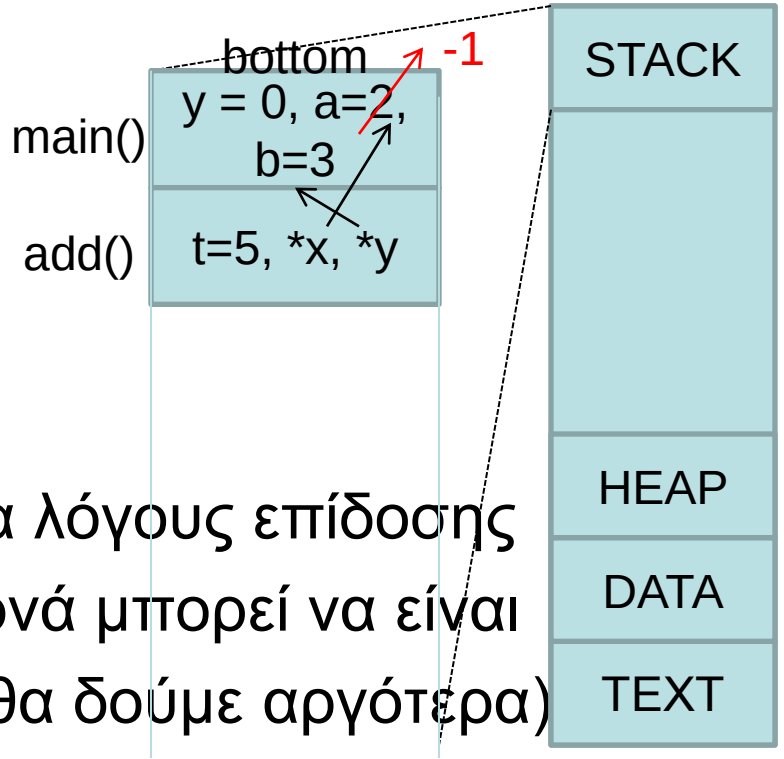
- Όταν μια μεταβλητή **περνά-δια-τιμής** σε μια συνάρτηση τότε **δημιουργείται** ένα **αντίγραφο** της στη στοίβα του προγράμματος
- `int add(int x, int y)`
- Συνεπώς, **δεν υπάρχει** η έννοια να **προστατέψουμε** μια μεταβλητή **από λανθασμένη αλλαγή** μέσα σε μια συνάρτηση.
  - Εφόσον ποτέ δεν αλλάζει η αρχική τιμή αλλά η συνάρτηση δουλεύει πάνω σε ένα αντίτυπο της



Προστασία Ορισμάτων Συναρτήσεων με `const`

- Από την άλλη, όταν η μεταβλητή **X** περνά **δια-αναφοράς** τότε **υπάρχει ο κίνδυνος** η συνάρτηση να αλλάζει το ***X** ενώ πρόθεση μας θα ήταν ίσως να διαβάζει μόνο την τιμή του *X., π.χ.,

```
int add(int *x, int *y);
    int t = *x + *y;
    *x = -1; // oups..
    return  t;
}
```



- Τότε, γιατί να περνώ δείκτη; Για λόγους επίδοσης εφόσον το αντικείμενο που περνά μπορεί να είναι πολύ μεγάλο (π.χ., struct που θα δούμε αργότερα)

Προστασία Ορισμάτων Συναρτήσεων με `const`

- **`Const`**: Δηλώνουμε ότι η συνάρτηση **δεν πρέπει** να **αλλάξει** το **αντικείμενο του οποίου η διεύθυνση περνά ως όρισμα** στη συνάρτηση.

Προστασία του περιεχομένου του δείκτη p:

```
void f(const int *p) { // Κατάλληλο για προστασία του Καλών
  *p = 0;   /* WRONG! – Compile Error */  }
```

Προστασία του copy variable p:

```
void f(int * const p) { // Κατάλληλο για «αυτοπροστασία»
  *p = 0;   /* OK */
   p = 1;   /* WRONG! – Compile Error – see later **p */ }
```

Προστασία του copy variable p και του περιεχομένου του δείκτη:

```
void f(const int * const p) { // Κατάλληλο και για τα 2
  *p = 0;   /* WRONG! – Compile Error */
   p = 1;   /* WRONG! – Compile Error */ }
```

Δείκτες ως Τιμές Επιστροφής (Pointers as Return Values)

- Οι **Συναρτήσεις** επιτρέπεται να **επιστρέφουν δείκτες**:

```
int *max(int *a, int *b)
{
  if (*a > *b)
    return a;
  else
    return b;
}
```

Διαφορετικό από *a

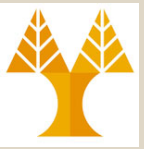
Συμβουλή!
Προτιμάτε ΠΑΝΤΑ να επιστρέφετε τον κωδικό επιτυχίας / αποτυχίας της συνάρτησης (EXIT_SUCCESS, EXIT_ERROR) εκτός από απλές μαθηματικές συναρτήσεις όπως εδώ.

- Μια **κλήση** της συνάρτησης `max` :

```
int *p = NULL, i, j;
…
p = max(&i, &j);
```

Μετά την κλήση, το `p` δείχνει είτε στο `i` ή στο `j`.

Δείκτες ως Τιμές Επιστροφής



- Μια συνάρτηση θα μπορούσε επίσης να επιστρέφει ένα δείκτη σε μια **εξωτερική μεταβλητή** ή σε μια **εσωτερική static μεταβλητή** (εφόσον αυτές δεν χάνονται με την αποπεράτωση της συνάρτησης)

```
int *f(void) {
  static int i = 5;
  return &i;
}
```

ΟΡΘΟ

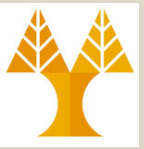
- ΠΟΤΕ μην επιστρέφεται ένα δείκτη σε μια αυτόματη εσωτερική μεταβλητή:

```
int *f(void)   {
  int i = 5;
  return &i;
}
```

ΛΑΘΟΣ

Η χώρος της `i` δεν υπάρχει μετά την κλήση της `f`!

Δείκτες ως Τιμές Επιστροφής



- Οι δείκτες μπορεί να **δείχνουν σε στοιχεία** πινάκων, π.χ., `&a[i]` είναι δείκτης στο στοιχείο `i` του πίνακα `a`.
- Μια συνάρτηση θα μπορούσε ακόμη και να επιστρέφει ένα **δείκτη** σε **ένα από τα στοιχεία ενός πίνακα.**

```
int *find_middle(int a[], int n) {
  return &a[n/2];
}
```

  - Εάν και όπως αναφέραμε προτιμάμε το return code να το κρατήσουμε για τα μηνύματα λάθους.