



Προγραμματισμός Ι (ECE115)

#9

δείκτες (pointers)

Δείκτες

- Υπάρχουν περιπτώσεις που δεν ενδιαφέρει το περιεχόμενο αλλά η **διεύθυνση** μιας μεταβλητής
 - θέση αποθήκευσης στην μνήμη του προγράμματος
- Υπάρχουν μεταβλητές ειδικού τύπου: **δείκτες**
- Στην ουσία, μια **ακέραια τιμή** που **ερμηνεύεται** σαν μια **διεύθυνση** στην μνήμη
- Μέσω ενός δείκτη μπορούμε να **διαβάσουμε** ή/και να **αλλάξουμε** την τιμή που βρίσκεται αποθηκευμένη στην αντίστοιχη διεύθυνση
 - που μπορεί να αντιστοιχεί στην διεύθυνση μιας μεταβλητής!

Δείκτες και τύποι δεδομένων

- Η έννοια του δείκτη έχει ισχύ για **κάθε** τύπο T
- Ουσιαστικά ορίζει τον τύπο `pointer-to-T`
- Υπάρχει **συντακτική** συμβατότητα ανάμεσα στην τιμή μιας μεταβλητής `pointer-to-T` και την **διεύθυνση** μιας μεταβλητής τύπου T
- Υπάρχει **συντακτική** συμβατότητα ανάμεσα στην τιμή που υπάρχει στην μνήμη όπου **δείχνει** μια μεταβλητή `pointer-to-T` και την τιμή τύπου T
- Η ειδική τιμή `NULL` σημαίνει «καμία διεύθυνση»
 - συνηθισμένη τιμή αρχικοποίησης μιας μεταβλητής δείκτη
 - η προσπάθεια προσπέλασης της διεύθυνσης `NULL` οδηγεί στον **τερματισμό** του προγράμματος

υπάρχει ρολό
αλλά η τιμή
του είναι 0

δεν υπάρχει
ούτε καν ρολό

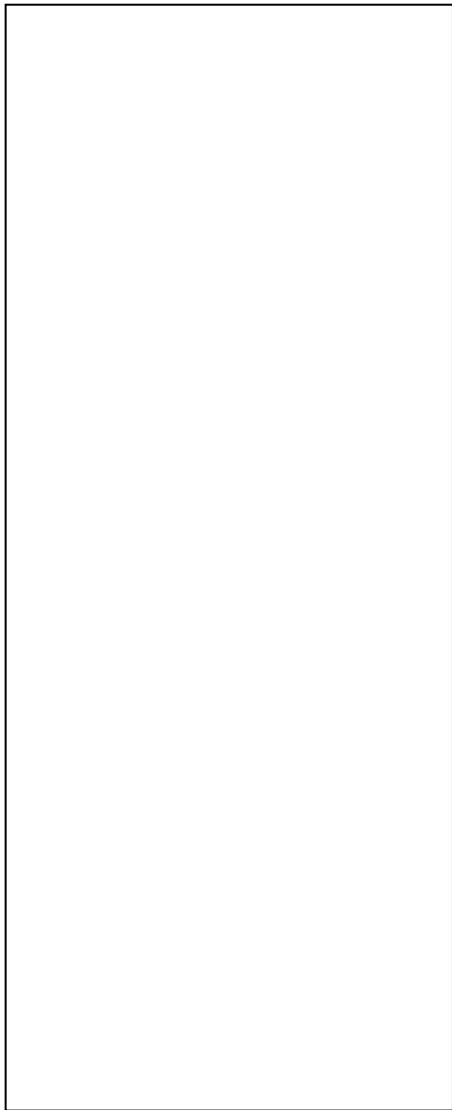
0 vs NULL

Τελεστές δεικτών

- Ο τελεστής **&** (reference) εφαρμόζεται σε μια μεταβλητή τύπου `T` και επιστρέφει την **διεύθυνση**, που είναι μια τιμή τύπου `pointer-to-T`
- Ο τελεστής ***** (de-reference) εφαρμόζεται σε μια μεταβλητή τύπου `pointer-to-T` έτσι ώστε να **προσπελαστεί** η μνήμη στην εν λόγω διεύθυνση
 - μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε **οποιαδήποτε** έκφραση αποτίμησης ή/και ανάθεσης όπου αναμένεται ο τύπος `T`
- Μέσω ενός δείκτη μπορούμε να προσπελάσουμε **έμμεσα** τις θέσεις μνήμης μιας μεταβλητής
 - **χωρίς** να αναφερθούμε ρητά στο όνομα της
- Αυτό είναι μια μορφή **παρενέργειας!**
 - η κακή χρήση δεικτών οδηγεί σε δυσνόητο κώδικα

Το παράδειγμα που ακολουθεί, υποθέτει

- μέγεθος `short int` 2 bytes
- μέγεθος δεικτών/`pointers` 4 bytes
- αποθήκευση αριθμητικών τιμών στην μνήμη με την σύμβαση `little endian`
 - τα λιγότερο σημαντικά bytes ενός multi-byte ακεραίου αποθηκεύονται στις μικρότερες διευθύνσεις μνήμης



διεύθυνση περιεχόμενα

099	0	1	1	0	0	1	0	0
100	0	1	1	0	0	1	0	0
101	0	1	1	0	0	0	1	1
102	0	0	1	0	0	0	0	0
103	0	0	0	0	0	0	0	1
104	1	0	1	0	1	0	1	0
105	0	1	0	1	0	1	0	1
106	1	0	1	0	1	0	1	0
107	0	1	0	1	0	1	0	1
108	1	1	1	1	1	0	1	0
109	1	1	1	1	1	0	1	0
110	1	1	1	1	1	0	1	0
111	1	1	1	1	1	0	1	0
112	1	1	1	1	1	0	1	0

```
short int i;
```

i

διεύθυνση περιεχόμενα

099	0	1	1	0	0	1	0	0
100	0	1	1	0	0	1	0	0
101	0	1	1	0	0	0	1	1
102	0	0	1	0	0	0	0	0
103	0	0	0	0	0	0	0	1
104	1	0	1	0	1	0	1	0
105	0	1	0	1	0	1	0	1
106	1	0	1	0	1	0	1	0
107	0	1	0	1	0	1	0	1
108	1	1	1	1	1	0	1	0
109	1	1	1	1	1	0	1	0
110	1	1	1	1	1	0	1	0
111	1	1	1	1	1	0	1	0
112	1	1	1	1	1	0	1	0


```
short int i;  
...  
short int *p1;
```

i

p1

διεύθυνση περιεχόμενα

099	0	1	1	0	0	1	0	0
100	0	1	1	0	0	1	0	0
101	0	1	1	0	0	0	1	1
102	0	0	1	0	0	0	0	0
103	0	0	0	0	0	0	0	1
104	1	0	1	0	1	0	1	0
105	0	1	0	1	0	1	0	1
106	1	0	1	0	1	0	1	0
107	0	1	0	1	0	1	0	1
108	1	1	1	1	1	0	1	0
109	1	1	1	1	1	0	1	0
110	1	1	1	1	1	0	1	0
111	1	1	1	1	1	0	1	0
112	1	1	1	1	1	0	1	0

```
short int i;  
...  
short int *p1;  
short int *p2;
```

i

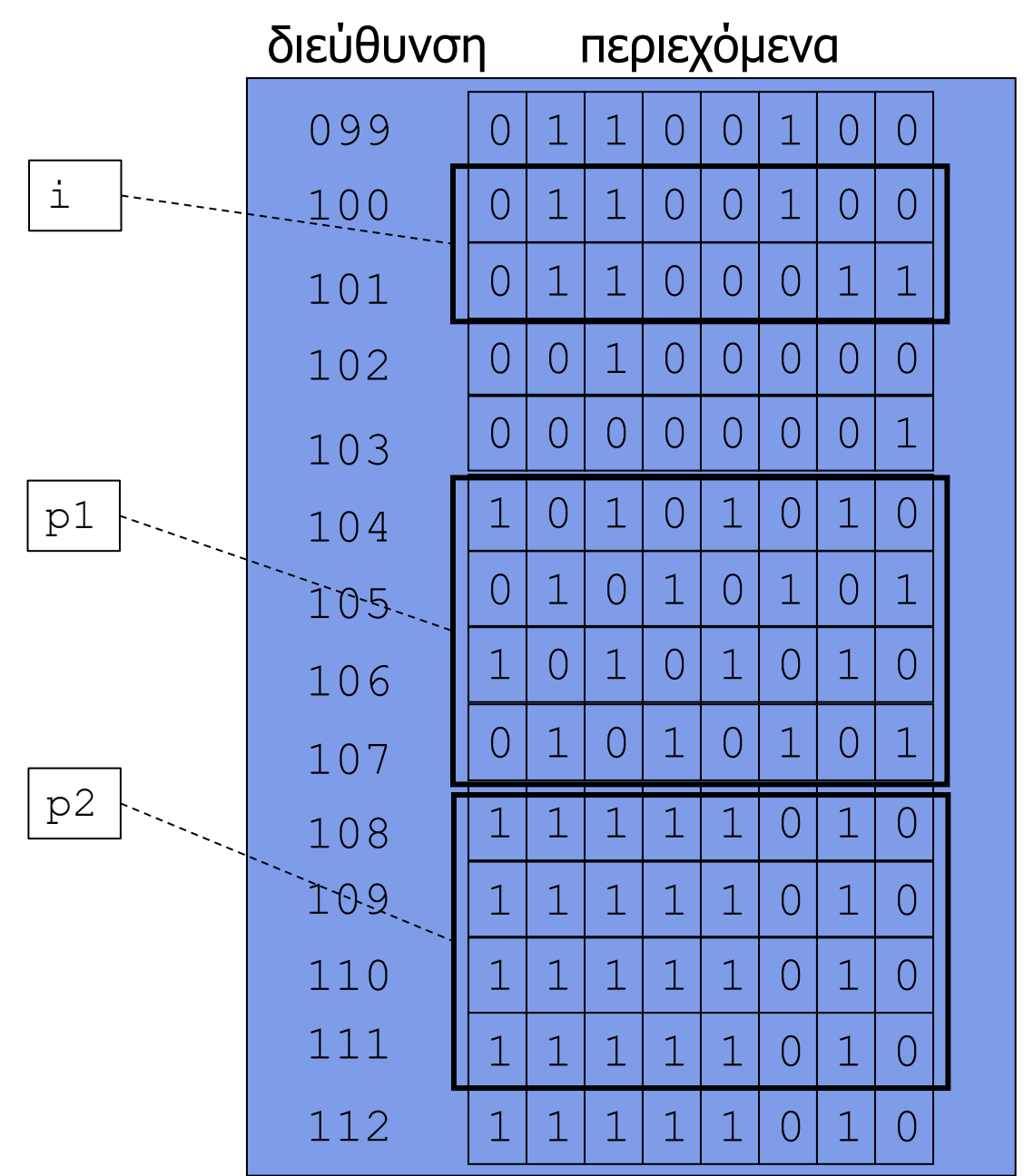
p1

p2

διεύθυνση περιεχόμενα

099	0	1	1	0	0	1	0	0
100	0	1	1	0	0	1	0	0
101	0	1	1	0	0	0	1	1
102	0	0	1	0	0	0	0	0
103	0	0	0	0	0	0	0	1
104	1	0	1	0	1	0	1	0
105	0	1	0	1	0	1	0	1
106	1	0	1	0	1	0	1	0
107	0	1	0	1	0	1	0	1
108	1	1	1	1	1	0	1	0
109	1	1	1	1	1	0	1	0
110	1	1	1	1	1	0	1	0
111	1	1	1	1	1	0	1	0
112	1	1	1	1	1	0	1	0

```
short int i;  
...  
short int *p1;  
short int *p2;
```



```

short int i;
...
short int *p1;
short int *p2;

i = 256;

```

i

p1

p2

διεύθυνση περιεχόμενα

099	0	1	1	0	0	1	0	0
100	0	0	0	0	0	0	0	0
101	0	0	0	0	0	0	0	1
102	0	0	1	0	0	0	0	0
103	0	0	0	0	0	0	0	1
104	1	0	1	0	1	0	1	0
105	0	1	0	1	0	1	0	1
106	1	0	1	0	1	0	1	0
107	0	1	0	1	0	1	0	1
108	1	1	1	1	1	0	1	0
109	1	1	1	1	1	0	1	0
110	1	1	1	1	1	0	1	0
111	1	1	1	1	1	0	1	0
112	1	1	1	1	1	0	1	0

```

short int i;
...
short int *p1;
short int *p2;

i = 256;

```

i

p1

p2

διεύθυνση περιεχόμενα

099	0	1	1	0	0	1	0	0
100	0	0	0	0	0	0	0	0
101	0	0	0	0	0	0	0	1
102	0	0	1	0	0	0	0	0
103	0	0	0	0	0	0	0	1
104	1	0	1	0	1	0	1	0
105	0	1	0	1	0	1	0	1
106	1	0	1	0	1	0	1	0
107	0	1	0	1	0	1	0	1
108	1	1	1	1	1	0	1	0
109	1	1	1	1	1	0	1	0
110	1	1	1	1	1	0	1	0
111	1	1	1	1	1	0	1	0
112	1	1	1	1	1	0	1	0

```

short int i;
...
short int *p1;
short int *p2;

i = 256;

```

```

p1 = &i;

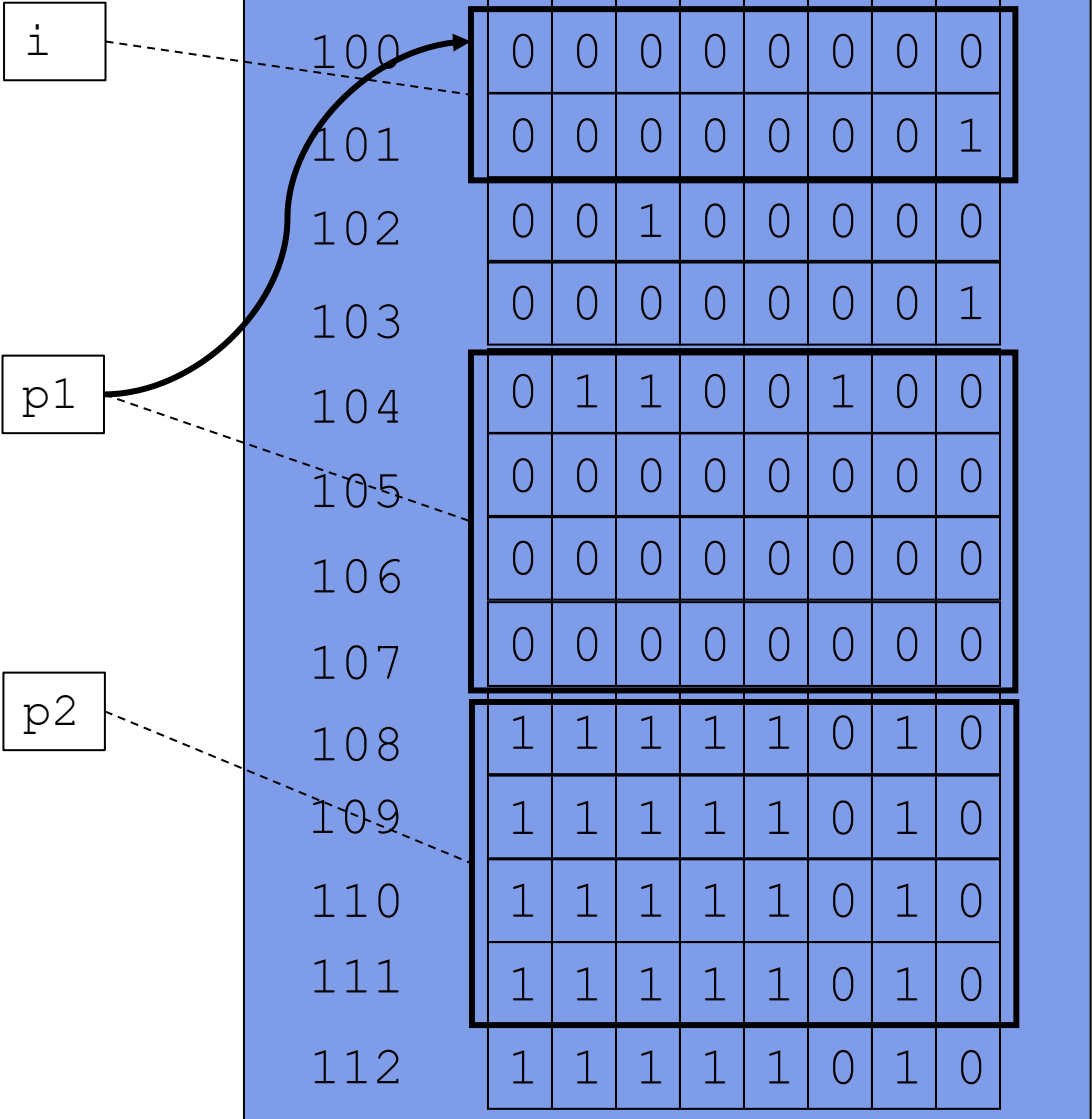
```

ανάθεση διεύθυνσης
μεταβλητής short int
σε μεταβλητή pointer-
to-short int

διεύθυνση περιεχόμενα

	099	0	1	1	0	0	1	0	0
i	100	0	0	0	0	0	0	0	0
	101	0	0	0	0	0	0	0	1
	102	0	0	1	0	0	0	0	0
	103	0	0	0	0	0	0	0	1
p1	104	0	1	1	0	0	1	0	0
	105	0	0	0	0	0	0	0	0
	106	0	0	0	0	0	0	0	0
	107	0	0	0	0	0	0	0	0
	108	1	1	1	1	1	0	1	0
	109	1	1	1	1	1	0	1	0
	110	1	1	1	1	1	0	1	0
	111	1	1	1	1	1	0	1	0
p2	112	1	1	1	1	1	0	1	0

```
short int i;  
...  
short int *p1;  
short int *p2;  
  
i = 256;  
  
p1 = &i;
```



```

short int i;
...
short int *p1;
short int *p2;

i = 256;

p1 = &i;



*p1 = 257;


```

έμμεση αλλαγή τιμής μεταβλητής

i

p1

p2

διεύθυνση περιεχόμενα

099	0	1	1	0	0	1	0	0
100	0	0	0	0	0	0	0	1
101	0	0	0	0	0	0	0	1
102	0	0	1	0	0	0	0	0
103	0	0	0	0	0	0	0	1
104	0	1	1	0	0	1	0	0
105	0	0	0	0	0	0	0	0
106	0	0	0	0	0	0	0	0
107	0	0	0	0	0	0	0	0
108	1	1	1	1	1	0	1	0
109	1	1	1	1	1	0	1	0
110	1	1	1	1	1	0	1	0
111	1	1	1	1	1	0	1	0
112	1	1	1	1	1	0	1	0


```

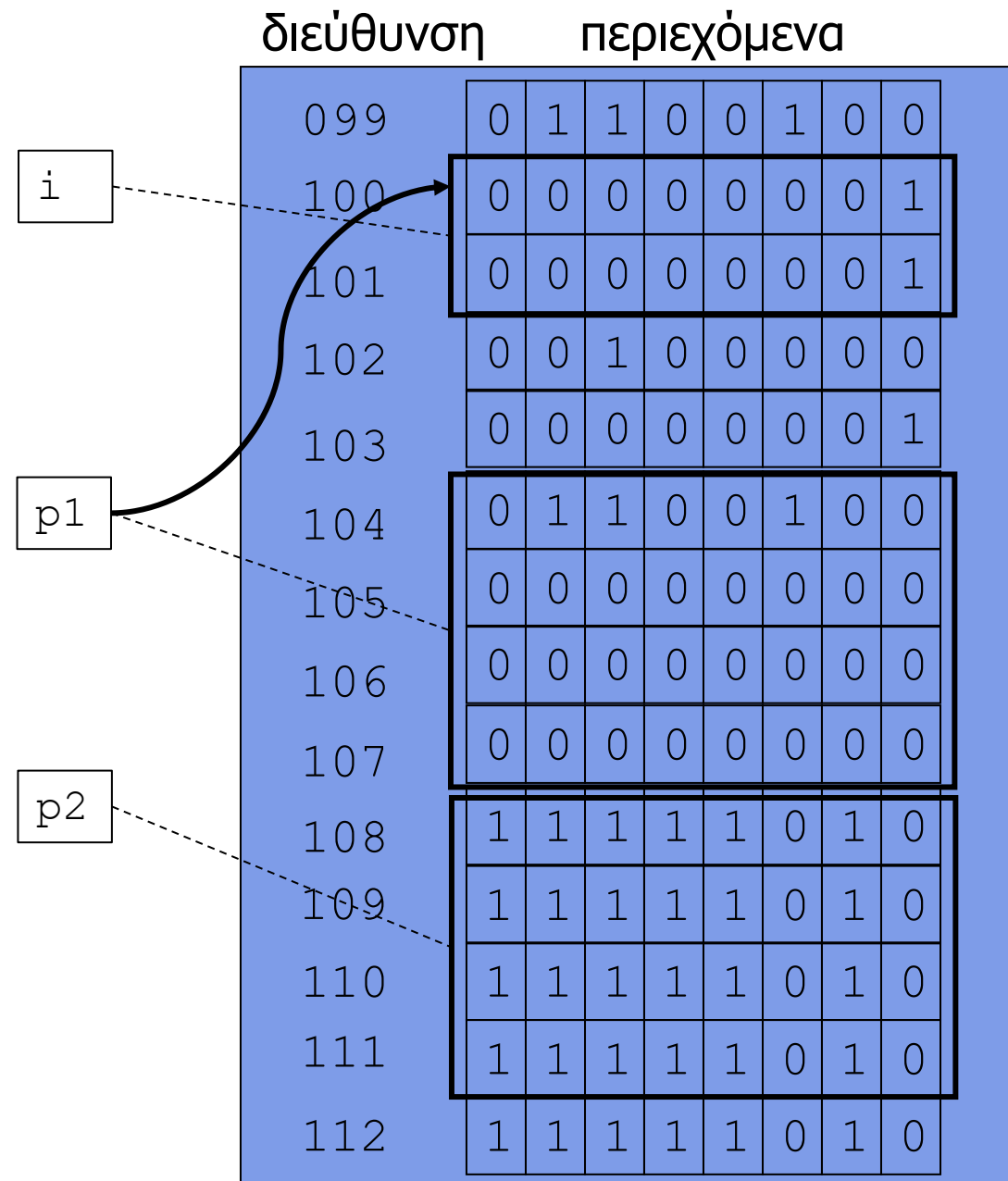
short int i;
...
short int *p1;
short int *p2;

i = 256;

p1 = &i;

*p1 = 257;

```



```

short int i;
...
short int *p1;
short int *p2;

```

```

i = 256;

```

```

p1 = &i;

```

```

*p1 = 257;

```

```

p2 = p1;

```

κανονική ανάθεση μεταβλητών
(που τυχαίνει να είναι δείκτες)

διεύθυνση περιεχόμενα

	099	0	1	1	0	0	1	0	0
i	100	0	0	0	0	0	0	0	1
	101	0	0	0	0	0	0	0	1
	102	0	0	1	0	0	0	0	0
	103	0	0	0	0	0	0	0	1
p1	104	0	1	1	0	0	1	0	0
	105	0	0	0	0	0	0	0	0
	106	0	0	0	0	0	0	0	0
	107	0	0	0	0	0	0	0	0
p2	108	0	1	1	0	0	1	0	0
	109	0	0	0	0	0	0	0	0
	110	0	0	0	0	0	0	0	0
	111	0	0	0	0	0	0	0	0
	112	1	1	1	1	1	0	1	0

```

short int i;
...
short int *p1;
short int *p2;

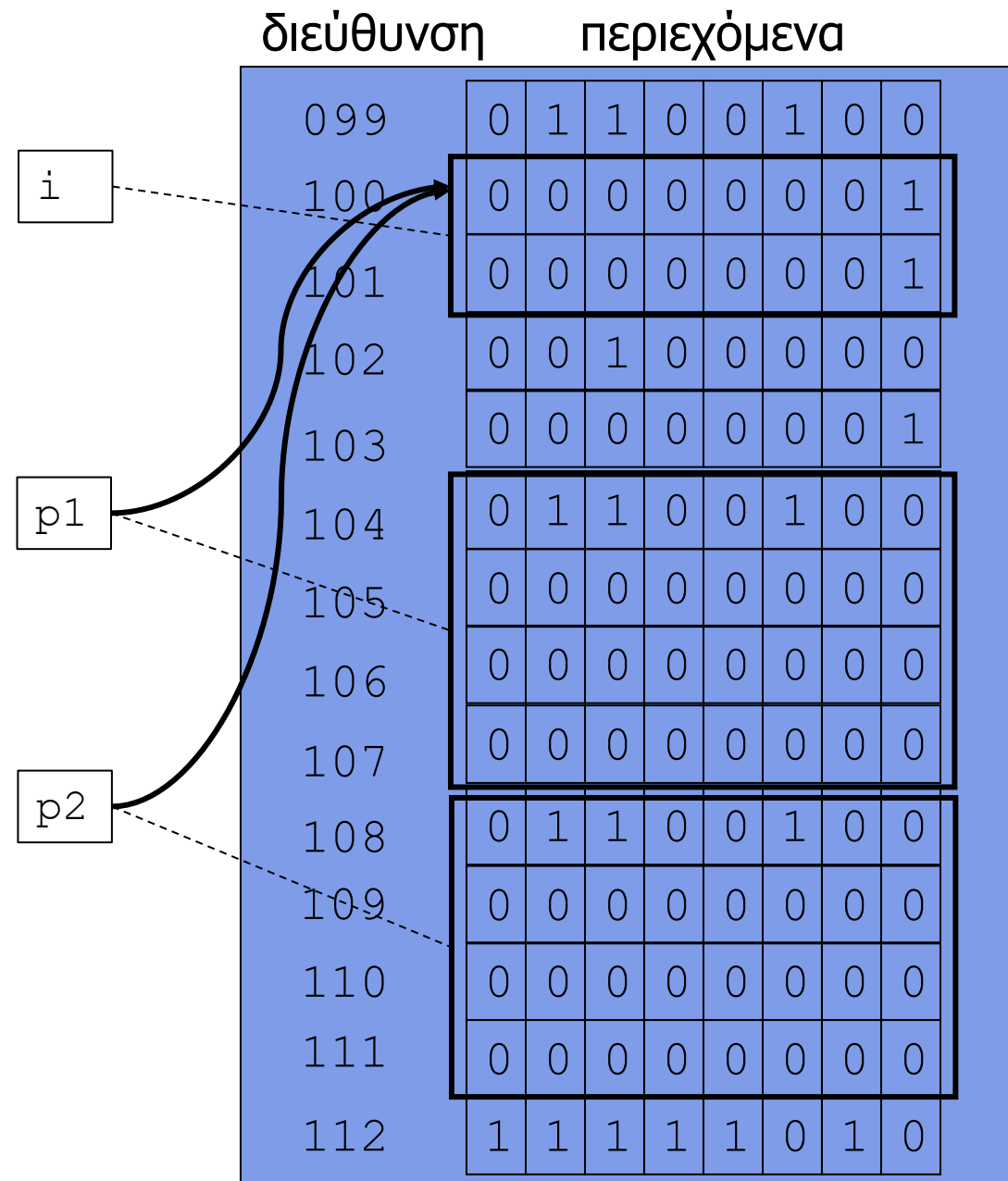
i = 256;

p1 = &i;

*p1 = 257;

p2 = p1;

```



```

short int i;
...
short int *p1;
short int *p2;

i = 256;

p1 = &i;

*p1 = 257;

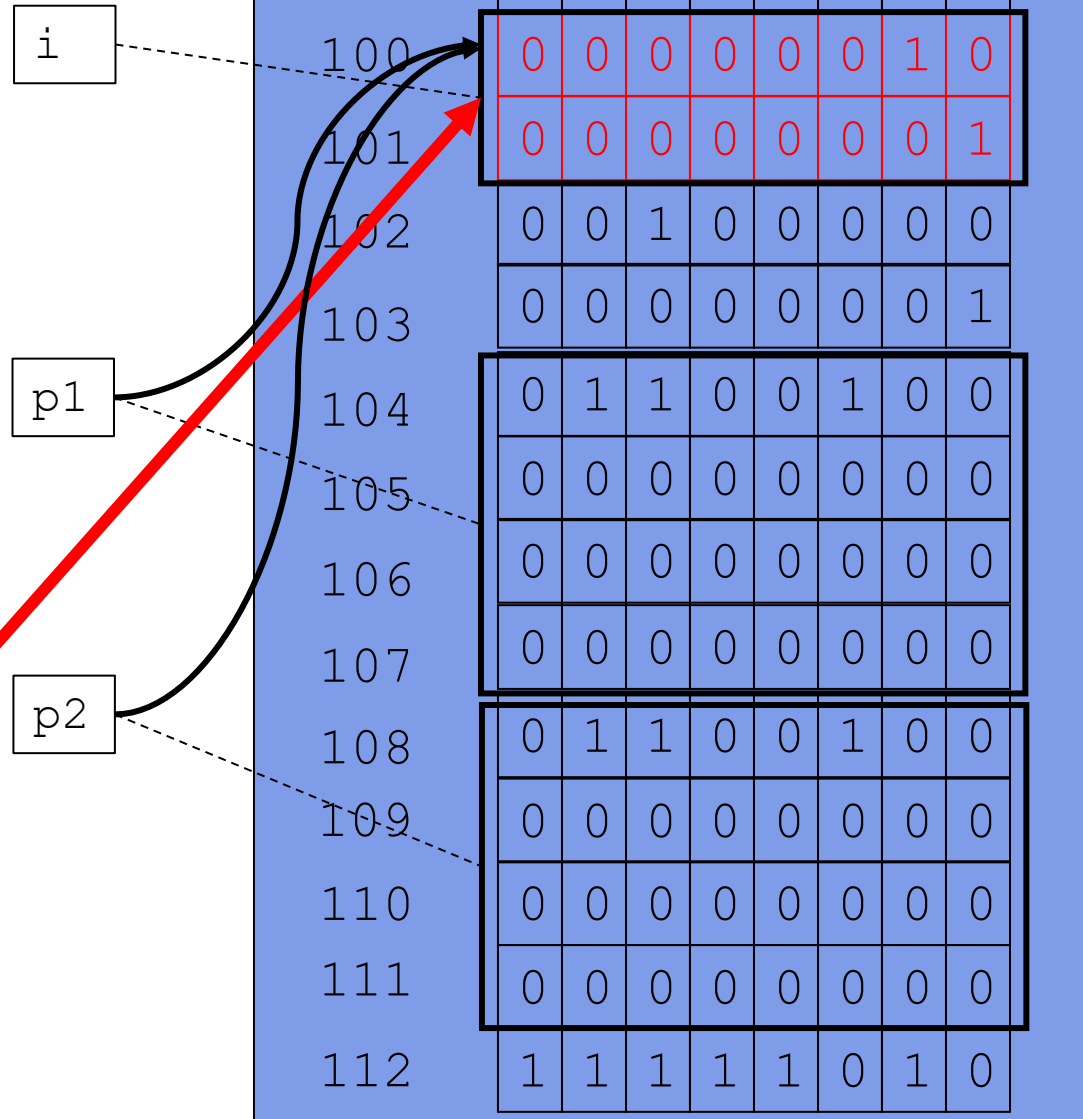
p2 = p1;



*p2 = *p1 + 1;


```

έμμεση αλλαγή τιμής
μεταβλητής



```

short int i;
...
short int *p1;
short int *p2;

i = 256;

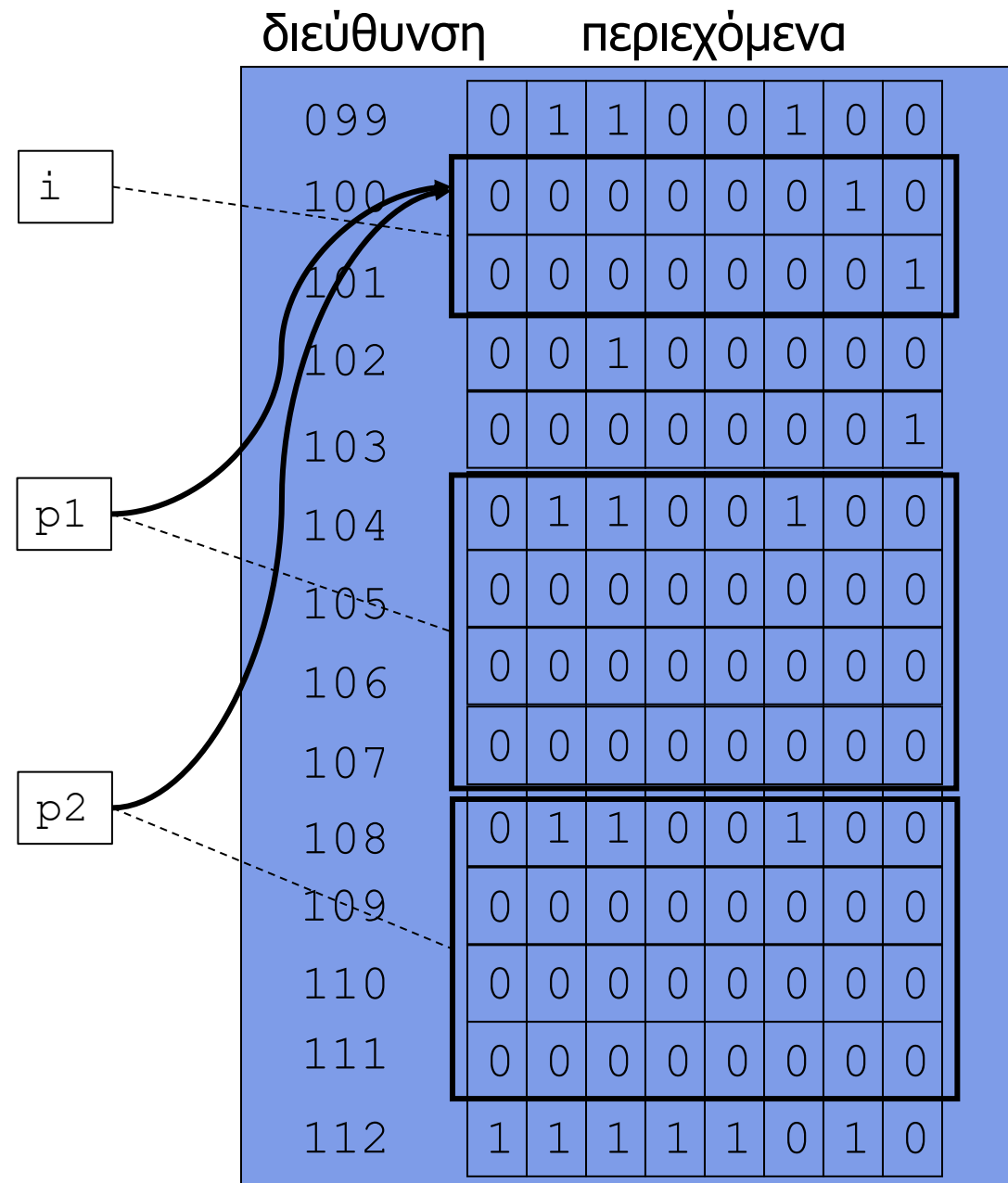
p1 = &i;

*p1 = 257;

p2 = p1;

*p2 = *p1 + 1;

```



```

short int i;
...
short int *p1;
short int *p2;

i = 256;

p1 = &i;

*p1 = 257;

p2 = p1;

*p2 = *p1 + 1;



*p1 = *p2 + 1;


```

έμμεση αλλαγή τιμής
μεταβλητής

διεύθυνση περιεχόμενα

	099	0	1	1	0	0	1	0	0
i	100	0	0	0	0	0	0	1	1
	101	0	0	0	0	0	0	0	1
	102	0	0	1	0	0	0	0	0
	103	0	0	0	0	0	0	0	1
p1	104	0	1	1	0	0	1	0	0
	105	0	0	0	0	0	0	0	0
	106	0	0	0	0	0	0	0	0
	107	0	0	0	0	0	0	0	0
p2	108	0	1	1	0	0	1	0	0
	109	0	0	0	0	0	0	0	0
	110	0	0	0	0	0	0	0	0
	111	0	0	0	0	0	0	0	0
	112	1	1	1	1	1	0	1	0

```

short int i;
...
short int *p1;
short int *p2;

i = 256;

p1 = &i;

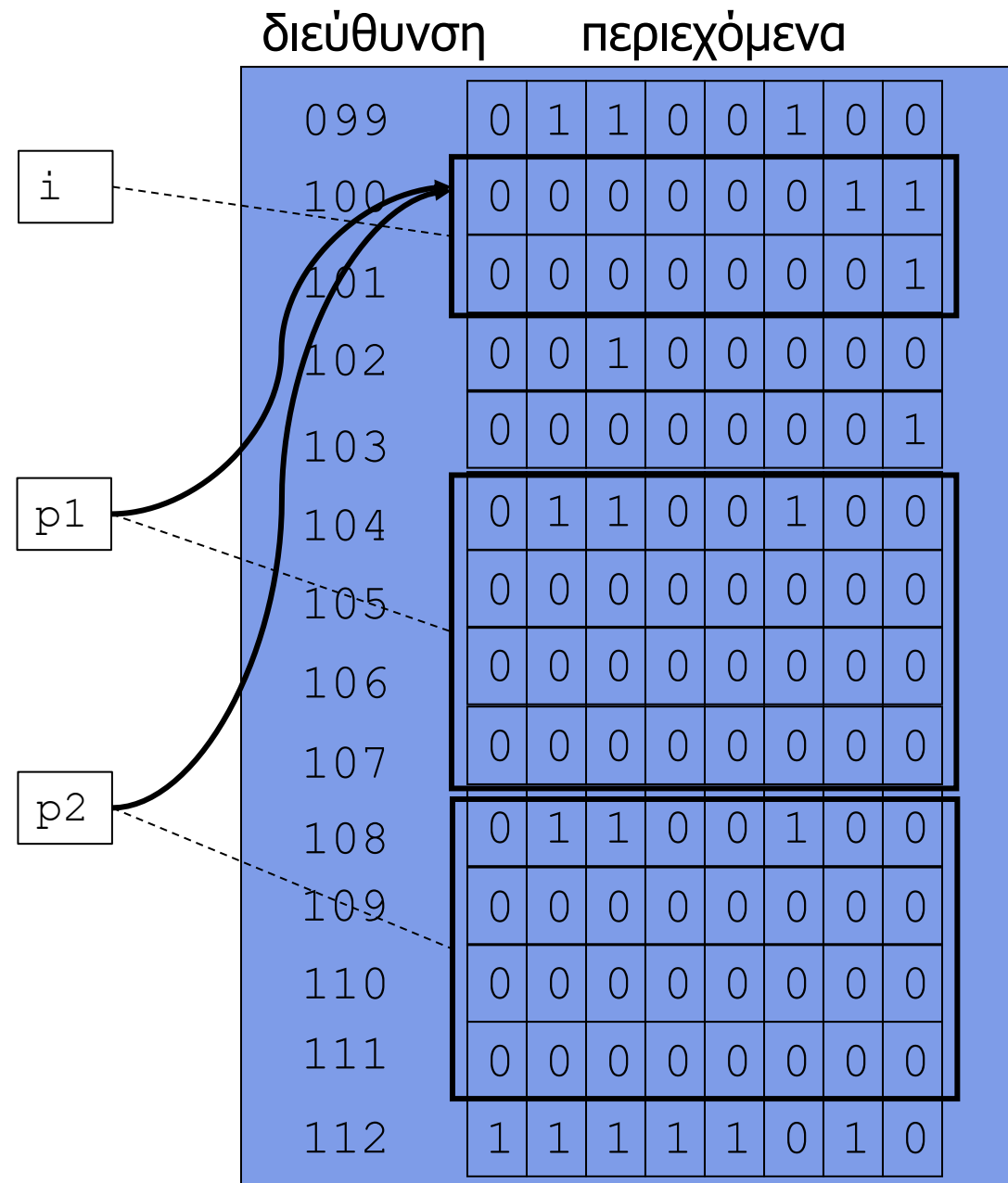
*p1 = 257;

p2 = p1;

*p2 = *p1 + 1;

*p1 = *p2 + 1;

```



```

short int i;
...
short int *p1;
short int *p2;

i = 256;

p1 = &i;

*p1 = 257;

p2 = p1;

*p2 = *p1 + 1;

*p1 = *p2 + 1;

i = i + 1;

```

i

p1

p2

διεύθυνση περιεχόμενα

099	0	1	1	0	0	1	0	0
100	0	0	0	0	0	1	0	0
101	0	0	0	0	0	0	0	1
102	0	0	1	0	0	0	0	0
103	0	0	0	0	0	0	0	1
104	0	1	1	0	0	1	0	0
105	0	0	0	0	0	0	0	0
106	0	0	0	0	0	0	0	0
107	0	0	0	0	0	0	0	0
108	0	1	1	0	0	1	0	0
109	0	0	0	0	0	0	0	0
110	0	0	0	0	0	0	0	0
111	0	0	0	0	0	0	0	0
112	1	1	1	1	1	0	1	0


```

short int i;
...
short int *p1;
short int *p2;

i = 256;

p1 = &i;

*p1 = 257;

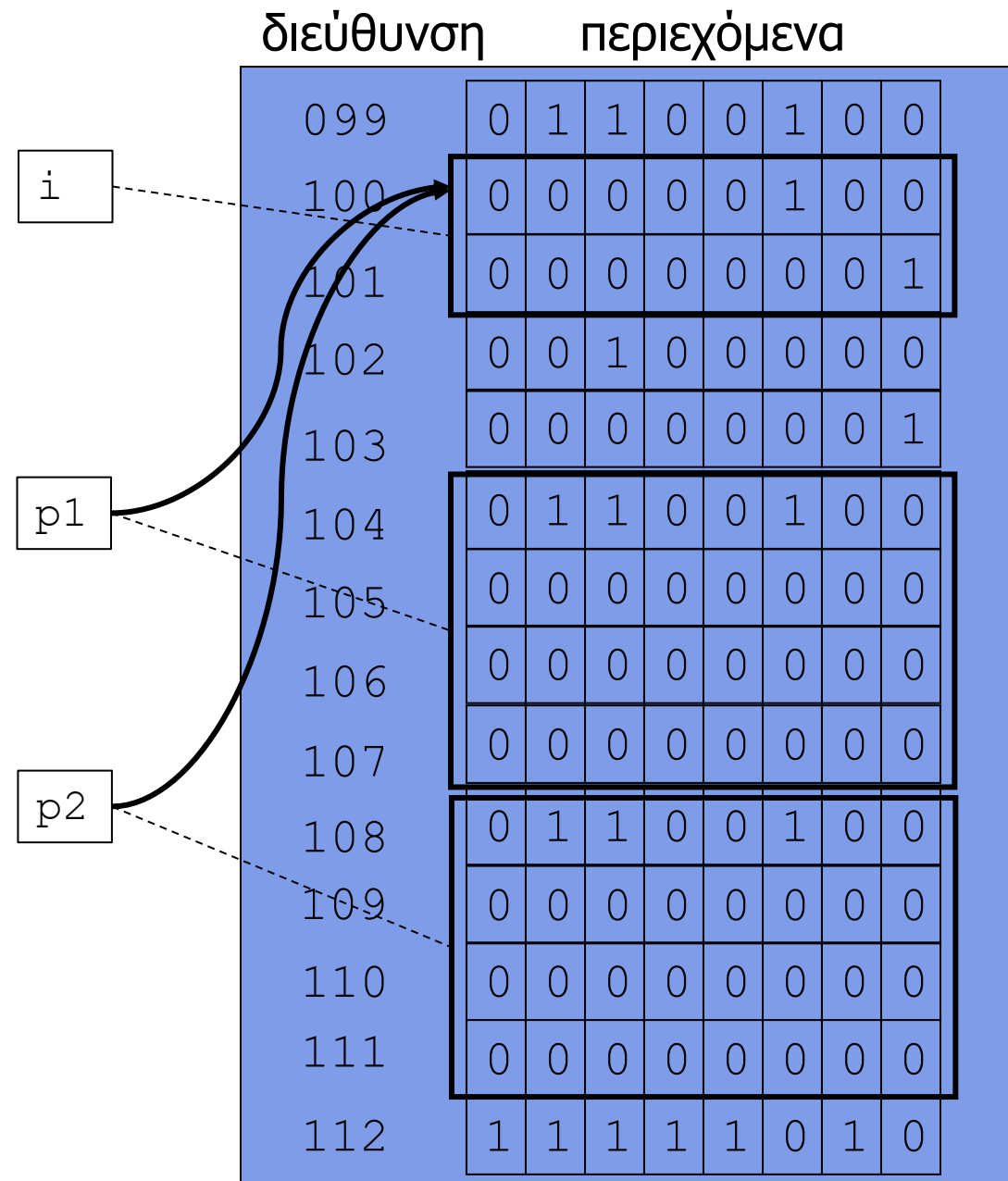
p2 = p1;

*p2 = *p1 + 1;

*p1 = *p2 + 1;

i = i + 1;

```

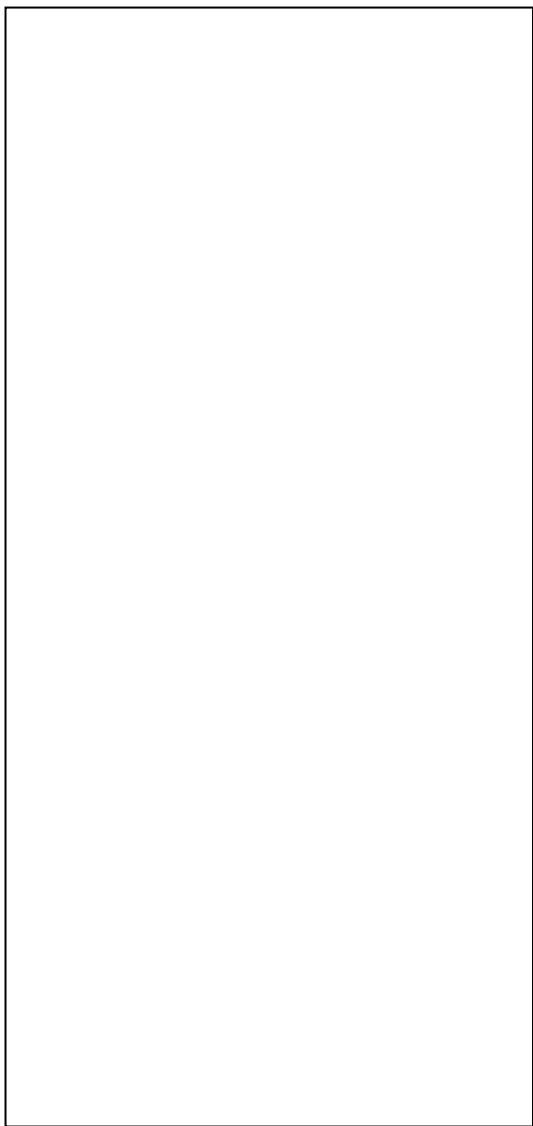


Παράκαμψη συντακτικού ελέγχου

- Με type casting, μια **οποιαδήποτε** ακέραια τιμή μπορεί να ανατεθεί σε μια μεταβλητή `pointer-to-T`
- Επίσης, επιτρέπεται **αριθμητική με δείκτες**
 - αν `p` είναι μεταβλητή `pointer-to-T`, τότε η έκφραση `p+i` ερμηνεύεται (αυτόματα) σε `p+i*sizeof(T)`
- Ο μεταφραστής **δεν** ελέγχει αν μια τιμή δείκτη `pointer-to-T` που «προκύπτει» με type casting ή με αριθμητική δεικτών, **πραγματικά** αντιστοιχεί στη διεύθυνση ενός αντικειμένου `T`
- Ένας δείκτης μπορεί (τελικά) να δείχνει **οπουδήποτε**
- Την ευθύνη την έχει **ο ίδιος** ο προγραμματιστής!

Το παράδειγμα που ακολουθεί, υποθέτει

- μέγεθος `short int` 2 bytes
- μέγεθος δεικτών/`pointers` 4 bytes
- αποθήκευση αριθμητικών τιμών στην μνήμη με την σύμβαση `little endian`
 - τα λιγότερο σημαντικά bytes ενός multi-byte ακεραίου αποθηκεύονται στις μικρότερες διευθύνσεις μνήμης



διεύθυνση περιεχόμενα

099	0	1	1	0	0	1	0	0
100	0	0	0	0	0	0	1	0
101	0	0	0	0	0	0	0	1
102	0	0	1	0	0	0	0	0
103	0	0	0	0	0	0	0	1
104	0	0	0	0	0	0	0	0
105	0	0	0	0	0	0	0	0
106	0	0	0	0	0	0	0	0
107	0	0	0	0	0	0	0	0
108	0	1	1	0	0	1	0	0
109	0	0	0	0	0	0	0	0
110	0	0	0	0	0	0	0	0
111	0	0	0	0	0	0	0	0
112	1	1	1	1	1	0	1	0

```
short int i;
```

i

διεύθυνση περιεχόμενα

099	0	1	1	0	0	1	0	0
100	0	0	0	0	0	0	1	0
101	0	0	0	0	0	0	0	1
102	0	0	1	0	0	0	0	0
103	0	0	0	0	0	0	0	1
104	0	0	0	0	0	0	0	0
105	0	0	0	0	0	0	0	0
106	0	0	0	0	0	0	0	0
107	0	0	0	0	0	0	0	0
108	0	1	1	0	0	1	0	0
109	0	0	0	0	0	0	0	0
110	0	0	0	0	0	0	0	0
111	0	0	0	0	0	0	0	0
112	1	1	1	1	1	0	1	0

```
short int i;  
...  
short int *p1;
```

i

p1

διεύθυνση περιεχόμενα

099	0	1	1	0	0	1	0	0
100	0	0	0	0	0	0	1	0
101	0	0	0	0	0	0	0	1
102	0	0	1	0	0	0	0	0
103	0	0	0	0	0	0	0	1
104	0	0	0	0	0	0	0	0
105	0	0	0	0	0	0	0	0
106	0	0	0	0	0	0	0	0
107	0	0	0	0	0	0	0	0
108	0	1	1	0	0	1	0	0
109	0	0	0	0	0	0	0	0
110	0	0	0	0	0	0	0	0
111	0	0	0	0	0	0	0	0
112	1	1	1	1	1	0	1	0

```

short int i;
...
short int *p1;

```

i

p1

διεύθυνση περιεχόμενα

099	0	1	1	0	0	1	0	0
100	0	0	0	0	0	0	1	0
101	0	0	0	0	0	0	0	1
102	0	0	1	0	0	0	0	0
103	0	0	0	0	0	0	0	1
104	0	0	0	0	0	0	0	0
105	0	0	0	0	0	0	0	0
106	0	0	0	0	0	0	0	0
107	0	0	0	0	0	0	0	0
108	0	1	1	0	0	1	0	0
109	0	0	0	0	0	0	0	0
110	0	0	0	0	0	0	0	0
111	0	0	0	0	0	0	0	0
112	1	1	1	1	1	0	1	0

```
short int i;  
...  
short int *p1;  
  
i = 255;
```

i

p1

διεύθυνση περιεχόμενα

099	0	1	1	0	0	1	0	0
100	1	1	1	1	1	1	1	1
101	0	0	0	0	0	0	0	0
102	0	0	1	0	0	0	0	0
103	0	0	0	0	0	0	0	1
104	0	0	0	0	0	0	0	0
105	0	0	0	0	0	0	0	0
106	0	0	0	0	0	0	0	0
107	0	0	0	0	0	0	0	0
108	0	1	1	0	0	1	0	0
109	0	0	0	0	0	0	0	0
110	0	0	0	0	0	0	0	0
111	0	0	0	0	0	0	0	0
112	1	1	1	1	1	0	1	0


```

short int i;
...
short int *p1;

i = 255;

```

i

p1

διεύθυνση περιεχόμενα

099	0	1	1	0	0	1	0	0
100	1	1	1	1	1	1	1	1
101	0	0	0	0	0	0	0	0
102	0	0	1	0	0	0	0	0
103	0	0	0	0	0	0	0	1
104	0	0	0	0	0	0	0	0
105	0	0	0	0	0	0	0	0
106	0	0	0	0	0	0	0	0
107	0	0	0	0	0	0	0	0
108	0	1	1	0	0	1	0	0
109	0	0	0	0	0	0	0	0
110	0	0	0	0	0	0	0	0
111	0	0	0	0	0	0	0	0
112	1	1	1	1	1	0	1	0

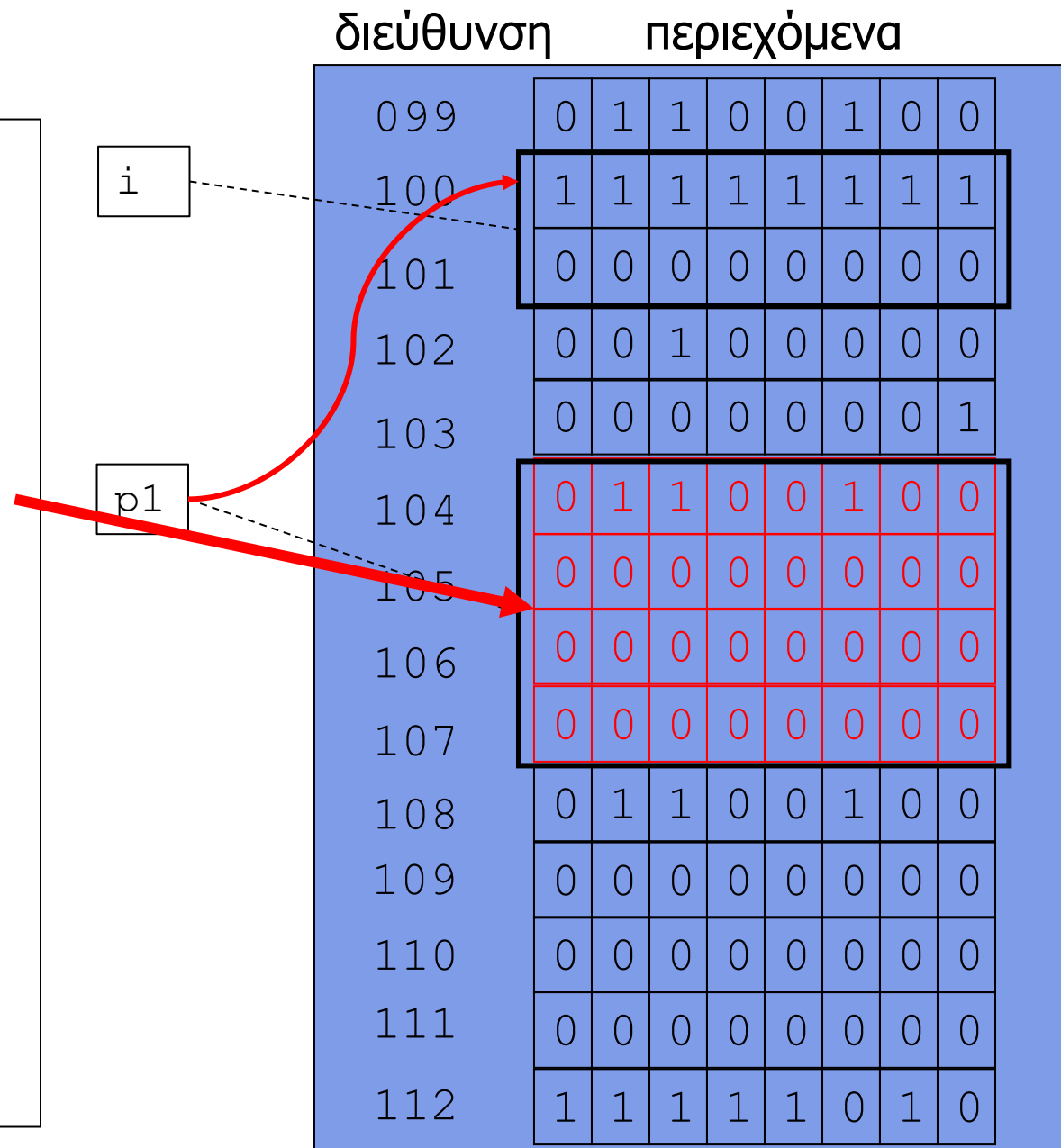
```

short int i;
...
short int *p1;

i = 255;

p1 = &i;

```



```

short int i;
...
short int *p1;

i = 255;

p1 = &i;

```

i

p1

διεύθυνση περιεχόμενα

099	0	1	1	0	0	1	0	0
100	1	1	1	1	1	1	1	1
101	0	0	0	0	0	0	0	0
102	0	0	1	0	0	0	0	0
103	0	0	0	0	0	0	0	1
104	0	1	1	0	0	1	0	0
105	0	0	0	0	0	0	0	0
106	0	0	0	0	0	0	0	0
107	0	0	0	0	0	0	0	0
108	0	1	1	0	0	1	0	0
109	0	0	0	0	0	0	0	0
110	0	0	0	0	0	0	0	0
111	0	0	0	0	0	0	0	0
112	1	1	1	1	1	0	1	0

```

short int i;
...
short int *p1;

i = 255;

p1 = &i;



*p1 = 256;


```

έμμεση αλλαγή τιμής μεταβλητής

i

p1

διεύθυνση περιεχόμενα

099	0	1	1	0	0	1	0	0
100	0	0	0	0	0	0	0	0
101	0	0	0	0	0	0	0	1
102	0	0	1	0	0	0	0	0
103	0	0	0	0	0	0	0	1
104	0	1	1	0	0	1	0	0
105	0	0	0	0	0	0	0	0
106	0	0	0	0	0	0	0	0
107	0	0	0	0	0	0	0	0
108	0	1	1	0	0	1	0	0
109	0	0	0	0	0	0	0	0
110	0	0	0	0	0	0	0	0
111	0	0	0	0	0	0	0	0
112	1	1	1	1	1	0	1	0

```

short int i;
...
short int *p1;

i = 255;

p1 = &i;

*p1 = 256;

```

i

p1

διεύθυνση περιεχόμενα

099	0	1	1	0	0	1	0	0
100	0	0	0	0	0	0	0	0
101	0	0	0	0	0	0	0	1
102	0	0	1	0	0	0	0	0
103	0	0	0	0	0	0	0	1
104	0	1	1	0	0	1	0	0
105	0	0	0	0	0	0	0	0
106	0	0	0	0	0	0	0	0
107	0	0	0	0	0	0	0	0
108	0	1	1	0	0	1	0	0
109	0	0	0	0	0	0	0	0
110	0	0	0	0	0	0	0	0
111	0	0	0	0	0	0	0	0
112	1	1	1	1	1	0	1	0

```

short int i;
...
short int *p1;

i = 255;

p1 = &i;

*p1 = 256;

```

`p1++;`

αλλαγή τιμής δείκτη
με βάση τους κανόνες
αριθμητικής δεικτών

διεύθυνση περιεχόμενα

099	0	1	1	0	0	1	0	0
100	0	0	0	0	0	0	0	0
101	0	0	0	0	0	0	0	1
102	0	0	1	0	0	0	0	0
103	0	0	0	0	0	0	0	1
104	0	1	1	0	0	1	1	0
105	0	0	0	0	0	0	0	0
106	0	0	0	0	0	0	0	0
107	0	0	0	0	0	0	0	0
108	0	1	1	0	0	1	0	0
109	0	0	0	0	0	0	0	0
110	0	0	0	0	0	0	0	0
111	0	0	0	0	0	0	0	0
112	1	1	1	1	1	0	1	0

i

p1

```

short int i;
...
short int *p1;

i = 255;

p1 = &i;

*p1 = 256;

p1++;

```

i

p1

διεύθυνση περιεχόμενα

099	0	1	1	0	0	1	0	0
100	0	0	0	0	0	0	0	0
101	0	0	0	0	0	0	0	1
102	0	0	1	0	0	0	0	0
103	0	0	0	0	0	0	0	1
104	0	1	1	0	0	1	1	0
105	0	0	0	0	0	0	0	0
106	0	0	0	0	0	0	0	0
107	0	0	0	0	0	0	0	0
108	0	1	1	0	0	1	0	0
109	0	0	0	0	0	0	0	0
110	0	0	0	0	0	0	0	0
111	0	0	0	0	0	0	0	0
112	1	1	1	1	1	0	1	0

```

short int i;
...
short int *p1;

i = 255;

p1 = &i;

*p1 = 256;

p1++;

*p1 = 255;

```

i

p1

αλλαγή μνήμης **ΕΚΤΟΣ**
της μεταβλητής i

διεύθυνση περιεχόμενα

099	0	1	1	0	0	1	0	0
100	0	0	0	0	0	0	0	0
101	0	0	0	0	0	0	0	1
102	1	1	1	1	1	1	1	1
103	0	0	0	0	0	0	0	0
104	0	1	1	0	0	1	1	0
105	0	0	0	0	0	0	0	0
106	0	0	0	0	0	0	0	0
107	0	0	0	0	0	0	0	0
108	0	1	1	0	0	1	0	0
109	0	0	0	0	0	0	0	0
110	0	0	0	0	0	0	0	0
111	0	0	0	0	0	0	0	0
112	1	1	1	1	1	0	1	0


```

short int i;
...
short int *p1;

i = 255;

p1 = &i;

*p1 = 256;

p1++;

*p1 = 255;

```

i

p1

διεύθυνση περιεχόμενα

099	0	1	1	0	0	1	0	0
100	0	0	0	0	0	0	0	0
101	0	0	0	0	0	0	0	1
102	1	1	1	1	1	1	1	1
103	0	0	0	0	0	0	0	0
104	0	1	1	0	0	1	1	0
105	0	0	0	0	0	0	0	0
106	0	0	0	0	0	0	0	0
107	0	0	0	0	0	0	0	0
108	0	1	1	0	0	1	0	0
109	0	0	0	0	0	0	0	0
110	0	0	0	0	0	0	0	0
111	0	0	0	0	0	0	0	0
112	1	1	1	1	1	0	1	0

```

short int i;
...
short int *p1;

i = 255;

p1 = &i;

*p1 = 256;

p1++;

*p1 = 255;

p1++;

```

αλλαγή τιμής δείκτη
με βάση τους κανόνες
αριθμητικής δεικτών

i

p1

διεύθυνση περιεχόμενα

099	0	1	1	0	0	1	0	0
100	0	0	0	0	0	0	0	0
101	0	0	0	0	0	0	0	1
102	1	1	1	1	1	1	1	1
103	0	0	0	0	0	0	0	0
104	0	1	1	0	1	0	0	0
105	0	0	0	0	0	0	0	0
106	0	0	0	0	0	0	0	0
107	0	0	0	0	0	0	0	0
108	0	1	1	0	0	1	0	0
109	0	0	0	0	0	0	0	0
110	0	0	0	0	0	0	0	0
111	0	0	0	0	0	0	0	0
112	1	1	1	1	1	0	1	0

```

short int i;
...
short int *p1;

i = 255;

p1 = &i;

*p1 = 256;

p1++;

*p1 = 255;

p1++;

```

i

p1

διεύθυνση περιεχόμενα

099	0	1	1	0	0	1	0	0
100	0	0	0	0	0	0	0	0
101	0	0	0	0	0	0	0	1
102	1	1	1	1	1	1	1	1
103	0	0	0	0	0	0	0	0
104	0	1	1	0	1	0	0	0
105	0	0	0	0	0	0	0	0
106	0	0	0	0	0	0	0	0
107	0	0	0	0	0	0	0	0
108	0	1	1	0	0	1	0	0
109	0	0	0	0	0	0	0	0
110	0	0	0	0	0	0	0	0
111	0	0	0	0	0	0	0	0
112	1	1	1	1	1	0	1	0

```

short int i;
...
short int *p1;

i = 255;

p1 = &i;

*p1 = 256;

p1++;

*p1 = 255;

p1++;

```

***p1 = 255;**

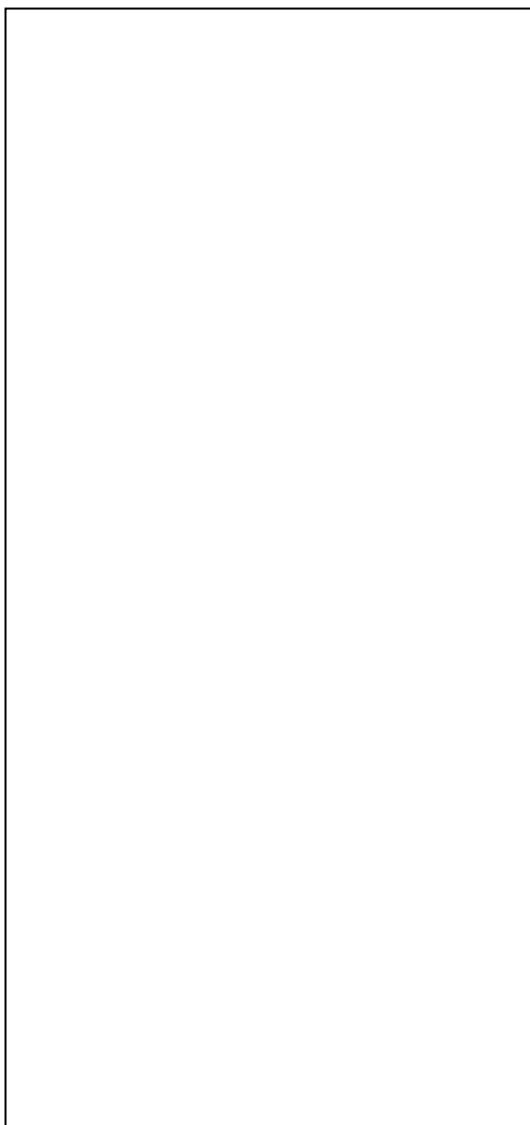
αλλαγή μνήμης **ΕΚΤΟΣ
της μεταβλητής **i**
(αλλάξει ο δείκτης!)**

διεύθυνση περιεχόμενα

099	0	1	1	0	0	1	0	0
100	0	0	0	0	0	0	0	0
101	0	0	0	0	0	0	0	1
102	1	1	1	1	1	1	1	1
103	0	0	0	0	0	0	0	0
104	1	1	1	1	1	1	1	1
105	0	0	0	0	0	0	0	0
106	0	0	0	0	0	0	0	0
107	0	0	0	0	0	0	0	0
108	0	1	1	0	0	1	0	0
109	0	0	0	0	0	0	0	0
110	0	0	0	0	0	0	0	0
111	0	0	0	0	0	0	0	0
112	1	1	1	1	1	0	1	0

Το παράδειγμα που ακολουθεί, υποθέτει

- μέγεθος `short int` 2 bytes
- μέγεθος δεικτών/`pointers` 4 bytes
- αποθήκευση αριθμητικών τιμών στην μνήμη με την σύμβαση `little endian`
 - τα λιγότερο σημαντικά bytes ενός multi-byte ακεραίου αποθηκεύονται στις μικρότερες διευθύνσεις μνήμης



διεύθυνση περιεχόμενα

099	0	1	1	0	0	1	0	0
100	0	0	0	0	0	0	1	0
101	0	0	0	0	0	0	0	1
102	0	0	1	0	0	0	0	0
103	0	0	0	0	0	0	0	1
104	0	0	0	0	0	0	0	0
105	0	0	0	0	0	0	0	0
106	0	0	0	0	0	0	0	0
107	0	0	0	0	0	0	0	0
108	0	1	1	0	0	1	0	0
109	0	0	0	0	0	0	0	0
110	0	0	0	0	0	0	0	0
111	0	0	0	0	0	0	0	0
112	1	1	1	1	1	0	1	0

```
short int i;
```

i

διεύθυνση περιεχόμενα

099	0	1	1	0	0	1	0	0
100	0	0	0	0	0	0	1	0
101	0	0	0	0	0	0	0	1
102	0	0	1	0	0	0	0	0
103	0	0	0	0	0	0	0	1
104	0	0	0	0	0	0	0	0
105	0	0	0	0	0	0	0	0
106	0	0	0	0	0	0	0	0
107	0	0	0	0	0	0	0	0
108	0	1	1	0	0	1	0	0
109	0	0	0	0	0	0	0	0
110	0	0	0	0	0	0	0	0
111	0	0	0	0	0	0	0	0
112	1	1	1	1	1	0	1	0

```

short int i;
...
char *p1;

```

i

p1

διεύθυνση περιεχόμενα

099	0	1	1	0	0	1	0	0
100	0	0	0	0	0	0	1	0
101	0	0	0	0	0	0	0	1
102	0	0	1	0	0	0	0	0
103	0	0	0	0	0	0	0	1
104	0	0	0	0	0	0	0	0
105	0	0	0	0	0	0	0	0
106	0	0	0	0	0	0	0	0
107	0	0	0	0	0	0	0	0
108	0	1	1	0	0	1	0	0
109	0	0	0	0	0	0	0	0
110	0	0	0	0	0	0	0	0
111	0	0	0	0	0	0	0	0
112	1	1	1	1	1	0	1	0


```

short int i;
...
char *p1;

```

i

p1

διεύθυνση περιεχόμενα

099	0	1	1	0	0	1	0	0
100	0	0	0	0	0	0	1	0
101	0	0	0	0	0	0	0	1
102	0	0	1	0	0	0	0	0
103	0	0	0	0	0	0	0	1
104	0	0	0	0	0	0	0	0
105	0	0	0	0	0	0	0	0
106	0	0	0	0	0	0	0	0
107	0	0	0	0	0	0	0	0
108	0	1	1	0	0	1	0	0
109	0	0	0	0	0	0	0	0
110	0	0	0	0	0	0	0	0
111	0	0	0	0	0	0	0	0
112	1	1	1	1	1	0	1	0

```

short int i;
...
char *p1;

i = 255;

```

i

p1

διεύθυνση περιεχόμενα

099	0	1	1	0	0	1	0	0
100	1	1	1	1	1	1	1	1
101	0	0	0	0	0	0	0	0
102	0	0	1	0	0	0	0	0
103	0	0	0	0	0	0	0	1
104	0	0	0	0	0	0	0	0
105	0	0	0	0	0	0	0	0
106	0	0	0	0	0	0	0	0
107	0	0	0	0	0	0	0	0
108	0	1	1	0	0	1	0	0
109	0	0	0	0	0	0	0	0
110	0	0	0	0	0	0	0	0
111	0	0	0	0	0	0	0	0
112	1	1	1	1	1	0	1	0

```

short int i;
...
char *p1;

i = 255;

```

i

p1

διεύθυνση περιεχόμενα

099	0	1	1	0	0	1	0	0
100	1	1	1	1	1	1	1	1
101	0	0	0	0	0	0	0	0
102	0	0	1	0	0	0	0	0
103	0	0	0	0	0	0	0	1
104	0	0	0	0	0	0	0	0
105	0	0	0	0	0	0	0	0
106	0	0	0	0	0	0	0	0
107	0	0	0	0	0	0	0	0
108	0	1	1	0	0	1	0	0
109	0	0	0	0	0	0	0	0
110	0	0	0	0	0	0	0	0
111	0	0	0	0	0	0	0	0
112	1	1	1	1	1	0	1	0

```

short int i;
...
char *p1;

i = 255;

p1 = (char *) &i;

```

ερμηνεία διεύθυνσης
μεταβλητής τύπου
short int ως
διεύθυνση char

i

p1

διεύθυνση περιεχόμενα

099	0	1	1	0	0	1	0	0
100	1	1	1	1	1	1	1	1
101	0	0	0	0	0	0	0	0
102	0	0	1	0	0	0	0	0
103	0	0	0	0	0	0	0	1
104	0	1	1	0	0	1	0	0
105	0	0	0	0	0	0	0	0
106	0	0	0	0	0	0	0	0
107	0	0	0	0	0	0	0	0
108	0	1	1	0	0	1	0	0
109	0	0	0	0	0	0	0	0
110	0	0	0	0	0	0	0	0
111	0	0	0	0	0	0	0	0
112	1	1	1	1	1	0	1	0

```

short int i;
...
char *p1;

i = 255;

p1 = (char *) &i;

```

i

p1

διεύθυνση περιεχόμενα

099	0	1	1	0	0	1	0	0
100	1	1	1	1	1	1	1	1
101	0	0	0	0	0	0	0	0
102	0	0	1	0	0	0	0	0
103	0	0	0	0	0	0	0	1
104	0	1	1	0	0	1	0	0
105	0	0	0	0	0	0	0	0
106	0	0	0	0	0	0	0	0
107	0	0	0	0	0	0	0	0
108	0	1	1	0	0	1	0	0
109	0	0	0	0	0	0	0	0
110	0	0	0	0	0	0	0	0
111	0	0	0	0	0	0	0	0
112	1	1	1	1	1	0	1	0

```

short int i;
...
char *p1;

i = 255;

p1 = (char *) &i;

```

```
*p1 = 'a';
```

έμμεση αλλαγή τιμής μεταβλητής

i

p1

διεύθυνση περιεχόμενα

099	0	1	1	0	0	1	0	0
100	0	1	1	0	0	0	0	1
101	0	0	0	0	0	0	0	0
102	0	0	1	0	0	0	0	0
103	0	0	0	0	0	0	0	1
104	0	1	1	0	0	1	0	0
105	0	0	0	0	0	0	0	0
106	0	0	0	0	0	0	0	0
107	0	0	0	0	0	0	0	0
108	0	1	1	0	0	1	0	0
109	0	0	0	0	0	0	0	0
110	0	0	0	0	0	0	0	0
111	0	0	0	0	0	0	0	0
112	1	1	1	1	1	0	1	0

```

short int i;
...
char *p1;

i = 255;

p1 = (char *) &i;

*p1 = 'a';

```

i

p1

διεύθυνση περιεχόμενα

099	0	1	1	0	0	1	0	0
100	0	1	1	0	0	0	0	1
101	0	0	0	0	0	0	0	0
102	0	0	1	0	0	0	0	0
103	0	0	0	0	0	0	0	1
104	0	1	1	0	0	1	0	0
105	0	0	0	0	0	0	0	0
106	0	0	0	0	0	0	0	0
107	0	0	0	0	0	0	0	0
108	0	1	1	0	0	1	0	0
109	0	0	0	0	0	0	0	0
110	0	0	0	0	0	0	0	0
111	0	0	0	0	0	0	0	0
112	1	1	1	1	1	0	1	0

```

short int i;
...
char *p1;

i = 255;

p1 = (char *) &i;

*p1 = 'a';

```

`p1++;`

αλλαγή τιμής δείκτη
με βάση τους κανόνες
αριθμητικής δεικτών

διεύθυνση περιεχόμενα

099	0	1	1	0	0	1	0	0
100	0	1	1	0	0	0	0	1
101	0	0	0	0	0	0	0	0
102	0	0	1	0	0	0	0	0
103	0	0	0	0	0	0	0	1
104	0	1	1	0	0	1	0	1
105	0	0	0	0	0	0	0	0
106	0	0	0	0	0	0	0	0
107	0	0	0	0	0	0	0	0
108	0	1	1	0	0	1	0	0
109	0	0	0	0	0	0	0	0
110	0	0	0	0	0	0	0	0
111	0	0	0	0	0	0	0	0
112	1	1	1	1	1	0	1	0

i

p1


```

short int i;
...
char *p1;

i = 255;

p1 = (char *) &i;

*p1 = 'a';

p1++;

```

i

p1

διεύθυνση περιεχόμενα

099	0	1	1	0	0	1	0	0
100	0	1	1	0	0	0	0	1
101	0	0	0	0	0	0	0	0
102	0	0	1	0	0	0	0	0
103	0	0	0	0	0	0	0	1
104	0	1	1	0	0	1	0	1
105	0	0	0	0	0	0	0	0
106	0	0	0	0	0	0	0	0
107	0	0	0	0	0	0	0	0
108	0	1	1	0	0	1	0	0
109	0	0	0	0	0	0	0	0
110	0	0	0	0	0	0	0	0
111	0	0	0	0	0	0	0	0
112	1	1	1	1	1	0	1	0

```

short int i;
...
char *p1;

i = 255;

p1 = (char *) &i;

*p1 = 'a';

p1++;



*p1 = 'b';


```

έμμεση αλλαγή τιμής
μεταβλητής

i

p1

διεύθυνση περιεχόμενα

099	0	1	1	0	0	1	0	0
100	0	1	1	0	0	0	0	1
101	0	1	1	0	0	0	1	0
102	0	0	1	0	0	0	0	0
103	0	0	0	0	0	0	0	1
104	0	1	1	0	0	1	0	1
105	0	0	0	0	0	0	0	0
106	0	0	0	0	0	0	0	0
107	0	0	0	0	0	0	0	0
108	0	1	1	0	0	1	0	0
109	0	0	0	0	0	0	0	0
110	0	0	0	0	0	0	0	0
111	0	0	0	0	0	0	0	0
112	1	1	1	1	1	0	1	0

```

short int i;
...
char *p1;

i = 255;

p1 = (char *) &i;

*p1 = 'a';

p1++;

*p1 = 'b';

```

i

p1

διεύθυνση περιεχόμενα

099	0	1	1	0	0	1	0	0
100	0	1	1	0	0	0	0	1
101	0	1	1	0	0	0	1	0
102	0	0	1	0	0	0	0	0
103	0	0	0	0	0	0	0	1
104	0	1	1	0	0	1	0	1
105	0	0	0	0	0	0	0	0
106	0	0	0	0	0	0	0	0
107	0	0	0	0	0	0	0	0
108	0	1	1	0	0	1	0	0
109	0	0	0	0	0	0	0	0
110	0	0	0	0	0	0	0	0
111	0	0	0	0	0	0	0	0
112	1	1	1	1	1	0	1	0

```

short int i;
...
char *p1;

i = 255;

p1 = (char *) &i;

*p1 = 'a';

p1++;

*p1 = 'b';

p1++;

```

αλλαγή τιμής δείκτη
με βάση τους κανόνες
αριθμητικής δεικτών

i

p1

διεύθυνση περιεχόμενα

099	0	1	1	0	0	1	0	0
100	0	1	1	0	0	0	0	1
101	0	1	1	0	0	0	1	0
102	0	0	1	0	0	0	0	0
103	0	0	0	0	0	0	0	1
104	0	1	1	0	0	1	1	0
105	0	0	0	0	0	0	0	0
106	0	0	0	0	0	0	0	0
107	0	0	0	0	0	0	0	0
108	0	1	1	0	0	1	0	0
109	0	0	0	0	0	0	0	0
110	0	0	0	0	0	0	0	0
111	0	0	0	0	0	0	0	0
112	1	1	1	1	1	0	1	0

```

short int i;
...
char *p1;

i = 255;

p1 = (char *) &i;

*p1 = 'a';

p1++;

*p1 = 'b';

p1++;

```

i

p1

διεύθυνση περιεχόμενα

099	0	1	1	0	0	1	0	0
100	0	1	1	0	0	0	0	1
101	0	1	1	0	0	0	1	0
102	0	0	1	0	0	0	0	0
103	0	0	0	0	0	0	0	1
104	0	1	1	0	0	1	1	0
105	0	0	0	0	0	0	0	0
106	0	0	0	0	0	0	0	0
107	0	0	0	0	0	0	0	0
108	0	1	1	0	0	1	0	0
109	0	0	0	0	0	0	0	0
110	0	0	0	0	0	0	0	0
111	0	0	0	0	0	0	0	0
112	1	1	1	1	1	0	1	0

```

short int i;
...
char *p1;

i = 255;

p1 = (char *) &i;

*p1 = 'a';

p1++;

*p1 = 'b';

p1++;



*p1 = 'c';


```

αλλαγή μνήμης **ΕΚΤΟΣ**
της μεταβλητής `i`

i

p1

διεύθυνση περιεχόμενα

099	0	1	1	0	0	1	0	0
100	0	1	1	0	0	0	0	1
101	0	1	1	0	0	0	1	0
102	0	1	1	0	0	0	1	1
103	0	0	0	0	0	0	0	1
104	0	1	1	0	0	1	1	0
105	0	0	0	0	0	0	0	0
106	0	0	0	0	0	0	0	0
107	0	0	0	0	0	0	0	0
108	0	1	1	0	0	1	0	0
109	0	0	0	0	0	0	0	0
110	0	0	0	0	0	0	0	0
111	0	0	0	0	0	0	0	0
112	1	1	1	1	1	0	1	0

```

short int i;
...
char *p1;

i = 255;

p1 = (char *) &i;

*p1 = 'a';

p1++;

*p1 = 'b';

p1++;

*p1 = 'c';

```

i

p1

διεύθυνση περιεχόμενα

099	0	1	1	0	0	1	0	0
100	0	1	1	0	0	0	0	1
101	0	1	1	0	0	0	1	0
102	0	1	1	0	0	0	1	1
103	0	0	0	0	0	0	0	1
104	0	1	1	0	0	1	1	0
105	0	0	0	0	0	0	0	0
106	0	0	0	0	0	0	0	0
107	0	0	0	0	0	0	0	0
108	0	1	1	0	0	1	0	0
109	0	0	0	0	0	0	0	0
110	0	0	0	0	0	0	0	0
111	0	0	0	0	0	0	0	0
112	1	1	1	1	1	0	1	0

Προσοχή, προσοχή, προσοχή ...

- Η ανάθεση τιμών σε μεταβλητές δείκτες γίνεται με **αποκλειστική ευθύνη** του προγραμματιστή
 - δεν γίνεται (ολοκληρωμένος) έλεγχος από τον μεταφραστή
- Το παραμικρό λάθος όταν χρησιμοποιούμε δείκτες, μπορεί να οδηγήσει σε **απρόβλεπτα αποτελέσματα**
 - μπορεί κατά λάθος να αλλάξουμε/καταστρέψουμε τιμές δεδομένων / μεταβλητών (και δεικτών) του προγράμματος
- Τέτοια σφάλματα εντοπίζονται **πολύ** δύσκολα
 - αν είμαστε «τυχεροί», οδηγούν σε προσπάθεια άκυρης διεύθυνσης μνήμης ή άμεση καταστροφή της στοίβας
 - τότε το πρόγραμμα θα τερματιστεί απότομα, και έτσι θα καταλάβουμε ότι κάτι δεν πάει καλά