Διάλεξη 9 - Δείκτες

Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Εισαγωγή στον Προγραμματισμό

Θανάσης Αυγερινός

Ανακοινώσεις / Διευκρινήσεις

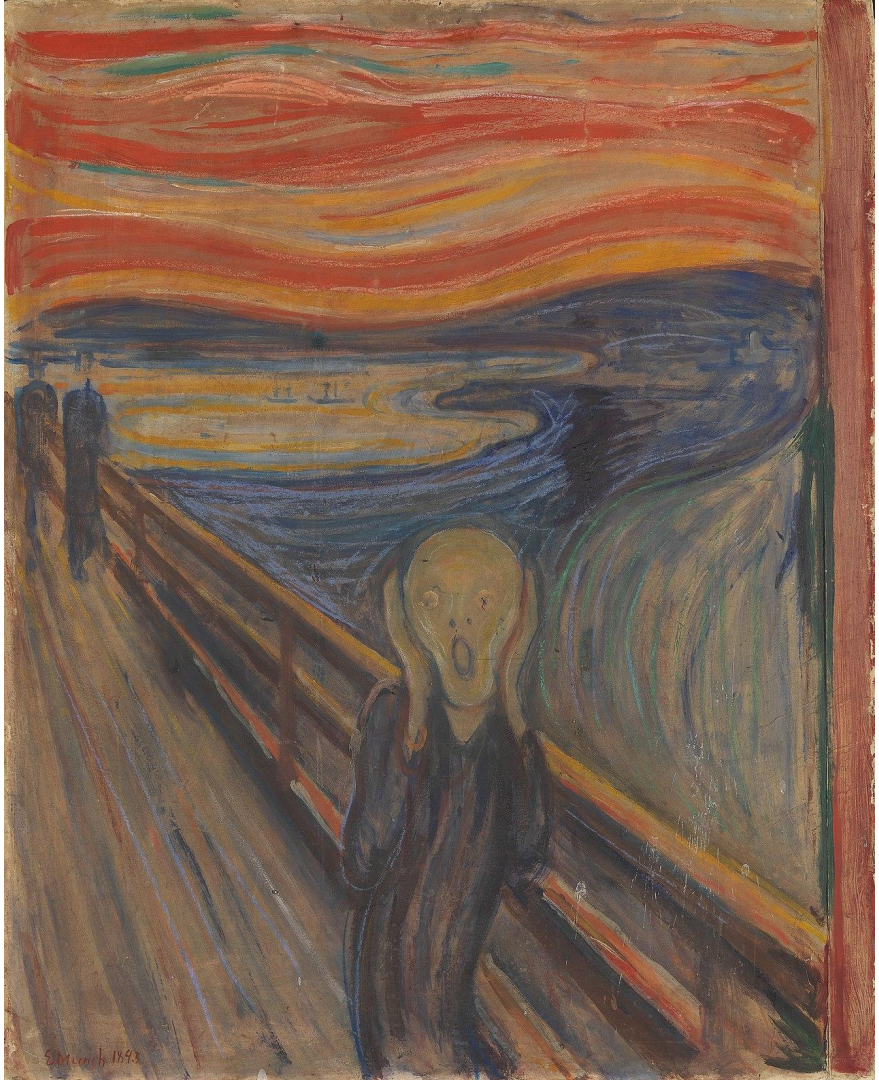
- Ευχαριστώ πολύ για βελτιώσεις στο site του μαθήματος - αν έχετε προσθήκες να προτείνετε στείλτε ένα Pull Request!
- Η προθεσμία για την Εργασία #0 είναι την Τετάρτη 8/11, 23:59
    a. Και το Github έχει outages - μην το αφήσετε τελευταία στιγμή
- Φόρμα μαθήματος

Την προηγούμενη φορά

- Πίνακες (Arrays)

Σήμερα

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



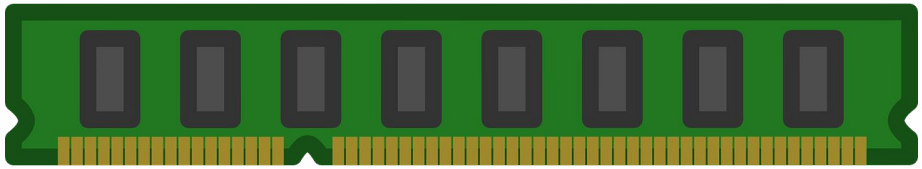
Η Μνήμη Οργανώνεται σε Bytes (Υπενθύμιση)

Το μέγεθος της μνήμης μετράται σε Bytes:

- **1 KB (KiloByte) = 1.000 Bytes**
- **1 MB (MegaByte) = 1.000.000 Bytes**
- **1 GB (GigaByte) = 1.000.000.000 Bytes**

Μνήμη με N Bytes

Byte 0	0	0	1	0	1	0	1	0
Byte 1	0	1	0	0	0	0	1	0
Byte 2	1	1	1	0	0	0	1	1
…				…				
Byte N-1	0	0	0	0	0	0	0	0
Byte N	0	1	1	0	1	0	0	0

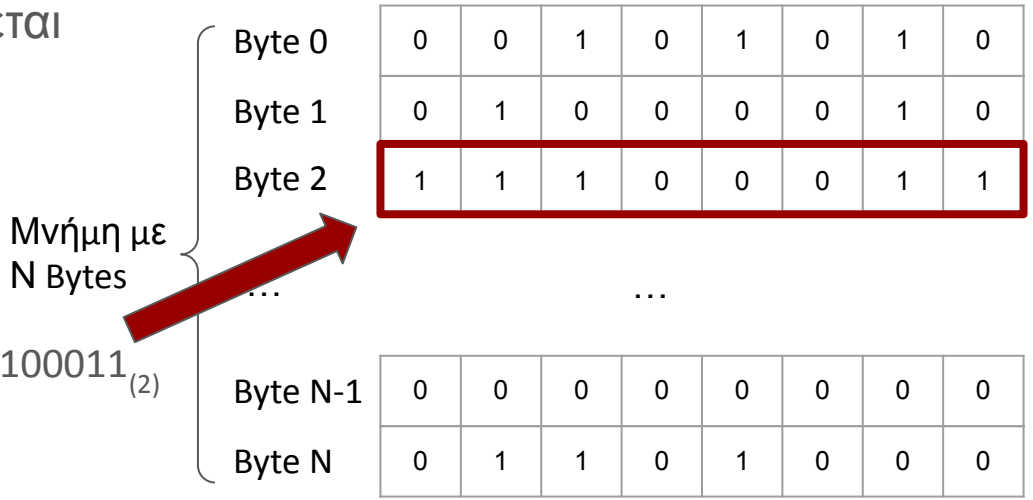


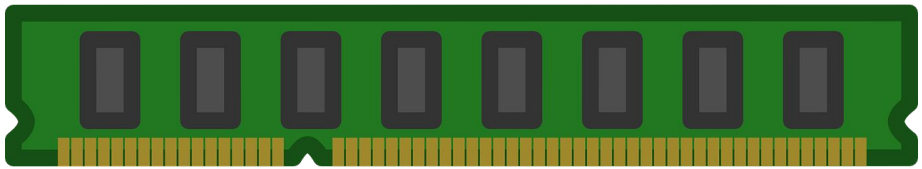
Διεύθυνση ενός Κελιού Μνήμης

Η θέση ενός κελιού στην μνήμη λέγεται

διεύθυνση (address).

πχ: στην διεύθυνση 2 υπάρχει το byte $11100011_{(2)}$





Δήλωση Μεταβλητής (Variable Declaration)

Μεταβλητή είναι ένα τμήμα της μνήμης με συγκεκριμένο όνομα.

Η μεταβλητή για να χρησιμοποιηθεί πρέπει να έχει δηλωθεί με κάποιον τύπο.

```
int  x;
```

Ο **τύπος (type)** της μεταβλητής λέει στον μεταγλωττιστή πόση μνήμη να δεσμεύσει για τα περιεχόμενα

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

π.χ. 4 bytes για την x ξεκινώντας από το 0

Byte 0	0	0	1	0	1	0	1	0
Byte 1	0	1	0	0	0	0	1	0
Byte 2	1	1	1	0	0	0	1	1
Byte 3	1	1	1	0	0	0	1	1
…				…				
Byte N-1	0	0	0	0	0	0	0	0
Byte N	0	1	1	0	1	0	0	0

Ανάθεση σε Μεταβλητή (Variable Assignment)

Ανάθεση σε μια μεταβλητή μπορεί να γίνει κατά τον ορισμό της:

```
int x = 42;
```

Ή μετά τον ορισμό της:

```
int x;

x = 42;
```

Ή με δεκαεξαδικό τρόπο:

```
int x = 0x2A;
```

Ανάθεση σε Μεταβλητή (Variable Assignment)

Ανάθεση σε μια μεταβλητή μπορεί να γίνει κατά τον ορισμό της:

```
int x = 42;
```

Ή μετά τον ορισμό της:

```
int x;

x = 42;
```

Ή με δεκαεξαδικό τρόπο:

```
int x = 0x2A;
```

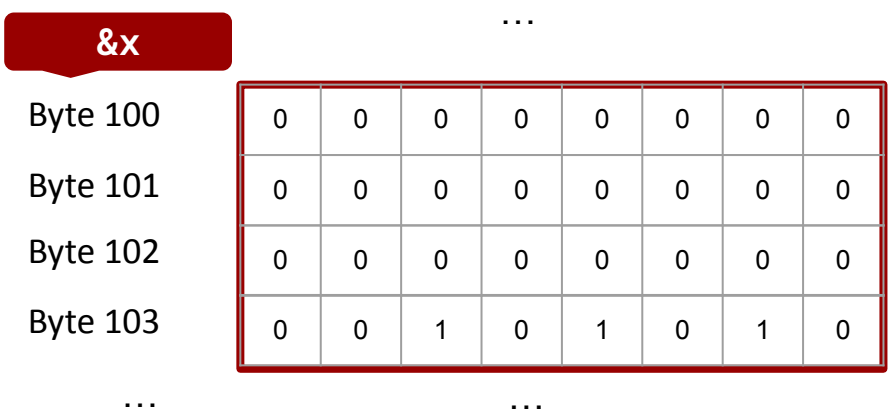
Διεύθυνση (Address) Μιας Μεταβλητής

Μπορούμε να βρούμε την διεύθυνση μιας μεταβλητής χρησιμοποιούμε τον μοναδιαιο τελεστή **&** (ampersand):

```
int x = 42;

printf("%d\n", &x);
```

Όταν το τρέξουμε:

```
$ ./test

100
```



Η διεύθυνση είναι πάντα ένας **ακέραιος** αριθμός (**100** στο παράδειγμα). Ο αριθμός των bits για την αναπαράσταση μιας διεύθυνσης καθορίζεται από τον μεταγλωττιστή, για παράδειγμα 32-bit για συστήματα των 32-bit (-m32), 64-bit για συστήματα των 64-bit κοκ.

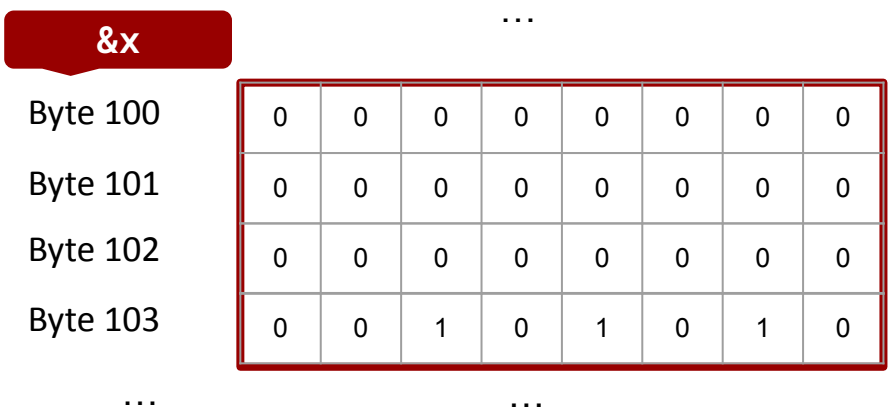
Διεύθυνση (Address) Μιας Μεταβλητής

Μπορούμε να βρούμε την διεύθυνση μιας μεταβλητής χρησιμοποιούμε τον μοναδιαιο τελεστή **&** (ampersand):

```
int x = 42;

printf("%d\n", &x);
```

Όταν το τρέξουμε:

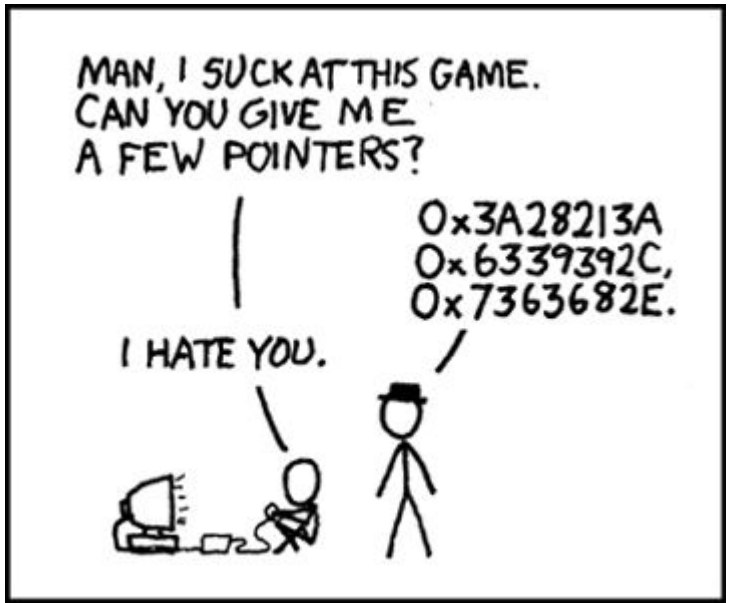
```
$ ./test

100
```



Σε αυτήν την εκτέλεση του προγράμματος, η μεταβλητή **x** τοποθετήθηκε στην διεύθυνση **100.** Προσοχή: οι διευθύνσεις μπορούν να αλλάξουν από εκτέλεση σε εκτέλεση.

Θα προσθέσουμε έναν νέο τύπο (δείκτη / pointer) για να αποθηκεύουμε **διευθύνσεις** μεταβλητών

Πέρα από τους βασικούς `int, char, double`



Δήλωση Τύπου Δείκτη (Pointer) στην C

Ο δείκτης είναι μία μεταβλητή που περιέχει την διεύθυνση μνήμης ενός συγκεκριμένου τύπου δεδομένων. Γενική μορφή:

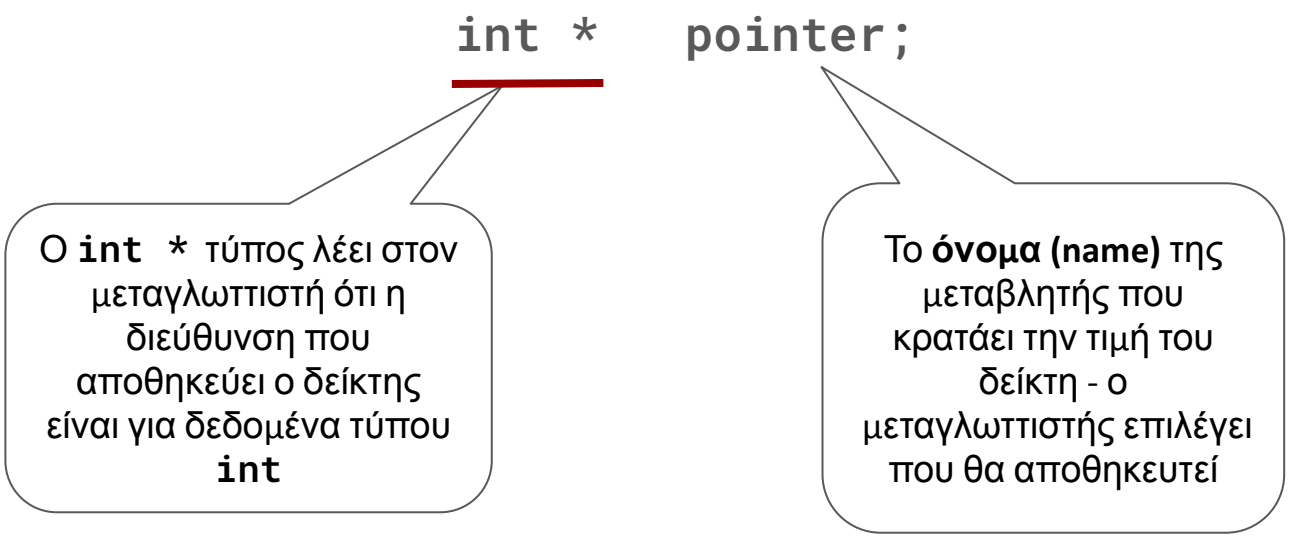
```
τύπος * όνομα;
```

Ο **τύπος *** λέει στον μεταγλωττιστή ότι η διεύθυνση του δείκτη είναι για δεδομένα τύπου **τύπος**

Το **όνομα (name)** της μεταβλητής που κρατάει την τιμή του δείκτη - ο μεταγλωττιστής επιλέγει που θα αποθηκευτεί

Δήλωση Τύπου Δείκτη (Pointer) στην C

Ο δείκτης είναι μία μεταβλητή που περιέχει την διεύθυνση μνήμης ενός συγκεκριμένου τύπου δεδομένων. Γενική μορφή:



Αρχικοποίηση ενός Δείκτη σε `int`

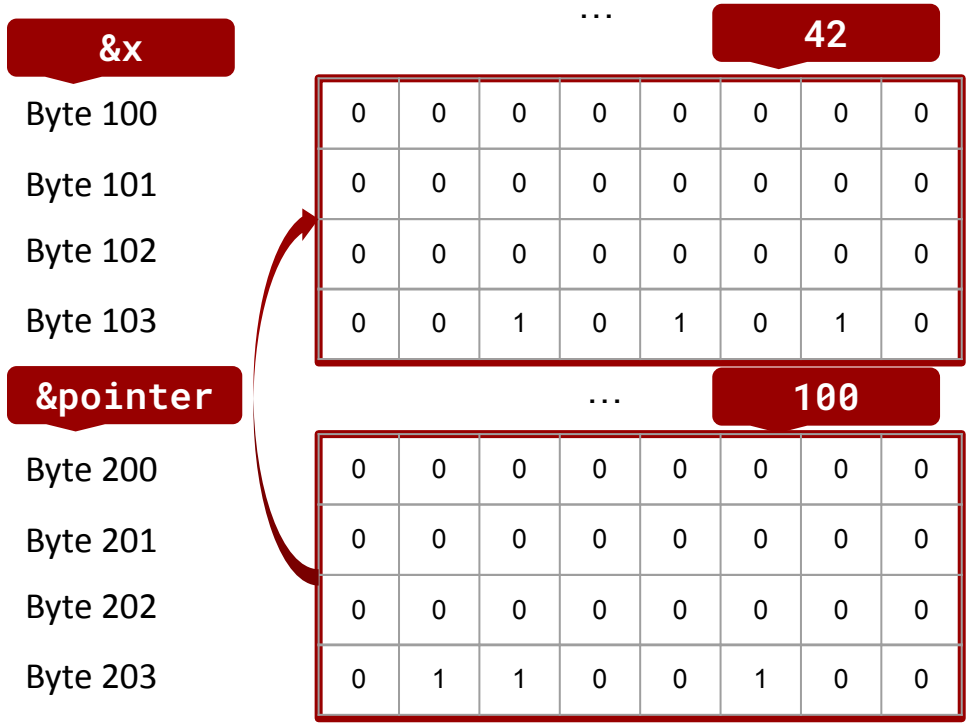
Αρχικοποιούμε έναν δείκτη με την διεύθυνση μιας μεταβλητής ως εξής:

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

Όταν το τρέξουμε:

```
$ ./test

100, 200
```

Λέμε ότι ο `pointer` δείχνει (points to) στην μεταβλητή `x`.



Αρχικοποίηση ενός Δείκτη σε `char`

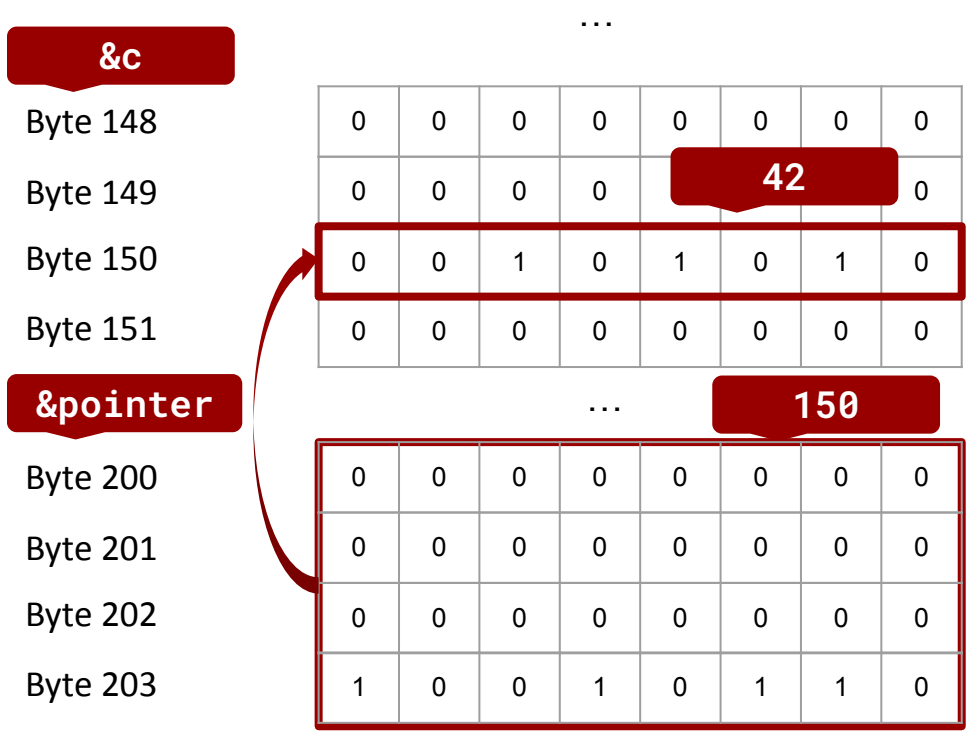
Αρχικοποιούμε έναν δείκτη με την διεύθυνση ενός χαρακτήρα ως εξής:

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

Όταν το τρέξουμε:

```
$ ./test

150, 200
```

Λέμε ότι ο `pointer` δείχνει (points to) στην μεταβλητή x.



Τι θα τυπώσει το παρακάτω πρόγραμμα:

```c
#include <stdio.h>


int main() {
  int * ipointer;
  char * cpointer;
  double * dpointer;
  printf("%d %d %d\n", sizeof(ipointer), sizeof(cpointer), sizeof(dpointer));
  return 0;
}
```

Η ειδική τιμή NULL

Όταν θέλουμε να δηλώσουμε ότι ένας δείκτης δεν δείχνει σε κάποια μεταβλητή, του αναθέτουμε την τιμή NULL (διεύθυνση 0).

```
int * ipointer = NULL;

...

if (ipointer == NULL) {

  printf("pointer does not point anywhere\n");

}
```

Δεν υπάρχει περίπτωση όμως στην διεύθυνση 0 να υπάρχει μεταβλητή; Θεωρητικά ναι, πρακτικά όχι.

The billion dollar mistake

Ο δείκτης *δείχνει* σε μια μεταβλητή - μπορώ να προσπελάσω την μεταβλητή έχοντας μόνο την διεύθυνσή της;

Χρήση Δεικτών (Dereference Pointers)

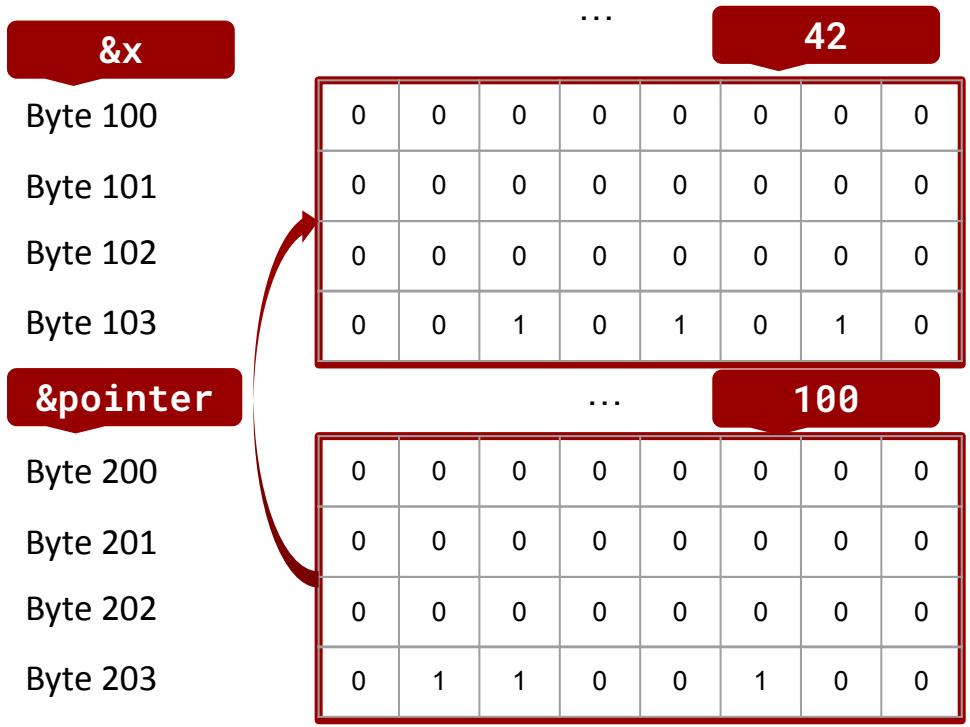
Για να χρησιμοποιήσουμε το περιεχόμενο της μεταβλητής στην οποία δείχνει ένας δείκτης χρησιμοποιούμε τον μοναδιαίο τελεστή * :

```
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.



Χρήση Μη-Έγκυρων Δεικτών (Invalid Pointers)

Για να χρησιμοποιήσουμε το περιεχόμενο της διεύθυνσης στην οποία δείχνει ένας δείκτης, η διεύθυνση πρέπει πρώτα να υπάρχει.

```
int *pointer;
printf("%d\n", *pointer);
```

Το παραπάνω πρόγραμμα κατά πάσα πιθανότητα θα οδηγήσει σε σφάλμα segmentation fault, καθώς το περιεχόμενο της μεταβλητής pointer δεν έχει αρχικοποιηθεί και επομένως δεν θα έχει μια έγκυρη διεύθυνση μνήμης.

Οι τελεστές * και & είναι συμπληρωματικοί

Ο τελεστής * επιστρέφει την μεταβλητή σε μια διεύθυνσης μνήμης, ενώ ο τελεστής & επιστρέφει την διεύθυνση μνήμης μιας μεταβλητής. Επομένως λέμε ότι αυτοί οι δύο τελεστές είναι συμπληρωματικοί (ή αντίστροφοι, ή αλλιώς ότι αλληλοαναιρούνται όταν εφαρμόζονται σε **έγκυρους δείκτες**).

```
int x = 42;

int *pointer = &x;

printf("%p %p %p\n", pointer, &*pointer, *&pointer);
```

Τρέχοντας το παραπάνω:

```
$ ./pointer_size

0x7ffcf94870cc 0x7ffcf94870cc 0x7ffcf94870cc
```

Τι τυπώνει το παρακάτω πρόγραμμα;

```c
#include <stdio.h>
int main() {
  int a = 100, b = 200, c;
  int *ptr_a = &a, *ptr_b = &b, *ptr_c = &c;
  *ptr_c = a;
  *ptr_a = b;
  *ptr_b = *ptr_c;
  printf("%d %d %d", a, b, c);
  return 0;
}
```

Πράξεις με Δείκτες (Διευθύνσεις)

Μπορούμε να εφαρμόσουμε τελεστές σε δείκτες στις ακόλουθες περιπτώσεις:

- Πρόσθεση ή αφαίρεση ακεραίου σε/από δείκτη
- Αφαίρεση δύο δεικτών
- Σύγκριση δύο δεικτών ή με το 0 (NULL)

Πρόσθεση Ακεραίου σε δείκτη

Η πρόσθεση ενός ακεραίου αυξάνει την διεύθυνση του δείκτη κατά το μέγεθος του τύπου στον οποίο δείχνει πολλαπλασιασμένο με τον ακέραιο

τύπος * pointer; pointer += N => pointer = (int)pointer + N * sizeof(τύπος)

Παραδείγματα:

```
int *ipointer; ipointer += 2; // => + 2 * sizeof(int)

char *cpointer; cpointer += 2; // => + 2 * sizeof(char)

double *dpointer; dpointer += 2; // => + 2 * sizeof(double)
```

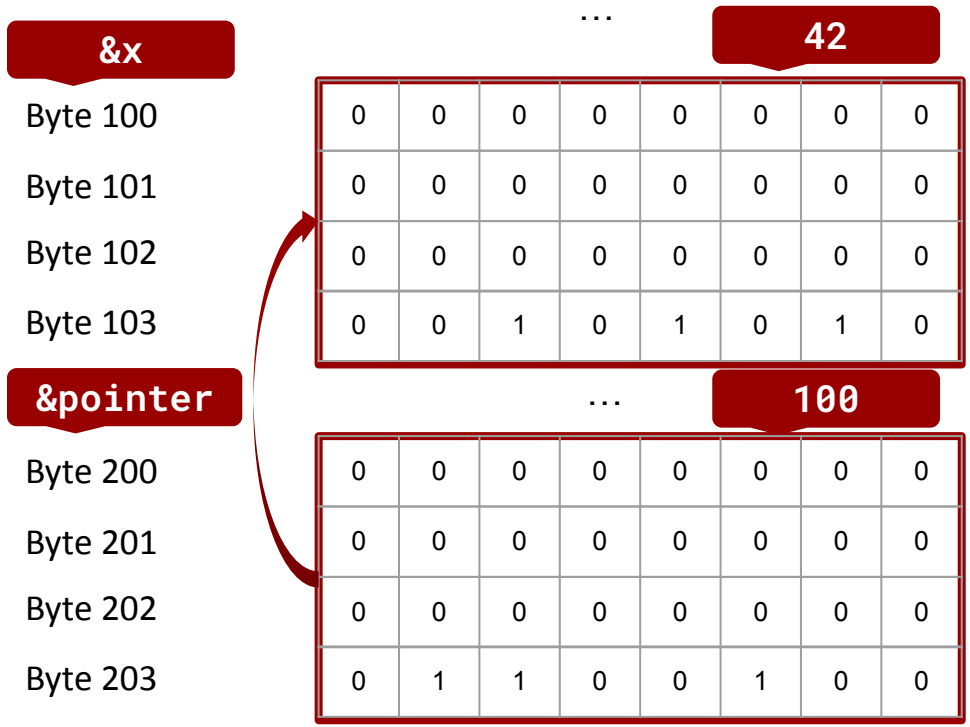
Αύξηση Δείκτη σε `int`

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

104
```



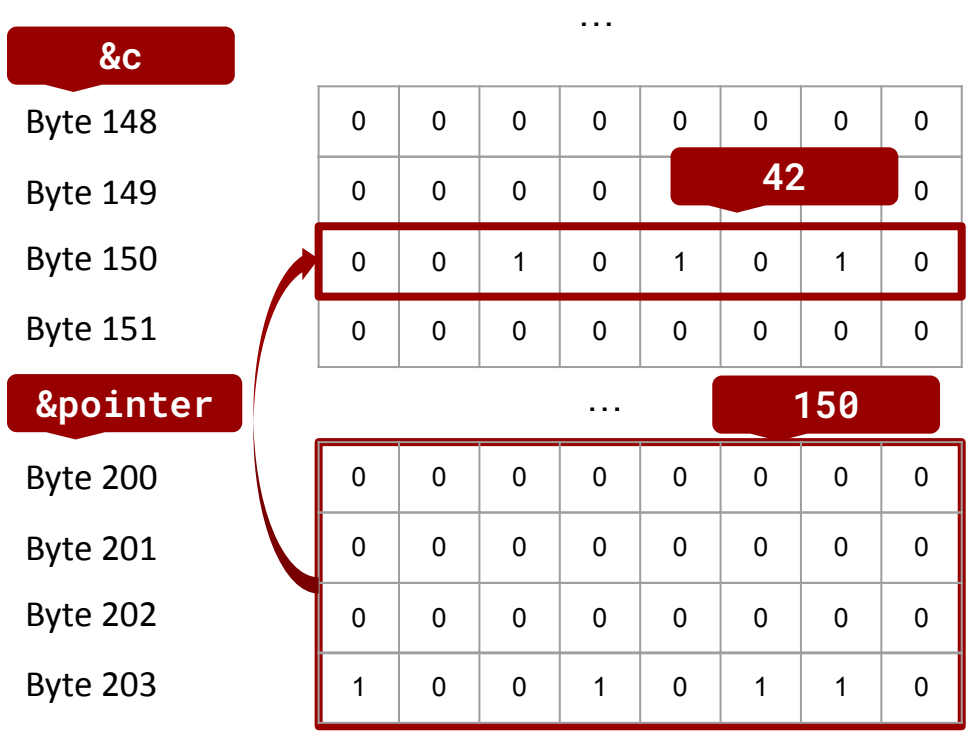
Μείωση δείκτη σε char

Αρχικοποιούμε έναν δείκτη με την διεύθυνση ενός χαρακτήρα ως εξής:

```
char c = 42;
char *pointer = &c;
printf("%d\n", --pointer);
```

Όταν το τρέξουμε:

```
$ ./test
149
```



Αναφορά σε στοιχεία πίνακα - Τι θα τυπώσει;

```c
#include <stdio.h>
int main() {
  int *ptr, arr[] = {10, 20, 30};
  ptr = &arr[0];
  printf("mem[%p], %d\n", ptr, *ptr);
  ptr += 2;
  printf("mem[%p], %d\n", ptr, *ptr);
  return 0;
}
```

Αναφορά σε στοιχεία πίνακα - Τι θα τυπώσει;

```c
#include <stdio.h>
int main() {
  int *ptr, arr[] = {10, 20, 30};
  ptr = &arr[0];
  printf("mem[%p], %d\n", ptr, *ptr);
  ptr += 2;
  printf("mem[%p], %d\n", ptr, *ptr);
  return 0;
}
```

```
 $ ./test
mem[0xffa35e60], 10
mem[0xffa35e68], 30
```

Συντομογραφία για χρήση στοιχείου

Η έκφραση *(ptr + n) - αύξησε τον δείκτη κατά n στοιχεία και επίστρεψε την μεταβλητή που αντιστοιχεί είναι τόσο συχνή που έχουμε μια συντομογραφία:

```
*(ptr + n) ⇔ ptr[n]

*(ptr + 3) ⇔ ptr[3]
```

Μας θυμίζει κάτι;

Συντομογραφία για χρήση στοιχείου

Η έκφραση *(ptr + n) - αύξησε τον δείκτη κατά n στοιχεία και επίστρεψε την μεταβλητή που αντιστοιχεί είναι τόσο συχνή που έχουμε μια συντομογραφία:

```
*(ptr + n) ⇔ ptr[n]
```

```
*(ptr + 3) ⇔ ptr[3]
```

Μας θυμίζει κάτι;

Είναι όμοιο με την έκφραση αναφοράς σε ένα στοιχείο πίνακα!

```
int a[100]; // το a είναι ένας δείκτης κολλημένος στο &a[0]
```

Διαφορές Πινάκων και Δεικτών

Παρόλο που η προσπέλαση στοιχείων είναι η ίδια, και ο πίνακας είναι ουσιαστικά ένας δείκτης στο πρώτο στοιχείο, υπάρχουν διαφορές. Π.χ.:

```
int a[100]; int *ptr;
```

- Δεν μπορούμε να αλλάξουμε την διεύθυνση ενός πίνακα (`a = ptr`)
- Η δήλωση ενός πίνακα δημιουργεί θέσεις μνήμης για τα στοιχεία του (100 int), ενώ η δήλωση ενός δείκτη δημιουργεί θέση για μια διεύθυνση
- Ο τελεστής sizeof γυρνάει το μέγεθος του πίνακα (sizeof(a) == 100 * sizeof(int)) και όχι το εύρος ενός ακεραίου διεύθυνσης (sizeof(ptr))
- Ο τελεστής & επιστρέφει την διεύθυνση του πρώτου στοιχείου του πίνακα (&a == &a[0]) και όχι την διεύθυνση ενός δείκτη (&ptr)

Από την προηγούμενη φορά, πως μπορώ να τυπώσω "World\n";

```
char hello[] = "Hello World\n";

char *world = ...;

printf("%s", world);
```

Από την προηγούμενη φορά, πως μπορώ να τυπώσω "World\n";

```
char hello[] = "Hello World\n";
char *world = &hello[6];
printf("%s", world);
```

Για την επόμενη φορά

- Σε αυτήν και την επόμενη διάλεξη θα καλύψουμε έννοιες από τις σελίδες 73-103 από τις σημειώσεις του κ. Σταματόπουλου.
- Διατρέξτε όποιο tutorial μπορείτε να βρείτε σε pointers [1], [2], [3], [4]

Ευχαριστώ και καλή μέρα εύχομαι!
Keep Coding ;)