

# Προγραμματισμός Ι (HY120)

Διάλεξη 13:  
Σύνθετοι Τύποι Δεδομένων (Δομές)



# Σύνθετοι τύποι δεδομένων



2

- Συχνά τα δεδομένα ενός προγράμματος δεν είναι απλά κάποιοι μεμονωμένοι αριθμοί ή χαρακτήρες.
- Χρειάζεται να **ομαδοποιήσουμε** περισσότερα δεδομένα διαφορετικού τύπου σε μια **οντότητα** για την πιο εύκολη και αποδοτική διαχείριση τους.
  - Π.χ. 3 ακέραιες μεταβλητές που χρησιμοποιούμε για να καταγράψουμε τη μέρα, το μήνα και το έτος μιας ημερομηνίας.
- Με την βοήθεια των **σύνθετων** τύπων δεδομένων, ο προγραμματιστής μπορεί να ορίσει **δικούς του** τύπους με βάση τους υπάρχοντες τύπους δεδομένων.

# Δομή - struct



- Η **δομή** (**struct**) ομαδοποιεί δεδομένα διαφορετικών τύπων σε μια μεγαλύτερη και ενιαία οντότητα.
- Τα επιμέρους δεδομένα της δομής ονομάζονται **πεδία**.
- Το μέγεθος της δομής καθορίζεται (αυτόματα) από τον μεταφραστή, έτσι ώστε να υπάρχει χώρος για την αποθήκευση τιμών των πεδίων.
- Η μνήμη μιας δομής δεσμεύεται **συνολικά**, ως ένα κομμάτι, όμως τα πεδία **δεν** καταλαμβάνουν πάντα συνεχόμενες θέσεις μέσα σε αυτό το κομμάτι.
  - **Προσοχή:** η αποθήκευση των δεδομένων που αντιστοιχούν στα διάφορα πεδία στη μνήμη της δομής γίνεται από τον μεταφραστή – **χωρίς** εμείς να γνωρίζουμε τις λεπτομέρειες.



```
struct xxx {  
    /* δήλωση πεδίων */  
};  
...  
struct xxx var1, var2;
```

όνομα τύπου δομής

ονόματα μεταβλητών

```
struct xxx {  
    /* δήλωση πεδίων */  
} var1;  
...  
struct xxx var2;
```

όνομα τύπου δομής

ονόματα μεταβλητών

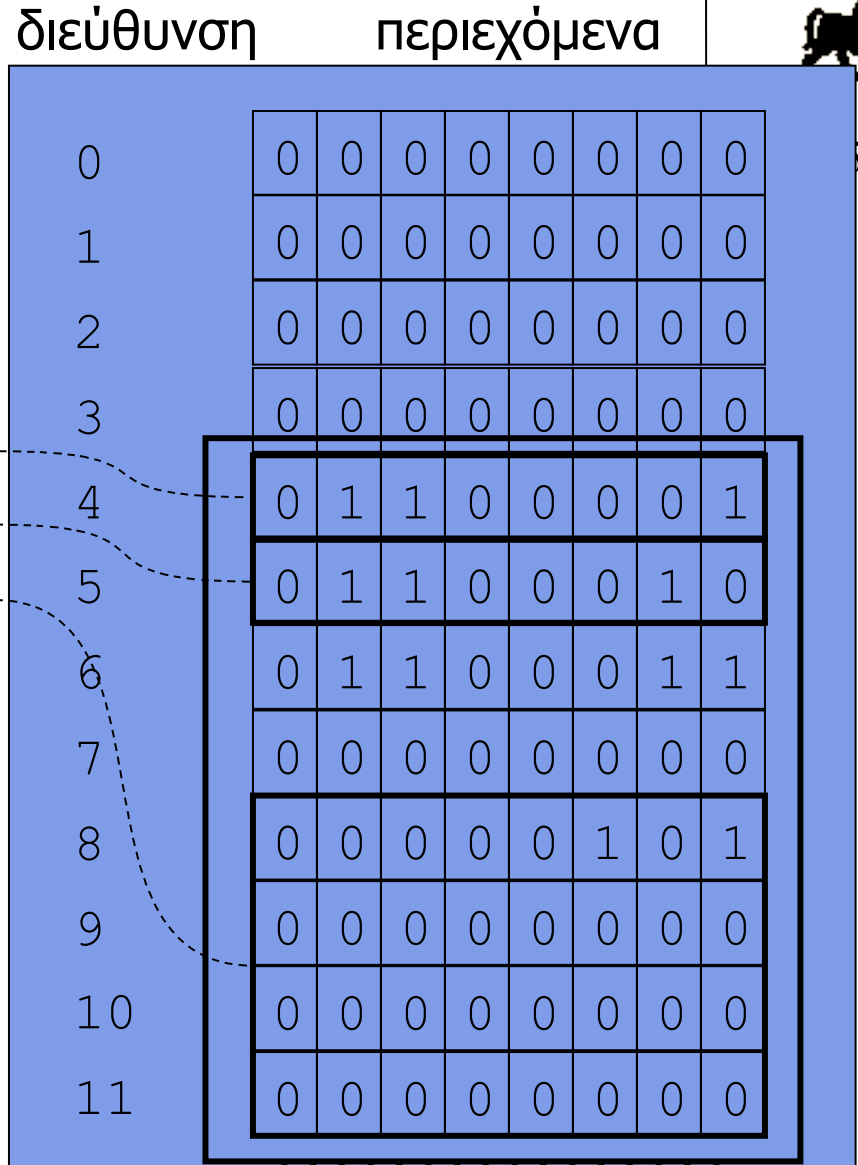
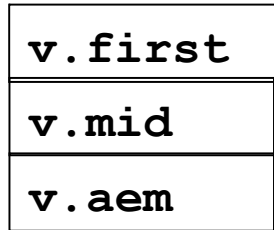
```
struct {  
    /* δήλωση πεδίων */  
} var1, var2;
```

ανώνυμος τύπος δομής

ονόματα μεταβλητών



```
struct abc {  
    char first,mid;  
    int aem;  
};  
...  
struct abc v;  
  
v.first='a';  
v.mid='b';  
v.aem=5;
```



# Προγραμματισμός με `struct`



6

- Αναφορά στα πεδία μιας μεταβλητής `struct` γίνεται μέσω του τελεστή `.` που τοποθετείται **ανάμεσα** στο όνομα της μεταβλητής που αντιστοιχεί στη δομή και το όνομα του πεδίου.
- Η ανάθεση τιμών σε μεταβλητές `struct` γίνεται είτε σε συνολικό επίπεδο δομής, όπως για κανονικές μεταβλητές, είτε σε επίπεδο επιμέρους πεδίων.
  - Αν δύο μεταβλητές έχουν τον ίδιο τύπο `struct T` τότε μπορεί να γίνει **απ' ευθείας** ανάθεση της τιμής της μιας μεταβλητής στην άλλη.
  - Γίνεται αντιγραφή **ολόκληρης** της περιοχής της μνήμης (δεν γίνεται αντιγραφή πεδίο προς πεδίο).



```
struct date {
    int day;    /* αριθμός ημέρας: 1..31 */
    int month; /* αριθμός μήνα: 1..12 */
    int year;  /* αριθμός έτους */
};

int main(int argc, char *argv[]) {
    struct date d1,d2,d3; /* μεταβλητές struct date */

    d1.day = 25;
    d1.month = 12;
    d1.year = 2000+5;

    d2.day = d1.day;
    d2.month = d1.month;
    d2.year = d1.year;

    d3 = d1;
    d3.year++;

    return (0) ;
}
```

# Σύγκριση `struct`



- **Δεν** υποστηρίζεται η **σύγκριση** των περιεχομένων (συμβατών) `struct` σε **συνολικό** επίπεδο δομής.
- Ο λόγος είναι ότι ο μεταφραστής δεν μπορεί να γνωρίζει την **σημασία** που δίνει ο προγραμματιστής στα επιμέρους πεδία της δομής.
- Η «προφανής» σύγκριση `byte` προς `byte` μπορεί να δώσει μη επιθυμητά αποτελέσματα.
- Ο προγραμματιστής πρέπει να υλοποιήσει **δικές του** μεθόδους σύγκρισης με βάση την «σημασία» των επιμέρους πεδίων της δομής.
- **Αντιστοιχία:** σύγκριση πινάκων που περιέχουν αλφαριθμητικά (π.χ. μέσω της συνάρτησης `strcmp`).

8





```
struct date {
    int day;
    int month;
    int year;
};

...

int datecmp(struct date d1, struct date d2) {
    if (d1.year<d2.year) { return(-1); }
    else if (d1.year>d2.year) { return(1); }
    else if (d1.month<d2.month) { return(-1); }
    else if (d1.month>d2.month) { return(1); }
    else if (d1.day<d2.day) { return(-1); }
    else if (d1.day>d2.day) { return(1); }
    else return(0);
}
```

# Πίνακες από `struct`

- Όπως και για τους βασικούς τύπους δεδομένων, μπορεί να οριστούν πίνακες από `struct`.
  - Δεσμεύεται ένας **συνεχόμενος** χώρος στην μνήμη για την αποθήκευση όλων των στοιχείων του πίνακα.
- Η πρόσβαση στα στοιχεία του πίνακα γίνεται ακριβώς με τον ίδιο τρόπο, δηλαδή προσδιορισμός θέσης του στοιχείου στον πίνακα –μέσα στα επιτρεπτά όρια.
  - Από τη στιγμή που θα προσδιοριστεί ένα συγκεκριμένο στοιχείο του πίνακα, πρόσβαση στα επιμέρους πεδία του `struct` γίνεται κανονικά μέσω του τελεστή `.`





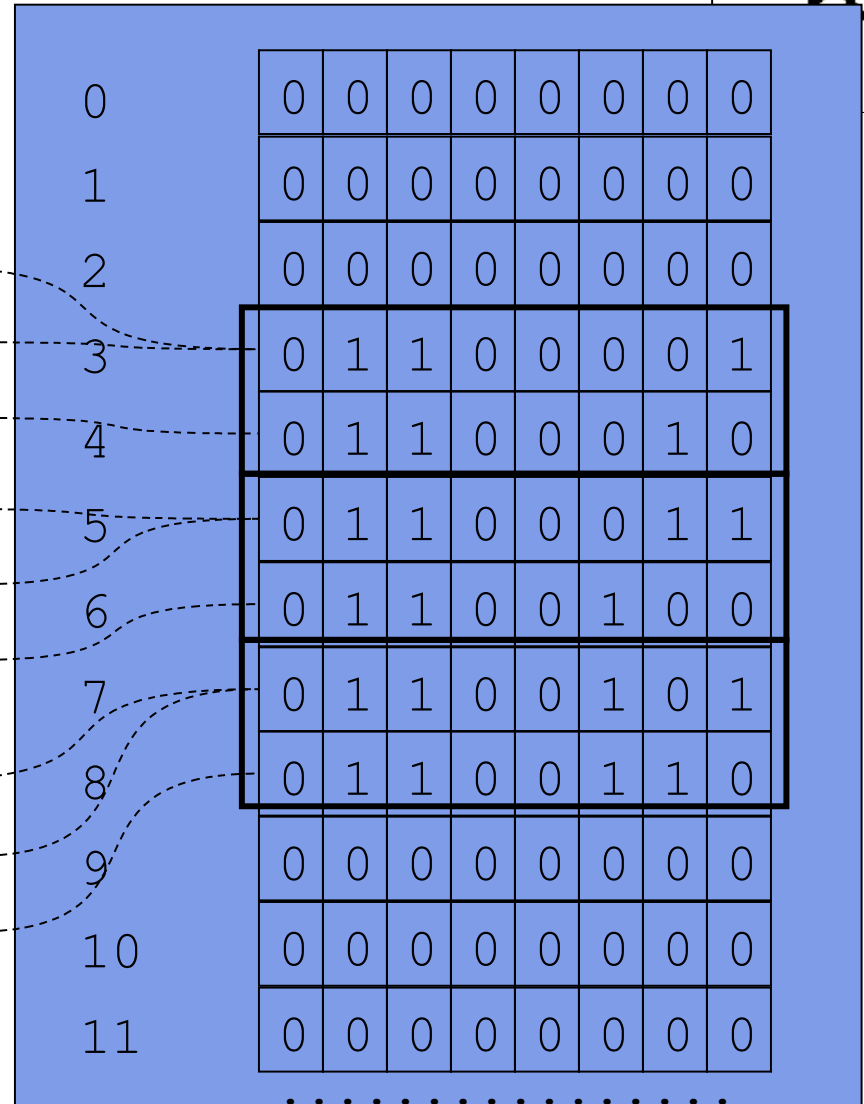
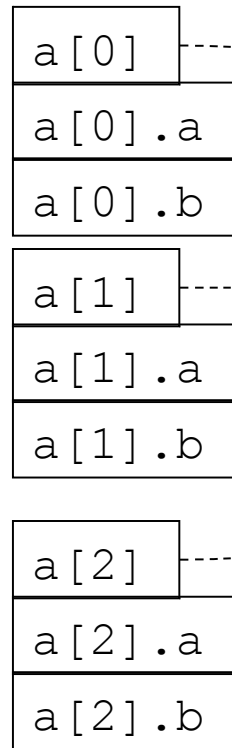
διεύθυνση      περιεχόμενα

```
struct s {
    char a,b;
};
...
struct s a[3];

a[0].a='a';
a[0].b='b';

a[1].a='c';
a[1].b='d';

a[2].a='e';
a[2].b='f';
```



1

# Πεδία bits

- Στα πεδία μιας δομής που ορίζονται ως `int` μπορεί προαιρετικά να οριστούν τα bits που χρειάζονται για την αποθήκευση των τιμών – αν φυσικά μπορεί να περιοριστεί το πεδίο τιμών τους εκ των προτέρων.
- Ο μεταφραστής μπορεί να εκμεταλλευτεί αυτή την πληροφορία για να συμπιέσει τα δεδομένα της δομής.
  - Αυτό δεν είναι απαραίτητο να γίνει, και σε κάθε περίπτωση η μέθοδος συμπίεσης εξαρτάται από τον μεταφραστή – πιθανό πρόβλημα ασυμβατότητας.
- Η κωδικοποίηση και ερμηνεία των πεδίων bits είναι αποκλειστική υπόθεση του προγραμματιστή.





```
struct date {
    unsigned int day;
    unsigned int month;
    unsigned int year;
};
```

```
struct compact_date {
    unsigned int day:5;           /* 31 διαφορετικές τιμές */
    unsigned int month:4;        /* 12 διαφορετικές τιμές */
    unsigned int year;           /* δεν υπάρχει περιορισμός */
};
```

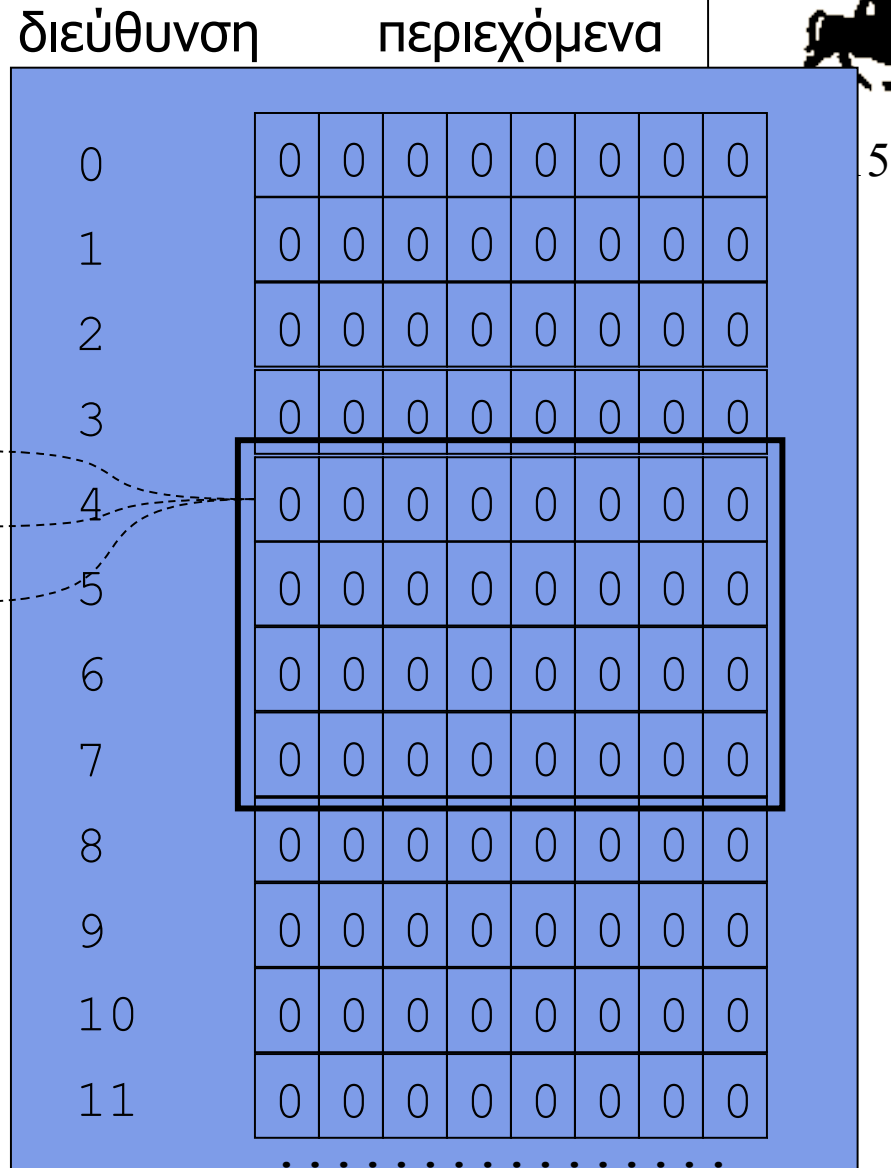
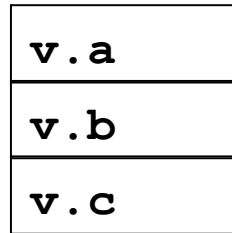
# Ενώσεις - union



- Η ένωση (union) ομαδοποιεί δεδομένα διαφορετικών τύπων 14 για την αποθήκευση των οποίων δεσμεύεται **κοινός** χώρος στη μνήμη.
  - Το μέγεθος της ένωσης καθορίζεται έτσι ώστε να μπορεί να αποθηκευτεί το μεγαλύτερο πεδίο της.
- Ο προγραμματιστής είναι υπεύθυνος για την σωστή χρήση των περιεχομένων μιας ένωσης καθώς δεν υπάρχει τρόπος να διαπιστωθεί η εγκυρότητα των τιμών των πεδίων (π.χ. σε πιο πεδίο έγινε η τελευταία ανάθεση τιμής).
  - Συνήθως, η ένωση χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με την δομή – ένα πεδίο της δομής καθορίζει το πως χρησιμοποιείται η ένωση ανά πάσα χρονική στιγμή.

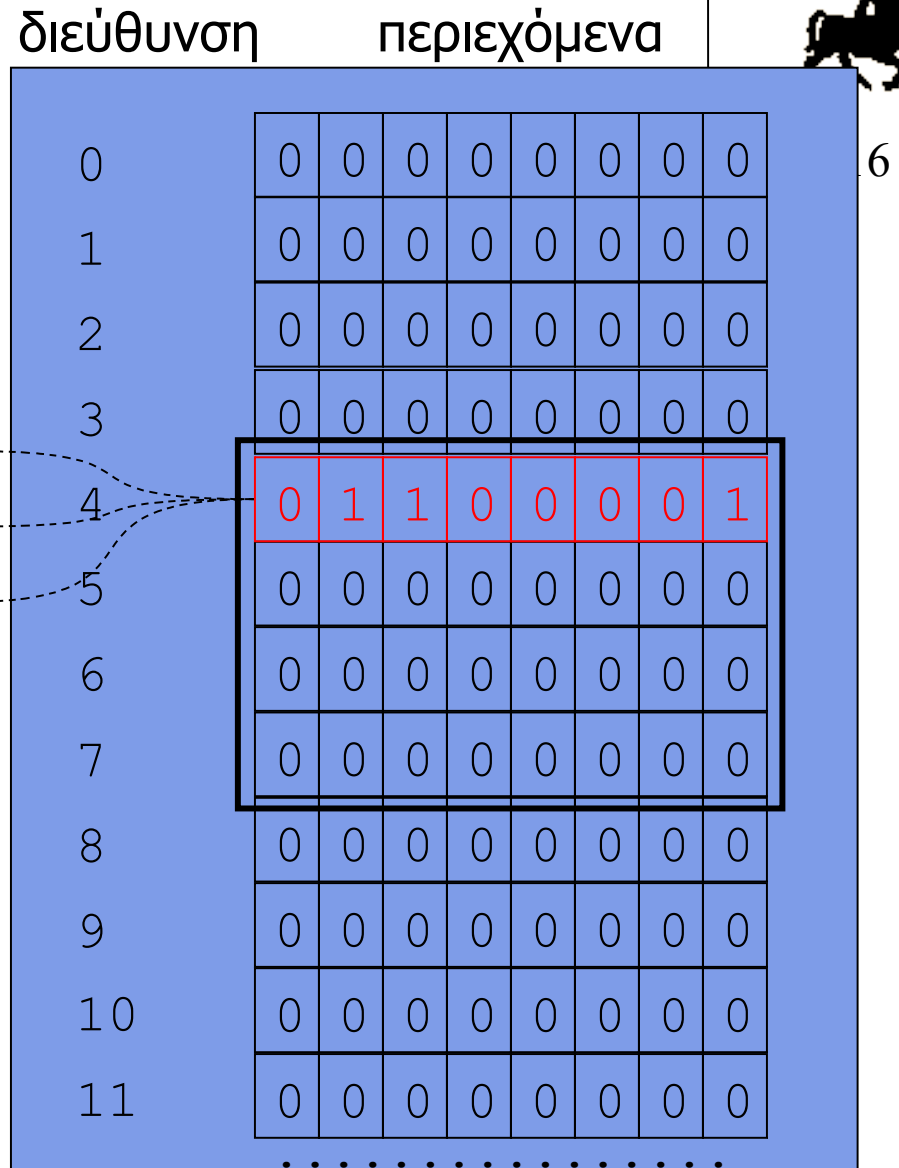
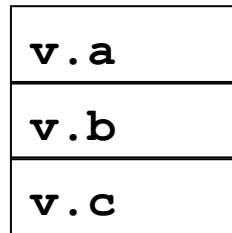


```
union abc {  
    char a;  
    short int b;  
    int c;  
};  
...  
union abc v;
```





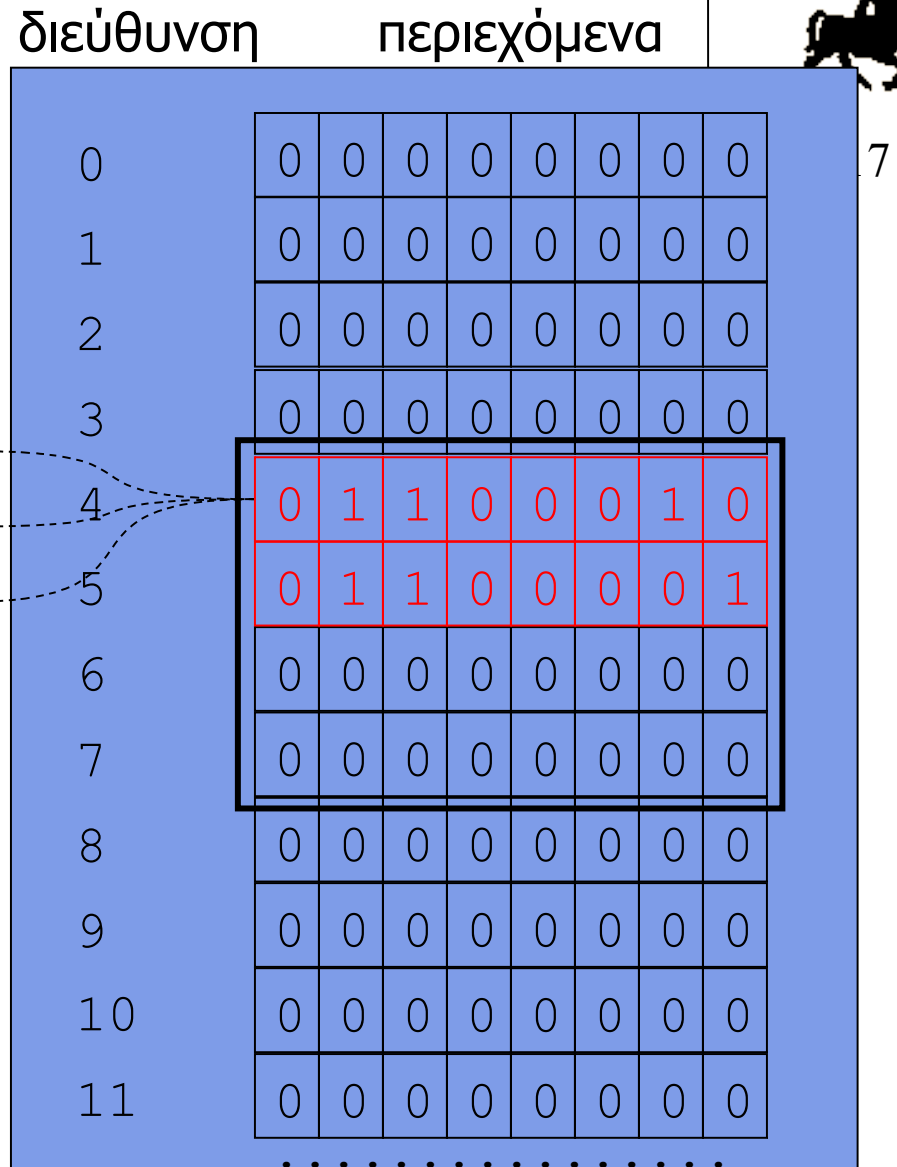
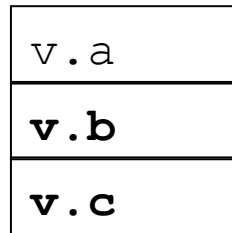
```
union abc {  
    char a;  
    short int b;  
    int c;  
};  
...  
union abc v;  
  
v.a='a';
```





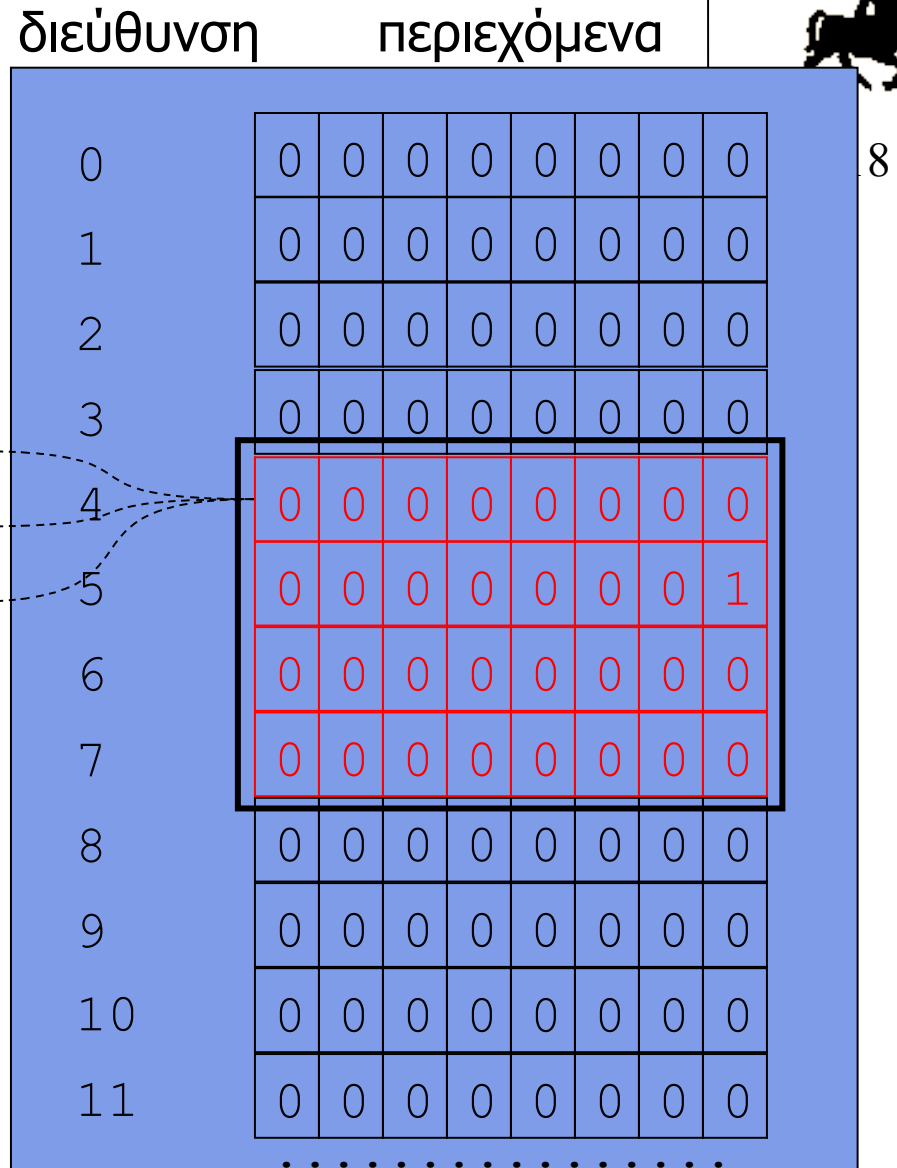
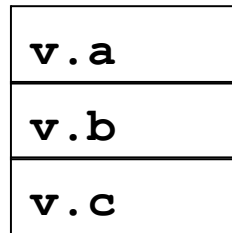


```
union abc {  
    char a;  
    short int b;  
    int c;  
};  
...  
union abc v;  
  
v.a='a';  
  
v.b=0x6162;
```





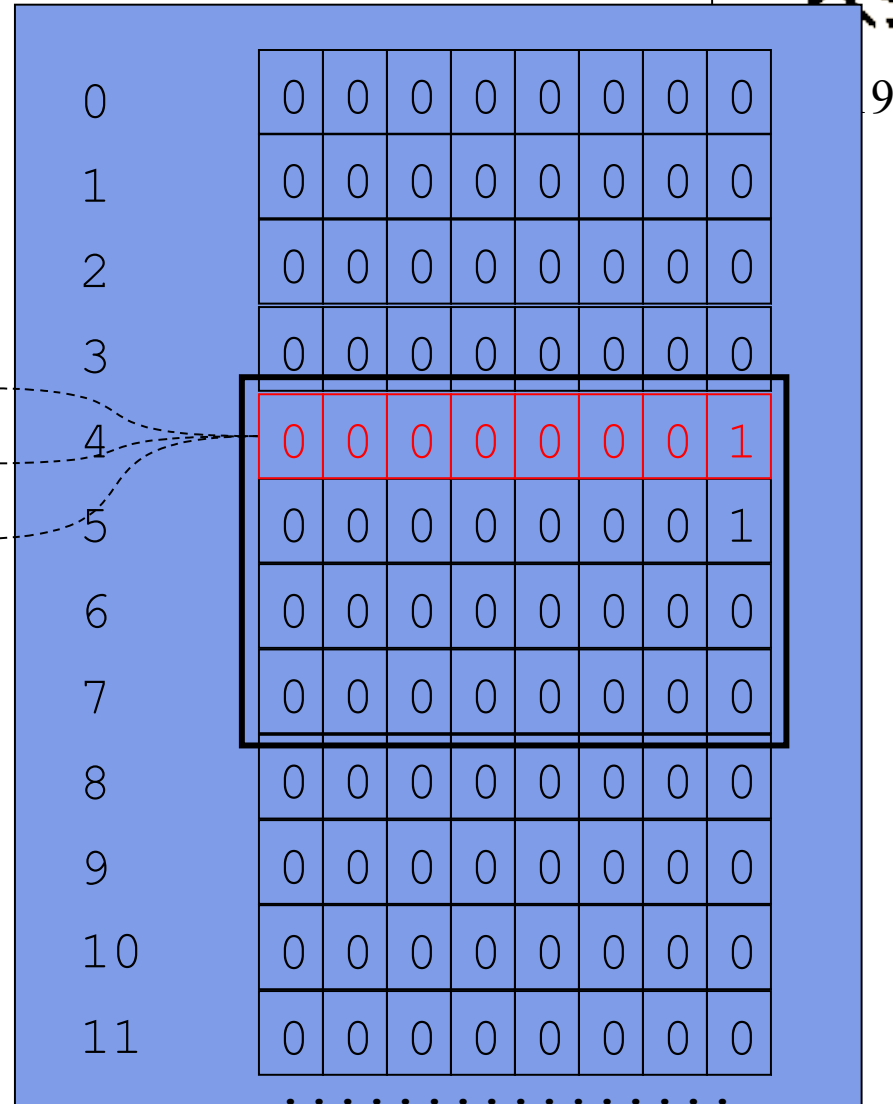
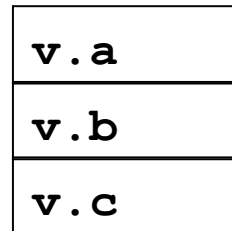
```
union abc {  
    char a;  
    short int b;  
    int c;  
};  
...  
union abc v;  
  
v.a='a';  
  
v.b=0x6162;  
  
v.c=256;
```





διεύθυνση      περιεχόμενα

```
union abc {  
    char a;  
    short int b;  
    int c;  
};  
...  
union abc v;  
  
v.a='a';  
  
v.b=0x6162;  
  
v.c=256;  
  
v.a=0x01;
```



9



```
/* δομή που αποθηκεύει τιμή σε μορφή int ή float */  
  
struct val {  
    int vtype;          /* 0 ή 1 αν ισχύει val.i ή val.f */  
  
    union {  
        int i;          /* η τιμή σε μορφή int */  
        float f;       /* η τιμή σε μορφή float */  
    } val;  
  
};  
  
...  
  
void inc_value(struct val v) {  
    switch (v.vtype) {  
        case 0: { /* δούλεψε με v.val.i */ }  
        case 1: { /* δούλεψε με v.val.f */ }  
    }  
}
```

# Απαριθμήσεις - enum



21

- Με την **enum** αντιστοιχίζονται διαδοχικές ακέραιες τιμές σε ονόματα, χωρίς να ενδιαφέρει (απαραίτητα) η τιμή που δίνεται στο κάθε όνομα.
  - Χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις που μια μεταβλητή μπορεί να λάβει περιορισμένες τιμές, ιδίως όταν δεν έχει παίζει ρόλο η «απόλυτη» τιμή της μεταβλητής.
- Τα ονόματα αντιστοιχίζονται σε διαδοχικές τιμές που αυξάνουν με την σειρά που έχουν δοθεί τα ονόματα.
- Η αρίθμηση αρχίζει από το 0 εκτός και αν για κάποιο όνομα προσδιοριστεί συγκεκριμένη τιμή που οδηγεί σε διαφορετικές τιμές για τα ονόματα της απαρίθμησης.
- Μια εναλλακτική λύση είναι να οριστούν από τον προγραμματιστή σταθερές μέσω `define`.



```
enum boolean {false,true};
```

```
enum boolean b=true;
```

```
if (b) { ... }
```

```
if (!b) { ... }
```

```
enum weekdays {Mon=1,Tue,Wed,Thu,Fri,Sat,Sun};
```

```
enum weekdays d;
```

```
for (d=Mon; d<=Sun; d++) {
```

```
    ...
```

```
}
```

# Μέγεθος αντικειμένων - `sizeof`



23

- Η συνάρτηση **`sizeof`** επιστρέφει το μέγεθος σε bytes που καταλαμβάνει η μεταβλητή ή ο τύπος δεδομένων που δίνουμε σαν παράμετρο.
- **Δεν επιστρέφει απαραίτητα την ίδια τιμή για διαφορετικούς μεταφραστές ή διαφορετικές αρχιτεκτονικές επεξεργαστών!**
  - Μπορεί να υιοθετούνται διαφορετικές προσεγγίσεις για την δέσμευση μνήμης δομών `struct` και `union` ή/και να διαφέρει το μέγεθος των βασικών τύπων.
- Με το `sizeof` μπορούν να ορισθούν παραμετρικές εκφράσεις ως προς το μέγεθος των τύπων (σύνθετων και μη) που χρησιμοποιεί το πρόγραμμα.



```
#include <stdio.h>

struct entry {
    char used;          /* 1 υπό χρήση, 0 ελεύθερο */
    char name[64];     /* όνομα ως αλφαριθμητικό */
    char phone[64];    /* τηλέφωνο ως αλφαριθμητικό */
};

int main(int argc, char *argv[]) {
    struct entry e;

    printf("size of struct entry is %d\n", sizeof(struct entry));
    printf("size of variable e is %d\n", sizeof(e));

    return(0);
}
```



# Η χρήση της typedef



25

- Με την **typedef** δηλώνονται **συμβολικά** ονόματα για τύπους που κατασκευάζει ο προγραμματιστής.
- Το συντακτικό είναι πανομοιότυπο με τον τρόπο που δηλώνονται μεταβλητές, βάζοντας το προσδιορισμό typedef στην αρχή της δήλωσης
  - Το όνομα που αφορά η δήλωση είναι το όνομα του νέου τύπου.
- Χρησιμοποιούμε την typedef κυρίως για να διευκολύνουμε την αναγνωσιμότητα του κώδικα.
- Η typedef μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την (συντακτική) «απόκρυψη» της υλοποίησης ενός τύπου δεδομένων
  - Έτσι ώστε ο προγραμματιστής να χρησιμοποιεί αντικείμενα ενός τύπου την υλοποίηση του οποίου δεν γνωρίζει (απαραίτητα).



```
int a;          /* μεταβλητή int */  
  
int *b;        /* μεταβλητή δείκτης σε int */  
  
typedef int *IntPtr; /* τύπος δείκτης σε int */  
  
IntPtr c;      /* μεταβλητή IntPtr */  
  
...  
  
a = 10;  
  
b = &a;  
  
*b = 11;  
  
c = b;  
  
*c = 12;
```



```
struct date {                /* τύπος struct date */
    int day;
    int month;
    int year;
};

typedef struct date DateT;   /* τύπος DateT */

struct date d1;              /* μεταβλητή struct date */

DateT d2;                    /* μεταβλητή DateT */

...
d1.day = 30;
d1.month = 11;
d1.year = 2006;

d2 = d1;
d2.day++;
d2.month++;
```

# Δείκτες σε δομές δεδομένων



28

- Η έννοια του δείκτη εφαρμόζεται και σε σύνθετους τύπους
  - Μια μεταβλητή μπορεί να οριστεί ως δείκτης σε `struct` ή δείκτης σε `union`.
- Πρόσβαση στα πεδία των αντικειμένων τύπου `struct` και `union` μέσω μεταβλητής δείκτη επιτυγχάνεται μέσω του τελεστή `->`
- Ένας πίνακας από αντικείμενα `struct/union` θεωρείται σταθερός δείκτης στο πρώτο στοιχείο του πίνακα, και ένας δείκτης σε `struct/union` μπορεί να θεωρηθεί ως η αρχή ενός τέτοιου πίνακα.
- Ισχύουν οι παρατηρήσεις που έχουν γίνει για δείκτες σε βασικούς τύπους: μη ελεγχόμενη πρόσβαση μνήμης, αριθμητικές πράξεις με δείκτες κλπ.



```
struct date {
    int day,month,year;
};

typedef struct date *datePtrT;

struct date d[2];
datePtrT dp;

...
d[0].day = 1;
d[0].month = 1;
d[0].year = 2007;
d[1] = d[0];
d[1].day = 31;

dp = d;           /* dp is address of d[0] */
dp->year++;       /* d[0].year is 2008 */
(*dp).month = 12; /* d[0].month is 12 */
dp++;           /* dp is address of d[1] */
dp->year++;       /* d[1].year is 2008 */
(*dp).year++;    /* d[1].year is 2009 */
```

# Παρένθεση (βάση δεδομένων με πίνακα από δομές)





# Πρόβλημα

- Ζητούμενο: επιθυμούμε να διαχειριστούμε τα περιεχόμενα της τηλεφωνικής μας ατζέντας, με βάση λειτουργίες προσθήκης, απομάκρυνσης και αναζήτησης.
- Προσέγγιση
  - ορίζουμε δομή κατάλληλη για την ομαδοποίηση των δεδομένων που ανήκουν σε μια «εισαγωγή»
  - κρατάμε τα δεδομένα σε πίνακα από δομές
- Οι λειτουργίες πρέπει να υλοποιηθούν σύμφωνα με βάση τις **εσωτερικές συμβάσεις διαχείρισης των στοιχείων του πίνακα**.



# Ελεύθερα και υπό χρήση στοιχεία

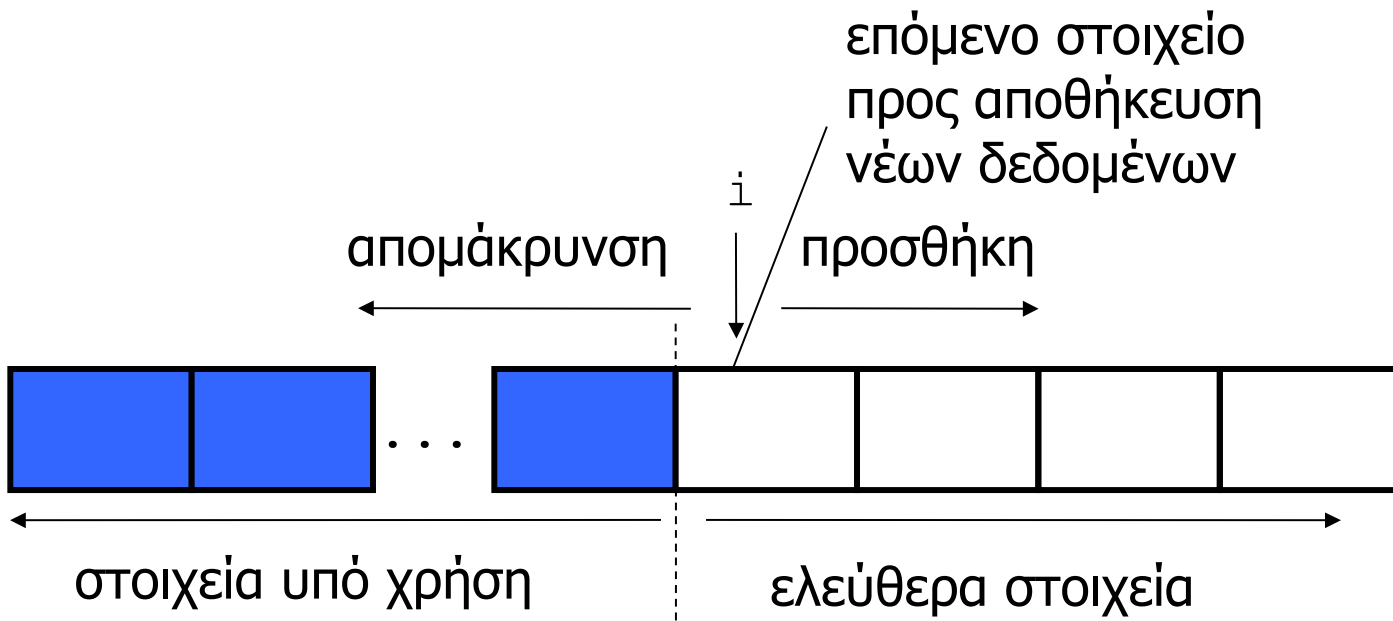
- Πρέπει να γίνεται κατάλληλη διαχείριση των «υπό χρήση» / «ελεύθερων» στοιχείων, σε συνδυασμό με τις πράξεις προσθήκης, απομάκρυνσης, αναζήτησης.
- Προσέγγιση A: όλα τα υπό χρήση (και άρα όλα τα ελεύθερα στοιχεία) βρίσκονται σε συνεχόμενες θέσεις του πίνακα και υπάρχει μεταβλητή που υποδεικνύει το σημείο διαχωρισμού (επόμενο ελεύθερο στοιχείο).
- Προσέγγιση B: κάθε στοιχείο έχει ένα επιπλέον πεδίο μέσω του οποίου σημειώνεται κατά πόσο το στοιχείο είναι υπό χρήση ή ελεύθερο.
- Η προσέγγιση A επιταχύνει την **αναζήτηση** ενώ η προσέγγιση B αποφεύγει εντελώς την αντιγραφή δεδομένων κατά την **απομάκρυνση**.



# Προέγγιση Α

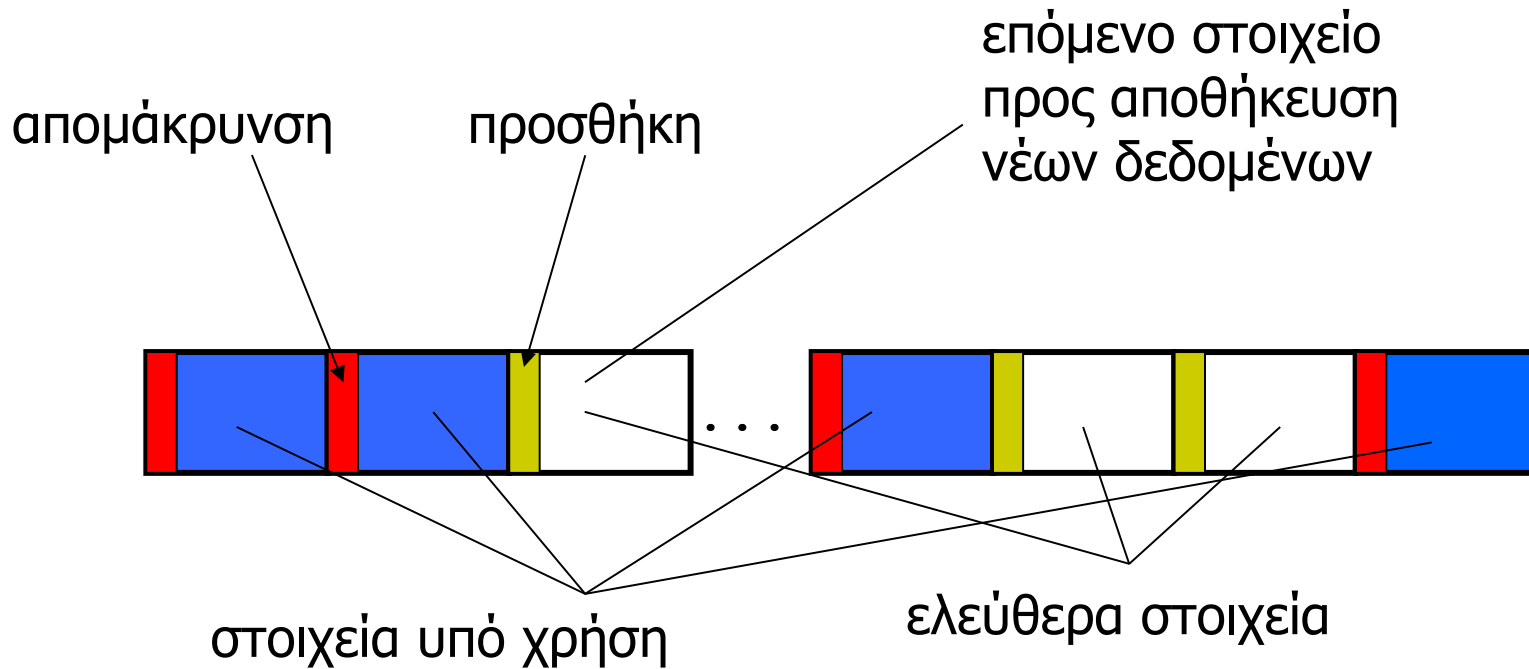


33





# Προέγγιση Β





```
void phonebook_init();
/* αρχικοποιεί τις καθολικές μεταβλητές
   ή/και δομές δεδομένων του προγράμματος */

int phonebook_find(const char name[], char phone[]);
/* δέχεται σαν πρώτη παράμετρο ένα αλφαριθμητικό όνομα και
   αποθηκεύει στην δεύτερη παράμετρο το αντίστοιχο τηλέφωνο,
   επιστρέφοντας 1 για επιτυχία και 0 για αποτυχία */

void phonebook_rmv(const char name[]);
/* δέχεται σαν παράμετρο ένα αλφαριθμητικό όνομα και
   "απομακρύνει" την αντίστοιχη εγγραφή, αν υπάρχει */

int phonebook_add(const char name[], const char phone[]);
/* επιχειρεί να εισάγει μια νέα εγγραφή με το όνομα και
   τηλέφωνο που δίνονται σαν παράμετροι, και επιστρέφει
   1 για επιτυχία, 0 για αποτυχία λόγω έλλειψης χώρου
   και -1 για αντικατάσταση υπάρχουσας εγγραφής */

int main(int argc, char *argv[]);
/* διάλογος με το χρήστη */
```

```

int main(int argc, char *argv[]) {
    int sel,res; char name[64],phone[64];
phonebook_init();
    do {
        printf("1. Add\n"); printf("2. Remove\n");
        printf("3. Find\n"); printf("4. Exit\n");
        printf("> "); scanf("%d",&sel);
        switch (sel) {
            case 1: {
                printf("name & phone:"); scanf("%63s %63s",name,phone);
                res=phonebook_add(name,phone); printf("res=%d\n",res);
                break;
            }
            case 2: {
                printf("name:"); scanf("%63s",name);
                phonebook_rmv(name);
                break;
            }
            case 3: {
                printf("name:"); scanf("%63s",name);
                res=phonebook_find(name,phone); printf("res=%d\n",res);
                if (res) { printf("phone: %s\n",phone); }
                break;
            }
        }
    } while (sel!=4);
}

```





```
#include <stdio.h>
#include <string.h>

#define N 100

struct entry {
    char used;          /* 1 υπό χρήση, 0 ελεύθερο */
    char name[64];     /* όνομα ως αλφαριθμητικό */
    char phone[64];    /* τηλέφωνο ως αλφαριθμητικό */
};

type struct entry entry_T;

entry_T entries[N];

void phonebook_init() {
    int i;
    for (i=0; i<N; i++) { entries[i].used=0; }
}
```

```
int internal_find(const char name[]) {  
    int i;  
    for (i=0; (i<N) && ((!entries[i].used) ||  
                        (strcmp(entries[i].name,name))); i++);  
    return(i);  
}
```



38

```
int phonebook_find(const char name[], char phone[]) {  
    int pos;  
  
    pos=internal_find(name);  
    if (pos==N) { return(0); }  
    else { strcpy(phone,entries[pos].phone); return(1); }  
}
```

```
void phonebook_rmv(const char name[]) {  
    int pos;  
  
    pos=internal_find(name);  
    if (pos<N) {  
        entries[pos].used=0;  
    }  
}
```

```
int phonebook_add(const char name[], const char phone[]) {
    int pos;

    pos=internal_find(name);

    if (pos<N) {
        strcpy(entries[pos].phone,phone);
        return(-1); /* replace */
    }

    for (pos=0; (pos<N) && (entries[pos].used); pos++);
    if (pos==N) {
        return(0); /* no free space */
    }

    strcpy(entries[pos].name,name);
    strcpy(entries[pos].phone,phone);
    entries[pos].used=1;
    return(1); /* done */
}
```



# Παρένθεση

(βάση δεδομένων με πίνακα)

