

Διάλεξη 12 - Δείκτες και Πίνακες - 2D+

Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Εισαγωγή στον Προγραμματισμό

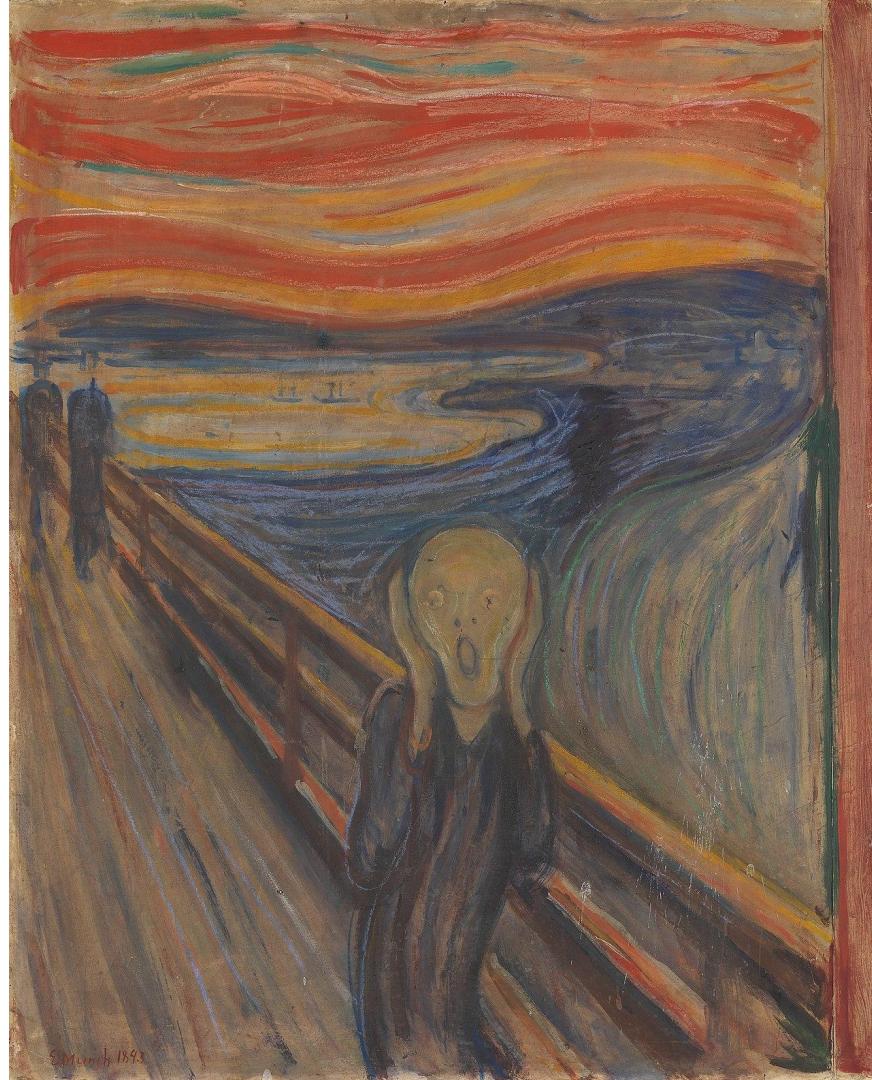
Θανάσης Αυγερινός / Τάκης Σταματόπουλος

Ανακοινώσεις / Διευκρινήσεις

- Η Εργασία #1 μόλις βγήκε! Προθεσμία: Τετάρτη, 10 Δεκέμβρη 23:59
- Πράξεις με δείκτες

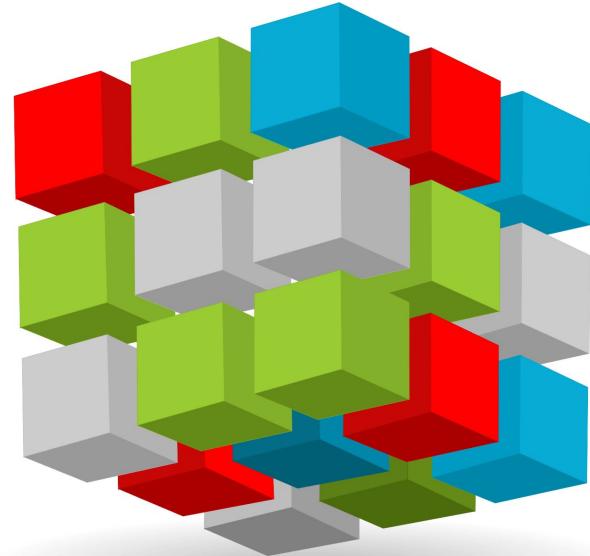
Την Προηγούμενη Φορά

- Δείκτες (Pointers)
 - Διευθύνσεις μνήμης
 - Χρήση δεικτών
 - Πράξεις με δείκτες
 - Παραδείγματα
- Παραδείγματα
- Αναδρομή



Σήμερα

- Δείκτες και Πίνακες reloaded
 - Δισδιάστατοι πίνακες
 - Παραδείγματα
 - Δείκτες σε δείκτες σε δείκτες ...
 - Δυναμική διαχείριση μνήμης



Δήλωση Πίνακα (Array) στην Γλώσσα C

Ένας **πίνακας** μας επιτρέπει να χειρίζομαστε ένα σύνολο από δεδομένα ίδιου τύπου με ενιαίο και γενικό τρόπο. Στην C η δήλωση ενός πίνακα έχει την μορφή:

```
int array[100];
```

Ο **τύπος (type)** της μεταβλητής λέει στον μεταγλωττιστή πόση μνήμη να δεσμεύσει για κάθε στοιχείο του πίνακα

Το **όνομα (name)** του πίνακα κάνει τον μεταγλωττιστή να διαλέξει την διεύθυνση της μνήμης θα τον αποθηκεύσει

Το **μέγεθος (size)** του πίνακα λέει στον μεταγλωττιστή πόσες θέσεις αυτού του τύπου να κρατήσει - στατικό: αφού δηλωθεί δεν αλλάζει κατά την εκτέλεση

Δήλωση Πίνακα (Array) στην Γλώσσα C

Ένας **πίνακας** μας επιτρέπει να χειριζόμαστε ένα σύνολο από δεδομένα ίδιου τύπου με ενιαίο και γενικό τρόπο. Στην C η δήλωση ενός πίνακα έχει την μορφή:

```
int bears[100];
```

Μπορούμε να αναφερθούμε στο κάθε στοιχείο του πίνακα χρησιμοποιώντας την **Θέση (index)** του στοιχείου στον πίνακα:
bears[0], bears[1], ..., bears[99]

Bytes 0-3

Bytes 4-7

Bytes 8-11

Bytes 12-15

Bytes 400-403

Μνήμη

b0	b1	b2	b3
b4	b5	b6	b7
b8	b9	b10	b11
b12	b13	b14	b15
...			
b400	b401	b402	b403

Δήλωση Πίνακα (Array) στην Γλώσσα C

Ένας **πίνακας** μας επιτρέπει να χειριζόμαστε ένα σύνολο από δεδομένα ίδιου τύπου με ενιαίο και γενικό τρόπο. Στην C η δήλωση ενός πίνακα έχει την μορφή:

```
int bears[100];
```

Μπορούμε να αναφερθούμε στο κάθε στοιχείο του πίνακα χρησιμοποιώντας την **θέση (index)** του στοιχείου στον πίνακα:
bears[0], bears[1], ..., bears[99]

bears[0]	Μνήμη			
Bytes 0-3	b0	b1	b2	b3
Bytes 4-7	b4	b5	b6	b7
Bytes 8-11	b8	b9	b10	b11
Bytes 12-15	b12	b13	b14	b15
...				
Bytes 400-403	b400	b401	b402	b403

Δήλωση Πίνακα (Array) στην Γλώσσα C

Ένας **πίνακας** μας επιτρέπει να χειριζόμαστε ένα σύνολο από δεδομένα ίδιου τύπου με ενιαίο και γενικό τρόπο. Στην C η δήλωση ενός πίνακα έχει την μορφή:

```
int bears[100];
```

Μπορούμε να αναφερθούμε στο κάθε στοιχείο του πίνακα χρησιμοποιώντας την **θέση (index)** του στοιχείου στον πίνακα:
bears[0], bears[1], ..., bears[99]

Μνήμη			
bears[1]	b0	b1	b2
Bytes 4-7	b4	b5	b6
Bytes 8-11	b8	b9	b10
Bytes 12-15	b12	b13	b14
	...		
Bytes 400-403	b400	b401	b402
			b403

Δήλωση Πίνακα (Array) στην Γλώσσα C

Ένας **πίνακας** μας επιτρέπει να χειριζόμαστε ένα σύνολο από δεδομένα ίδιου τύπου με ενιαίο και γενικό τρόπο. Στην C η δήλωση ενός πίνακα έχει την μορφή:

```
int bears[100];
```

Μπορούμε να αναφερθούμε στο κάθε στοιχείο του πίνακα χρησιμοποιώντας την **θέση (index)** του στοιχείου στον πίνακα:
bears[0], bears[1], ..., bears[99]

Μνήμη	b0	b1	b2	b3
Bytes 0-3	b4	b5	b6	b7
Bytes 4-7	b8	b9	b10	b11
Bytes 8-11	b12	b13	b14	b15
bears[99]	...			
Bytes 400-403	b400	b401	b402	b403

Δήλωση Πίνακα (Array) στην Γλώσσα C

Ένας **πίνακας** μας επιτρέπει να χειρίζομαστε ένα σύνολο από δεδομένα ίδιου τύπου με ενιαίο και γενικό τρόπο. Στην C η δήλωση πίνακα γίνεται σε μορφή:

```
int bears[100];
```

Ο πίνακας bears
καταλαμβάνει $4 * 100 = 400$ bytes
μνήμης στις διευθύνσεις 4-403

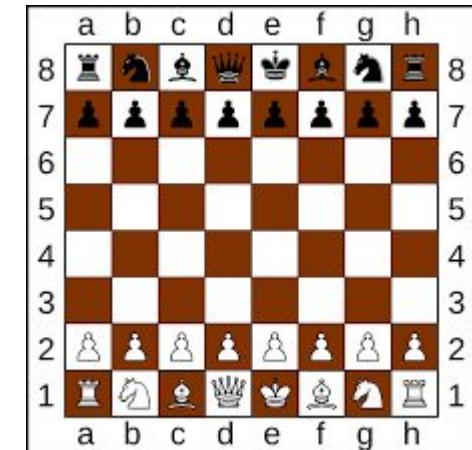
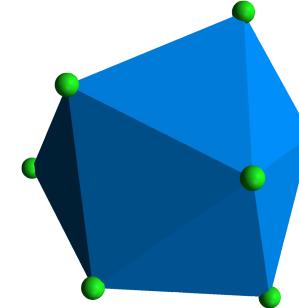
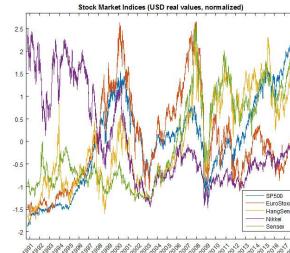
Μπορούμε να αναφερθούμε στο κάθε στοιχείο του πίνακα χρησιμοποιώντας την **θέση (index)** του στοιχείου στον πίνακα:
bears[0], bears[1], ..., bears[99]

Bytes 400-403

Μνήμη			
b0	b1	b2	b3
b4	b5	b6	b7
b8	b9	b10	b11
b12	b13	b14	b15
...			
b400	b401	b402	b403

Κάποια Δεδομένα Αναπαρίστανται Ευκολότερα σε πάνω από μία Διάσταση (Dimension)

- Επεξεργασία εικόνας και γραφικά
- Πολυδιάστατα δεδομένα σε επιστημονικά πεδία (φυσική, χημεία, κτλ)
- Ανάλυση οικονομικών δεδομένων
- Και πολλά άλλα



Δήλωση Δισδιάστατου Πίνακα (Array) στην Γλώσσα C

Ένας δισδιάστατος πίνακας είναι ένας πίνακας από (υπο)πίνακες. Στην C η δήλωση ενός δισδιάστατου πίνακα έχει την μορφή:

τύπος όνομα [γραμμές] [στήλες] ;

Ο τύπος (type) περιγράφει τον τύπο κάθε στοιχείου του πίνακα

Το όνομα (name) του πίνακα που μας επιτρέπει να αναφερόμαστε σε αυτόν

Ο αριθμός των γραμμών (rows) του πίνακα περιγράφει πόσους υποπίνακες (γραμμές) έχει ο πίνακας (1η διάσταση)

Ο αριθμός των στηλών (columns) του πίνακα περιγράφει πόσα στοιχεία έχει ο κάθε υποπίνακας (2η διάσταση)

Σύνολο ο πίνακας έχει γραμμές x στήλες στοιχεία

Δήλωση Δισδιάστατου Πίνακα (Array) στην Γλώσσα C

Ένας **δισδιάστατος πίνακας** είναι ένας πίνακας από (υπο)πίνακες. Ένα παράδειγμα πίνακα 2 γραμμών και 4 στηλών (8 στοιχεία σύνολο) είναι:

```
int array[2][4];
```

Μπορούμε να αναφερθούμε στο κάθε στοιχείο με την έκφραση $a[i][j]$, όπου i είναι η θέση του στοιχείου στην γραμμή και j η θέση του στην στήλη.

	Στήλη 0	Στήλη 1	Στήλη 2	Στήλη 3
Γραμμή 0	a[0][0]	a[0][1]	a[0][2]	a[0][3]
Γραμμή 1	a[1][0]	a[1][1]	a[1][2]	a[1][3]

Αρχικοποίηση Δισδιάστατου Πίνακα

Η αρχικοποίηση δισδιάστατων πινάκων είναι όπως στους μονοδιάστατους - αντί για στοιχεία τύπου, χρησιμοποιούμε πίνακες:

```
int array[2][4] = {  
    {1, 4, 7, 10},  
    {3, 6, 9, 12},  
};
```

Ποιο είναι το στοιχείο
a[1][1];

Στήλη 0

Στήλη 1

Στήλη 2

Στήλη 3

Γραμμή 0

Γραμμή 1

1	4	7	10
3	6	9	12

Αναπαράσταση Δισδιάστατου Πίνακα στην Μνήμη

Έστω ότι `sizeof(int) == 4`, τότε μια αναπαράσταση του πίνακα θα είναι:

```
int array[2][4] = {  
    {1, 4, 7, 10},  
    {3, 6, 9, 12},  
};
```

Bytes 100-103	1
Bytes 104-107	4
Bytes 108-111	7
Bytes 112-115	10
Bytes 116-119	3
Bytes 120-123	6
Bytes 124-127	9
Bytes 128-131	12

Αναπαράσταση Δισδιάστατου Πίνακα στην Μνήμη

Έστω ότι `sizeof(int) == 4`, τότε μια αναπαράσταση του πίνακα θα είναι:

```
int array[2][4] = {  
    {1, 4, 7, 10},  
    {3, 6, 9, 12},  
};
```

```
printf("%d\n", sizeof(array[0]));
```

```
$ ./test
```

array[0]

Bytes 100-103

1

Bytes 104-107

4

Bytes 108-111

7

Bytes 112-115

10

Bytes 116-119

3

Bytes 120-123

6

Bytes 124-127

9

Bytes 128-131

12

Αναπαράσταση Δισδιάστατου Πίνακα στην Μνήμη

Έστω ότι `sizeof(int) == 4`, τότε μια αναπαράσταση του πίνακα θα είναι:

```
int array[2][4] = {  
    {1, 4, 7, 10},  
    {3, 6, 9, 12},  
};  
  
printf("%d\n", sizeof(array[1]));  
  
$ ./test
```

Bytes 100-103	1
Bytes 104-107	4
Bytes 108-111	7
array[1]	15
Bytes 116-119	3
Bytes 120-123	6
Bytes 124-127	9
Bytes 128-131	12

Αναπαράσταση Δισδιάστατου Πίνακα στην Μνήμη

Έστω ότι `sizeof(int) == 4`, τότε μια αναπαράσταση του πίνακα θα είναι:

```
int array[2][4] = {  
    {1, 4, 7, 10},  
    {3, 6, 9, 12},  
};
```

```
printf("%d\n", sizeof(array));
```

```
$ ./test
```

array

Bytes 100-103

1

Bytes 104-107

4

Bytes 108-111

7

Bytes 112-115

10

Bytes 116-119

3

Bytes 120-123

6

Bytes 124-127

9

Bytes 128-131

12

Υπολογισμός διεύθυνσης στοιχείου στην μνήμη

Έστω η ακόλουθη δήλωση πίνακα:

```
int array[X][Y];
```

Η διεύθυνση του $a[i][j]$ ($\&a[i][j]$) θα είναι:

StartAddressOfArray +

Bytes 100-103	1
Bytes 104-107	4
Bytes 108-111	7
Bytes 112-115	10
Bytes 116-119	3
Bytes 120-123	6
Bytes 124-127	9
Bytes 128-131	12

Υπολογισμός διεύθυνσης στοιχείου στην μνήμη

Έστω η ακόλουθη δήλωση πίνακα:

```
int array[X][Y];
```

Η διεύθυνση του $a[i][j]$ ($\&a[i][j]$) θα είναι:

```
StartAddressOfArray +
    i * Y * sizeof(int) +
    j * sizeof(int)
```

Bytes 100-103	1
Bytes 104-107	4
Bytes 108-111	7
Bytes 112-115	10
Bytes 116-119	3
Bytes 120-123	6
Bytes 124-127	9
Bytes 128-131	12

Υπολογισμός διεύθυνσης στοιχείου στην μνήμη

Έστω η ακόλουθη δήλωση πίνακα:

```
int array[X][Y];
```

Η διεύθυνση του $a[i][j]$ ($\&a[i][j]$) θα είναι:

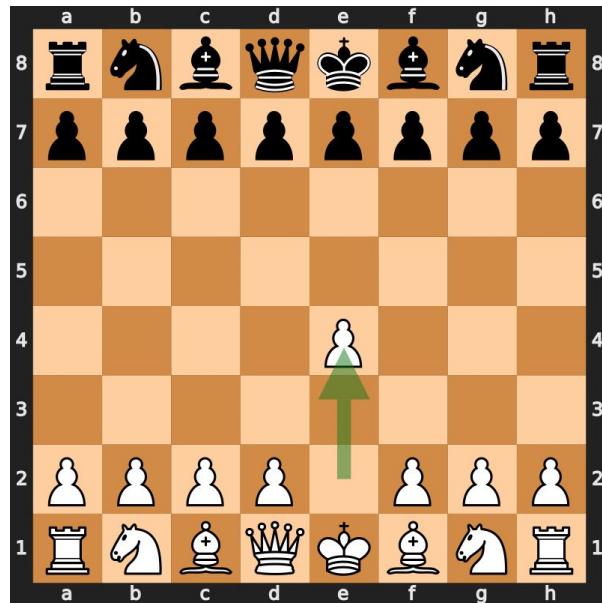
```
IndexOfElementIJ = i * Y + j
```

Παρατηρήστε ότι απλά χρειαζόμαστε τον αριθμό Y των στηλών για να υπολογίσουμε την θέση του $a[i][j]$

Bytes 100-103	1
Bytes 104-107	4
Bytes 108-111	7
Bytes 112-115	10
Bytes 116-119	3
Bytes 120-123	6
Bytes 124-127	9
Bytes 128-131	12

Ανάθεση σε Στοιχεία Δισδιάστατου Πίνακα

```
char chessBoard[8][8] = {  
  
    {'R', 'N', 'B', 'Q', 'K', 'B', 'N', 'R'},  
  
    {'P', 'P', 'P', 'P', 'P', 'P', 'P', 'P'},  
  
    {' ', ' ', ' ', ' ', ' ', ' ', ' ', ' '},  
  
    {' ', ' ', ' ', ' ', ' ', ' ', ' ', ' '},  
  
    {' ', ' ', ' ', ' ', ' ', ' ', ' ', ' '},  
  
    {' ', ' ', ' ', ' ', ' ', ' ', ' ', ' '},  
  
    {'p', 'p', 'p', 'p', 'p', 'p', 'p', 'p'},  
  
    {'r', 'n', 'b', 'q', 'k', 'b', 'n', 'r'}  
};  
  
chessBoard[1][4] = ' ';  
  
chessBoard[3][4] = 'p';
```

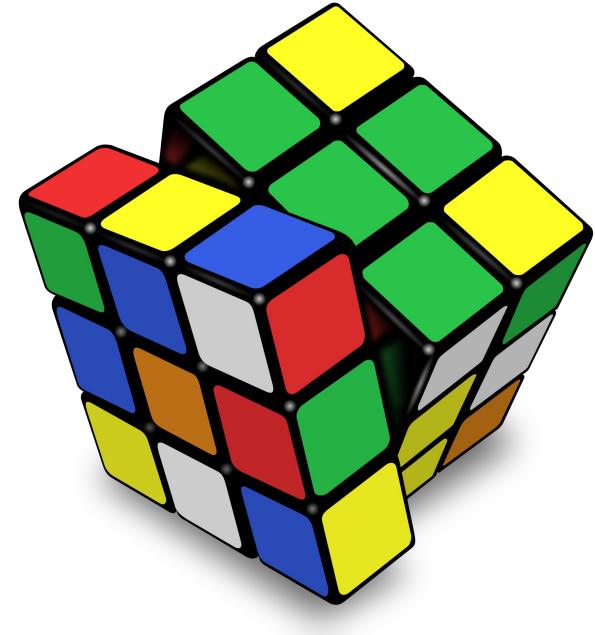


Κάθε `array[i][j]` στοιχείο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μεταβλητή

Τρισδιάστατοι, Τετραδιάστατοι, κοκ

Πίνακες υψηλότερων διαστάσεων λειτουργούν με τον ίδιο τρόπο, προσθέτοντας τον επιθυμητό αριθμό διαστάσεων.

```
int rubiksCube[6][3][3] = {  
    {{0, 0, 0}, {0, 0, 0}, {0, 0, 0}}, // Face 1 (e.g., Red)  
    {{1, 1, 1}, {1, 1, 1}, {1, 1, 1}}, // Face 2 (e.g., Green)  
    {{2, 2, 2}, {2, 2, 2}, {2, 2, 2}}, // Face 3 (e.g., Blue)  
    {{3, 3, 3}, {3, 3, 3}, {3, 3, 3}}, // Face 4 (e.g., Yellow)  
    {{4, 4, 4}, {4, 4, 4}, {4, 4, 4}}, // Face 5 (e.g., Orange)  
    {{5, 5, 5}, {5, 5, 5}, {5, 5, 5}} // Face 6 (e.g., White)  
};
```



Είναι απαραίτητοι οι πολυδιάστατοι
πίνακες;

Χρήση Δεικτών (Dereference Pointers) - Υπενθύμιση

Για να χρησιμοποιήσουμε το περιεχόμενο της μεταβλητής στην οποία δείχνει ένας δείκτης χρησιμοποιούμε τον μοναδιαίο τελεστή * :

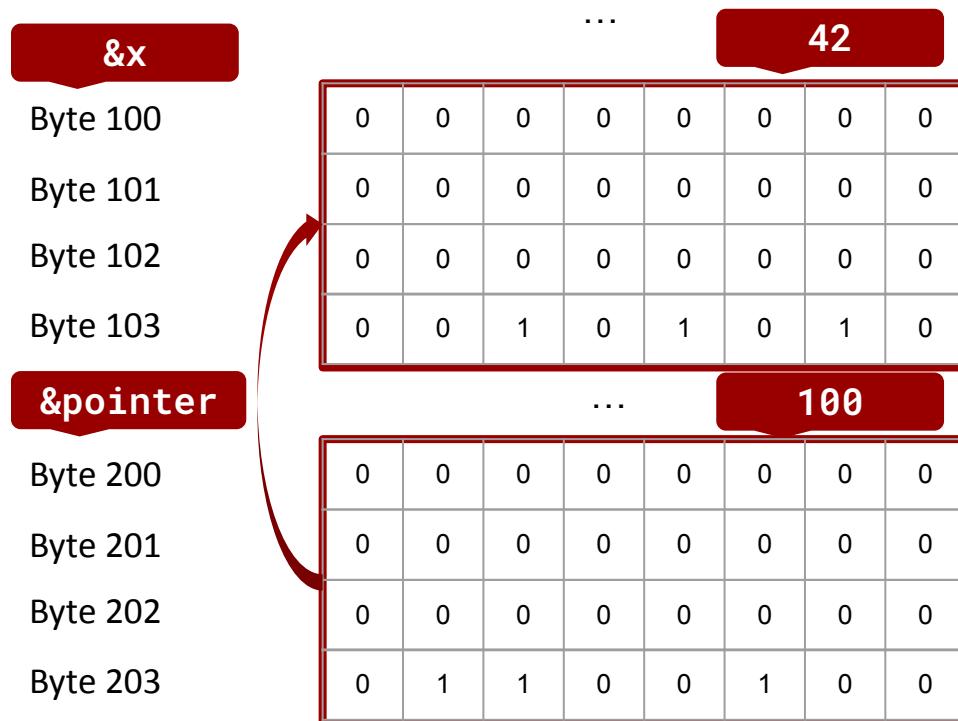
```
int x = 42;  
int *pointer = &x;  
printf("%d\n", *pointer);
```

Όταν το τρέξουμε:

```
$ ./test
```

```
42
```

Η χρήση του `*pointer` είναι ισοδύναμη με την χρήση της μεταβλητής `x`.



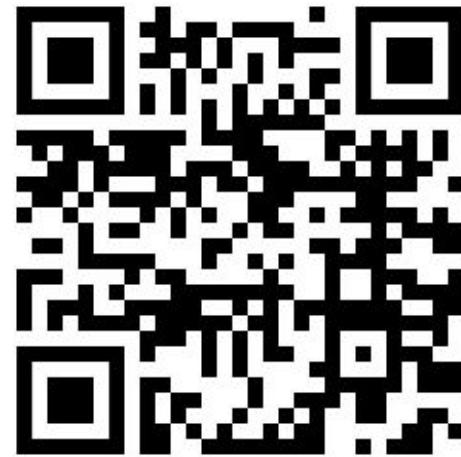
Ποια είναι τα περιεχόμενα του x μετά την εκτέλεση;

```
int * p;  
int x[ ] = {5, 7, 2, 3, 6, 0, 1, 4};  
p = x;  
while (*p = *(p+2))  
    p++;
```

Δεν καταλαβαίνεις Pointers;

Υπάρχει λύση!

Εισαγωγή στους
Pointers

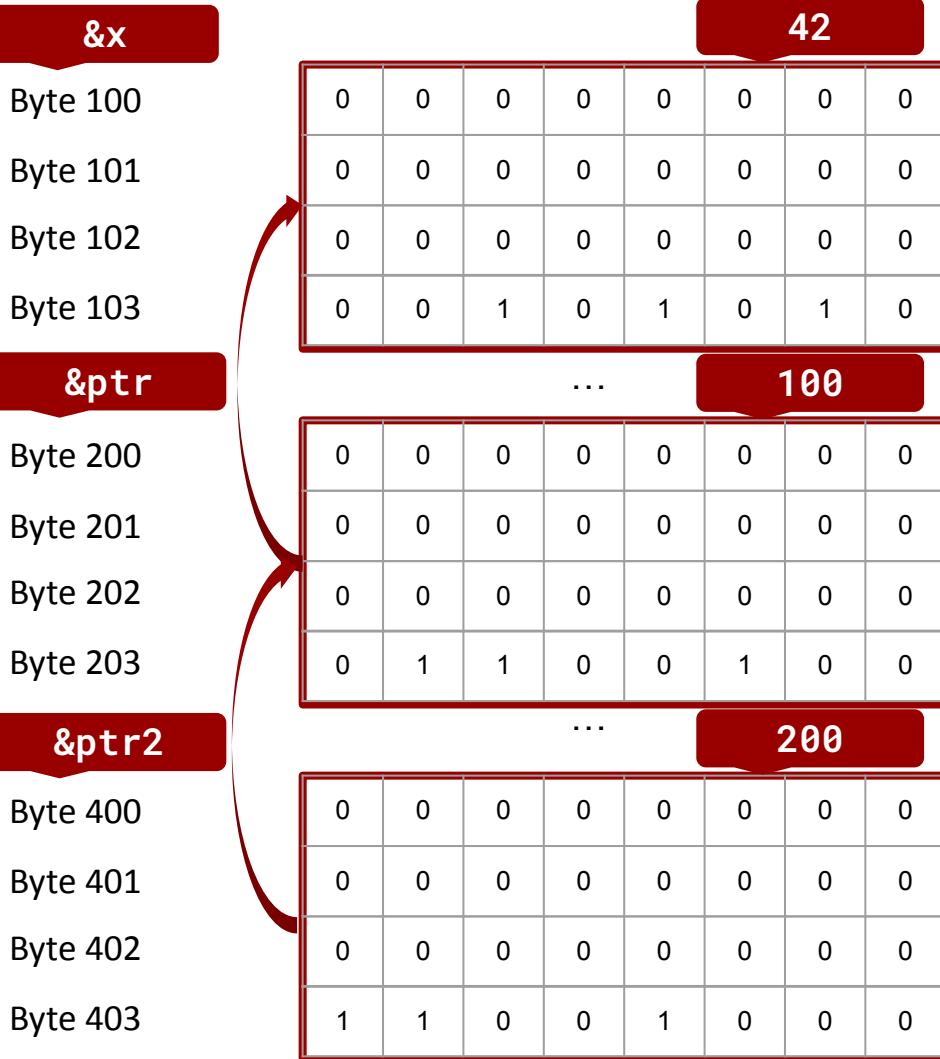


Ευχαριστούμε πολύ τα παιδιά-βοηθούς του μαθήματος για την πρωτοβουλία!

Δείκτης σε Δείκτη

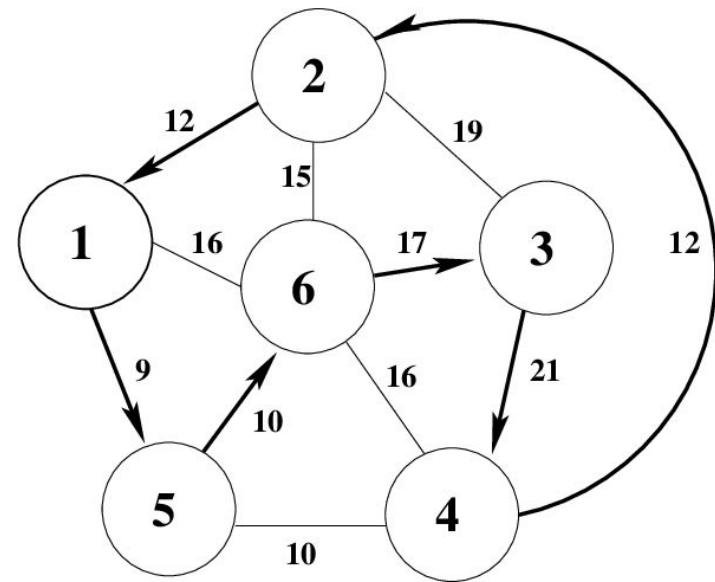
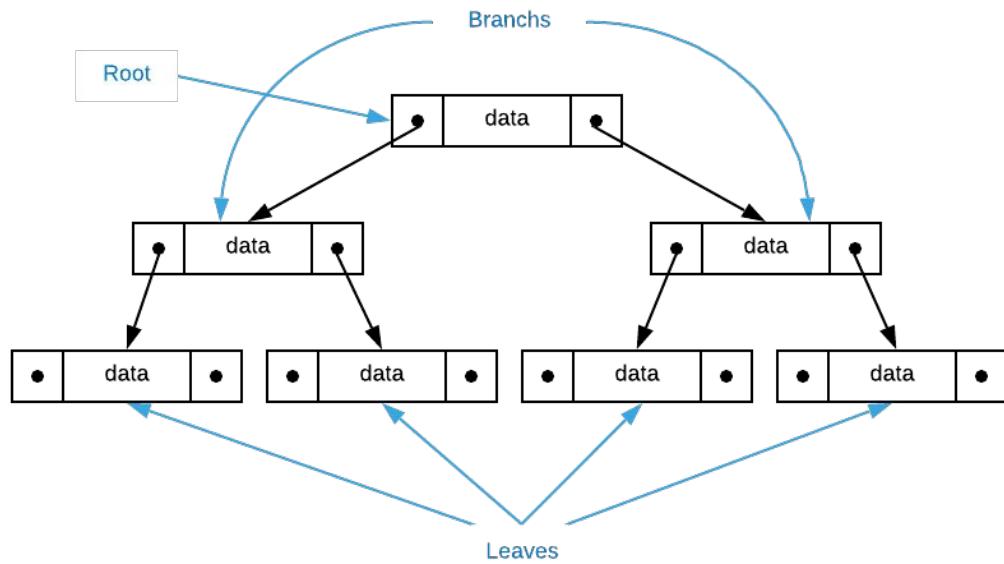
```
int x = 42;  
  
int * ptr = &x;  
  
int ** ptr2 = &ptr;  
  
printf("%p %d", *ptr2, **ptr2);
```

Τι θα τυπώσει το παραπάνω;



Δείκτες σε Δείκτες σε Δείκτες ...

Γιατί έχει σημασία;



Πίνακες από Δείκτες

Οι δείκτες είναι μεταβλητές και μπορούν να μπουν σε πίνακες. Για παράδειγμα τι θα τυπώσει το ακόλουθο:

```
#include <stdio.h>

int main() {
    int *ptr[3], a = 100, b = 200, c = 300;
    ptr[0] = &a;
    ptr[1] = &b;
    ptr[2] = &c;
    printf("%d %d %d\n", *ptr[2], *ptr[1], *ptr[0]);
    return 0;
}
```

Πίνακες από Δείκτες

Οι δείκτες είναι μεταβλητές και μπορούν να μπουν σε πίνακες. Για παράδειγμα τι θα τυπώσει το ακόλουθο:

```
#include <stdio.h>

int main() {
    int *ptr[3], a = 100, b = 200, c = 300;
    ptr[0] = &a;
    ptr[1] = &b;
    ptr[2] = &c;
    printf("%d %d %d\n", *ptr[2], *ptr[1], *ptr[0]);
    return 0;
}
```

\$./example
300 200 100

Πίνακες από Δείκτες

```
#include <stdio.h>

int main() {
    char *sentence[] = {
        "I'm", "singing", "in", "the", "rain", "!", NULL
    };
    int i;
    for(i = 0 ; sentence[i]; i++) {
        printf("%s\n", sentence[i]);
    }
    return 0;
}
```

Πίνακες από Δείκτες

```
#include <stdio.h>

int main() {
    char *sentence[] = {
        "I'm", "singing", "in", "the", "rain", "!", NULL
    };
    int i;
    for(i = 0 ; sentence[i]; i++) {
        printf("%s\n", sentence[i]);
    }
    return 0;
}
```

```
$ ./sentence
I'm
singing
in
the
rain
!
```

To περίφημο argv

```
#include <stdio.h>

int main(int argc, char * argv[]) {
    int i;
    for(i = 0 ; i < argc ; i++) {
        printf("%s\n", argv[i]);
    }
    return 0;
}
```

To περίφημο argv

```
#include <stdio.h>

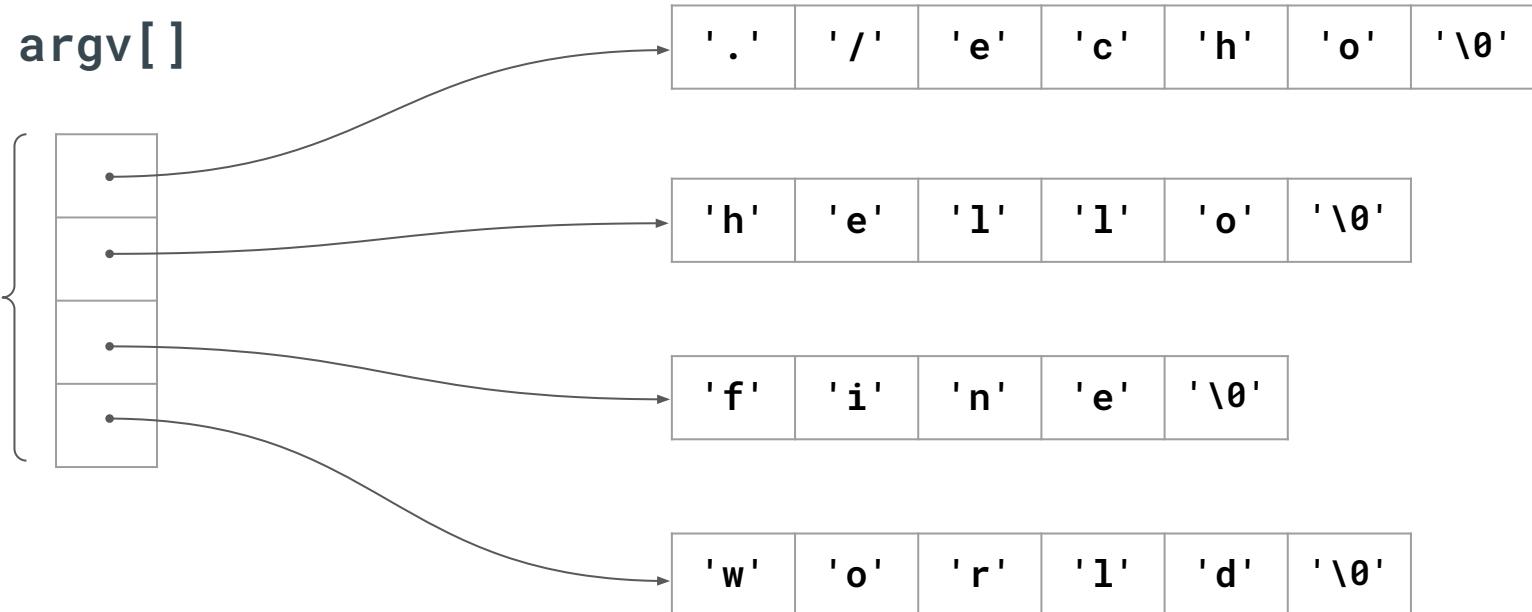
int main(int argc, char * argv[]) {
    int i;
    for(i = 0 ; i < argc ; i++) {
        printf("%s\n", argv[i]);
    }
    return 0;
}
```

```
$ ./echo hello fine world
./echo
hello
fine
world
```

Το περίφημο argv

`char * argv[]`

`argc = 4`



Δυναμικοί Πίνακες με την συνάρτηση malloc()

Με την βοήθεια των δεικτών, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε **δυναμικούς** πίνακες, πίνακες των οποίων το μέγεθος καθορίζεται **δυναμικά**, δηλαδή την στιγμή που τρέχει το πρόγραμμα. Γενική μορφή:

τύπος * όνομα = malloc(μέγεθος * sizeof(τύπος));

Δήλωση δείκτη σε
δεδομένα **τύπος**
(type) -
περιγράφει τον
τύπο κάθε
στοιχείου του
πίνακα

Η συνάρτηση
malloc επιστρέφει
την διεύθυνση της
μνήμης που θα
βάλουμε τα
στοιχεία του πίνακα

Ο αριθμός των **bytes** του
πίνακα περιγράφει
πόσος χώρος πρέπει να
δεσμευτεί για να
χωρέσει **μέγεθος** φορές
τον τύπο

Δυναμικοί Πίνακες με την συνάρτηση malloc()

Με την βοήθεια των δεικτών, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε **δυναμικούς** πίνακες, πίνακες των οποίων το μέγεθος καθορίζεται **δυναμικά**, δηλαδή την στιγμή που τρέχει το πρόγραμμα. Παράδειγμα:

```
int * array = malloc(4 * sizeof(int));
```

stdlib.h

Η μνήμη μετά την εκτέλεση της malloc θα δείχνει ως εξής:

int * array



array[0]

array[0]

Δημιουργία
πίνακα 4 ακεραίων

Δυναμικοί Πίνακες με την συνάρτηση malloc()

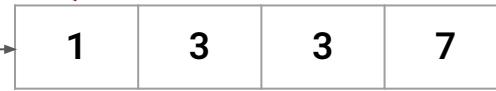
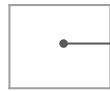
Με την βοήθεια των δεικτών, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε **δυναμικούς** πίνακες, πίνακες των οποίων το μέγεθος καθορίζεται **δυναμικά**, δηλαδή την στιγμή που τρέχει το πρόγραμμα. Παράδειγμα:

```
int * array = malloc(N * sizeof(int));
```

Η μνήμη που επιστρέφει η συνάρτηση malloc
δεσμεύεται σε ένα μέρος της μνήμης που λέγεται
σωρός (heap) - επόμενο μάθημα

Δημιουργία
πίνακα N
ακεραίων

int * array



array[0]

array[N - 1]

Δυναμικοί Πίνακες με την συνάρτηση malloc()

```
int * nums = malloc(100 * sizeof(int));  
  
double * coeffs = malloc(100 * sizeof(double));  
  
char * str = malloc(100 * sizeof(char));
```

Πόση μνήμη δεσμεύεται με καθεμιά από τις παραπάνω κλήσεις;

Τι θα τυπώσει το ακόλουθο:

```
printf("%d %d %d\n", sizeof(nums), sizeof(coeffs), sizeof(str));
```

Δυναμικοί Πίνακες με την συνάρτηση malloc()

```
int * nums = malloc(100 * sizeof(int));  
  
double * coeffs = malloc(100 * sizeof(double));  
  
char * str = malloc(100 * sizeof(char));
```

Πόση μνήμη δεσμεύεται με καθεμιά από τις παραπάνω κλήσεις;

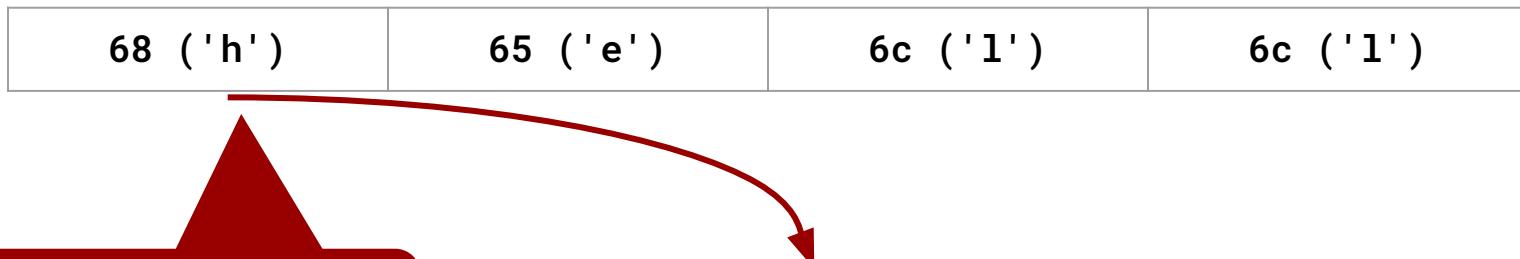
Τι θα τυπώσει το ακόλουθο:

```
printf("%d %d %d\n", sizeof(nums), sizeof(coeffs), sizeof(str));
```

```
$ ./dynamic  
8 8 8
```

Endianness

Endianness λέμε τον τρόπο με τον οποίο οι ακέραιοι αποθηκεύονται στην μνήμη. Οι ακέραιοι αποτελούνται από πολλά bytes και επομένως πρέπει να αποφασίσουμε αν τους αποθηκεύουμε από το μικρότερο στο μεγαλύτερο (little endian) ή από το μεγαλύτερο στο μικρότερο (big endian).



Το πρώτο byte στην μνήμη είναι
το μικρότερο byte του αριθμού

Παράδειγμα Endianness

Τι θα τυπώσει το παρακάτω:

```
#include <stdio.h>

int main() {
    int x = 42;
    char * bytes = (char*)&x;
    int i;
    for(i = 0; i < sizeof(int) / sizeof(char); i++)
        printf("%02x\n", bytes[i]);
    return 0;
}
```

Παράδειγμα Endianness

Τι θα τυπώσει το παρακάτω:

```
#include <stdio.h>

int main() {
    int x = 42;
    char * bytes = (char*)&x;
    int i;
    for(i = 0; i < sizeof(int) / sizeof(char); i++)
        printf("%02x\n", bytes[i]);
    return 0;
}
```

```
$ ./int
2a
00
00
00
```

Για την επόμενη φορά

- Καλύψαμε έννοιες από τις σελίδες 73-103 από τις σημειώσεις του κ.

Σταματόπουλου - διαβάστε τις και εσείς με προσωπικό διάβασμα.

- [Endianness](#)

Ευχαριστώ και καλή εβδομάδα εύχομαι!
Keep Coding ;)