Τμήμα Πληροφορικής
Πανεπιστήμιο Κύπρου

## ΕΠΛ232 – Προγραμματιστικές Τεχνικές και Εργαλεία

# Διάλεξη 6: Δείκτες και Πίνακες

(Κεφάλαιο 12, KNK-2ED)

**Δημήτρης Ζεϊναλιπούρ**

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

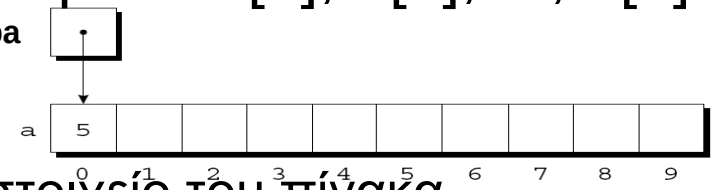
# Περιεχόμενο Διάλεξης 6

- **Δείκτες & Πίνακες**
  - Αριθμητική Δεικτών (Pointer Arithmetic)
    - Χρήση Ονόματος Πίνακα για Δείκτη (Array Name as Pointer)
  - Χρήση Δεικτών για Επεξεργασία Πινάκων (Pointers for Array Processing)
  - Δείκτες και Πολυδιάστατοι Πίνακες (Pointers and Multidimensional Arrays)

# Αριθμητική Δεικτών (Pointers Arithmetic)

- Στην C υπάρχει ισχυρός δεσμός ανάμεσα στους **δείκτες** και στους **πίνακες**. Οποιαδήποτε πράξη μπορεί να γίνει με **δείκτες πινάκων** (π.χ., a[i]) μπορεί να γίνει και με **δείκτες διευθύνσεων *pa**.

- Έστω πίνακας int a[10]. Η δήλωση αυτή ορίζει ένα μπλοκ 10 διαδοχικών αντικειμένων με ονόματα a[0], a[1], ..., a[9].
  - Αν **int *pa = NULL;**
    τότε η ανάθεση **pa = &a[0];**
    κάνει τον **pa** να δείχνει το μηδενικό στοιχείο του πίνακα.

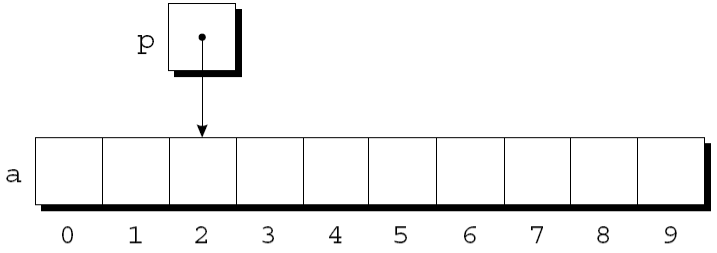



- ***Αριθμητική δεικτών*** : Αν ο pa είναι δείκτης σε κάποια θέση του πίνακα, τότε οι pa ± i, pa++, pa-- είναι επίσης δείκτες
  - **pa + 1, pa++** δείκτης στο επόμενο στοιχείο του πίνακα από αυτό που δείχνει ο pa.
  - **pa + i , (pa – i)** δείκτης στο σημείο του πίνακα που βρίσκεται i θέσεις μετά (πριν) από αυτό που δείχνει ο pa.

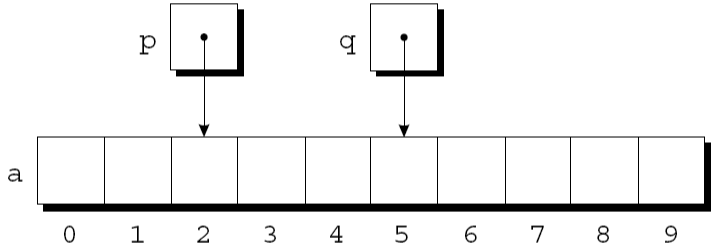
# Αριθμητική Δεικτών (Παράδειγμα 1)

- Παράδειγμα πρόσθεσης δεικτών:

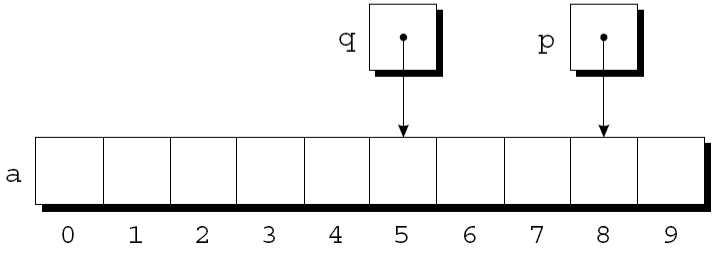
```
p = &a[2];
```




```
q = p + 3;
```




```
p += 6;
```



# Αριθμητική Δεικτών (Pointers Arithmetic)

- Έτσι, αν **pa = &a[0],** τότε για παράδειγμα,

  **pa + 2** δείχνει στη τρίτη θέση του πίνακα, δηλ. στο a[2].

  ***(pa + 2)** έχει την τιμή της 3ης θέσης του πίνακα, δηλ. το a[2].
- Έξ' ορισμού, η τιμή μιας μεταβλητής τύπου πίνακα (int a[]) είναι η διεύθυνση του μηδενικού στοιχείου του πίνακα.
  - Επομένως αντί **pa = &a[0]** μπορούμε να γράψουμε **pa = a.**
- Τότε οι **pa** και **a** έχουν τις ίδιες τιμές και μπορούν να χρησιμοποιούνται η μια στη θέση της άλλης:
  - Το **a[i]** είναι ταυτόσημο με τα ***(pa +i)** ή ***(a + i)** ή **pa[i].**
  - Το **&a[i]** είναι ταυτόσημο με τα **a+i, pa+i.**
- Ωστόσο **pa** και **a ΔΕΝ** είναι **ταυτόσημα** (sizeof(pa) <> sizeof(a))

  π.χ., `int a[10]; int *pa = NULL;`
  - **sizeof(pa)** = 4 bytes (ILP32) ή 8 bytes (LP64)
  - **sizeof(a)** = μέγεθος πίνακα * μέγεθος τύπου
- Επίσης, δεν μπορώ να μεταβάλω ένα πίνακα (π.χ., a++, a=pa)
  - Δες παράδειγμα στην επόμενη διαφάνεια.

# Αριθμητική Δεικτών (Παράδειγμα 2)

- Προσοχή: ο δείκτης είναι μεταβλητή και έτσι **pa = a** και **pa++** είναι **έγκυρες εκφράσεις**. Το **όνομα ενός πίνακα όμως δεν είναι μεταβλητή**, επομένως κατασκευές όπως **a = pa** και **a++** δεν είναι έγκυρες!

- Ποιες από τις πιο κάτω εντολές είναι έγκυρες;

```
int t[10] = {0}, i = 5, *p = NULL;
p    = t;
p[2] = 3;              // ίδιο με *(p+2) = 3
++p;
*p   = 14;
*(t+i) = 33;           // ίδιο με t[i] = 33
++t;            => compile error
```

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| value | 0 | 14 | 3 | 0 | 0 | 33 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| index | t[0] | t[1] | t[2] | t[3] | t[4] | t[5] | t[6] | t[7] | t[8] | t[9] |

# Σύγκριση Δεικτών (Comparing Pointers)

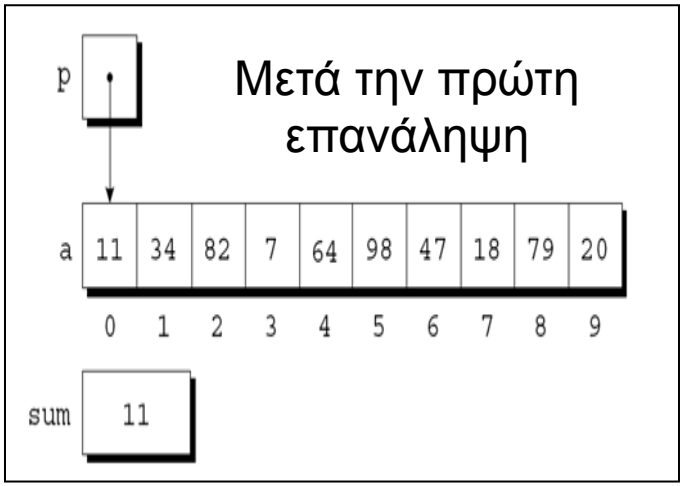
- Για τη σύγκριση δεικτών μπορούν να χρησιμοποιηθούν όλοι οι γνωστοί **σχεσιακοί τελεστές (<, <=, >, >=)** και οι **τελεστές ισότητας (== and !=).**
  - Ουσιαστικά **συγκρίνονται διευθύνσεις μνήμης** (θυμηθείτε ότι κάθε διεύθυνση **αναφέρεται** σε ένα byte μνήμης)
  - Η χρήση των σχεσιακών τελεστών έχει **νόημα** ΜΟΝΟ για **δείκτες** σε **αντικείμενα** του **ίδιου πίνακα**
    - τα οποία βρίσκονται σε **συνεχόμενες διευθύνσεις μνήμης** (άλλες μεταβλητές μπορεί να βρίσκονται σε αυθαίρετες άλλες διευθύνσεις),
- **Παράδειγμα:** το αποτέλεσμα της σύγκρισης εξαρτάται από την απόσταση δυο στοιχείων στον πίνακα., π.χ.,

```
p = &a[5];
q = &a[1];
(p >= q) => TRUE (1)
(p <= q) => FALSE (0)
```

# Αριθμητική Δεικτών & Πίνακες (Παράδειγμα 3)

- Τι κάνει το ακόλουθο πρόγραμμα;

```
#define N 10
…
int a[N], sum, *p = NULL;
…
sum = 0;
for (p = &a[0]; p < &a[N]; p++)
   sum += *p;
```




**ή (το αντίστοιχο)**

```
for (p = a; p < a + N; p++)
   sum += *p;
```

**Το p++ προχωρεί 4 bytes (ILP32-int) σε κάθε κλήσ**

# Παράδειγμα
# (1-d Πίνακες + Αριθμητική Δεικτών)

```
/* Πρόγραμμα αντιστροφής αριθμών με αριθμητική δεικτών */

#include <stdio.h>

#define N 10

int main(void)
{
  int a[N], *p = NULL;

  printf("Enter %d numbers: ", N);
  for (p = a; p < a + N; p++)
    scanf("%d", p); // το p είναι δείκτης άρα δεν θέλει &

  printf("In reverse order:");
  for (p = a + N - 1; p >= a; p--)
    printf(" %d", *p);
  printf("\n");

  return 0;
}
```

For loop με αριθμητική δεικτών

# Συνδυασμός Τελεστών (* και ++)

- Οι προγραμματιστές C συχνά συνδυάζουν τους τελεστές *** (έμμεσης αναφοράς)** and **++ (αύξησης).**
- Παράδειγμα
  - Μια πρόταση η οποία αναθέτει το `5` στη θέση `a[i]` και στη συνέχεια αυξάνει το `i` κατά `1`:

```
a[i++] = 5;

// a[++i] = 5; Πρώτα αύξηση, μετά ανάθεση
```

  - Η αντίστοιχη έκδοση με δείκτες:

```
*p++ = 5; // Να αποφεύγονται εκφράσεις χωρίς παρενθέσεις
```

  - Η **επιθεματική (postfix)** έκδοση της `++` έχει μεγαλύτερη **προτεραιότητα** από το `*`, οπότε ο μεταγλωττιστής το **βλέπει** ως:

```
*(p++) = 5;  // Ισοδύναμο με *p = 5; p++;
```

# Συνδυασμός Τελεστών (* και ++)

- Πιθανοί συνδυασμοί των * και ++
  - Χρησιμοποιείται **ΠΑΝΤΑ παρενθέσεις** για να αποφύγετε τον πονοκέφαλο των προτεραιοτήτων

A=

| *Έκφραση* | *Νόημα* |
|---|---|
| `*(p++)` | η τιμή της μεταβλητής A είναι `*p` πριν την **μετακίνηση**. στη συνέχεια **προχωρεί** το `p` |
| `*(++p)` | **προχώρησε** το `p` πρώτα. η τιμή της μεταβλητής A είναι `*p` μετά την **μετακίνηση** |
| `(*p)++` | η τιμή της μεταβλητής A είναι `*p` πριν την **αύξηση**. στη συνέχεια **αυξάνεται** το `*p` |
| `++(*p)` | **αύξησε** το `*p` πρώτα. η τιμή της μεταβλητής A είναι `*p` μετά την **αύξηση** |

**Εκτός Έκφρασης**
p++; Ίδιο με ++p;

**Στα Πλαίσια Έκφρασης (Ανάθεσης)**
p2 = p++; Διαφορετικό από p2 = ++p;

# Πίνακες – Συναρτήσεις - Δείκτες

- Παράδειγμα:

```
int find_largest(int a[], int n) {
  int i, max;
  max = a[0];
  for (i = 1; i < n; i++)
    if (a[i] > max)
      max = a[i];
  return max;
}
```

- Κλήση Συνάρτησης:

```
largest = find_largest(a, N);
```

- Εναλλακτικό Πρότυπο με Δείκτες:

```
int find_largest(int *a, int n)
```

- **Προστασία Στοιχείων** Πίνακα (το a προστατεύεται έτσι και αλλιώς εφόσον έχει τοπική ορατότητα - εμβέλεια, δείτε διαφάνεια 5.30)

```
int find_largest(const int a[], int n)
```

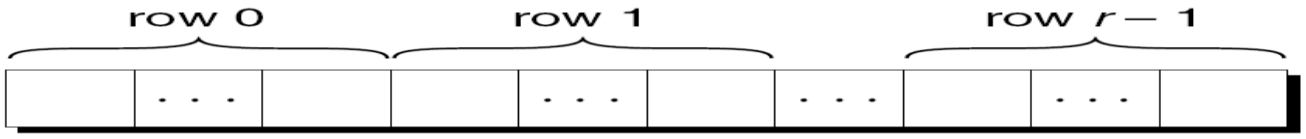
ή `int find_largest(const int *a, int n)`

- Η `find_largest` εκτελείται από το a[2] στοιχείο:

```
find_largest(&a[2], N-2);
```

# Δείκτες και Πολυδιάστατοι Πίνακες (Διαχείριση Γραμμών)

- Παρόμοιο με τους 1-d πίνακες (arrays), έτσι και στους M-d πίνακες (matrices), οι δείκτες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να δείχνουν σε στοιχεία των πινάκων.




- Π.χ., μηδενισμός θέσεων πίνακα

```
int a[ROW][COL], *p = NULL, i;
…
for (p = &a[0][0]; p <= &a[ROW-1][COL-1]; p++)
  *p = 0; // διαχείριση στοιχείων με δείκτες
```

# Παράδειγμα
# (m-D Πίνακες + Συναρτήσεις + Δείκτες)

Ας δούμε **4 διαφορετικές παραλλαγές** υλοποίησης της sum() των στοιχείων ενός 2D πίνακα

```
#define ROW 5
#define COL 5
int sum_two_dimensional_array(const int [][COL]);

int sum_two_dimensional_array(const int a[][COL]) {
    int i, j, sum = 0;

    for(i=0; i<ROW; i++)
        for (j=0; j<COL; j++)
            sum+=a[i][j];
    return sum;
}

int main() {
    const int a[][COL] = {
        {1,1,1,1,1}, {2,2,2,2,2}, {3,3,3,3,3}, {4,4,4,4,4}, {5,5,5,5,5}
    }; // sum = 75 (5x15)

    printf("sum:%d\n", sum_two_dimensional_array(a));
    return 0;
}
```

Λύση 1: Με defined ROW + COL (λογική που έχουμε χρησιμοποιήσει εκτενώς στο παρελθόν)

# Παράδειγμα
# (m-D Πίνακες + Συναρτήσεις + Δείκτες)

## Λύση 2: Με COL, Χωρίς define ROW

```
#define COL 5

int sum_two_dimensional_array(const int [][COL], int);

int sum_two_dimensional_array(const int a[][COL], int ROW) {
    int i, j, sum = 0;

    for(i=0; i<ROW; i++)
        for (j=0; j<COL; j++)
            sum+=a[i][j];
    return sum;
}
int main()
{   int sum = 0;
    const int a[][COL] = {
        {1,1,1,1,1}, {2,2,2,2,2}, {3,3,3,3,3}, {4,4,4,4,4}, {5,5,5,5,5}
    }; // sum = 75 (5x15)

   sum = sum_two_dimensional_array(a, sizeof(a)/sizeof(a[0]));
   return 0;
}
```

Αριθμός Γραμμών

Μέγεθος πίνακα

Μέγεθος (bytes) γραμμής πίνακα

# Δείκτες και Πολυδιάστατοι Πίνακες (Διαχείριση Στηλών)

- Επεξεργασία **στηλών** είναι κάπως πιο **περίπλοκη** εφόσον οι πίνακες αποθηκ. **ανά γραμμή** (όχι ανά στήλη).
- **Παράδειγμα:** Ένα loop που αναθέτει την τιμή 0 στην στήλη i του πίνακα `a`:

*Δείκτης σε ένα ROW (πλάτους COL)*

```
   int a[ROW][COL], (*p)[COL] = NULL, i=2;
   …                          // Διεύθυνση γραμμής 0
   for (p = &a[0]; p < &a[ROW]; p++)
      (*p)[i] = 0; // το p++ προχωρεί COL θέσεις!!!!
ή
   for (p = a; p < a + ROWS; p++)
      (*p)[i] = 0;
```

- Το `(*p)[i]` χρειάζεται παρενθέσεις εφόσον η προτεραιότητα του `[]` είναι ψηλότερη από αυτή του `*`.
  - Εναλλακτικά θα ήταν **πίνακας δεικτών** που θα δούμε αργότερα
- Ακολουθεί παράδειγμα χρήσης του (*p)[i] …

# Δείκτες και Πολυδιάστατοι Πίνακες (Διαχείριση Στηλών)

```
int main() // Πρόγραμμα Μηδενισμού Στήλης με Δείκτης
{    int sum = 0;
     int a[][COL] = {
         {1,1,1,1,1}, {2,2,2,2,2},
         {3,3,3,3,3}, {4,4,4,4,4}, {5,5,5,5,5}
     }; // sum = 75 (5x15)

     int (*p)[COL] = NULL; // δείκτης σε ROW (πλάτους COL)
     int ROW = sizeof(a)/sizeof(a[0]);

     int i = 2; // column to change
     for (p = &a[0]; p < &a[ROW]; p++)
         (*p)[i] = 0;

     print_two_dimensional_array(a, ROW);
     return 0;
}
```

INPUT

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1, | 1, | 1, | 1, | 1, |
| 2, | 2, | 2, | 2, | 2, |
| 3, | 3, | 3, | 3, | 3, |
| 4, | 4, | 4, | 4, | 4, |
| 5, | 5, | 5, | 5, | 5, |

OUTPUT

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1, | 1, | 0, | 1, | 1, |
| 2, | 2, | 0, | 2, | 2, |
| 3, | 3, | 0, | 3, | 3, |
| 4, | 4, | 0, | 4, | 4, |
| 5, | 5, | 0, | 5, | 5, |

Αριθμός γραμμών

Μέγεθος (bytes) πίνακα

Μέγεθος (bytes) γραμμής πίνακα

**το p++ προχωρεί COL θέσεις**

# Παράδειγμα
## (m-D Πίνακες + Συναρτήσεις + Δείκτες)

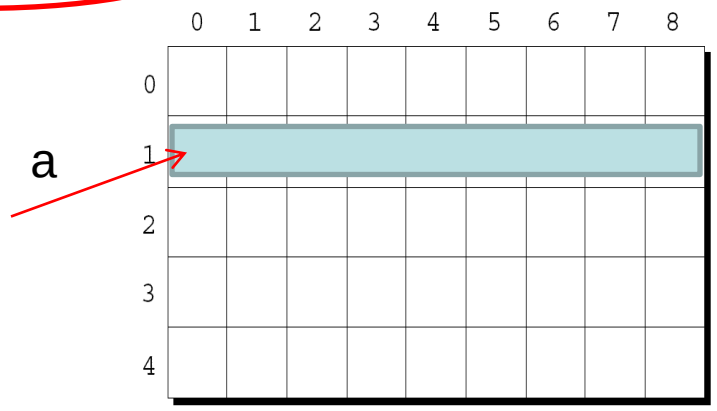
```
#define COL 5
```

Ενδιάμεση Λύση: Ίδιο με Προηγούμενο αλλά με Δείκτη σε Γραμμή στο πρότυπο

```
void sum_two_dimensional_array(const int (*)[COL], int);

int sum_two_dimensional_array(const int (*a)[COL], int ROW) {
    int i, j, sum = 0;

    for(i=0; i<ROW; i++)
        for (j=0; j<COL; j++)
            sum+=a[i][j];
    return sum;
}
int main()
{   ...
   sum = sum_two_dimensional_array(a, sizeof(a)/sizeof(a[0]));
   ...
}
```




Ίδια κλήση με προηγούμενο παράδειγμα

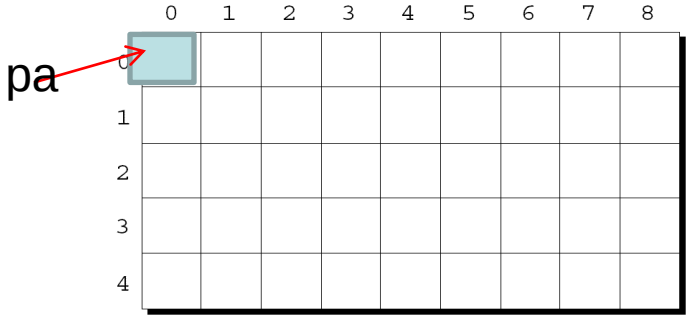
# Παράδειγμα
# (m-D Πίνακες + Συναρτήσεις + Δείκτες)

## Λύση 3: Δείκτη σε Γραμμή + Απαριθμητό βρόχο

```
#define COL 5
...
int sum_two_dimensional_array(int (*a)[COL], int ROW) {
    int i, sum = 0;
    int *pa = &a[0][0]; // πρώτο στοιχείο πίνακα

    for(i=0; i < ROW*COL; i++) {
       sum += *pa;
       pa++;
    }
    return sum;
}

int main()
{   ...
   sum = sum_two_dimensional_array(a, sizeof(a)/sizeof(a[0]));
   ...
}
```



# Επισκόπηση: Πίνακες Δεικτών

- Σε όλα τα προηγούμενα παραδείγματα το **COL** ήταν προσδιορισμένο ως **σταθερά**.
- Τι γίνεται εάν **ΔΕΝ γνωρίζουμε** το COL εκ’ των πρότερων;
- Τότε μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε **Πίνακες Δεικτών** (που υλοποιούνται με **Δείκτες σε Δείκτες **p**) και τους οποίους θα δούμε στην ερχόμενη διάλεξη 7.
  - Δεξιά: Παράδειγμα Πίνακα Δεικτών σε Μήνες (κάθε COL έχει διαφορετικό πλάτος)