

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

<http://courses.softlab.ntua.gr/progintro/>

Διδάσκοντες: Στάθης Ζάχος (zachos@cs.ntua.gr)
Νίκος Παπασπύρου (nickie@softlab.ntua.gr)
Δημήτρης Φωτάκης (fotakis@cs.ntua.gr)

Διαφάνειες παρουσιάσεων

- ✓ Εισαγωγή στην πληροφορική
- ✓ Εισαγωγή στον προγραμματισμό με τη γλώσσα Pascal
- ✓ Μεθοδολογία αλγοριθμικής επίλυσης προβλημάτων

1/10/10

◆ Σκοπός του μαθήματος

- Εισαγωγή στην πληροφορική (computer science)
- Εισαγωγή στον προγραμματισμό ηλεκτρονικών υπολογιστών (H/Y)
- Μεθοδολογία αλγοριθμικής επίλυσης προβλημάτων

◆ Αλγόριθμος

- Πεπερασμένη ακολουθία **ενεργειών** που περιγράφει τον τρόπο επίλυσης ενός προβλήματος
- Εφαρμόζεται σε **δεδομένα** (data)

◆ Πρόγραμμα

- Ακριβής περιγραφή ενός αλγορίθμου σε μια **τυπική γλώσσα** που ονομάζεται **γλώσσα προγραμματισμού**

◆ Φυσική γλώσσα

- Χωρίς τόσο αυστηρούς **συντακτικούς** περιορισμούς
- Μεγάλη πυκνότητα και **σημασιολογική** ικανότητα

◆ Τυπική γλώσσα

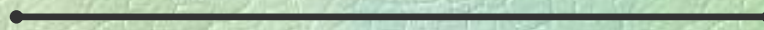
- **Αυστηρότατη** σύνταξη και σημασιολογία

◆ Γλώσσα προγραμματισμού

- Τυπική γλώσσα στην οποία μπορούν να περιγραφούν **υπολογισμοί**
- **Εκτελέσιμη** από έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή

◆ Πληροφορική

Ηλεκτρονικοί
υπολογιστές
(engineering)



Μαθηματικά

Σχεδίαση και
κατασκευή

Θεωρία και
αναλυτική μέθοδος

◆ Κεντρική έννοια: υπολογισμός (computation)

◆ Πληροφορική: μαθηματοποίηση της μεθοδολογίας των μηχανικών

- Απαιτήσεις – Πρόβλημα
- Προδιαγραφές
- Σχεδίαση
- Υλοποίηση
- Εμπειρικός έλεγχος – Θεωρητική επαλήθευση
- Βελτιστοποίηση
- Πολυπλοκότητα (κόστος πόρων-αγαθών)
- Τεκμηρίωση
- Συντήρηση

Έννοιες που υπήρχαν για τους μηχανικούς, στην πληροφορική τυποποιήθηκαν, πήραν μαθηματική μορφή, άρα μπορεί κανείς να επιχειρηματολογήσει με αυτές τις έννοιες χρησιμοποιώντας αποδείξεις.

◆ Δευτεροβάθμια εκπαίδευση

Σκοπός: να μάθεις να σκέφτεσαι

- Η Ευκλείδεια Γεωμετρία (με τη βασική διδακτική της αξία) απουσιάζει από το πρόγραμμα σπουδών εδώ και χρόνια.
- Αποτέλεσμα: όπως είδαμε και στις πανελλήνιες εξετάσεις δίνεται έμφαση στην αποστήθιση ανουσίων θεωρημάτων και γνώσεων διαφορετικού και απειροστικού λογισμού. Η ικανότητα μαθηματικής επίλυσης απλών αλλά πρωτότυπων προβλημάτων δεν παίζει ρόλο.
- Απουσία γνώσεων συνδυαστικής (μέτρηση περιπτώσεων, τρίγωνο Pascal).
- Εφαρμογή των αποστηθισμένων κανόνων;
- Άλγεβρα: αν ρωτήσω έναν τελειόφοιτο Λυκείου πόσο κάνει 107×93 θα δυσκολευτεί πολύ να απαντήσει, ενώ φυσικά γνωρίζει ότι $(\alpha + \beta)(\alpha - \beta) = \alpha^2 - \beta^2$

◆ Οι μαθητές αγνοούν την έννοια του “αποδοτικού αλγόριθμου”

- π.χ. μαθαίνουν ένα μη-αποδοτικό αλγόριθμο για την εύρεση του Μ.Κ.Δ. ενώ ο αλγόριθμος του Ευκλείδη απουσιάζει από την ύλη

◆ Πρόταση

- Εισαγωγή της Θεωρητικής Πληροφορικής στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση για όλους τους μαθητές
- Μεθοδολογία επίλυσης προβλημάτων με σχεδίαση και υλοποίηση αλγορίθμων

◆ Τριτοβάθμια εκπαίδευση

- Η τεχνολογία αλλάζει αέναα και γρήγορα – τα θεμέλια μένουν
- Αυτά τα θεμέλια πρέπει να είναι η ραχοκοκαλιά στην τριτοβάθμια εκπαίδευση: έμφαση στην αλγοριθμική σκέψη σε αντιδιαστολή με τις τεχνολογικές δεξιότητες (computer literacy)
- Computer science, computing science, informatics
- **Dijkstra**: η Επιστήμη των Υπολογιστών έχει τόση σχέση με τους υπολογιστές όση και η Αστρονομία με τα τηλεσκόπια
- **Primality**: σημαντικό επίτευγμα σε μία χώρα χωρίς υποδομές

◆ Να μην ξεχνάμε ότι

- Το να κάνεις λάθη είναι ανθρώπινο.
- Για να τα κάνεις θάλασσα χρειάζεσαι υπολογιστή!

◆ Κατασκευή υπολογιστικών μηχανών

- **Αρχαιότητα:** υπολογιστικές μηχανές, μηχανισμός των Αντικυθήρων, κ.λπ.
- 17ος αιώνας, **Pascal** και **Leibniz**, μηχανικές υπολογιστικές αριθμομηχανές
⇒ στοιχειώδεις αριθμητικές πράξεις
- 1830–1840, **Babbage**, “αναλυτική μηχανή”
⇒ λογάριθμοι, τριγωνομετρικές συναρτήσεις
- 1880–1890, **Hollerith**, μηχανή με διάτρητες κάρτες για την αυτοματοποίηση των εκλογών

◆ Κατασκευή υπολογιστών

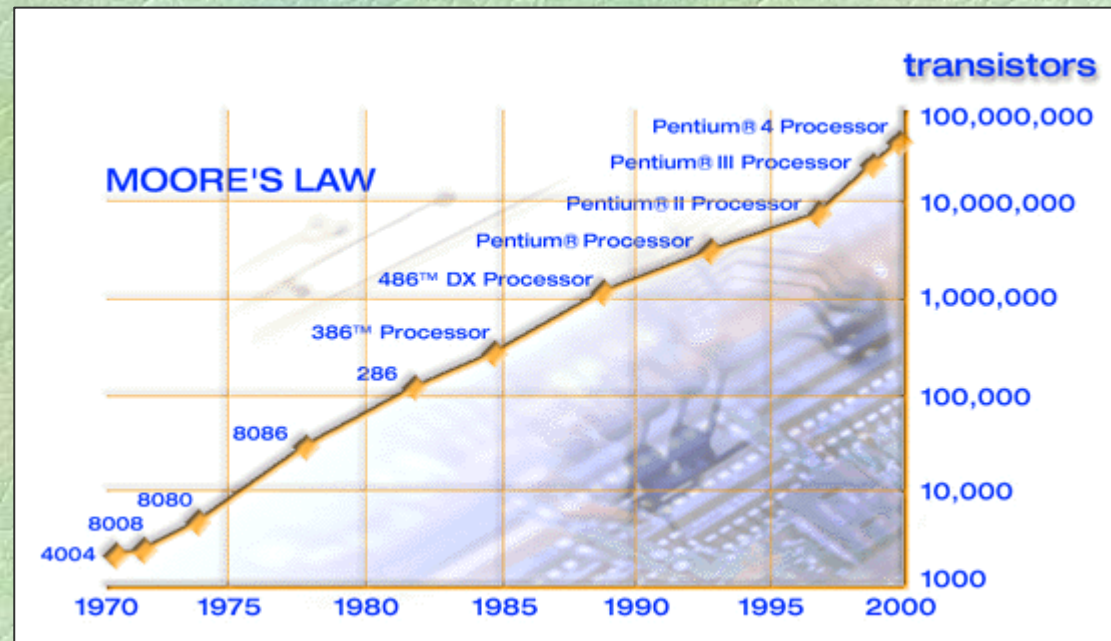
- 1920–1930, **Bush**, ηλεκτρική (αναλογική) υπολογιστική μηχανή $\Rightarrow$ διαφορικές εξισώσεις
- ~1940, **Zuse**, ηλεκτρονική (ψηφιακή) υπολογιστική μηχανή $\Rightarrow$ πρόγραμμα και δεδομένα, χωριστά
- 1945–1950, μοντέλο **von Neumann** $\Rightarrow$ πρόγραμμα και δεδομένα, από κοινού
- 1950–σήμερα, ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας των **ηλεκτρονικών υπολογιστών**

◆ Κατασκευή υπολογιστών

- 1952– main frames IBM 650, 7000, 360
- 1965– mini computers DEC PDP-8
- 1977– personal computers Apple II
- 1981 IBM PC
- 1983, 1984 Apple: Lisa, Macintosh
- 1985– internet
- 1990– world wide web
- 2000– PDA, smartphones, κ.λπ.

◆ Μηχανικοί υπολογιστών

- Tom Watson, IBM, 1945
Ο κόσμος χρειάζεται περίπου 5 υπολογιστές
- Gordon Moore, Intel, 1965
Η πυκνότητα του hardware στα ολοκληρωμένα κυκλώματα διπλασιάζεται κάθε 18 μήνες



<http://www.intel.com/research/silicon/mooreslaw.htm>

◆ Θεμέλια της πληροφορικής

- Μαθηματική λογική
- Αριστοτέλης: συλλογισμοί

$$\frac{A \quad A \rightarrow B}{B} \quad (\textit{modus ponens})$$

- Ευκλείδης: αξιωματική θεωρία
- Αρχές 20ου αιώνα, Hilbert
 $\Rightarrow$ αξίωμα, θεώρημα, τυπική απόδειξη

◆ Πρόγραμμα του Leibniz:

θεμελίωση των μαθηματικών

- γλώσσα για όλα τα μαθηματικά
- θεωρία
- συνεπής (consistent) και πλήρης (complete)

$A \wedge \neg A$ αντίφαση

◆ Γλώσσα (Boole, De Morgan, Frege, Russel)

- προτασιακός λογισμός $\wedge, \vee, \neg, \rightarrow, \leftrightarrow$
- κατηγορηματικός λογισμός $\forall, \exists$

◆ Θεωρία

- Συνολοθεωρία, Cantor, Frege
- Παράδοξο του Russel

∈

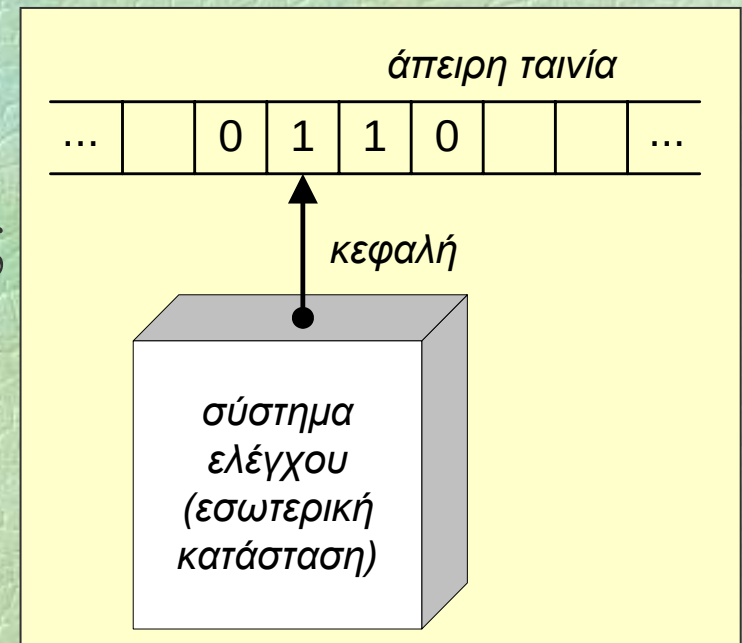
$$A = \{ x \mid x \notin x \}$$

$$\begin{array}{l} A \in A \rightarrow A \notin A \\ A \notin A \rightarrow A \in A \end{array}$$

- Άλλες θεωρίες συνόλων (ZF, κ.λπ.)
- Άλλες θεωρίες για τη θεμελίωση των μαθηματικών (θεωρία συναρτήσεων, κατηγοριών, κ.λπ.)
- 1920–1930, προσπάθειες για απόδειξη συνέπειας

◆ Συνέπεια και πληρότητα

- 1931, **Gödel**, θεώρημα μη πληρότητας
⇒ δεν είναι δυνατόν να κατασκευαστεί συνεπής και πλήρης θεωρία της αριθμητικής
- 1936, **Turing**,
⇒ μη αποκρίσιμες (undecidable) προτάσεις
⇒ μηχανή Turing, υπολογισιμότητα



◆ Μη πληρότητα (incompleteness)

- David Hilbert, 1862-1943
- Kurt Gödel, 1906-1978 (ασιτία)
- Δοξιάδης
 - Incompleteness: a play and a theorem
 - Ο θείος Πέτρος και η εικασία του Goldbach
- Παπαδημητρίου
 - Το χαμόγελο του Turing
- Hoffstader
 - Gödel, Escher, and Bach

◆ Κλάδοι της πληροφορικής

- Αλγόριθμοι και δομές δεδομένων
- Γλώσσες προγραμματισμού
- Αρχιτεκτονική υπολογιστών και δικτύων
- Αριθμητικοί και συμβολικοί υπολογισμοί
- Λειτουργικά συστήματα
- Μεθοδολογία – τεχνολογία λογισμικού
- Βάσεις δεδομένων και διαχείριση πληροφοριών
- Τεχνητή νοημοσύνη και ρομποτική
- Επικοινωνία ανθρώπου – υπολογιστή

◆ Υπολογιστής

- επεξεργαστής
- μνήμη
- συσκευές εισόδου/εξόδου

◆ Ιδιότητες

- αυτόματο χωρίς εξυπνάδα
- μεγάλη ταχύτητα
- ακρίβεια στις πράξεις

Γλώσσες προγραμματισμού

(i)

◆ Γλώσσα μηχανής

0110110

διεύθυνση

11011011

εντολή

◆ Συμβολική γλώσσα (assembly)

label:

διεύθυνση

add

πράξη

ax, bx

δεδομένα

◆ Γλώσσες χαμηλού και υψηλού επιπέδου

◆ Υλοποίηση γλωσσών προγραμματισμού

- μεταγλωττιστής (compiler)
- διερμηνέας (interpreter)

Γλώσσες προγραμματισμού

(ii)

◆ Κυριότερες γλώσσες, ιστορικά

1950 1960	FORTRAN, LISP, COBOL, Algol, BASIC, PL/I
1970	Pascal, C, Smalltalk, Prolog, ML, Logo
1980	C++, Modula-2, Ada, Perl
1990	Java, Python, Ruby, Haskell, PHP
2000	C#, ...

◆ Pascal

- Niklaus Wirth (1971)
- Γλώσσα γενικού σκοπού (general purpose)
- Ευνοεί το συστηματικό και δομημένο προγραμματισμό

◆ Παραλλαγές

- Standard, ISO Pascal
- UCSD Pascal
- ANSI Pascal
- Turbo Pascal

Ασκήσεις

(i)

```
program Hello1(output);  
begin  
    writeln('hello world')  
end.
```

```
program Hello2(output);  
begin  
    writeln('hello ', 'world')  
end.
```

```
program Hello3(output);  
begin  
    write('hello '); writeln('world')  
end.
```

```
program Hello4(output);  
begin  
    write('hello world'); writeln  
end.
```


Ασκήσεις (C)

(i)

```
#include <stdio.h>
void main ()
{
    printf("hello world\n");
}
```

```
#include <stdio.h>
void main ()
{
    printf("hello " "world\n");
}
```

```
#include <stdio.h>
void main ()
{
    printf("hel
    printf("wor
}
```

```
#include <stdio.h>
void main ()
{
    printf("hello world");
    printf("\n");
}
```



```
program Hello5(output) ;  
    procedure hello;  
    begin  
        writeln('hello world')  
    end;  
  
begin  
    hello; hell  
end.
```

```
program Hello6(output) ;  
    var i : integer;  
    procedure hello;  
    begin  
        writeln('hello world')  
    end;  
  
begin  
    for i:=1 to 20 do hello  
end.
```


Ασκήσεις (C)

(ii)

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

```
void hello()  
{  
    printf("h  
}
```

```
void main()  
{  
    hello();  
}
```

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

```
void hello()  
{  
    printf("hello world\n");  
}
```

```
void main()  
{  
    int i;  
    for (i=0; i<20; i++)  
        hello();  
}
```



```
program Hello7(output) ;  
    const n = 20;  
    var i : integer;  
    procedure num_hello;  
    begin  
        writeln(i, ' hello world')  
    end;  
begin  
    for i:= 1 to n do num_hello  
end.
```


Ασκήσεις (C)

(iii)

```
#include <stdio.h>
const int n=20;
int i;

void num_hello()
{
    printf("%d hello world\n", i);
}

void main()
{
    for (i=0; i<n; i++)
        num_hello();
}
```


Ασκήσεις

(iv)

```
program Hello8(input,output) ;
```

```
  var i,n : integer;
```

```
  program Hello9(input,output) ;
```

```
    var i,n : integer;
```

```
    procedure hello;
```

```
    begin
```

```
      writeln('hello world')
```

```
    end;
```

```
  begin
```

```
    writeln('Give number of greetings',  
            'then press <enter>:');
```

```
    readln(n) ;
```

```
    for i:= 1 to n do hello
```

```
  end.
```


Ασκήσεις (C)

(iv)

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

```
void
```

```
{
```

```
}
```

```
void
```

```
{
```

```
}
```

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

```
void hello()
```

```
{
```

```
    printf("hello world\n")
```

```
}
```

```
void main()
```

```
{
```

```
    int i,n;
```

```
    printf("Give number of greetings"  
           "then press <enter>:");
```

```
    scanf("%d\n", &n);
```

```
    for (i=0; i<n; i++) hello();
```

```
}
```



```
program Hello10(input,output) ;  
  var i,n : integer;  
  procedure hello;  
  begin  
    writeln('hello world')  
  end;  
  
begin  
  writeln('Give number of greetings',  
          'then press <enter>:');  
  readln(n) ;  
  if n < 0 then writeln('# is negative')  
    else for i:= 1 to n do hello  
end.
```


Ασκήσεις (C)

(v)

```
#include <stdio.h>
void hello()
{
    printf("hello world\n");
}
void main()
{
    int i,n;
    printf("Give number of greetings"
           "then press <enter>");
    scanf("%d\n",&n);
    if (n<0)
        printf("#is negative\n");
    else
        for (i=0;i<n;i++) hello();
}
```


Δομή του προγράμματος

(i)

```
program example(input, output);
```

επικεφαλίδα

```
var i, j : integer;
```

δηλώσεις

```
begin
```

```
    i:=15; j:=23;
```

```
    write('sum of i and j is: ');
```

```
    i:=i+j;
```

```
    write(i)
```

```
end.
```

κυρίως σώμα

Δομή του προγράμματος (C)

(i)

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

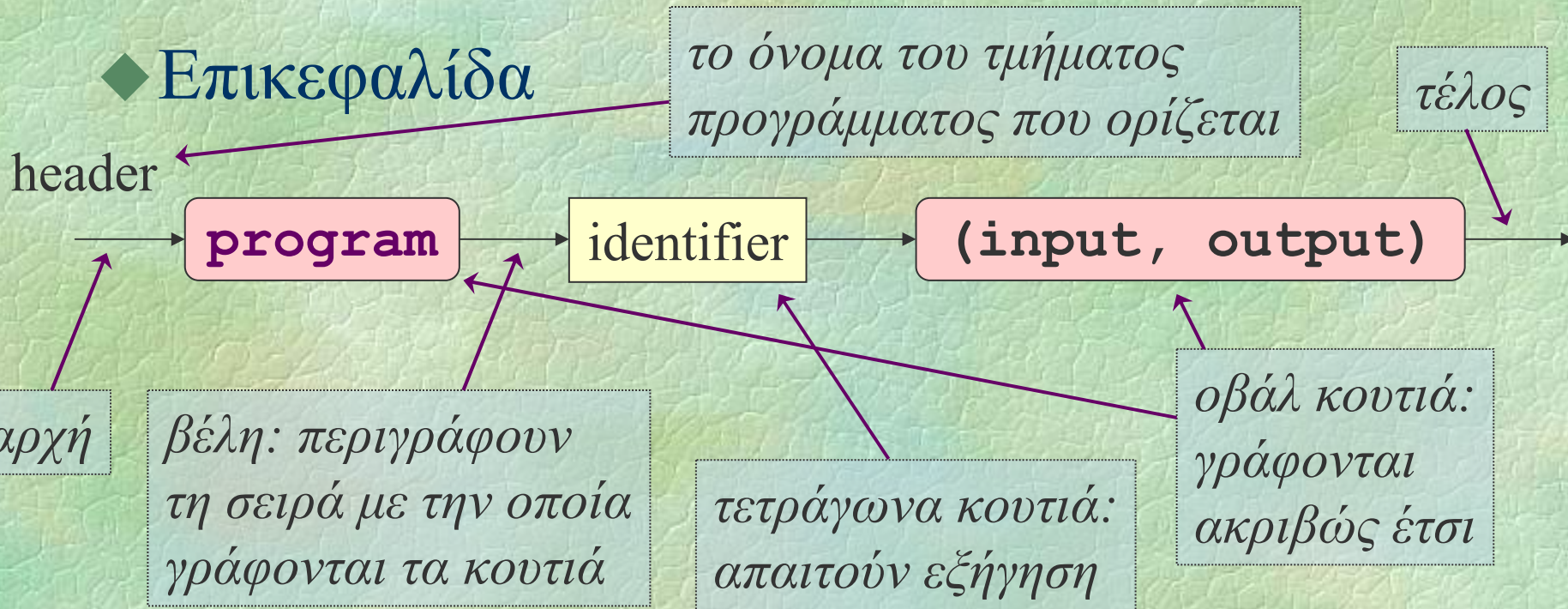
```
int i, j;
```

```
void main()  
{  
    i=15; j=23;  
    printf("sum of i and j is: ");  
    i=i+j;  
    printf("%d", i);  
}
```


Δομή του προγράμματος

(ii)

◆ Επικεφαλίδα



Συντακτικό διάγραμμα

- περιγράφει τη σύνταξη ενός τμήματος του προγράμματος

◆ Δηλώσεις μεταβλητών

- **μεταβλητή**: ένα «κουτί» της μνήμης του υπολογιστή όπου μπορεί να αποθηκευτεί μια πληροφορία (ένα δεδομένο)
- στο τμήμα δηλώσεων ορίζουμε **όλες** τις μεταβλητές που χρησιμοποιεί το πρόγραμμα
- για κάθε μεταβλητή ορίζουμε το **όνομά** της και τον **τύπο** της, δηλαδή το πεδίο των δυνατών τιμών που μπορεί η μεταβλητή να πάρει

```
var i : integer;
```


Δομή του προγράμματος

(iv)

◆ Απλοί τύποι μεταβλητών

- **integer** *ακέραιοι αριθμοί* 0, 1, -3
- **real** *πραγματικοί αριθμοί* 3.14
- **char** *χαρακτήρες* 'a'
- **boolean** *λογικές τιμές* true, false

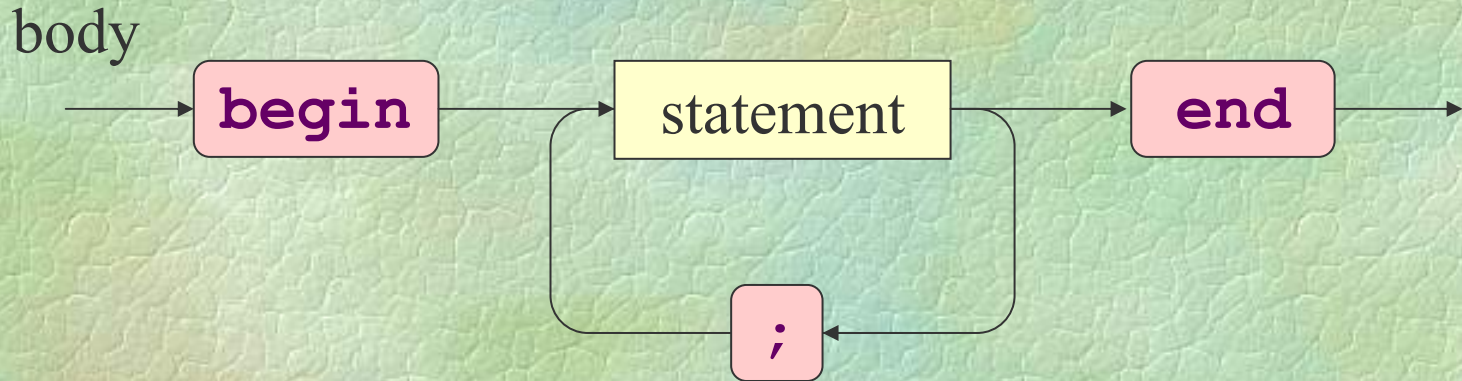
◆ Δήλωση περισσότερων μεταβλητών

```
var i,j,k      : integer;  
    x,y        : real;      ch : char;  
    changed    : boolean;
```


Δομή του προγράμματος

(v)

◆ Κυρίως σώμα



◆ Σχόλια

```
var x,y : real;    (* οι συντεταγμένες  
                    του κέντρου *)  
    r    : real;    (* η ακτίνα *)
```


Δομή του προγράμματος

(vi)

◆ Υποπρογράμματα

```
program example(input, output) ; επικεφαλίδα
```

```
var i, j : integer;
```

```
procedure add;      (* ορισμός της *)  
begin              (* διαδικασίας *)
```

```
    i:=i+j
```

```
end;
```

δηλώσεις

```
begin
```

```
    i:=15; j:=23;
```

```
    write('sum of i and j is: ');
```

```
    add;      (* κλήση της διαδικασίας *)
```

```
    write(i)
```

```
end.
```

κυρίως σώμα

Δομή του προγράμματος (C)

(vi)

◆ Υποπρογράμματα

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

```
int i, j;  
void add();  
{  
    i=i+j;  
}
```

```
void main()  
{  
    i=15; j=23;  
    printf("sum of i and j is: ");  
    add();  
    printf("%d", i);  
}
```


Τί σημαίνει ορθό πρόγραμμα

(i)

◆ Συντακτική ορθότητα

- το πρόγραμμα πρέπει να υπακούει στους συντακτικούς κανόνες της γλώσσας προγραμματισμού

◆ Συντακτικά σφάλματα στην Pascal

- εμφανίζονται όταν δεν ικανοποιούνται τα συντακτικά διαγράμματα
- παράδειγμα:
(**program**) input example, output;

Τί σημαίνει ορθό πρόγραμμα

(ii)

◆ Νοηματική ορθότητα

- το πρόγραμμα πρέπει να υπακούει τους νοηματικούς κανόνες της γλώσσας προγραμματισμού

◆ Νοηματικά σφάλματα στην Pascal

- εσφαλμένη χρήση τελεστών

```
n := 'a' + 1
```

- χρήση μεταβλητών χωρίς δήλωση

```
var n,i : integer;
```

```
begin
```

```
    n := i + j
```


Τί σημαίνει ορθό πρόγραμμα (iii)

◆ Σημασιολογική ορθότητα

- όταν το πρόγραμμα εκτελείται, πρέπει να κάνει ακριβώς **αυτό που θέλουμε** να κάνει

◆ Σημασιολογικά σφάλματα στην Pascal

- προέρχονται από την κακή σχεδίαση ή την κακή υλοποίηση του προγράμματος
- αυτά τα σφάλματα ονομάζονται συνήθως **bugs** και η διαδικασία εξάλειψής τους **debugging**

$x1 := (-b + \text{sqr}(b*b-4*a*c)) / (2*a)$

sqrt

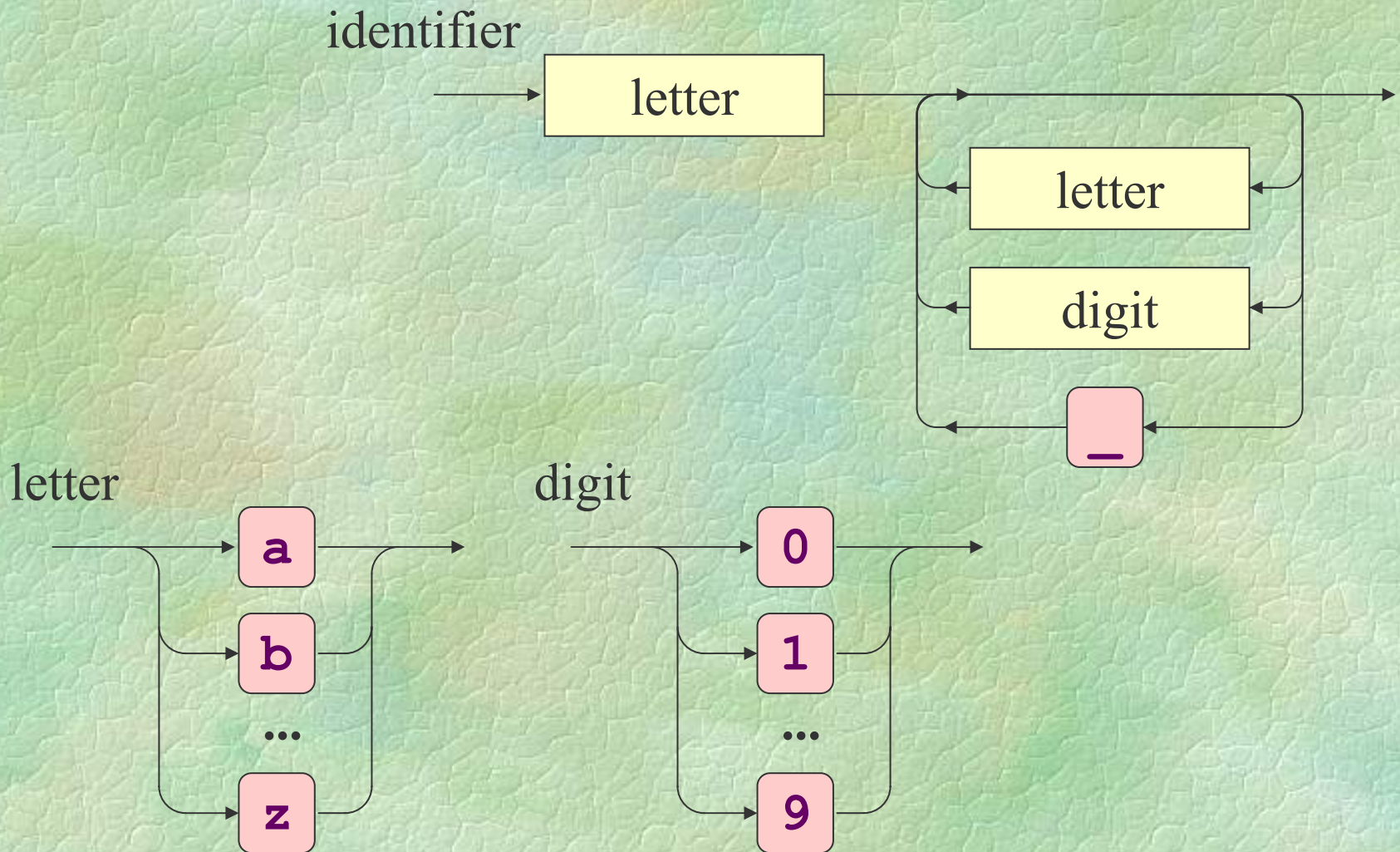
*διαίρεση με
το μηδέν*

Τί σημαίνει ορθό πρόγραμμα

(iv)

- ◆ Ο μεταγλωττιστής μπορεί να εντοπίσει σε ένα πρόγραμμα την ύπαρξη
 - **συντακτικών** σφαλμάτων
 - **νοηματικών** σφαλμάτων
- ◆ Τυπώνει κατάλληλα μηνύματα σφάλματος
- ◆ Ο προγραμματιστής είναι υπεύθυνος για
 - τη διόρθωση των παραπάνω
 - τον εντοπισμό και τη διόρθωση **σημασιολογικών** σφαλμάτων

Συντακτικά διαγράμματα



Ανάθεση τιμής σε μεταβλητή

◆ Παραδείγματα αναθέσεων

`n := 2`

`pi := 3.14159`

`done := true`

`ch := 'b'`

`counter := counter + 1`

`x1 := (-b + sqrt(b*b-4*a*c)) / (2*a)`

Επικοινωνία με το χρήστη

(i)

◆ Έξοδος στην οθόνη

```
write('Hello world')
```

```
write(x)
```

```
write(n+1)
```

```
write(x, y)
```

```
write('Η τιμή του x είναι ', x)
```

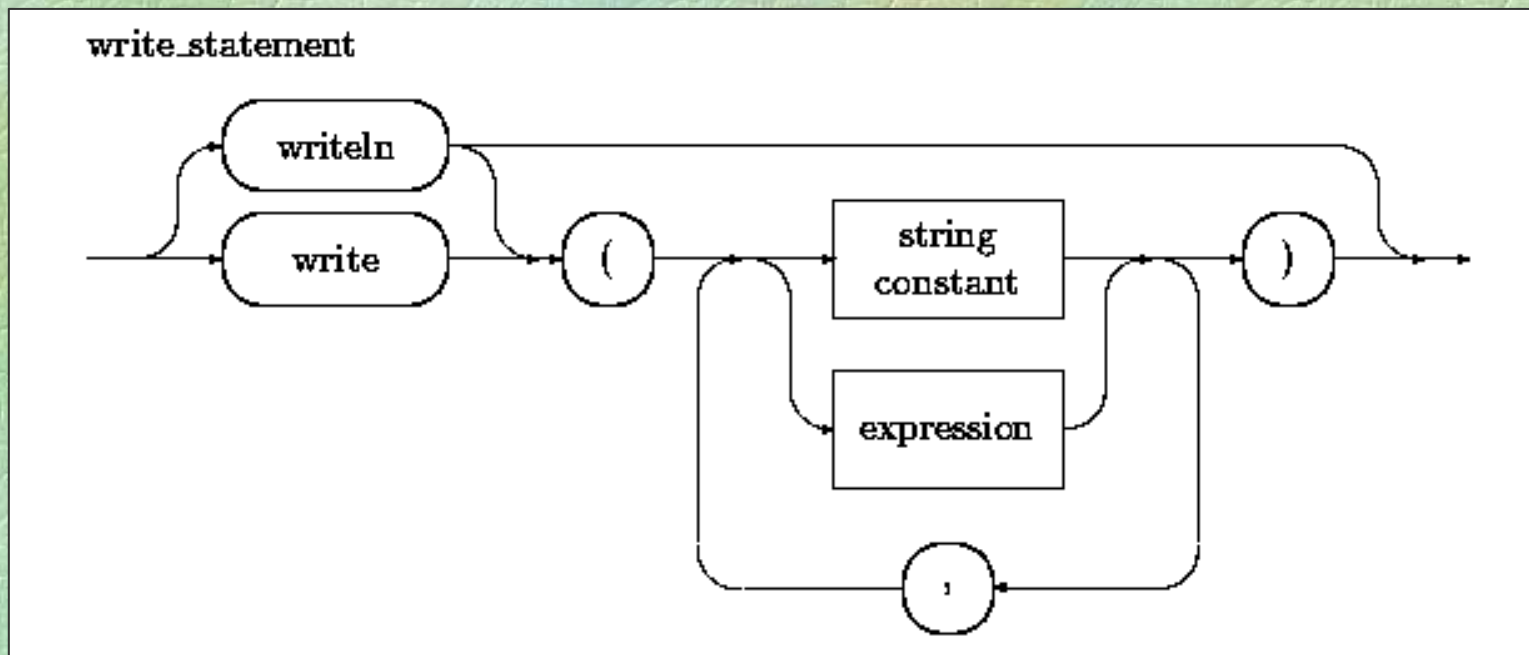
◆ Έξοδος με αλλαγή γραμμής

```
write('Η τιμή του');
```

```
writeln(' x είναι ', x);
```

```
writeln('Η τιμή του y είναι ', y)
```


◆ Συντακτικό διάγραμμα



Επικοινωνία με το χρήστη

(iii)

- ◆ Είσοδος από το πληκτρολόγιο

read(a)

- ◆ Είσοδος από το πληκτρολόγιο και διάβασμα μέχρι το τέλος της γραμμής

readln(b)

readln(x, y)

◆ Παράδειγμα

```
program example(input,output) ;  
  var n, m, sum : integer;  
begin  
  writeln('Προσθέτω δυο ακέραιους');  
  write('Δώσε το n: ');  
  readln(n);  
  write('Δώσε το m: ');  
  readln(m);  
  sum := n + m;  
  write('Το άθροισμα ', n, ' + ', m,  
        ' είναι: ');  
  writeln(sum)  
end.
```


Επικοινωνία με το χρήστη (C)

(iv)

◆ Παράδειγμα

```
#include <stdio.h>

void main()
{
    int n, m, sum;
    printf("Προσθέτω δύο ακεραίους\n");
    printf("Δώσε το n: ");
    scanf("%d\n",&n);
    printf("Δώσε το m: ");
    scanf("%d\n",&m);
    sum = n + m;
    printf("Το άθροισμα %d + %d είναι: ",n,m);
    printf("%d\n",sum);
}
```


Αριθμητικές παραστάσεις

(i)

◆ Απλές παραστάσεις

- σταθερές και μεταβλητές

◆ Απλές πράξεις

- πρόσθεση, αφαίρεση
+, -
- πολλαπλασιασμός
*
- διαίρεση πραγματικών αριθμών
/
- πηλίκo ακέραιας διαίρεσης
div
- υπόλοιπο ακέραιας διαίρεσης
mod
- πρόσημα
+, -

◆ Προτεραιότητα τελεστών

- π.χ. $5+3*\mathbf{x}-\mathbf{y} \equiv 5+(3*\mathbf{x})-\mathbf{y}$

◆ Προσεταιριστικότητα τελεστών

- π.χ. $\mathbf{x}-\mathbf{y}+1 \equiv (\mathbf{x}-\mathbf{y})+1$

◆ Σειρά εκτέλεσης των πράξεων

- καθορίζεται **εν μέρει** από την προτεραιότητα και την προσεταιριστικότητα των τελεστών
- γενικά όμως εξαρτάται από την υλοποίηση
- π.χ. $(\mathbf{x}+1)*(\mathbf{y}-1)$

Λογικές παραστάσεις

(i)

◆ Συγκρίσεις

- ισότητα, ανισότητα $=, <>$
- μεγαλύτερο, μικρότερο $>, <$
- μεγαλύτερο ή ίσο, μικρότερο ή ίσο $>=, <=$

◆ Λογικές πράξεις

- σύζευξη (και) **and**
- διάζευξη (ή) **or**
- άρνηση (όχι) **not**

Λογικές παραστάσεις

(ii)

◆ Πίνακες αλήθειας λογικών πράξεων

p	q	p and q
false	false	false
false	true	false
true	false	false
true	true	true

p	q	p or q
false	false	false
false	true	true
true	false	true
true	true	true

p	not p
false	true
true	false

◆ Προτεραιότητα λογικών τελεστών

- **not** : μεγαλύτερη προτεραιότητα από όλους
- **and** : όπως ο πολλαπλασιασμός
- **or** : όπως η πρόσθεση

- π.χ. **not p and q or r**
 $\equiv ((\text{not } p) \text{ and } q) \text{ or } r$

- π.χ. **x>3 and not y=5**
 $\equiv x > (3 \text{ and } (\text{not } y)) = 5$

- π.χ. **(x>3) and not (y=5)**

Λάθος!

Σωστό

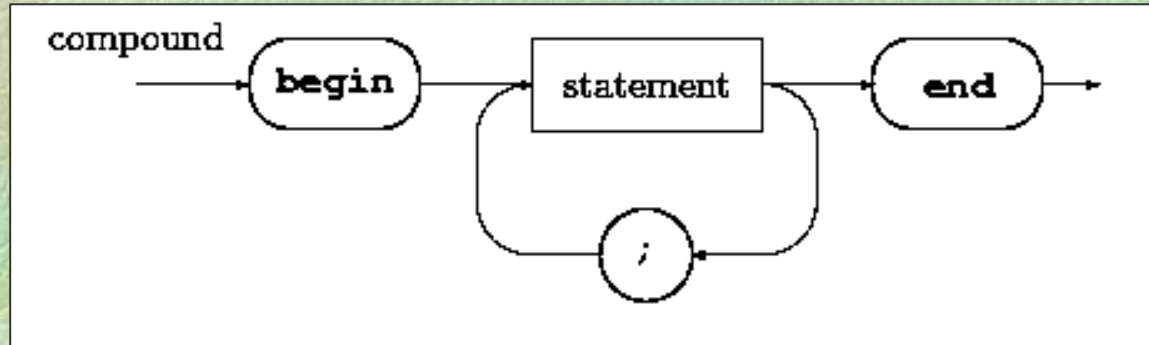
Δομές ελέγχου

- ◆ Τροποποιούν τη **σειρά εκτέλεσης** των εντολών του προγράμματος
- ◆ Οι εντολές φυσιολογικά εκτελούνται κατά σειρά από την αρχή μέχρι το τέλος
- ◆ Με τις δομές ελέγχου επιτυγχάνεται:
 - **ομαδοποίηση** εντολών
 - εκτέλεση εντολών **υπό συνθήκη**
 - **επανάληψη** εντολών

Σύνθετη εντολή

(i)

- ◆ Ομαδοποίηση πολλών εντολών σε μία
- ◆ Χρήσιμη σε συνδυασμό με άλλες δομές
- ◆ Συντακτικό διάγραμμα



◆ Παραδείγματα

```
begin
  x:= 2; y:=3; z:=3;
  writeln(x, y, z)
end
```

```
begin
  x:= 2; y:=3;
  begin
    z:=3;
    write(x, y, z)
  end;
  writeln
end
```


Σύνθετη εντολή (C)

(ii)

◆ Παραδείγματα

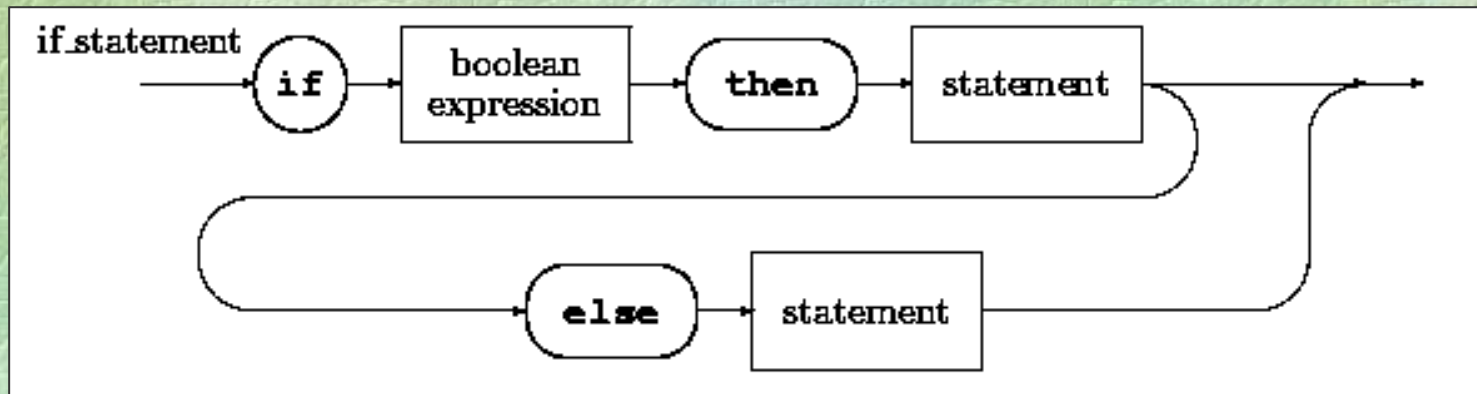
```
{  
    x=2; y=3; z=3;  
    printf("%d %d %d\n",x,y,z);  
}
```

```
{  
    x=2; y=3;  
    {  
        z=3;  
        printf("%d %d %d",x,y,z);  
    }  
    printf("\n");  
}
```


Εντολή if

(i)

- ◆ Εκτέλεση εντολών υπό συνθήκη
- ◆ Συντακτικό διάγραμμα



◆ Παραδείγματα

```
if x>10 then x:=x+1
```

```
if age<10 then write('παιδί')
```

```
if (year>1900) and (year<=2000) then  
  write('20ός αιώνας')
```

```
if (year mod 4 = 0) and  
   (year mod 100 <> 0) or  
   (year mod 400 = 0) and  
   (year mod 4000 <> 0) then  
  write('δίσεκτο έτος')
```


Εντολή if (C)

(ii)

◆ Παραδείγματα

```
if (x>10)
```

```
    x = x+1;
```

```
if (age<10)
```

```
    printf("παιδί");
```

```
if ((year>1900) && (year<=2000))
```

```
    printf("20ός αιώνας");
```

```
if ((year%4==0) &&
```

```
    (year%100!=0) ||
```

```
    (year%400==0) &&
```

```
    (year%4000!=0))
```

```
    printf("δίσεκτο έτος");
```


◆ Παραδείγματα (συνέχεια)

```
if changed then  
begin
```

```
    writeln('Το αρχείο άλλαξε');  
    changed := false
```

```
end
```

```
if x mod 2 = 0 then write('άρτιος')  
    else write('περιττός')
```

```
if mine then begin me:=1; you:=0 end  
    else begin me:=0; you:=1 end
```

```
if x > y then write('μεγαλύτερο')  
    else if x < y then write('μικρότερο')  
        else write('ίσο')
```


◆ Παραδείγματα (συνέχεια)

```
if (changed)
{
    printf("Το αρχείο άλλαξε\n");
    changed = 0;
}

if (x%2==0) printf("άρτιος");
else printf("περιττός");

if (mine) { me=1; you=0; }
else { me=0; you=1; }

if (x>y) printf("μεγαλύτερο");
else if (x<y) printf("μικρότερο");
else printf("ίσο");
```


- ◆ Ένα **else** αντιστοιχεί στο πλησιέστερο προηγούμενο **if** που δεν έχει ήδη αντιστοιχιστεί σε άλλο **else**
- ◆ Παράδειγμα

```
if x>0 then
    if y>0 then
        write('πρώτο τεταρτημόριο')
    else if y<0 then
        write('τέταρτο τεταρτημόριο')
    else
        write('άξονας των x')
```


Εντολή if (C)

(iv)

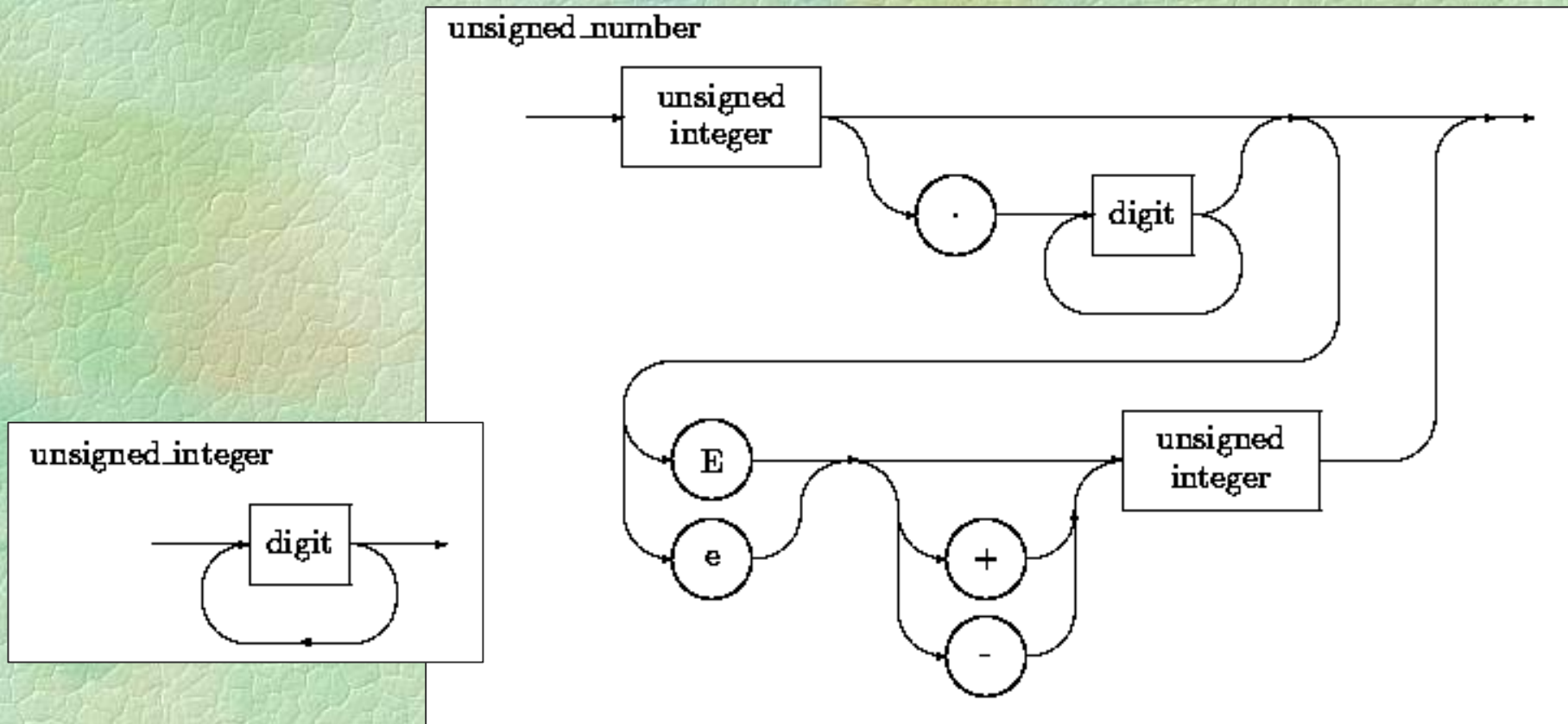
- ◆ Ένα **else** αντιστοιχεί στο πλησιέστερο προηγούμενο **if** που δεν έχει ήδη αντιστοιχιστεί σε άλλο **else**
- ◆ Παράδειγμα

```
if (x>0)
    if (y>0)
        printf("πρώτο τεταρτημόριο");
    else if (y<0)
        printf("τέταρτο τεταρτημόριο");
    else
        printf("άξονας των x");
```


Σύνταξη παραστάσεων

(i)

◆ Σταθερές



(ii)

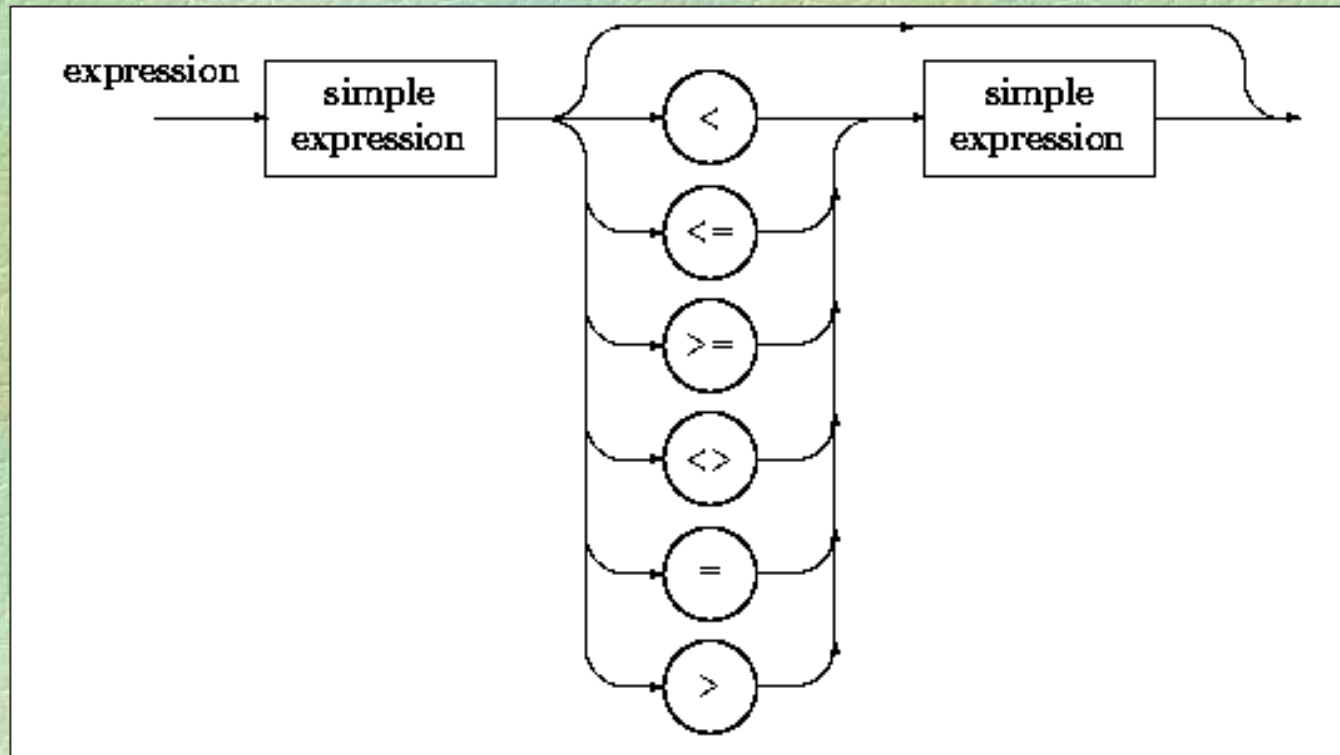
```

graph LR
    variable --> identifier1[identifier]
    identifier1 --> L1(( ))
    L1 --> L1
    L1 --> L2(( ))
    L2 --> L2
    L2 --> L3(( ))
    L3 --> L3
    L3 --> L4(( ))
    L4 --> L4
    L4 --> L5(( ))
    L5 --> L5
    L5 --> L6(( ))
    L6 --> L6
    L6 --> L7(( ))
    L7 --> L7
    L7 --> L8(( ))
    L8 --> L8
    L8 --> L9(( ))
    L9 --> L9
    L9 --> L10(( ))
    L10 --> L10
    L10 --> L11(( ))
    L11 --> L11
    L11 --> L12(( ))
    L12 --> L12
    L12 --> L13(( ))
    L13 --> L13
    L13 --> L14(( ))
    L14 --> L14
    L14 --> L15(( ))
    L15 --> L15
    L15 --> L16(( ))
    L16 --> L16
    L16 --> L17(( ))
    L17 --> L17
    L17 --> L18(( ))
    L18 --> L18
    L18 --> L19(( ))
    L19 --> L19
    L19 --> L20(( ))
    L20 --> L20
    L20 --> L21(( ))
    L21 --> L21
    L21 --> L22(( ))
    L22 --> L22
    L22 --> L23(( ))
    L23 --> L23
    L23 --> L24(( ))
    L24 --> L24
    L24 --> L25(( ))
    L25 --> L25
    L25 --> L26(( ))
    L26 --> L26
    L26 --> L27(( ))
    L27 --> L27
    L27 --> L28(( ))
    L28 --> L28
    L28 --> L29(( ))
    L29 --> L29
    L29 --> L30(( ))
    L30 --> L30
    L30 --> L31(( ))
    L31 --> L31
    L31 --> L32(( ))
    L32 --> L32
    L32 --> L33(( ))
    L33 --> L33
    L33 --> L34(( ))
    L34 --> L34
    L34 --> L35(( ))
    L35 --> L35
    L35 --> L36(( ))
    L36 --> L36
    L36 --> L37(( ))
    L37 --> L37
    L37 --> L38(( ))
    L38 --> L38
    L38 --> L39(( ))
    L39 --> L39
    L39 --> L40(( ))
    L40 --> L40
    L40 --> L41(( ))
    L41 --> L41
    L41 --> L42(( ))
    L42 --> L42
    L42 --> L43(( ))
    L43 --> L43
    L43 --> L44(( ))
    L44 --> L44
    L44 --> L45(( ))
    L45 --> L45
    L45 --> L46(( ))
    L46 --> L46
    L46 --> L47(( ))
    L47 --> L47
    L47 --> L48(( ))
    L48 --> L48
    L48 --> L49(( ))
    L49 --> L49
    L49 --> L50(( ))
    L50 --> L50
    L50 --> L51(( ))
    L51 --> L51
    L51 --> L52(( ))
    L52 --> L52
    L52 --> L53(( ))
    L53 --> L53
    L53 --> L54(( ))
    L54 --> L54
    L54 --> L55(( ))
    L55 --> L55
    L55 --> L56(( ))
    L56 --> L56
    L56 --> L57(( ))
    L57 --> L57
    L57 --> L58(( ))
    L58 --> L58
    L58 --> L59(( ))
    L59 --> L59
    L59 --> L60(( ))
    L60 --> L60
    L60 --> L61(( ))
    L61 --> L61
    L61 --> L62(( ))
    L62 --> L62
    L62 --> L63(( ))
    L63 --> L63
    L63 --> L64(( ))
    L64 --> L64
    L64 --> L65(( ))
    L65 --> L65
    L65 --> L66(( ))
    L66 --> L66
    L66 --> L67(( ))
    L67 --> L67
    L67 --> L68(( ))
    L68 --> L68
    L68 --> L69(( ))
    L69 --> L69
    L69 --> L70(( ))
    L70 --> L70
    L70 --> L71(( ))
    L71 --> L71
    L71 --> L72(( ))
    L72 --> L72
    L72 --> L73(( ))
    L73 --> L73
    L73 --> L74(( ))
    L74 --> L74
    L74 --> L75(( ))
    L75 --> L75
    L75 --> L76(( ))
    L76 --> L76
    L76 --> L77(( ))
    L77 --> L77
    L77 --> L78(( ))
    L78 --> L78
    L78 --> L79(( ))
    L79 --> L79
    L79 --> L80(( ))
    L80 --> L80
    L80 --> L81(( ))
    L81 --> L81
    L81 --> L82(( ))
    L82 --> L82
    L82 --> L83(( ))
    L83 --> L83
    L83 --> L84(( ))
    L84 --> L84
    L84 --> L85(( ))
    L85 --> L85
    L85 --> L86(( ))
    L86 --> L86
    L86 --> L87(( ))
    L87 --> L87
    L87 --> L88(( ))
    L88 --> L88
    L88 --> L89(( ))
    L89 --> L89
    L89 --> L90(( ))
    L90 --> L90
    L90 --> L91(( ))
    L91 --> L91
    L91 --> L92(( ))
    L92 --> L92
    L92 --> L93(( ))
    L93 --> L93
    L93 --> L94(( ))
    L94 --> L94
    L94 --> L95(( ))
    L95 --> L95
    L95 --> L96(( ))
    L96 --> L96
    L96 --> L97(( ))
    L97 --> L97
    L97 --> L98(( ))
    L98 --> L98
    L98 --> L99(( ))
    L99 --> L99
    L99 --> L100(( ))
    L100 --> L100
    L100 --> L101(( ))
    L101 --> L101
    L101 --> L102(( ))
    L102 --> L102
    L102 --> L103(( ))
    L103 --> L103
    L103 --> L104(( ))
    L104 --> L104
    L104 --> L105(( ))
    L105 --> L105
    L105 --> L106(( ))
    L106 --> L106
    L106 --> L107(( ))
    L107 --> L107
    L107 --> L108(( ))
    L108 --> L108
    L108 --> L109(( ))
    L109 --> L109
    L109 --> L110(( ))
    L110 --> L110
    L110 --> L111(( ))
    L111 --> L111
    L111 --> L112(( ))
    L112 --> L112
    L112 --> L113(( ))
    L113 --> L113
    L113 --> L114(( ))
    L114 --> L114
    L114 --> L115(( ))
    L115 --> L115
    L115 --> L116(( ))
    L116 --> L116
    L116 --> L117(( ))
    L117 --> L117
    L117 --> L118(( ))
    L118 --> L118
    L118 --> L119(( ))
    L119 --> L119
    L119 --> L120(( ))
    L120 --> L120
    L120 --> L121(( ))
    L121 --> L121
    L121 --> L122(( ))
    L122 --> L122
    L122 --> L123(( ))
    L123 --> L123
    L123 --> L124(( ))
    L124 --> L124
    L124 --> L125(( ))
    L125 --> L125
    L125 --> L126(( ))
    L126 --> L126
    L126 --> L127(( ))
    L127 --> L127
    L127 --> L128(( ))
    L128 --> L128
    L128 --> L129(( ))
    L129 --> L129
    L129 --> L130(( ))
    L130 --> L130
    L130 --> L131(( ))
    L131 --> L131
    L131 --> L132(( ))
    L132 --> L132
    L132 --> L133(( ))
    L133 --> L133
    L133 --> L134(( ))
    L134 --> L134
    L134 --> L135(( ))
    L135 --> L135
    L135 --> L136(( ))
    L136 --> L136
    L136 --> L137(( ))
    L137 --> L137
    L137 --> L138(( ))
    L138 --> L138
    L138 --> L139(( ))
    L139 --> L139
    L139 --> L140(( ))
    L140 --> L140
    L140 --> L141(( ))
    L141 --> L141
    L141 --> L142(( ))
    L142 --> L142
    L142 --> L143(( ))
    L143 --> L143
    L143 --> L144(( ))
    L144 --> L144
    L144 --> L145(( ))
    L145 --> L145
    L145 --> L146(( ))
    L146 --> L146
    L146 --> L147(( ))
    L147 --> L147
    L147 --> L148(( ))
    L148 --> L148
    L148 --> L149(( ))
    L149 --> L149
    L149 --> L150
```


Σύνταξη παραστάσεων

(iii)

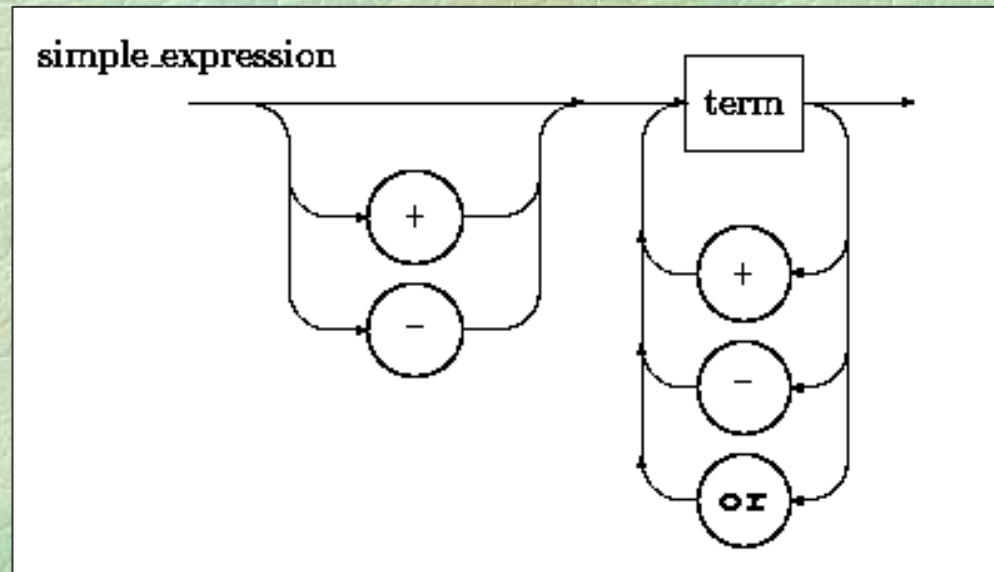
◆ Παράσταση



Σύνταξη παραστάσεων

(iv)

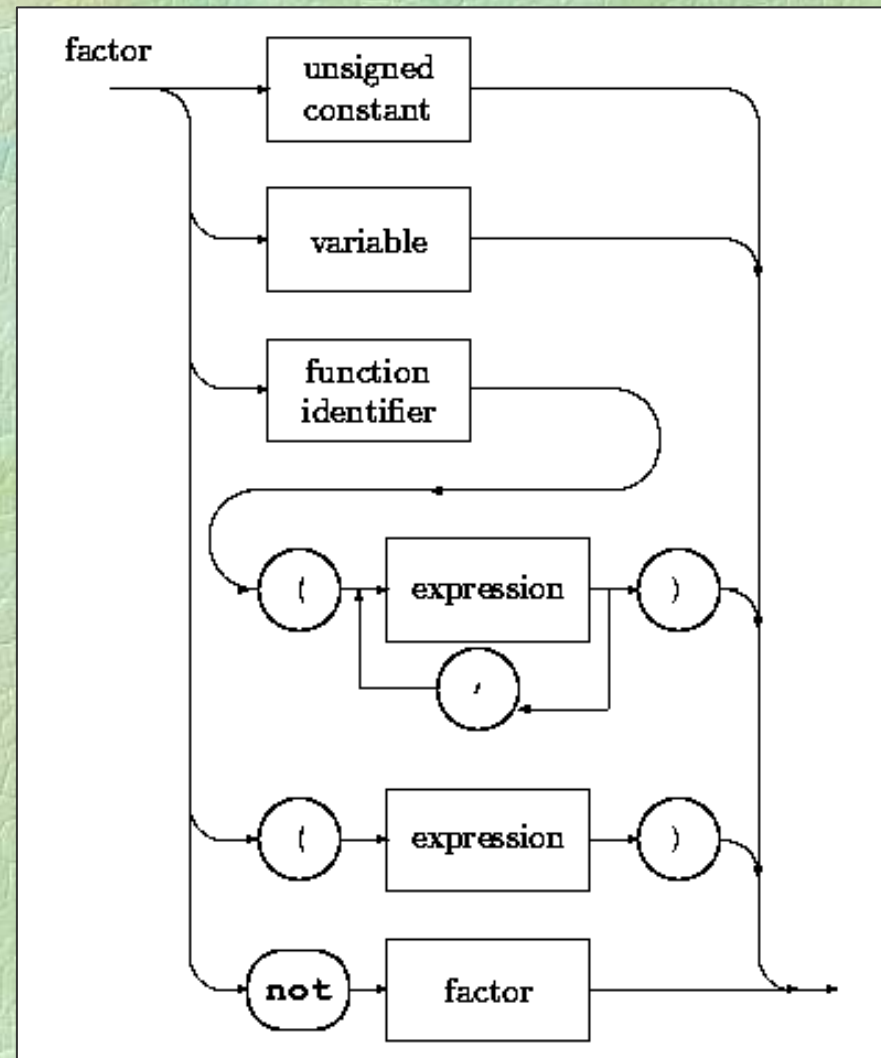
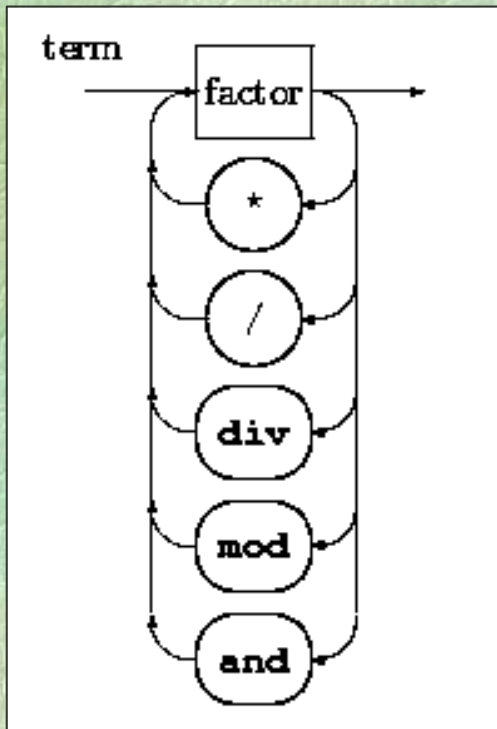
◆ Απλή παράσταση



Σύνταξη παραστάσεων

(v)

◆ Όροι και παράγοντες



Παραδείγματα παραστάσεων

(i)

Συντακτικά ορθή παράσταση	Πώς διαβάζεται (σχόλια)	Τύπος αποτελέ- σματος	Τιμή αποτε- λέσμα- τος
<code>5 = 1</code>	5 ίσον με 1	boolean	false
<code>5 >= 1</code>	5 μεγαλύτερο ή ίσον με το 1	boolean	true
<code>5 <> 1</code>	5 διάφορο από το 1	boolean	true
<code>grade > small</code>	grade μεγαλύτερο του small	boolean	?
<code>not done</code>	άρνηση του done	boolean	?
<code>(5 <> 1) and (1 > 2)</code>	Χρήση του τελεστή and	boolean	false

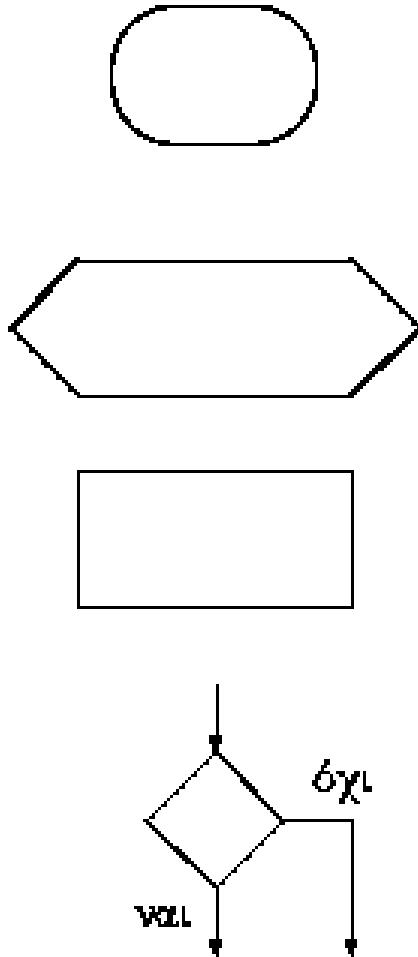
Παραδείγματα παραστάσεων

(ii)

Συντακτικά ορθή παράσταση	Πώς διαβάζεται (σχόλια)	Τύπος αποτελέ- σματος	Τιμή αποτε- λέσμα- τος
$(5 <> 1) \text{ or } (2 < 1)$	Χρήση του τελεστή or	boolean	true
$(6 \text{ div } 3) > 1$	Χρήση του τελεστή div	boolean	true
$(t > 1) \text{ or } (k > 2)$	Χρήση του τελεστή or	boolean	?
$(7 \text{ mod } 2 > 0) \text{ and } (10 \text{ div } 2 > 3)$	Χρήση διαφόρων πράξεων	boolean	true
$9 * (10\text{E}-2) * 101$		real	90.9
$10\text{E}3 - 9 * 3 * (24 \text{ mod } 6 + 1)$		real	9973.0

Λογικά διαγράμματα ροής

(i)



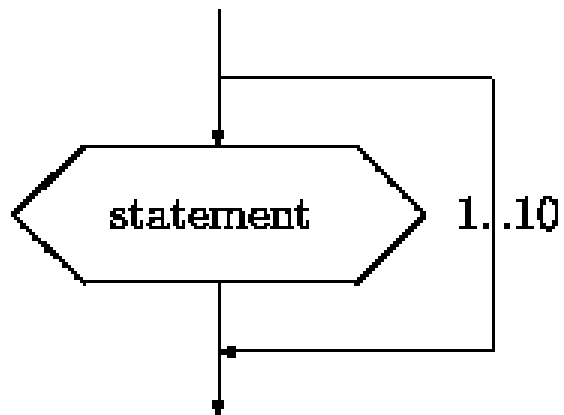
- ◆ Αρχή και τέλος
- ◆ Ολόκληρες λειτουργίες ή διαδικασίες
- ◆ Απλές εντολές
- ◆ Έλεγχος συνθήκης

Λογικά διαγράμματα ροής

(ii)



◆ Λειτουργία
εισόδου/εξόδου



◆ Επανάληψη (βρόχος)

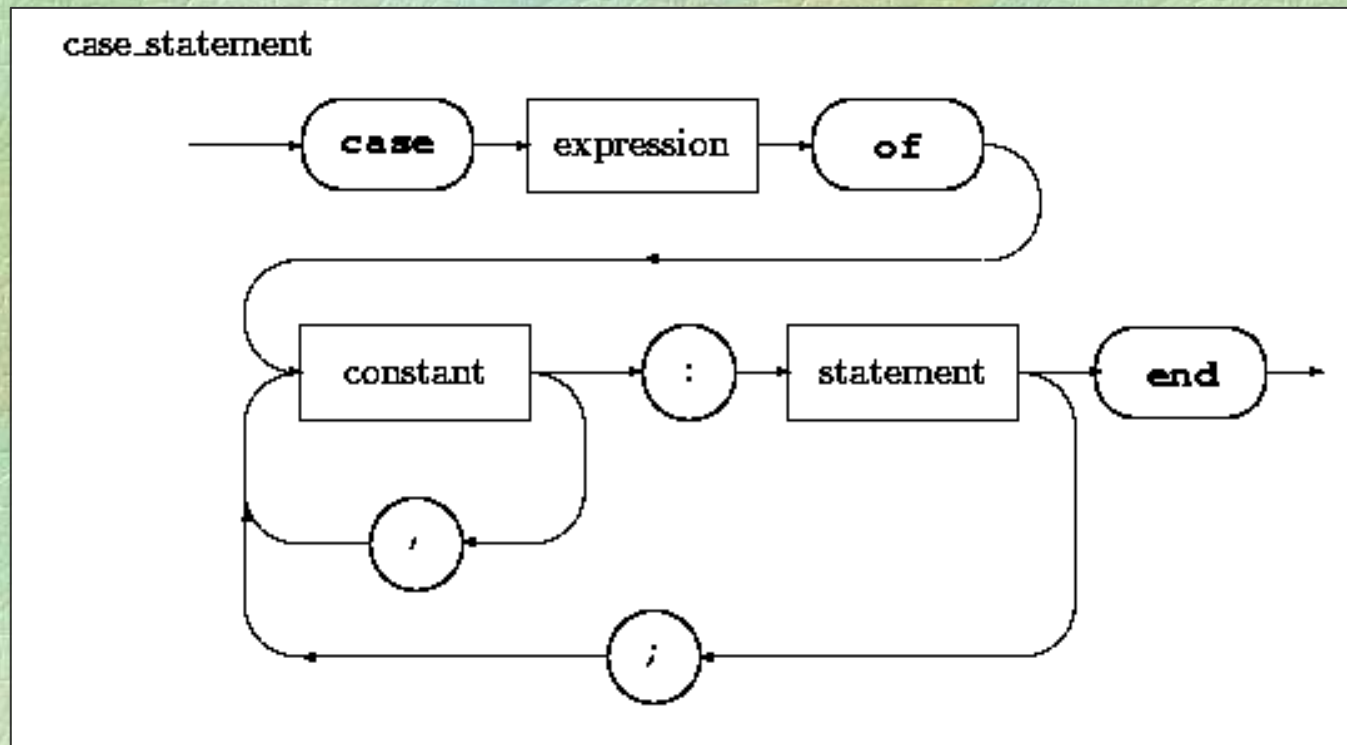
- ◆ Εκτέλεση υπό συνθήκη για πολλές διαφορετικές περιπτώσεις
- ◆ Προσφέρεται π.χ. αντί του:

```
if month=1 then
    write('Ιανουάριος')
else if month=2 then
    write('Φεβρουάριος')
else if month=3 then
    write('Μάρτιος')
else if ...
    ...
else if month=12 then
    write('Δεκέμβριος')
```


Εντολή case

(ii)

◆ Συντακτικό διάγραμμα



◆ Παραδείγματα

```
case month of
  1: write('Ιανουάριος');
  2: write('Φεβρουάριος');
  3: write('Μάρτιος');
  ...
  12: write('Δεκέμβριος')
end (* case *)
```

```
case month of
  1,3,5,7,8,10,12 : write('31 μέρες');
  4,6,9,11       : write('30 μέρες');
  2              : write('28 ή 29')
end (* case *)
```


◆ Παραδείγματα

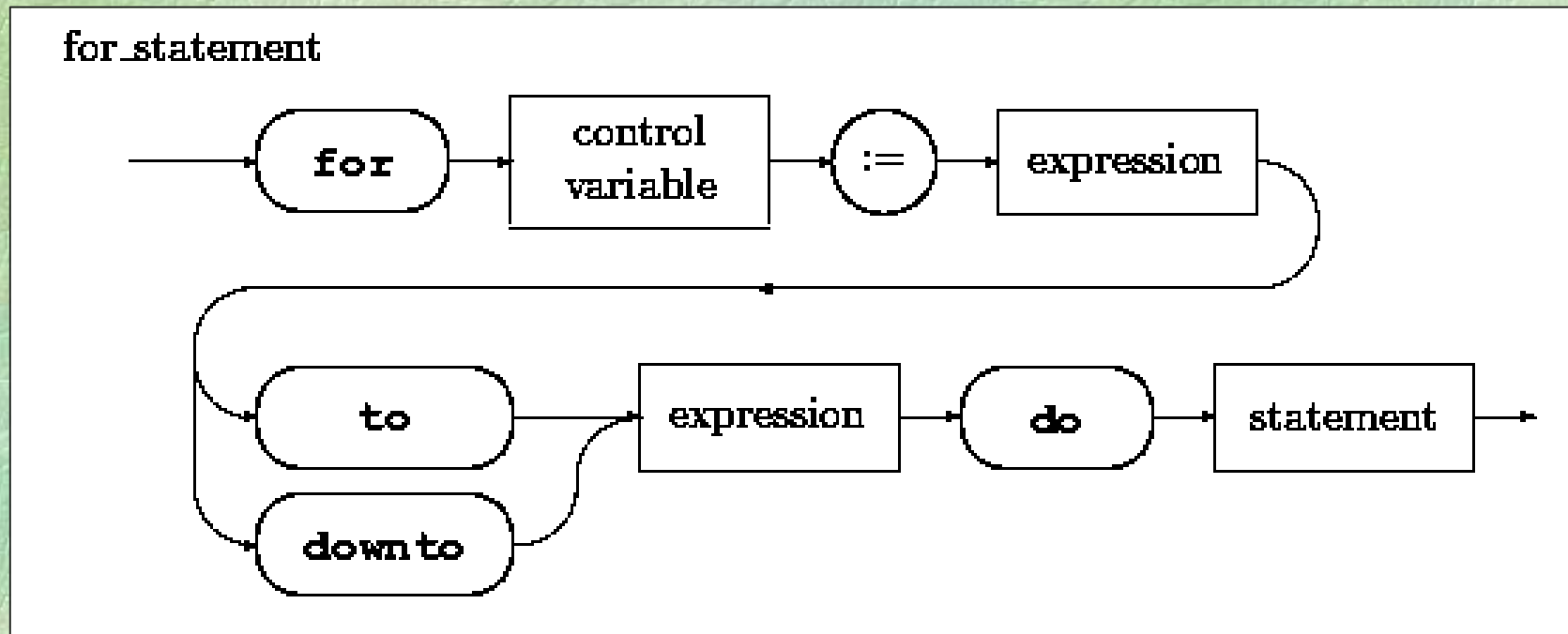
```
switch (month)
{
    case 1: printf("Ιανουάριος"); break;
    case 2: printf("Φεβρουάριος"); break;
    case 3: printf("Μάρτιος"); break;
    ...
    case 12: printf("Δεκέμβριος"); break;
}

switch (month)
{
    case 1: case 3: case 5: case 7: case 8: case 10: case 12:
        printf("31 μέρες"); break;
    case 4: case 6: case 9: case 11:
        printf("30 μέρες"); break;
    case 2:
        printf("28 ή 29"); break;
}
```


Εντολή for

(i)

- ◆ Βρόχος με σταθερό αριθμό επαναλήψεων
- ◆ Συντακτικό διάγραμμα



Εντολή for

(ii)

◆ Παραδείγματα

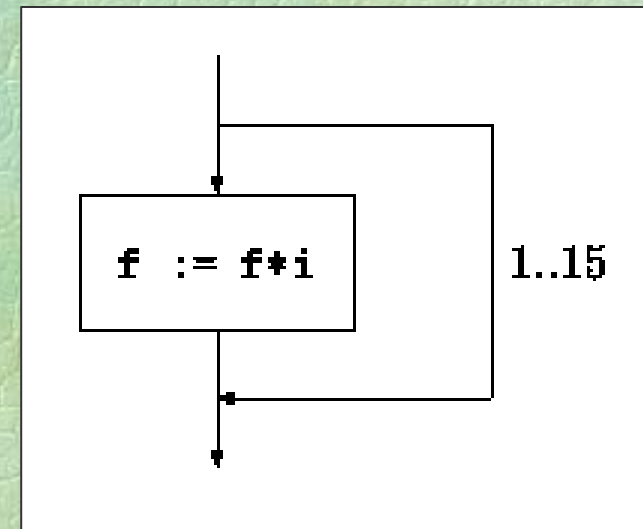
```
for i:=1 to 10 do writeln(i)
```

```
for i:=10 downto 1 do writeln(i)
```

```
for i:=41 downto -3 do  
  write('*')
```

```
f:=1;
```

```
for i:=1 to 15 do  
  f:=f*i
```



Εντολή for (C)

(ii)

◆ Παραδείγματα

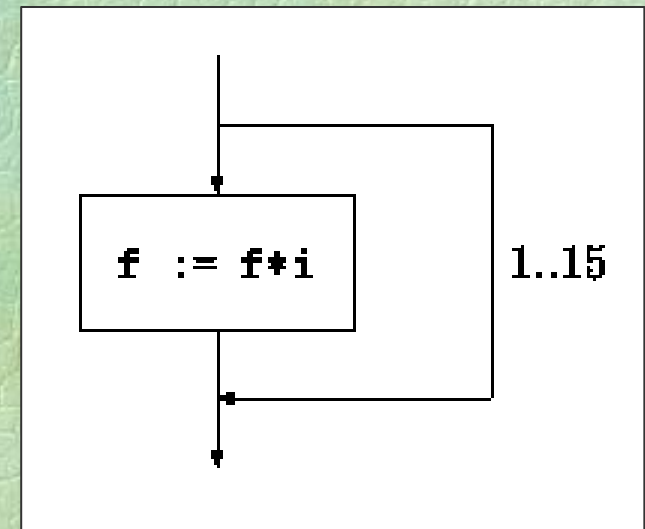
```
for (i=1; i<=10; i++) printf("%d\n",i);
```

```
for (i=10; i>=1; i--) printf("%d\n",i);
```

```
for (i=41; i>=-3; i--)  
    printf("*");
```

```
f=1;
```

```
for (i=1; i<=15; i++) f=f*i;
```



Εντολή for

(iii)

◆ Παραδείγματα (συνέχεια)

```
for i:=1 to 5 do
begin
    for j:=1 to 10 do
        write('*');
    writeln
end
```

```
*****
*****
*****
*****
*****
```

```
for i:=1 to 5 do
begin
    for j:=1 to 2*i do
        write('*');
    writeln
end
```

```
**
****
*****
*****
*****
```


Εντολή for (C)

(iii)

◆ Παραδείγματα (συνέχεια)

```
for (i=1; i<=5; i++)  
{  
    for (j=1; j<=10; j++)  
        printf("*");  
    printf("\n");  
}
```

```
*****  
*****  
*****  
*****  
*****
```

```
for (i=1; i<=5; i++)  
{  
    for (j=1; j<=2*i; j++)  
        printf("*");  
    printf("\n");  
}
```

```
**  
****  
*****  
*****  
*****
```


◆ Ειδικές περιπτώσεις για τα όρια:

for *i*:=10 **to** 10 **do** ... (* μία φορά *)

for *i*:=12 **to** 10 **do** ... (* καμία φορά *)

◆ Η μεταβλητή ελέγχου δεν είναι ορισμένη μετά το τέλος του βρόχου

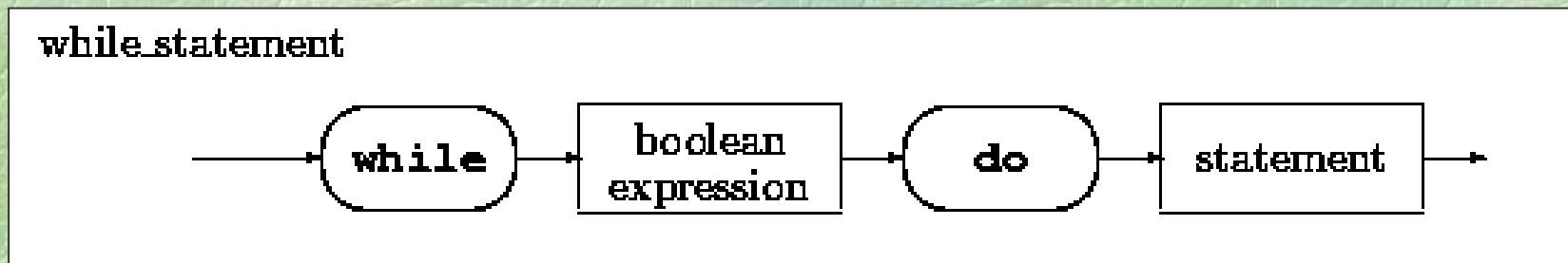
◆ Η μεταβλητή ελέγχου δεν μπορεί να μεταβληθεί (π.χ. με ανάθεση) μέσα στο σώμα του βρόχου

◆ Τα όρια υπολογίζονται μια φορά στην αρχή

Εντολή while

(i)

- ◆ Βρόχος όσο ικανοποιείται μια συνθήκη
- ◆ Συντακτικό διάγραμμα



- ◆ Παραδείγματα

```
while x>15 do k:=k+2
```

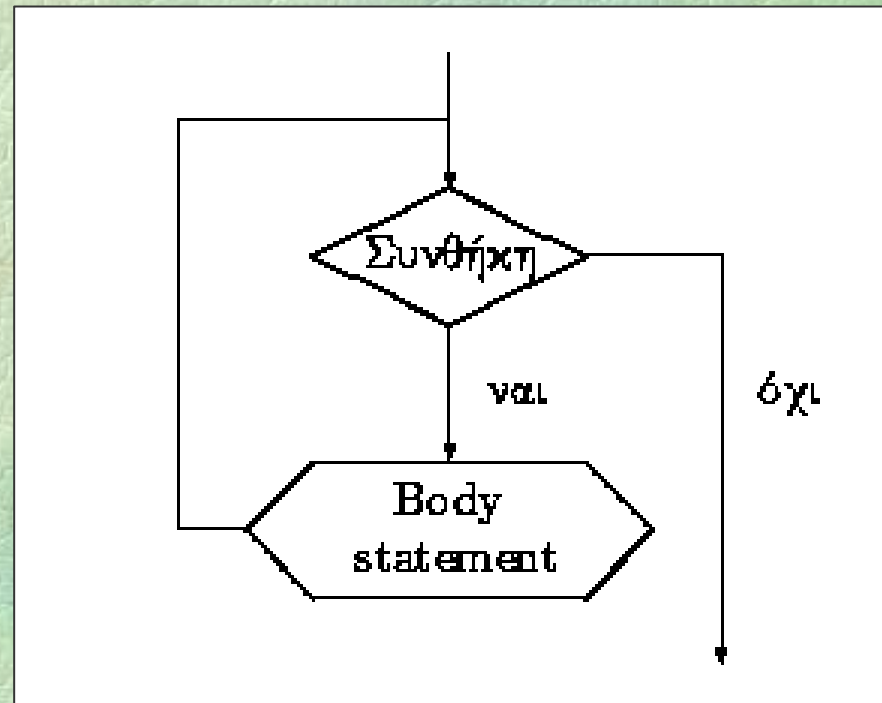
```
while state and (x>15) do  
begin x:=x-5; write(x) end
```


Εντολή while

(ii)

◆ Διάγραμμα ροής

while συνθήκη **do** σώμα



Εντολή while

(iii)

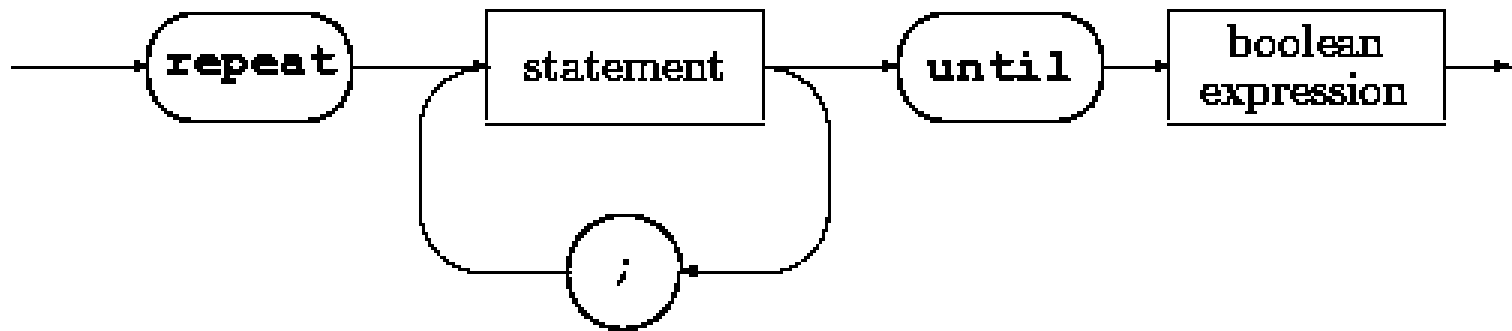
- ◆ Ο αριθμός επαναλήψεων γενικά δεν είναι γνωστός εκ των προτέρων
- ◆ Αν η συνθήκη είναι αρχικά ψευδής, ο βρόχος τερματίζεται χωρίς να εκτελεστεί το σώμα

Εντολή repeat

(i)

- ◆ Βρόχος μέχρι να ικανοποιηθεί μια συνθήκη
- ◆ Συντακτικό διάγραμμα

repeat_statement



◆ Παράδειγμα

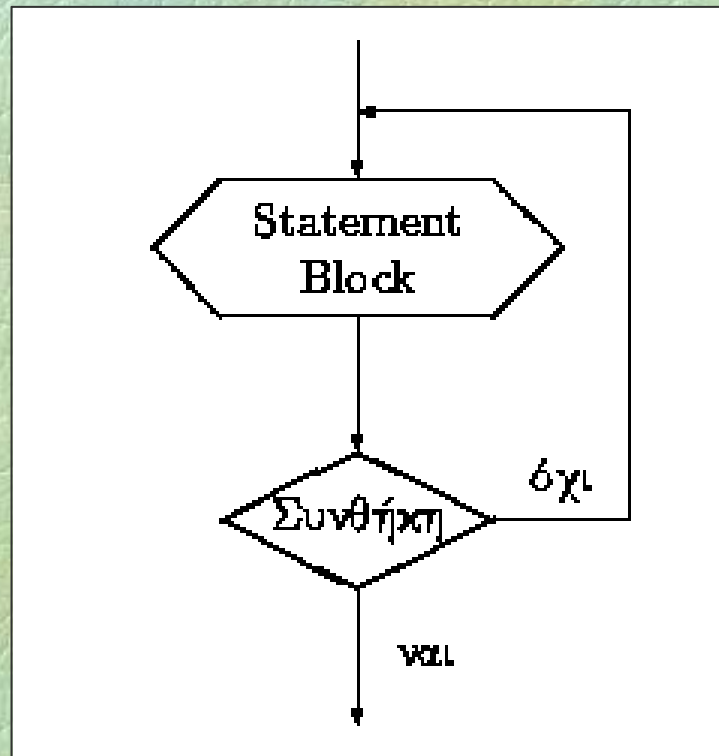
```
x:=1;
```

```
repeat writeln(x); x:=2*x until x>=500
```


Εντολή repeat

(ii)

◆ Διάγραμμα ροής



Εντολή repeat

(iii)

- ◆ Ο έλεγχος της συνθήκης γίνεται στο τέλος κάθε επανάληψης (και όχι στην αρχή)
- ◆ Το σώμα του βρόχου εκτελείται τουλάχιστον μία φορά
- ◆ Ο αριθμός επαναλήψεων γενικά δεν είναι γνωστός εκ των προτέρων

Εντολή repeat

(iv)

◆ Παράδειγμα

```
program primes(input, output);  
  var p,t : integer;  
begin  
  writeln(2); p:=1;  
  repeat p:=p+2; t:=1;  
    repeat t:=t+2  
      until p mod t = 0;  
    if p=t then writeln(p)  
  until p>100  
end.
```

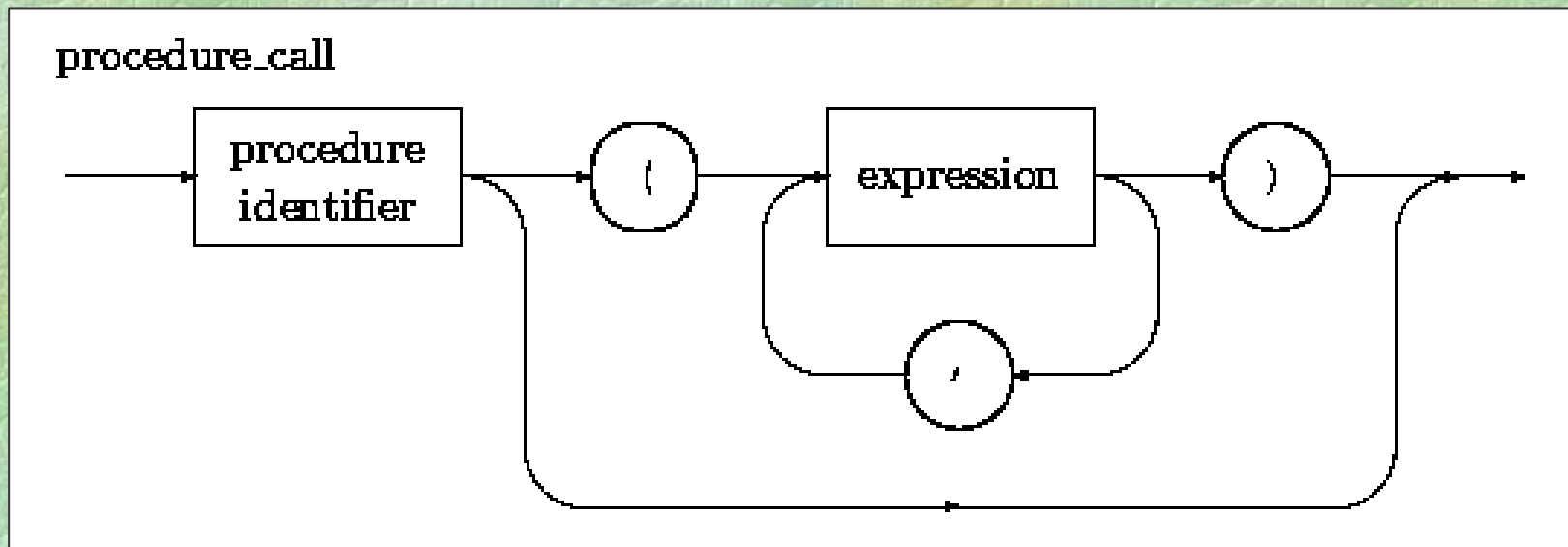
Output

2
3
5
7
11
...

p	t
1	
3	1
	3
5	1
	3
	5
7	1
	3
	5
	7
9	1
	3
11	1
	...

Κλήση διαδικασίας

◆ Συντακτικό διάγραμμα



◆ Παραδείγματα

`myproc(x, y+1, 3)`

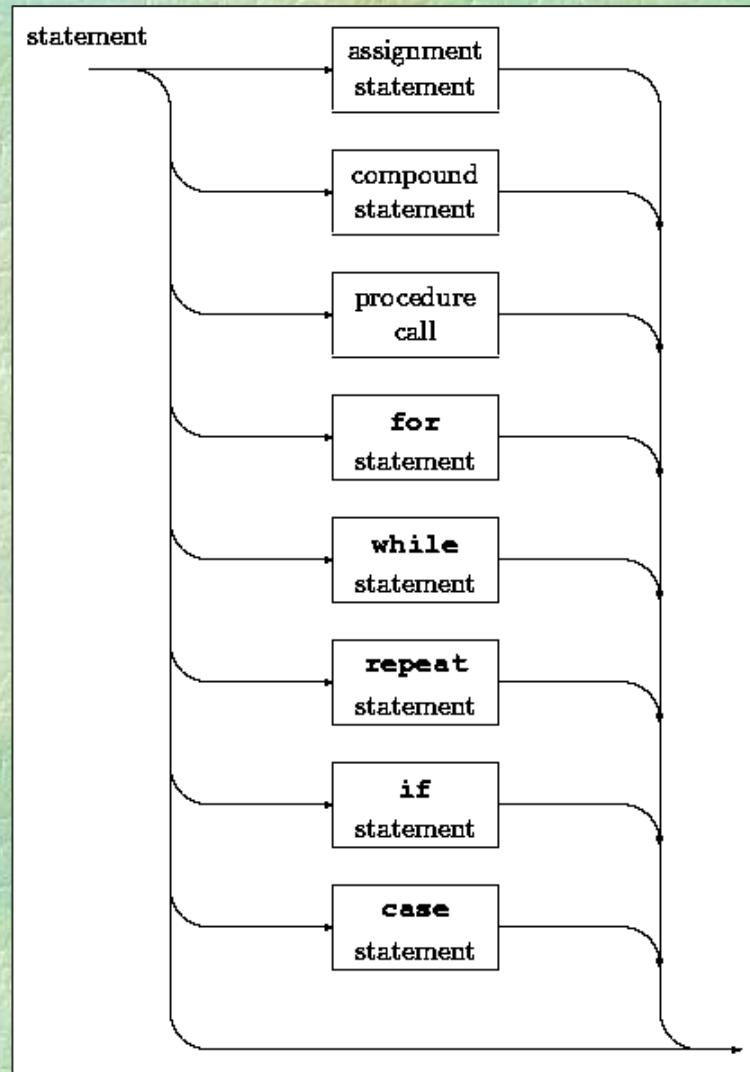
`write(x+y, 'wednesday', x-y); writeln`

Κενή εντολή

- ◆ Συμβολίζεται με την κενή συμβολοσειρά
- ◆ Δεν κάνει τίποτα όταν εκτελείται
- ◆ Παράδειγμα

```
if x>4 then
begin
  y:=1;
  x:=x-5;      (* εδώ υπάρχει μια
                κενή εντολή *)
end
```


Συντακτικό διάγραμμα εντολής



Δομημένος προγραμματισμός

(i)

- ◆ **Ιδέα:** κάθε ανεξάρτητη λειτουργία του προγράμματος πρέπει να αντιστοιχεί σε ανεξάρτητο υποπρόγραμμα
- ◆ **Πλεονεκτήματα**
 - Ευκολότερη ανάπτυξη προγραμμάτων («διαίρει και βασίλευε»)
 - Ευκολότερη ανίχνευση σφαλμάτων
 - Επαναχρησιμοποίηση έτοιμων υποπρογραμμάτων

Δομημένος προγραμματισμός

(ii)

```
program tasks(input, output);  
    var n1, n2, sum, expr : integer;  
    procedure arith(x,y : integer;  
                   var s,e : integer);  
    begin s := x+y;  
          e := sqr(x)+3*y+5  
    end;  
begin  
    write('Δώσε το n1: '); readln(n1);  
    write('Δώσε το n2: '); readln(n2);  
    arith(n1, n2, sum, expr);  
    writeln('Αθροισμα = ', sum,  
           ' έκφραση = ', expr)  
end.
```


- ◆ Ορίζονται στο τμήμα δηλώσεων
- ◆ Κάθε ορισμός διαδικασίας περιέχει:
 - την επικεφαλίδα της
 - τις δικές της δηλώσεις
 - το σώμα της
- ◆ Καλούνται με αναγραφή του ονόματός τους και απαρίθμηση των παραμέτρων

- ◆ **Εμβέλεια** ενός ονόματος (π.χ. μεταβλητής) είναι το τμήμα του προγράμματος όπου επιτρέπεται η χρήση του
- ◆ **Τοπικά (local)** ονόματα είναι αυτά που δηλώνονται σε ένα υποπρόγραμμα
- ◆ **Γενικά (global)** ονόματα είναι αυτά που δηλώνονται στο κυρίως πρόγραμμα

- ◆ **Τυπικές (formal)** παράμετροι ενός υποπρογράμματος είναι οι αυτές που ορίζονται στην επικεφαλίδα του
- ◆ **Πραγματικές (actual)** παράμετροι ενός υποπρογράμματος είναι αυτές που δίνονται κατά την κλήση του
- ◆ Σε κάθε κλήση, οι πραγματικές παράμετροι πρέπει να αντιστοιχούν μία προς μία στη σειρά και στον τύπο με τις τυπικές

- ◆ **Παράμετροι τιμών** (κλήση με τιμή):
πέραςμα πληροφοριών από το καλούν
(πρόγραμμα) προς το καλούμενο
(υποπρόγραμμα)
- ◆ **Παράμετροι μεταβλητών** (κλήση με αναφορά)
πέραςμα πληροφοριών από το καλούν
(πρόγραμμα) προς το καλούμενο
(υποπρόγραμμα)
και αντίστροφα


```
program tasks2(input, output);  
  var a, b : integer;  
  procedure nochange(x : integer);  
    var d : integer;  
  begin write('nochange: ',);  
        d:=2*x; x:=x+d; writeln(x)  
  end;  
  procedure change(var y : integer);  
  begin write('change: ',);  
        y:=y*2; writeln(y)  
  end;  
begin a:=1; b:=2; writeln(a,b);  
      nochange(a); change(a); writeln(a,b);  
      nochange(b); change(b); writeln(a,b)  
end.
```


- ◆ Όπως οι διαδικασίες, αλλά επιστρέφουν μια τιμή ως **αποτέλεσμα**
- ◆ Δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εντολές αλλά μόνο σε παραστάσεις

◆ Παράδειγμα

```
program funcall(input, output);  
  var n1, n2, n3 : integer;  
  function average(a,b,c : integer) :  
    integer;  
  begin  
    average := (a+b+c) div 3  
  end;  
begin  
  n1:=10; n2:=15; n3:=20;  
  writeln('Average: ',  
    average(n1, n2, n3))  
end.
```


Βαθμιαία συγκεκριμενοποίηση

◆ Περιγραφή επίλυσης προβλήματος

- Εισαγωγή και αποθήκευση δεδομένων
 - τρόπος εισαγωγής δεδομένων
 - έλεγχος ορθότητας δεδομένων
- Αλγόριθμος επεξεργασίας
 - περιγραφή του αλγορίθμου
 - κωδικοποίηση στη γλώσσα προγραμματισμού
- Παρουσίαση αποτελεσμάτων
 - τρόπος και μορφή παρουσίασης αποτελεσμάτων

◆ Περιγραφή προβλήματος

- Δίνονται δύο θετικοί ακέραιοι a, b
- Ζητείται ο μέγιστος κοινός διαιρέτης τους

◆ Απλός αλγόριθμος

```
z := min(a, b);  
while (a mod z <> 0)  
    or (b mod z <> 0) do z := z-1;  
writeln(z)
```

- Ο αριθμός επαναλήψεων του βρόχου είναι της τάξης του $\min(a, b)$

◆ Αλγόριθμος με αφαιρέσεις

- Ιδέα: αν $i > j$ τότε $\gcd(i, j) = \gcd(i-j, j)$
- Αντίστοιχο πρόγραμμα

```
i := a; j := b;  
while (i>0) and (j>0) do  
    if i>j then i := i-j else j := j-i;  
writeln(i+j)
```

- Στη χειρότερη περίπτωση, ο αριθμός επαναλήψεων είναι της τάξης του $\max(a, b)$
- Στη μέση περίπτωση όμως, αυτός ο αλγόριθμος είναι καλύτερος του προηγούμενου

◆ Αλγόριθμος του Ευκλείδη

- Ιδέα: αντί πολλαπλών αφαιρέσεων χρησιμοποιούμε το υπόλοιπο της διαίρεσης
- Αντίστοιχο πρόγραμμα

```
i := a; j := b;  
while (i>0) and (j>0) do  
    if i>j then i := i mod j  
    else j := j mod i;  
writeln(i+j)
```

- Στη χειρότερη περίπτωση, ο αριθμός επαναλήψεων είναι της τάξης του $\log(a+b)$


```
program gcd(input, output) ;  
    δηλώσεις ;  
begin αρχικό μήνυμα στο χρήστη ;  
    repeat μήνυμα που ζητάει είσοδο ;  
        διάβασμα δύο ακεραίων ;  
        if ορθή είσοδος then  
            begin αρχικοποίηση βρόχου ;  
                while δεν τελείωσε do  
                    χρήση της ιδέας του Ευκλείδη ;  
                    παρουσίαση αποτελεσμάτων  
                end  
            else μήνυμα σφάλματος  
        until συμφωνημένη είσοδος για τέλος  
end.
```

Πρώτη
προσέγγιση

◆ Συγκεκριμενοποίηση

Δεύτερη
προσέγγιση

- χρήση της ιδέας του Ευκλείδη

```
if i>j then i := i mod j  
      else j := j mod i
```

- συνθήκη «δεν τελείωσε»

```
(i>0) and (j>0)
```

- αρχικοποίηση βρόχου

```
i := a; j := b
```

- διάβασμα δύο ακεραίων

```
readln(a, b)
```


◆ Συγκεκριμενοποίηση (συνέχεια)

- ορθή είσοδος
($a > 0$) **and** ($b > 0$)
- συμφωνημένη είσοδος για τέλος
($a = 0$) **and** ($b = 0$)
- απομένουν μόνο: δηλώσεις, μηνύματα και σχόλια

Δεύτερη
προσέγγιση

◆ Συμπληρώνουμε τα παραπάνω στο πρόγραμμα

◆ Το τελικό πρόγραμμα

(* Ευκλείδειος αλγόριθμος
Στάθης Ζάχος, 19 Οκτωβρίου 1990 *)

```
program gcd(input, output);
```

```
  var a,b,i,j : integer;
```

```
begin
```

```
  writeln('Θα υπολογίσω το μ.κ.δ. ',  
        'δύο θετικών ακεραίων');
```

```
  repeat
```

```
    writeln('Δώσε δύο θετικούς ',  
          'ακέραιους ή 0 0 για έξοδο');  
    readln(a, b);
```


◆ Το τελικό πρόγραμμα (συνέχεια)

```
if (a>0) and (b>0) then
begin i:=a; j:=b;
  while (i>0) and (j>0) do
    if i>j then i := i mod j
    else j := j mod i;
  writeln('μκδ(', a, ', ', b,
    ') = ', i+j)
end
else writeln('δεν είναι θετικοί')
until (a=0) and (b=0)
end.
```


Αθροιστικό πρόγραμμα

(i)

```
program addition(input, output) ;  
    δηλώσεις ;  
begin αρχικό μήνυμα στο χρήστη ;  
    repeat  
        μήνυμα που ζητάει είσοδο ;  
        άθροιση αριθμών ;  
        παρουσίαση αποτελεσμάτων ;  
        μήνυμα για να ξέρει ο χρήστης  
            πώς θα συνεχίσει ή θα σταματήσει  
    until συμφωνημένη είσοδος για τέλος  
end.
```

Πρώτη
προσέγγιση

Αθροιστικό πρόγραμμα

(ii)

◆ Συγκεκριμενοποίηση

- άθροιση αριθμών

αρχικοποίηση βρόχου ;

repeat

είσοδος ενός αριθμού ;

άθροιση ;

είσοδος ενός συμβόλου

until *σύμβολο διάφορο του +*

Δεύτερη
προσέγγιση

Αθροιστικό πρόγραμμα

(iii)

◆ Περαιτέρω συγκεκριμενοποίηση

- άθροιση αριθμών

```
sum := 0;  
repeat  
    read(number) ;  
    sum := sum + number;  
    read(symbol)  
until symbol <> '+'
```

Τρίτη
προσέγγιση

Αθροιστικό πρόγραμμα

(iv)

◆ Το τελικό πρόγραμμα

(* Αθροιστικό πρόγραμμα
Στάθης Ζάχος, 19 Οκτωβρίου 1990 *)

```
program addition(input, output);
```

```
    var number, sum : integer;  
        symbol      : char;
```

```
begin
```

```
    writeln('Πρόσθεση ακεραίων');
```

```
    repeat
```

```
        writeln('Δώσε τους ακεραίους ',  
                'χωρισμένους με + ',  
                'ή δώσε = για τέλος');
```


◆ Το τελικό πρόγραμμα (συνέχεια)

```
sum := 0;
repeat read(number);
    sum := sum + number;
    read(symbol)
until symbol <> '+';
if symbol <> '=' then write('=');
writeln(sum);
write('Θέλεις να συνεχίσεις; ',
      'Δώσε N/O και μετά enter: ');
readln(symbol)
until (symbol = 'o')
or (symbol = 'O')
end.
```


◆ Ποιοτικά χαρακτηριστικά προγραμμάτων

- Αναγνωσιμότητα

- απλότητα
- κατάλληλη επιλογή ονομάτων, π.χ.

`monthly_income` `incomeBeforeTaxes`

- στοίχιση
- σχόλια

- Φιλικότητα προς το χρήστη
- Τεκμηρίωση
- Συντήρηση
- Ενημέρωση

◆ Στοιίχιση

- Πρόγραμμα και υποπρογράμματα

program ...
δηλώσεις

begin
εντολές

end.

procedure ...
δηλώσεις

begin
εντολές

end

function ...
δηλώσεις

begin
εντολές

end

- Απλές εντολές

if ... **then**
εντολή

else
εντολή

while ... **do**
εντολή

for ... **do**
εντολή

◆ Στοίχιση (συνέχεια)

- Σύνθετες εντολές

```
if ... then
begin
    εντολές
end
else
begin
    εντολές
end
```

```
while ... do
begin
    εντολές
end
```

```
for ... do
begin
    εντολές
end
```


◆ Στοίχιση (συνέχεια)

- Σύνθετες εντολές (συνέχεια)

repeat
 εντολές
until ...

case ... **of**
 τιμή₁ : εντολή₁ ;
 τιμή₂ : εντολή₂ ;
 ...
 τιμή_n : εντολή_n
end

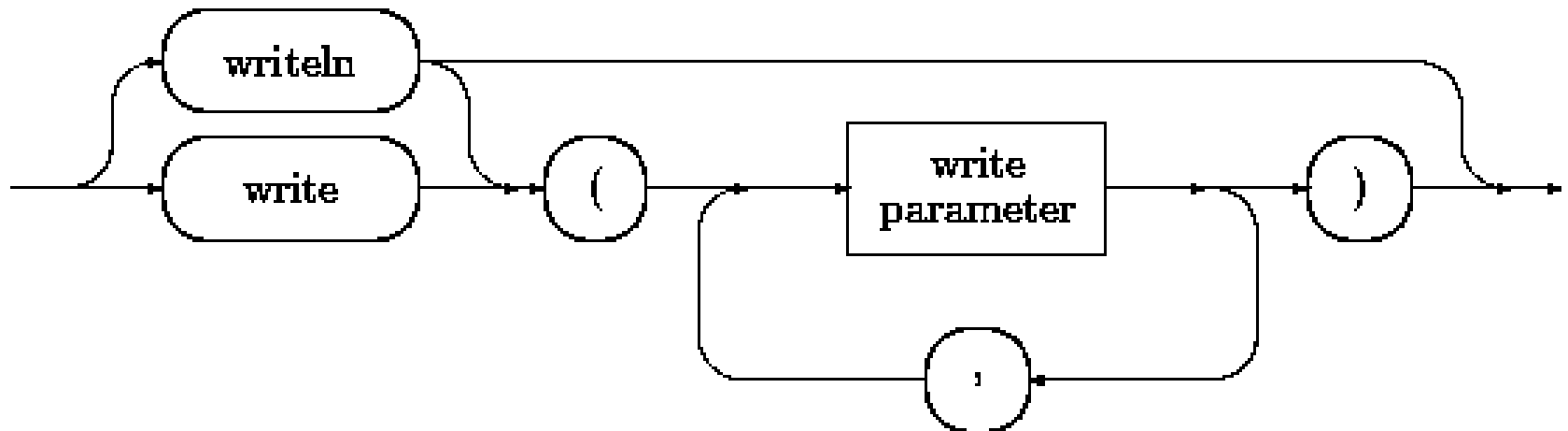
with ... **do**
begin
 εντολές
end

Είσοδος και έξοδος

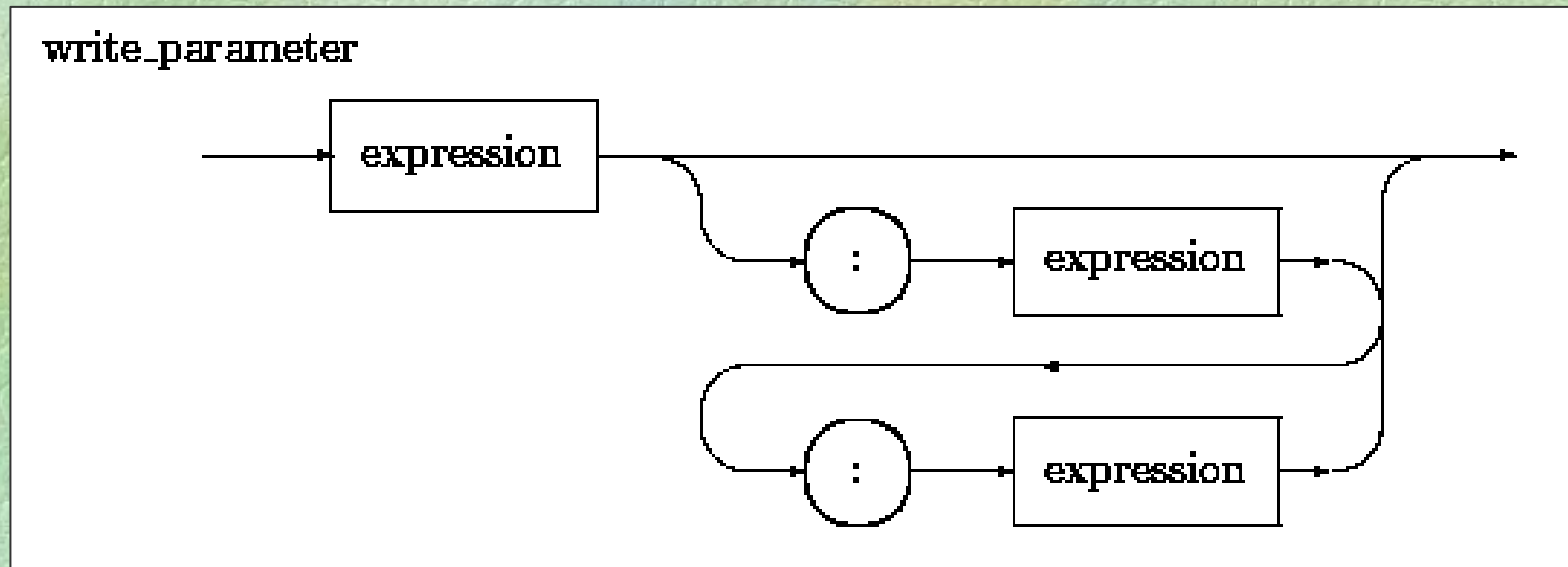
- ◆ Συσκευές εισόδου/εξόδου
- ◆ Είσοδος: εισαγωγή δεδομένων
 - π.χ. από το πληκτρολόγιο
- ◆ Έξοδος: παρουσίαση αποτελεσμάτων
 - π.χ. στην οθόνη
- ◆ Προκαθορισμένες διαδικασίες της Pascal
 - **read, readln**
 - **write, writeln**

◆ Έξοδος με μορφοποίηση

`write_statement`



◆ Έξοδος με μορφοποίηση (συνέχεια)



◆ Συμβολοσειρές, χωρίς μορφοποίηση

```
program stars(input, output);  
  var i, j : integer;  
begin  
  for i := 0 to 5 do  
    begin  
      for j := 1 to 2*i do write('*');  
      writeln('$')  
    end  
  end.  
end.
```

```
$  
**$  
***$  
****$  
*****$  
*****$  
*****$
```


◆ Ακέραιες τιμές, χωρίς μορφοποίηση

```

program example(input, output);
  var x, y, sum : integer;
begin
    x := 3; y := 6;
    sum := x + y;
    writeln(x, '+', y, '=', sum)
end.

```

3+ 6= 9

3 + 6

◆ Ακέραιες τιμές, χωρίς μορφοποίηση

```
program indent(input, output);  
begin  
    writeln('x =', 42);  
    writeln('y =', -324);  
    writeln('z =', 123837)  
end.
```

x =	42
y =	-324
z =	123837

- ◆ Ακέραιες τιμές, με μορφοποίηση

```
writeln(42:4)
```

		4	2
--	--	---	---

- ◆ Το προηγούμενο παράδειγμα

```
program example(input, output);  
  var x, y, sum : integer;  
begin  
  x := 3; y := 6;  
  sum := x + y;  
  writeln(x:0, '+', y:0, '=', sum:0)  
end.
```

3+6=9

◆ Πραγματικές τιμές, με μορφοποίηση

```
writeln(3.14159:8:4)
```

		3	.	1	4	1	6
--	--	---	---	---	---	---	---

◆ Παράδειγμα

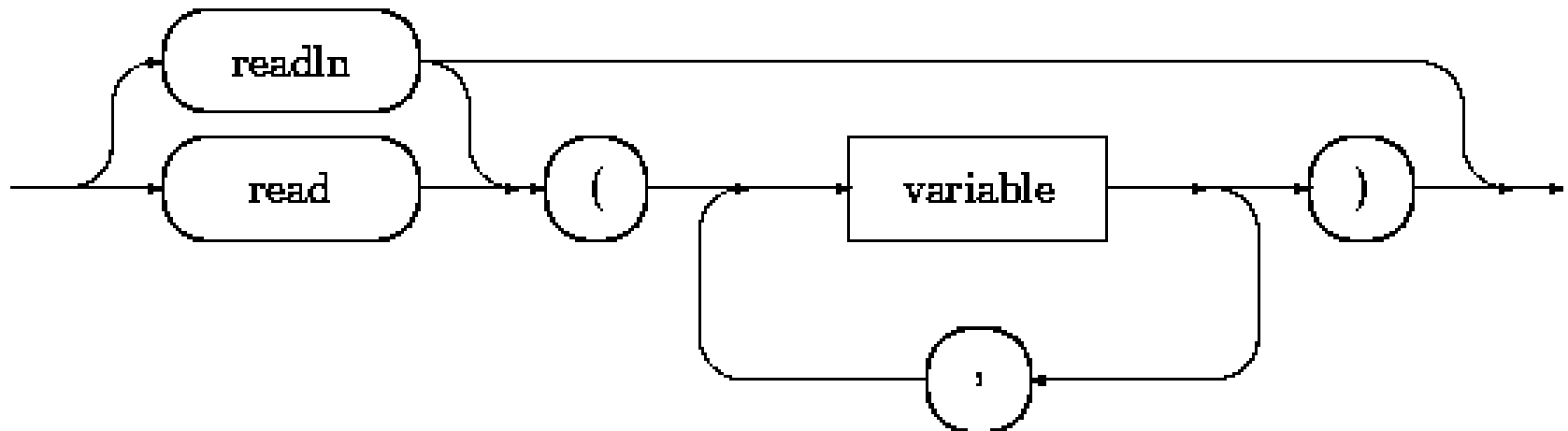
```
program temperatures(input,output);  
  var i : integer; par, mos : real;  
begin par := 20.5; mos := -4.3;  
  writeln('Paris':10, par:6:1);  
  for i:=1 to 14 do write('-'); writeln;  
  writeln('Moscow':10, mos:6:1)  
end.
```

Paris	20.5

Moscow	-4.3

◆ Συντακτικό διάγραμμα

`read_statement`



◆ Αποθηκευτικός χώρος (buffer)

- παρεμβάλλεται μεταξύ του πληκτρολογίου και του προγράμματος
- εκεί αποθηκεύονται **προσωρινά** τα δεδομένα που πληκτρολογεί ο χρήστης μέχρι να διαβαστούν από το πρόγραμμα
- η εισαγωγή στο buffer γίνεται με το πάτημα του πλήκτρου **enter**
- αρχικά ο buffer είναι κενός

◆ Παραδείγματα

◆ Παράδειγμα

```
program example5(input,output);  
  var x, y, sum : integer;  
begin  
  writeln('Θα προσθέσω δύο ακεραίους');  
  write('Δώσε το x και <enter>: ');  
  read(x);  
  write('Δώσε το y και <enter>: ');  
  read(y);  
  sum := x + y;  
  writeln(x:0, '+', y:0, '=', sum:0)  
end.
```


◆ Πρώτη εκτέλεση παραδείγματος

Θα προσθέσω δύο ακεραίους

Δώσε το x και `<enter>`: 3 *<enter>*

Δώσε το y και `<enter>`: 6 *<enter>*

$3+6=9$

◆ Δεύτερη εκτέλεση παραδείγματος

Θα προσθέσω δύο ακεραίους

Δώσε το x και `<enter>`: 3 6 *<enter>*

Δώσε το y και `<enter>`: $3+6=9$

- ◆ Αρχεία εισόδου και εξόδου
- ◆ Παράδειγμα με αρχείο εισόδου

```
program test1(input, output, F);  
  var f : text;  
begin  
  reset(f);  
  ...  
  read(f, ...);  
  ...  
  close(f)  
end.
```


◆ Παράδειγμα με αρχείο εξόδου

```
program test2(input, output, G);  
  var g : text;  
begin  
  rewrite(g);  
  ...  
  write(g, ...);  
  ...  
  close(g)  
end.
```


◆ Είδη ορθότητας

- Συντακτική
- Νοηματική
- Σημασιολογική

◆ Σημασιολογική ορθότητα ελέγχεται:

- με δοκιμές (testing)
- με μαθηματική επαλήθευση

◆ Παράδειγμα: εύρεση γινομένου

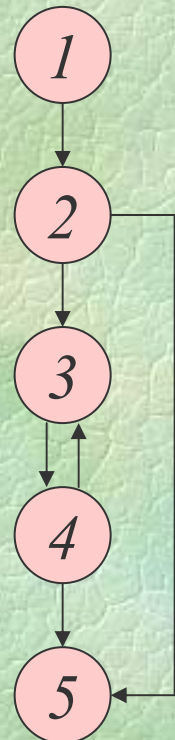
```
function mult(x,y : integer) : integer;  
  var i,z : integer;  
begin  
  z := 0;  
  for i := 1 to x do z := z+y;  
  mult := z  
end
```

◆ Ισχυρισμός:

- Η συνάρτηση υπολογίζει το γινόμενο δυο φυσικών αριθμών x και y

- ◆ Εντοπισμός σημείων όπου θα γραφούν βεβαιώσεις

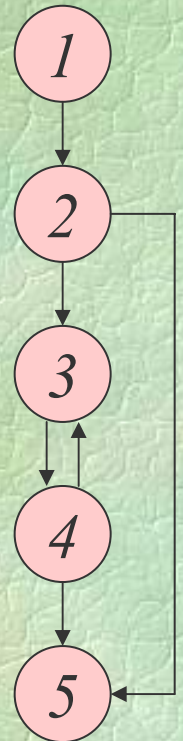
```
function mult(x,y : integer) : integer;  
  var i,z : integer;  
begin (*1*)  
  z := 0; (*2*)  
  for i := 1 to x do (*3*)  
    z := z+y (*4*) ;  
  (*5*) mult := z  
end
```



- ◆ Καταγραφή όλων των δυνατών τρόπων ροής ελέγχου

◆ Βεβαιώσεις

```
(*1 – Βεβαίωση εισόδου:  $x \geq 0, y \geq 0$  *)  
z := 0;  
(*2 :  $x \geq 0, y \geq 0, z = 0$  *)  
for i:=1 to x do  
    (*3 – Αναλλοίωτη βρόχου:  
         $x \geq 0, y \geq 0, i \leq x, z = y * (i-1)$  *)  
    z := z+y  
    (*4 :  $x \geq 0, y \geq 0, z = y * i$  *) ;  
(*5 – Βεβαίωση εξόδου:  $x \geq 0, y \geq 0, z = y * x$  *)  
mult := z
```



◆ Επαλήθευση: για κάθε δυνατό τρόπο ροής
 $1 \rightarrow 2, 2 \rightarrow 3, 2 \rightarrow 5, 3 \rightarrow 4, 4 \rightarrow 3, 4 \rightarrow 5$

- ◆ Παράδειγμα: υπολογισμός δύναμης με επαναλαμβανόμενο τετραγωνισμό

```
function power(y:real; j:integer):real;  
  var x,z:real; i:integer;  
begin (*1*) x:=y; i:=j; (*2*)  
  if i<0 then  
    begin (*3*) x:=1/x; i:=abs(i) end;  
    (*4*) z:=1;  
    while i>0 do  
      begin (*5*) if odd(i) then z:=z*x;  
        (*6*) x:=sqr(x); i:=i div 2 (*7*)  
      end;  
      (*8*) power:=z  
    end
```


Ορθότητα

(vi)

◆ Ροή ελέγχου

◆ Βεβαιώσεις

(*1 – Βεβαίωση εισόδου: $x : \text{real}, y : \text{integer}$ *)

(*2 : $x = y, i = j$ *)

(*3 : $i < 0$ *)

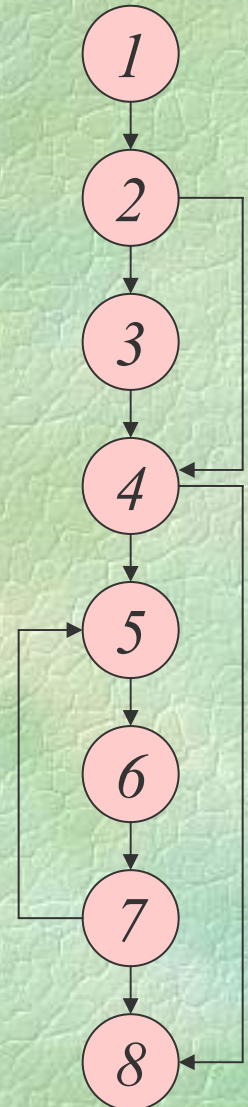
(*4 : $i \geq 0, y^j = x^i$ *)

(*5 – Αναλλοίωτη βρόχου: $i \geq 0, y^j = z * x^i$ *)

(*6 : $i \geq 0, \quad y^j = z * x^i \quad \text{αν } i \text{ άρτιος,}$
 $y^j = z * x^{i-1} \quad \text{αν } i \text{ περιττός} *$)

(*7 : $y^j = z * x^i$ *)

(*8 – Βεβαίωση εξόδου: $y^j = z$ *)



◆ Μερική ορθότητα (partial correctness)

- αν το πρόγραμμα σταματήσει, τότε το αποτέλεσμα θα είναι ορθό

◆ Ολική ορθότητα (total correctness)

- το πρόγραμμα θα σταματήσει και το αποτέλεσμα θα είναι ορθό

Τακτικοί τύποι

◆ Οι τύποι **integer**, **boolean** και **char**

◆ Απαριθμητοί τύποι

```
type color = (white, red, blue, green,  
              yellow, black, purple);  
sex      = (male, female);  
day      = (mon, tue, wed, thu, fri,  
            sat, sun);
```

```
var  c : color; d : day;
```

◆ Πράξεις με τακτικούς τύπους

- συναρτήσεις **succ**, **pred**, **ord**
- τελεστές σύγκρισης **=**, **<>**, **<**, **>**, **<=**, **>=**

Τύποι υποπεριοχής

◆ Ορίζουν υποπεριοχές τακτικών τύπων

```
type grade    = 0..10;  
    digit    = '0'..'9';  
    workday = mon..fri;  
  
var i : -10..10;
```


- ◆ **Δομημένη μεταβλητή**: αποθηκεύει μια συλλογή από τιμές δεδομένων
- ◆ **Πίνακας (array)**: δομημένη μεταβλητή που αποθηκεύει πολλές τιμές του ίδιου τύπου

```
var n : array [1..5] of integer;
```

ορίζει έναν πίνακα πέντε ακεραίων, τα στοιχεία του οποίου είναι:

```
n[1] , n[2] , n[3] , n[4] , n[5]
```

και έχουν τύπο **integer**

◆ Παραδείγματα

```
var a : array [1..10] of real;  
    b : array ['a'..'z'] of integer;  
    c : array [mon..sun] of char;
```

...

```
a[1] := 4.2;  
readln(a[3]);  
a[10] := a[1];  
  
b['n'] := b['x']+1;  
  
c[tue] := 't'
```


◆ Διάβασμα ενός πίνακα

- γνωστό μέγεθος

```
for i:=1 to 10 do read(a[i])
```

- πρώτα διαβάζεται το μέγεθος

```
read(howmany) ;
```

```
for i:=1 to howmany do read(a[i])
```

- στα παραπάνω πρέπει να προηγηθούν

```
var a : array [1..10] of real;  
i, howmany : 1..10;
```


◆ Διάβασμα ενός πίνακα (συνέχεια)

- τερματισμός με την τιμή 0

```
read(x) ; i:=0;
```

```
while x<>0 do
```

```
begin i:=i+1; a[i]:=x; read(x) end
```

- στο παραπάνω πρέπει να προηγηθούν

```
var a : array [1..10] of real;
```

```
    i : 0..10;    x : real;
```

- Προσοχή: δε γίνεται έλεγχος για το πλήθος των στοιχείων που δίνονται!

Πράξεις με πίνακες

◆ Απλές πράξεις, π.χ.

```
a[k] := a[k]+1;
```

```
a[k] := a[1]+a[n];
```

```
for i:=1 to 10 do writeln(a[i]);
```

```
if a[k] > a[k+1] then ...
```

◆ Αρχικοποίηση (με μηδενικά)

```
for i:=1 to 10 do a[i]:=0
```

```
for ch:='a' to 'z' do b[ch]:=0
```

◆ Εύρεση ελάχιστου στοιχείου

```
x := a[1];
```

```
for i:=2 to 10 do
```

```
    if a[i] < x then x := a[i]
```


Γραμμική αναζήτηση

(i)

- ◆ **Πρόβλημα** (αναζήτησης): δίνεται ένας πίνακας ακεραίων **a** και ζητείται να βρεθεί αν υπάρχει ο ακέραιος **x** στα στοιχεία του

```
program search(input,output) ;  
  var x : integer;  
      a : array [1..10] of integer;  
  άλλες δηλώσεις;  
begin τίτλος επικεφαλίδα;  
  οδηγίες στο χρήστη;  
  read(x) ;  
  διάβασμα του πίνακα;  
  ψάξιμο στον πίνακα για τον x;  
  παρουσίαση αποτελεσμάτων  
end.
```


◆ Μια δυνατή συγκεκριμενοποίηση

```
for i:=1 to 10 do read(a[i]);  
i:=0;  
repeat i:=i+1 until (a[i]=x) or (i=10);  
if a[i]=x then  
    writeln('Το βρήκα στη θέση ', i)  
else  
    writeln('Δεν το βρήκα')
```

- Στη χειρότερη περίπτωση θα ελεγχθούν όλα τα στοιχεία του πίνακα
- Απαιτούνται $a \cdot n + b$ βήματα $\Rightarrow$ γραμμική (a, b σταθερές, n το μέγεθος του πίνακα)

◆ Εναλλακτική συγκεκριμενοποίηση #1

```
i:=0;  
repeat i:=i+1;  
    if a[i]=x then found:=true  
        else found:=false  
until found or (i=10);  
  
if found then  
    writeln('Το βρήκα στη θέση ', i)  
else  
    writeln('Δεν το βρήκα')
```


◆ Εναλλακτική συγκεκριμενοποίηση #2

```
i:=0; found:=false;  
repeat i:=i+1;  
    if a[i]=x then found:=true  
until found or (i=10);  
  
if found then  
    writeln('Το βρήκα στη θέση ', i)  
else  
    writeln('Δεν το βρήκα')
```


◆ Εναλλακτική συγκεκριμενοποίηση #3

```
i:=0;  
repeat i:=i+1; found := a[i]=x  
until found or (i=10);  
  
if found then  
    writeln('Το βρήκα στη θέση ', i)  
else  
    writeln('Δεν το βρήκα')
```


Δυναδική αναζήτηση

(i)

- ◆ Προϋπόθεση: ο πίνακας να είναι ταξινομημένος, π.χ. σε αύξουσα διάταξη
- ◆ Είναι πολύ πιο αποδοτική από τη γραμμική αναζήτηση
 - Στη χειρότερη περίπτωση απαιτούνται $a \log_2 n + b$ βήματα
(a, b σταθερές, n το μέγεθος του πίνακα)

◆ Το πρόγραμμα

```
program binsearch(input,output) ;  
  const n=100;  
  var i,howmany,mid,first,last : 0..n;  
      a : array [1..n] of integer;  
      x : integer; found : boolean;  
begin Μήνυμα επικεφαλίδα και οδηγίες χρήσης;  
      read(howmany); (* κατά αύξουσα σειρά *)  
      for i:=1 to howmany do read(a[i]);  
      read(x);  
      Αναζήτηση και εμφάνιση αποτελέσματος  
end.
```


◆ Αναζήτηση και εμφάνιση αποτελέσματος

```
first:=1; last:=howmany;  
found := false;  
while not found and (first<=last) do  
begin mid := (first+last) div 2;  
      found := x=a[mid];  
      if x<a[mid] then last:=mid-1  
        else first:=mid+1  
end;  
if found then writeln(mid)  
  else writeln('not found')
```


- ◆ **Πρόβλημα:** να αναδιαταχθούν τα στοιχεία ενός πίνακα ακεραίων σε αύξουσα σειρά
- ◆ Μια από τις σημαντικότερες εφαρμογές των ηλεκτρονικών υπολογιστών
- ◆ Βασική διαδικασία: εναλλαγή τιμών

```
procedure swap(var x, y : integer);  
    var save : integer;  
begin  
    save:=x; x:=y; y:=save  
end
```


◆ Μέθοδος της φυσαλίδας

```
for i:=1 to n-1 do
  for j:=n-1 downto i do
    if a[j] > a[j+1] then
      swap(a[j], a[j+1])
```

◆ Πλήθος συγκρίσεων

$$(n-1) + (n-2) + \dots + 2 + 1 = n(n-1) / 2$$

της τάξης του $n^2 \Rightarrow O(n^2)$

Ταξινόμηση

(iii)

◆ Παράδειγμα εκτέλεσης

input: 12 4 9 8 6 7 5

12 4 9 8 6 **5** 7
12 4 9 8 **5** 6 7
12 4 9 **5** 8 6 7
12 4 **5** 9 8 6 7
12 **4** 5 9 8 6 7
 $i = 1$: **4** 12 5 9 8 6 7

4 12 5 9 8 **6** 7
4 12 5 9 **6** 8 7
4 12 5 **6** 9 8 7
4 12 **5** 6 9 8 7
 $i = 2$: **4** 5 12 6 9 8 7

4 5 12 6 9 **7** 8
4 5 12 6 **7** 9 8
4 5 12 **6** 7 9 8
 $i = 3$: 4 5 **6** 12 7 9 8

4 5 6 12 7 **8** 9
4 5 6 12 **7** 8 9
 $i = 4$: 4 5 6 **7** 12 8 9

4 5 6 7 12 **8** 9
 $i = 5$: 4 5 6 7 **8** 12 9

$i = 6$: 4 5 6 7 8 **9** 12

Πολυδιάστατοι πίνακες

◆ Παράδειγμα

```
var a : array [1..10,5..16] of integer;  
...  
a[1,13] := 42;  
for i:=1 to 10 do  
    for j:=5 to 16 do read(a[i,j])
```

◆ Ισοδύναμος ορισμός και χρήση

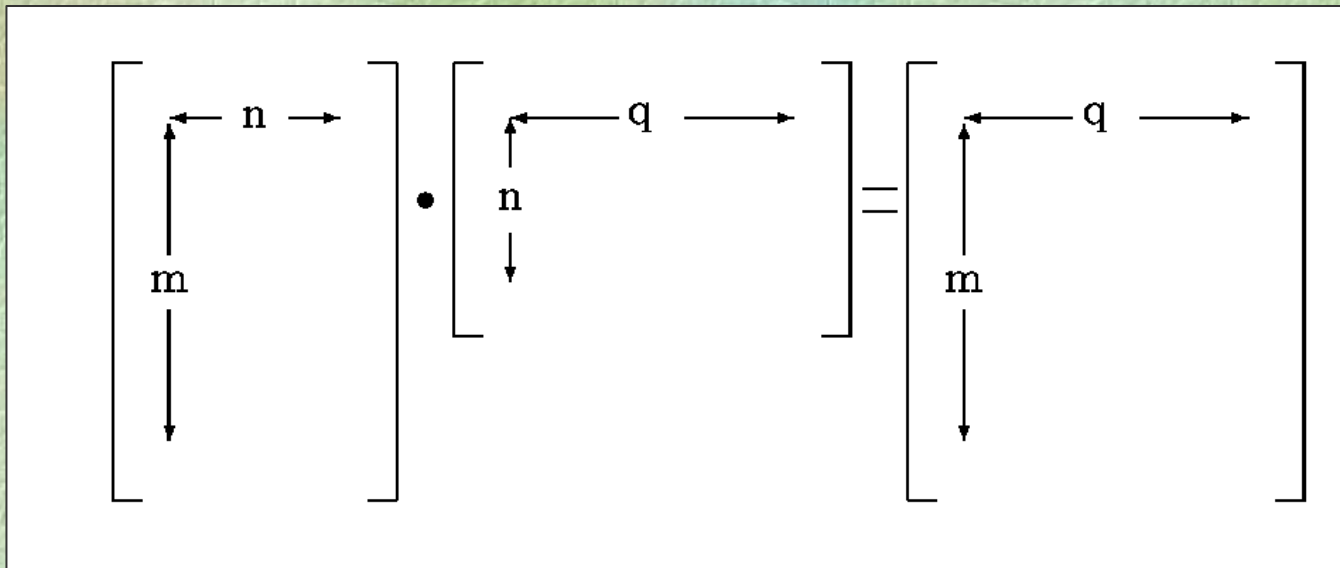
```
var a : array [1..10] of  
        array [5..16] of integer;  
... a[i][j] ...
```


Πολλαπλασιασμός πινάκων

(i)

- ◆ Δίνονται οι πίνακες: $a (m \times n)$, $b (n \times q)$
- ◆ Ζητείται ο πίνακας: $c = a b (m \times q)$ όπου:

$$c_{i,j} = \sum_{k=1}^n a_{i,k} b_{k,j}$$



◆ Το πρόγραμμα

```
var a : array [1..m,1..n] of real;  
    b : array [1..n,1..q] of real;  
    c : array [1..m,1..q] of real;  
  
...  
  
for i:=1 to m do  
  for j:=1 to q do  
    begin  
      c[i,j] := 0;  
      for k:=1 to n do  
        c[i,j] := c[i,j] + a[i,k]*b[k,j]  
      end
```


Μαγικά τετράγωνα

(i)

- ◆ Διδιάστατοι πίνακες ($n \times n$) που περιέχουν όλους τους φυσικούς μεταξύ 0 και n^2-1
 - το άθροισμα των στοιχείων κάθε στήλης, γραμμής και διαγωνίου είναι σταθερό

- ◆ Πρόβλημα: κατασκευή μαγικού τετραγώνου ($n \times n$) για **περιττό** n

10	9	3	22	16
17	11	5	4	23
24	18	12	6	0
1	20	19	13	7
8	2	21	15	14

Μαγικά τετράγωνα

(ii)

				0

				0
1				

				0
1				
	2			

		3		
				0
1				
	2			

		3		
			4	
				0
1				
	2			

		3		
		5	4	
				0
1				
	2			

		3		
		5	4	
			6	0
1				
	2			

		3		
		5	4	
			6	0
1				7
	2			

		3		
		5	4	
			6	0
1				7
8	2			

	9	3		
		5	4	
			6	0
1				7
8	2			

10	9	3		
		5	4	
			6	0
1				7
8	2			

10	9	3		
	11	5	4	
			6	0
1				7
8	2			

◆ Κατασκευή για περιττό n

```
i:=n div 2; j:=n; k:=0;
for h:=1 to n do
begin j:=j-1; a[i,j]:=k; k:=k+1;
  for m:=2 to n do
  begin j:=(j+1) mod n; i:=(i+1) mod n;
    a[i,j]:=k; k:=k+1
  end
end;

for i:=0 to n-1 do
begin
  for j:=0 to n-1 do write(a[i,j]:4);
  writeln
end
```


◆ Τύπος **real**

- προσεγγίσεις πραγματικών αριθμών
- **trunc**: ακέραιο μέρος (αποκοπή)
- **round**: στρογγυλοποίηση

◆ Παράσταση κινητής υποδιαστολής

- mantissa και εκθέτης $\pm m \cdot 2^x$
όπου $0.5 \leq m < 1$ και $x \in \mathbf{Z}$ ή $m = x = 0$
- το m είναι περιορισμένης ακρίβειας,
π.χ. 8 **σημαντικά ψηφία**

Αριθμητικοί υπολογισμοί

(ii)

◆ Αριθμητικά σφάλματα

$$1000000 + 0.0000000001 = 1000000 \quad \text{γιατί;}$$

◆ Αναπαράσταση των αριθμών

$$1000000 \approx 0.95367432 \cdot 2^{20}$$

$$0.0000000001 \approx 0.53687091 \cdot 2^{-29}$$

$$\approx 0.000000000 \cdot 2^{20}$$

$$\text{άθροισμα} \approx 0.95367432 \cdot 2^{20}$$

Εύρεση τετραγωνικής ρίζας

(i)

◆ Χωρίς χρήση της συνάρτησης **sqrt**

◆ Μέθοδος Newton

- Δίνεται ο αριθμός $x > 0$
- Έστω προσέγγιση y της ρίζας, με $y \leq \sqrt{x}$
- Έστω $z = x / y$
- Το z είναι προσέγγιση της ρίζας, με $\sqrt{x} \leq z$
- Για να βρω μια καλύτερη προσέγγιση, παίρνω το μέσο όρο των y και z
- Επαναλαμβάνω όσες φορές θέλω

Εύρεση τετραγωνικής ρίζας

(ii)

◆ Ακολουθία προσεγγίσεων

$$y_0 = 1 \qquad y_{i+1} = \frac{1}{2} \left(y_i + \frac{x}{y_i} \right)$$

◆ Παράδειγμα: $\sqrt{37}$ (6.08276253)

$$y_0 = 1$$

$$y_4 = 6.143246$$

$$y_1 = 19$$

$$y_5 = 6.083060$$

$$y_2 = 10.473684$$

$$y_6 = 6.082763$$

$$y_3 = 7.003174$$

...

Εύρεση τετραγωνικής ρίζας

(iii)

```
function sqroot(x : real) : real;  
    const eps = 0.00001;    (* 1E-5 *)  
    var old, new : real;  
begin  
    new := 1;  
    repeat  
        old := new;  
        new := (old + x/old) / 2  
    until (* συνθήκη τερματισμού *) ;  
    sqroot := new  
end
```


Εύρεση τετραγωνικής ρίζας

(iv)

◆ Εναλλακτικές συνθήκες τερματισμού

- Σταθερός αριθμός επαναλήψεων

$$n = 20$$

- Επιτυχής εύρεση ρίζας

$$\text{sqr}(\text{new}) = x$$

λάθος!

- Απόλυτη σύγκλιση

$$\text{abs}(\text{sqr}(\text{new}) - x) < \text{eps}$$

- Σχετική σύγκλιση

$$\text{abs}(\text{sqr}(\text{new}) - x) / \text{new} < \text{eps}$$

Εύρεση τετραγωνικής ρίζας

(v)

◆ Εναλλακτικές συνθήκες τερματισμού

- Απόλυτη σύγκλιση κατά Cauchy

$$\text{abs}(\text{new-old}) < \text{eps}$$

- Σχετική σύγκλιση

$$\text{abs}(\text{new-old}) / \text{new} < \text{eps}$$

Προκαθορισμένες συναρτήσεις

Συναρτήσεις	Τύπος ορίσματος	Τύπος αποτελέσματος
abs, sqr (απόλυτο) (τετράγωνο)	integer, real	ίδιος
sin, cos, exp, ln (ημ) (συν) (εκθ) (log) sqrt, arctan (ρίζα) (τοξεφ)	integer, real	real
odd (περιττός)	integer	boolean
eof, eoln	text	boolean
trunc, round	real	integer
succ (επόμενος) pred (προηγούμενος)	integer, boolean, char	ίδιος
ord (κωδικός ASCII) chr (αντίστροφη της ord)	char integer	integer char

◆ Μορφοποίηση εξόδου (επανάληψη)

- `write(i:15)`
- `write(' | ':40)`
- `write(x:10:4)`

◆ Γραφικές παραστάσεις με χαρακτήρες

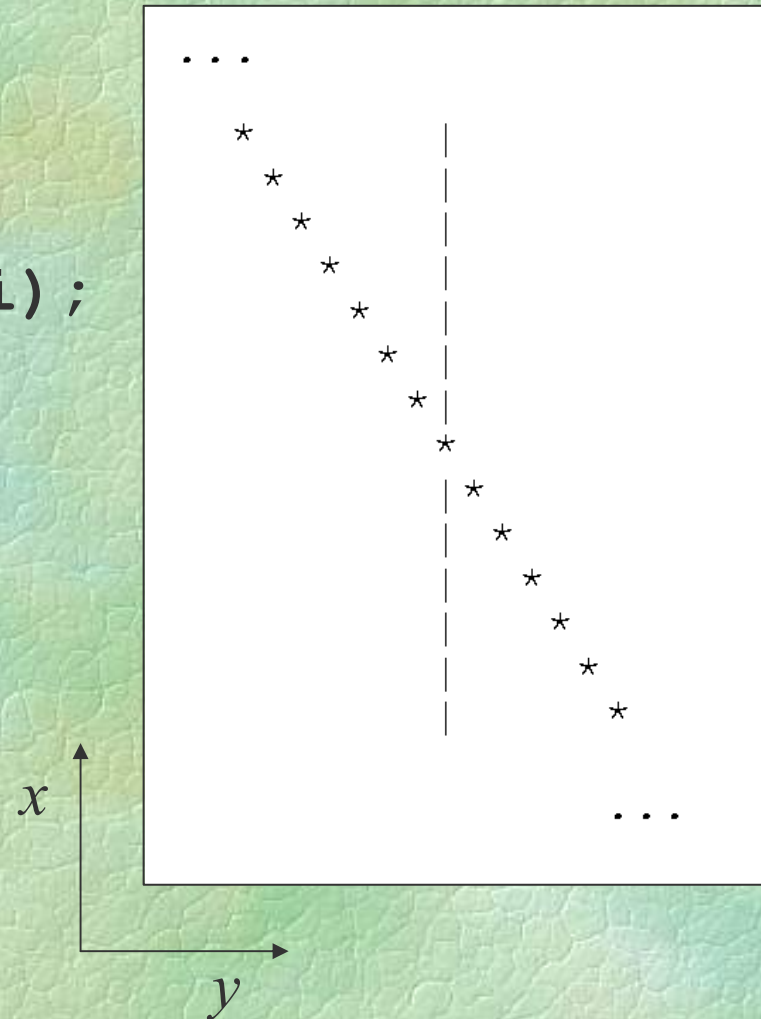
- Συνάρτηση $y = f(x)$
- Συνήθως μας βολεύει να έχουμε τον άξονα των x κατακόρυφο και τον άξονα των y οριζόντιο

Γραφικές παραστάσεις

(ii)

◆ Παράδειγμα: $f(x) = -x$

```
for i:=1 to 39 do  
  writeln('*':i, '|':40-i);  
writeln('*':40);  
for i:=1 to 39 do  
  writeln('|':40, '*':i)
```



◆ Παράδειγμα: $f(x) = 18 \sin x + 15 \cos 2x$

```
program graph(output);
```

```
var k,n : integer; pi : real;
```

```
procedure axis;
```

```
var i : integer;
```

```
begin
```

```
for i := 1 to 79 do write('-');
```

```
writeln
```

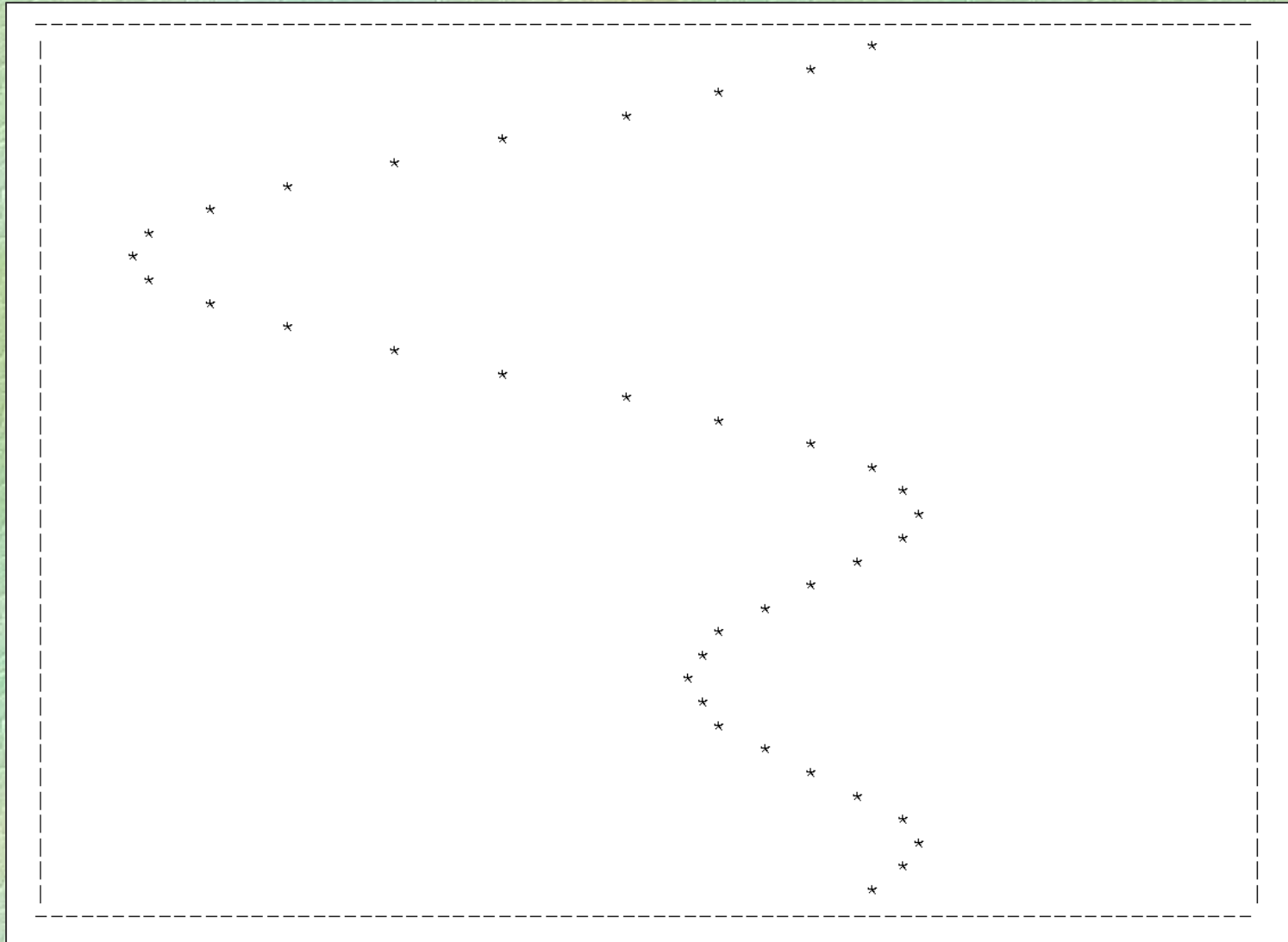
```
end;
```


◆ Παράδειγμα (συνέχεια)

```
function f(j : integer) : integer;  
    var x,y : real;  
    begin x := pi * j / 18;  
          y := 18 * sin(x) + 15 * cos(2*x);  
          f := round(y)  
    end;  
  
begin pi := 4 * arctan(1); axis;  
    for n := -18 to 18 do  
        begin k := f(n) + 40;  
              writeln('|', '*':k, '|':79-k)  
        end;  
    axis  
end.
```


Γραφικές παραστάσεις

(v)



◆ Παράδειγμα: $f(x) = (3 \cos x) / x$

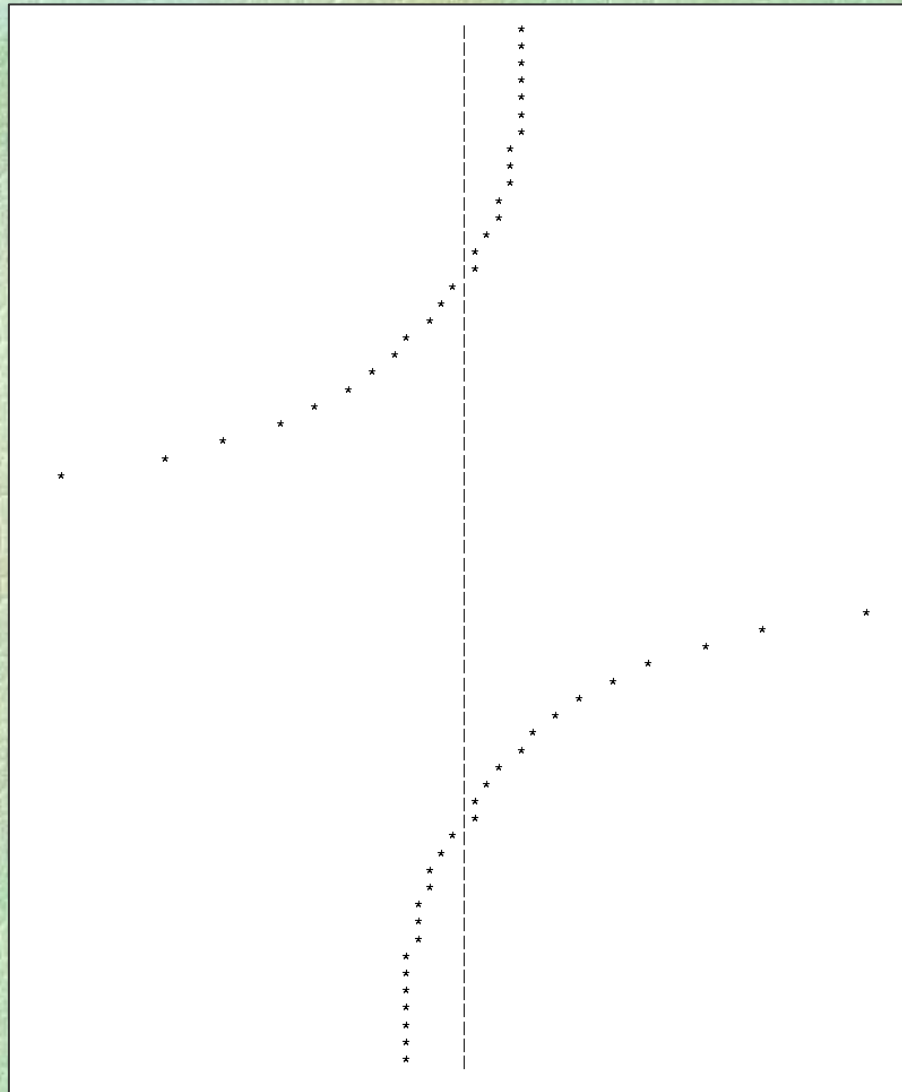
```
program printplot(output);  
    const deltax = 0.1;  
          bound = 30; wid = 39;  
          scale = 5; shift0 = 40;  
  
    var i : -bound..bound;  
        n : integer; x : real;  
  
    function f(x : real) : real;  
        const eps = 1E-5;  
              huge = (* μεγάλος αριθμός *);  
  
    begin  
        if abs(x) < eps then f := huge  
        else f := 3 * cos(x) / x  
    end;
```


◆ Παράδειγμα (συνέχεια)

```
begin
  x := - bound * deltax;
  for i := - bound to bound do
    begin
      n := round(scale*f(x));
      if abs(n)>wid then
        writeln ('|':shift0)
      else if n<0 then
        writeln('*':n+shift0, '|':-n)
      else
        writeln('|':shift0, '*':n);
      x := x + deltax
    end
  end.
```


Γραφικές παραστάσεις

(viii)



◆ Παράδειγμα: $f(x)$ και $g(x)$

```
program twocurves(output) ;  
  const ...  
  var ...  
    line: array[-wid..wid] of char;  
  function one(...) ...  
  function two(...) ...  
  
begin  
  for j:=-wid to wid do line[j]:=' '  
  line[0]:='|';  
  ...
```


◆ Παράδειγμα (συνέχεια)

```
for i := ...  
begin  
    n := ...one...; m := ...two...;  
    line[n] := '*'; line[m] := '.';  
    for j := -wid to wid do  
        write(line[j]);  
    writeln;  
    line[n] := ' '; line[m] := ' ';  
    line[0] := '|';  
    x := x + delta  
end  
end.
```


Τριγωνομετρικές συναρτήσεις (i)

- ◆ Συνημίτονο με ανάπτυγμα Taylor

$$\cos(x) = \sum_{i=0}^{\infty} (-1)^i \frac{x^{2i}}{(2i)!}$$

- ◆ για τον όρο με δείκτη $i+1$ έχουμε:

$$(-1)^{i+1} \frac{x^{2i+2}}{(2i+2)!} = - \left[(-1)^i \frac{x^{2i}}{(2i)!} \right] \frac{x^2}{(2i+1)(2i+2)}$$

- ◆ οπότε αν $n = 2i+1$ έχουμε:

$$newterm = -oldterm \frac{x^2}{n(n+1)}$$

Τριγωνομετρικές συναρτήσεις

(ii)

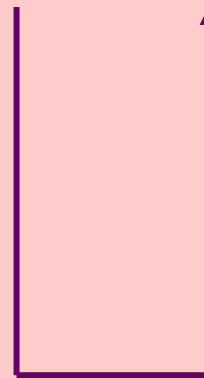
```
function mycos(x : real) : real;  
  
  const eps = 1E-5;  
  
  var sqx, term, sum : real;  
      n : integer;  
  
begin n := -1; sqx := sqr(x);  
  term := 1; sum := 1;  
  repeat n := n + 2;  
    term := -term * sqx / (n*(n+1));  
    sum := sum + term  
  until abs(term/sum) < eps;  
  mycos := sum  
end
```


- ◆ Αναδρομικές διαδικασίες ή συναρτήσεις: αυτές που **καλούν τον εαυτό τους**
- ◆ Το αρχικό πρόβλημα ανάγεται στην επίλυση ενός ή περισσότερων **μικρότερων προβλημάτων του ίδιου τύπου**
- ◆ Παράδειγμα: παραγοντικό
 - $n! = n * (n-1) * (n-2) * \dots * 2 * 1$
 - **Αναδρομικός ορισμός**
 $0! = 1$ $(n+1)! = (n+1) * n!$

◆ Παράδειγμα: παραγοντικό (συνέχεια)

```
function fact(n : integer) : integer;  
begin  
    if n=0 then fact := 1  
    else fact := fact(n-1) * n  
end
```

πρόγραμμα καλεί **fact(3)**
fact(3) καλεί **fact(2)**
fact(2) καλεί **fact(1)**
fact(1) καλεί **fact(0)**
fact(0)



συνεχίζει...
επιστρέφει 6
επιστρέφει 2
επιστρέφει 1
επιστρέφει 1

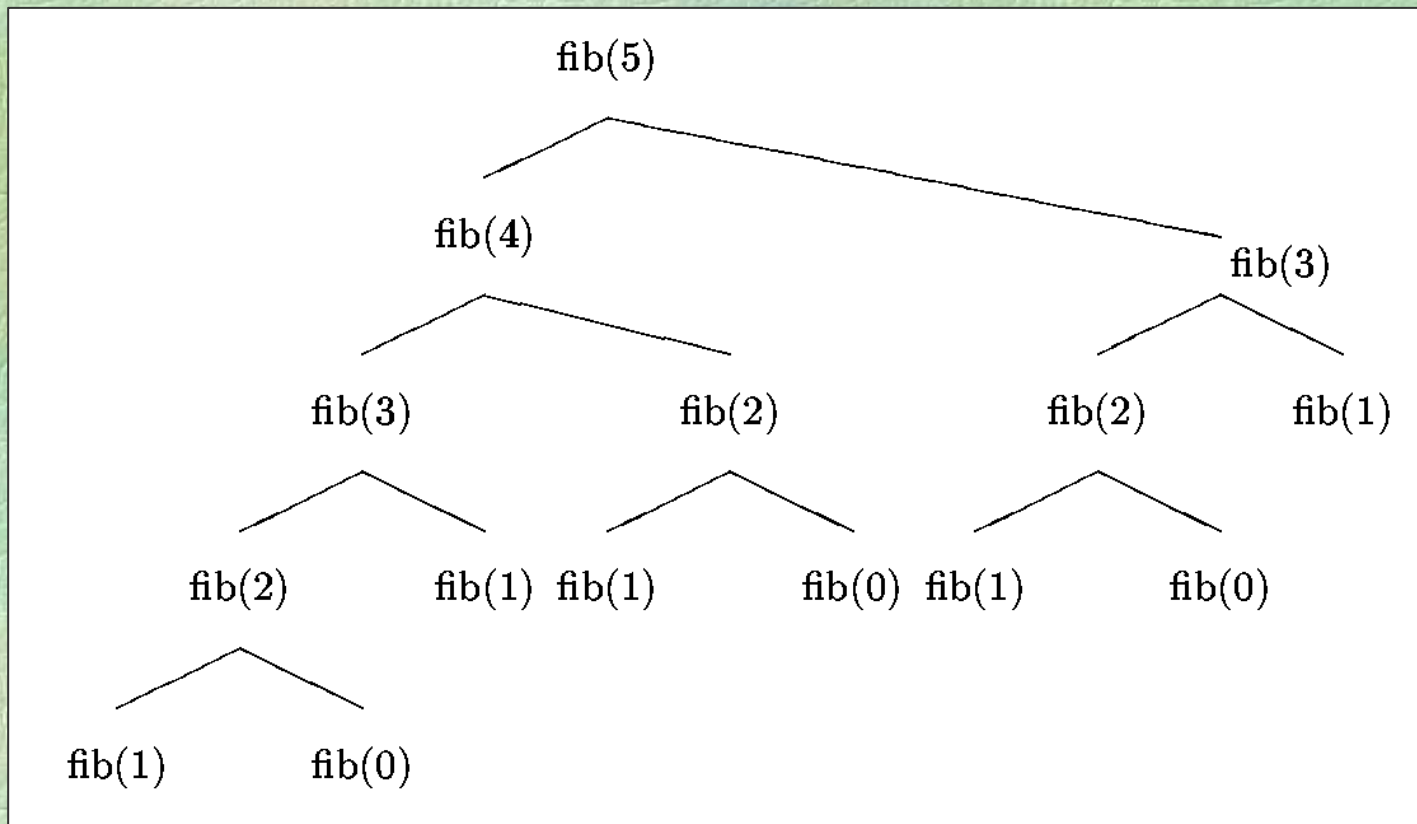
◆ Αριθμοί Fibonacci

- $F_0 = 1$, $F_1 = 1$
- $F_{n+2} = F_n + F_{n+1}$, $\forall n \in \mathbb{N}$

◆ Αναδρομική συνάρτηση υπολογισμού

```
function fib(n : integer) : integer;  
begin  
    if (n=0) or (n=1) then  
        fib := 1  
    else  
        fib := fib(n-1) + fib(n-2)  
    end
```


- ◆ Αυτός ο αναδρομικός υπολογισμός των αριθμών Fibonacci δεν είναι αποδοτικός



◆ Μέγιστος κοινός διαιρέτης

- Αναδρομική υλοποίηση του αλγορίθμου του Ευκλείδη

```
function gcd(i,j : integer) : integer;  
begin  
    if (i=0) or (j=0) then  
        gcd := i+j  
    else if i > j then  
        gcd := gcd(i mod j, j)  
    else  
        gcd := gcd(i, j mod i)  
    end
```


◆ Συνάρτηση παρόμοια με του Ackermann

$$z(i, j, 0) = j+1$$

$$z(i, 0, 1) = i$$

$$z(i, 0, 2) = 0$$

$$z(i, 0, n+3) = 1$$

$$z(i, j+1, n+1) = z(i, z(i, j, n+1), n) \quad , \forall i, j, n \in \mathbb{N}$$

```
function z(i,j,n : integer) : integer;  
begin  
    if n=0 then z:=j+1  
    else if j=0 then  
        if n=1 then z:=i  
        else if n=2 then z:=0  
        else z:=1  
    else z:=z(i,z(i,j-1,n),n-1)  
end
```


Αμοιβαία αναδρομή

```
function f2 (n:integer):integer; forward;
```

```
function f1 (n:integer):integer;
```

```
begin
```

```
    if n=0 then f1 := 5
```

```
        else f1 := f1 (n-1) * f2 (n-1)
```

```
end
```

```
function f2 (n:integer):integer;
```

```
begin
```

```
    if n=0 then f2 := 3
```

```
        else f2 := f1 (n-1) + 2*f2 (n-1)
```

```
end
```


- ◆ Μέθοδος φυσαλλίδας (BubbleSort) με έλεγχο εναλλαγών

```
i := 0;  
repeat i := i + 1; noswaps := true;  
    for j := n-1 downto i do  
        if a[j] > a[j+1] then  
            begin swap(a[j], a[j+1]);  
                noswaps := false  
            end  
until noswaps
```

- ◆ Στην καλύτερη περίπτωση απαιτούνται $O(n)$ συγκρίσεις, στη χειρότερη $O(n^2)$

◆ Ταξινόμηση με συγχώνευση (MergeSort)

- Διαιρώ την ακολουθία των αριθμών σε δύο μέρη
- Με αναδρομικές κλήσεις, ταξινομώ τα δύο μέρη ανεξάρτητα
- Συγχωνεύω τα δύο ταξινομημένα μέρη

◆ Στη χειρότερη περίπτωση απαιτούνται $O(n \log n)$ συγκρίσεις

◆ Ταξινόμηση με συγχώνευση

```
procedure mergesort(var a : list;  
                    fa, la : integer);  
  var b : list; i, mid : integer;  
begin  
  if fa < la then  
    begin mid := (fa + la) div 2;  
          mergesort(a, fa, mid);  
          mergesort(a, mid+1, la);  
          merge(a, a, b, fa, mid, mid+1,  
                la, fa, la);  
          for i := fa to la do a[i] := b[i]  
    end  
  end  
end
```


◆ Συγχώνευση

```
procedure merge(var a,b,c : list;  
                fa,la,fb,lb,fc : integer;  
                var lc : integer);  
    var ia, ib, ic : integer;  
begin  
    ia := fa; ib := fb; ic := fc;  
    repeat  
        if a[ia]<b[ib] then  
            begin c[ic]:=a[ia]; ia:=ia+1 end  
        else  
            begin c[ic]:=b[ib]; ib:=ib+1 end;  
        ic := ic+1  
    until (ia>la) or (ib>lb);
```

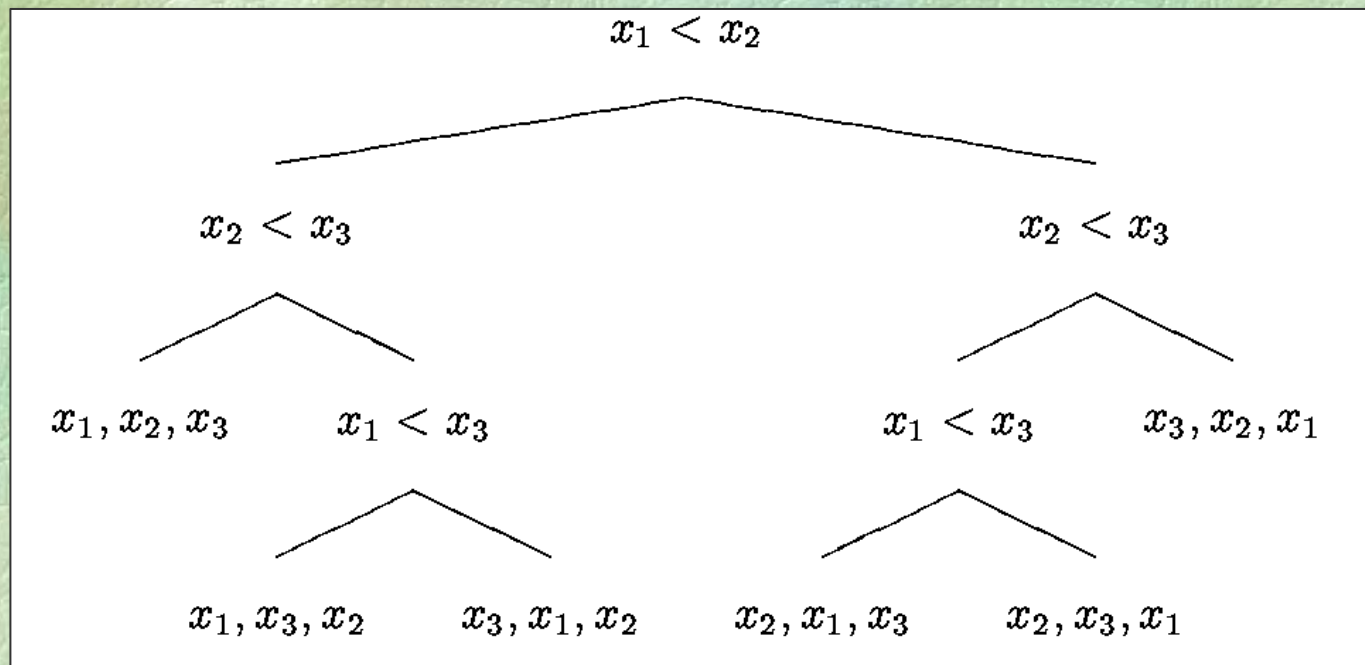

◆ Συγχώνευση (συνέχεια)

```
for ia := ia to la do
  begin c[ic]:=a[ia]; ic:=ic+1 end;
for ib := ib to lb do
  begin c[ic]:=b[ib]; ic:=ic+1 end;
lc := ic-1
end
```


Ταξινόμηση

(vi)

- ◆ Οποιοσδήποτε αλγόριθμος ταξινόμησης n αριθμών χρειάζεται τουλάχιστον $O(n \log n)$ συγκρίσεις



◆ Ταξινόμηση με διαμέριση (QuickSort)

```
if p < q then begin
    partition(p, q, i, j);
    quicksort(p, j); quicksort(i, q)
end
```

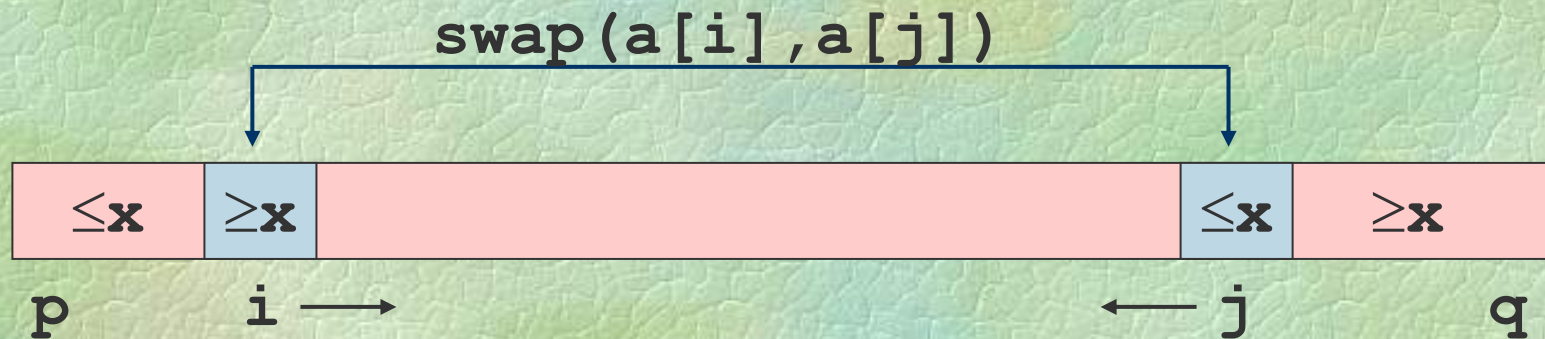
◆ Διαμέριση (partition)

```
επιλογή ενός x := a[k];
repeat
    while a[i] < x do i := i+1;
    while x < a[j] do j := j-1;
    if i <= j then begin
        swap(a[i], a[j]); i := i+1; j := j-1
    end
until i > j
```

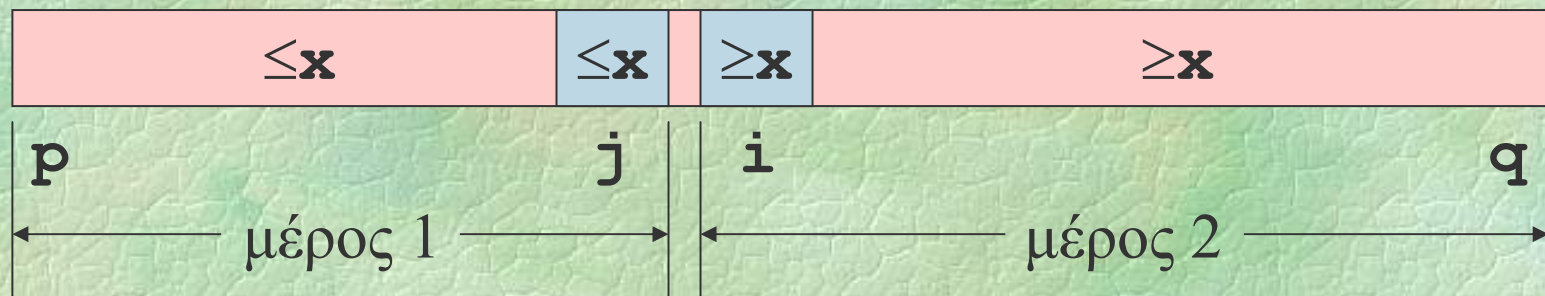

Ταξινόμηση

(viii)

- ◆ Σε κάθε βήμα της διαμέρισης



- ◆ Μετά τη διαμέριση

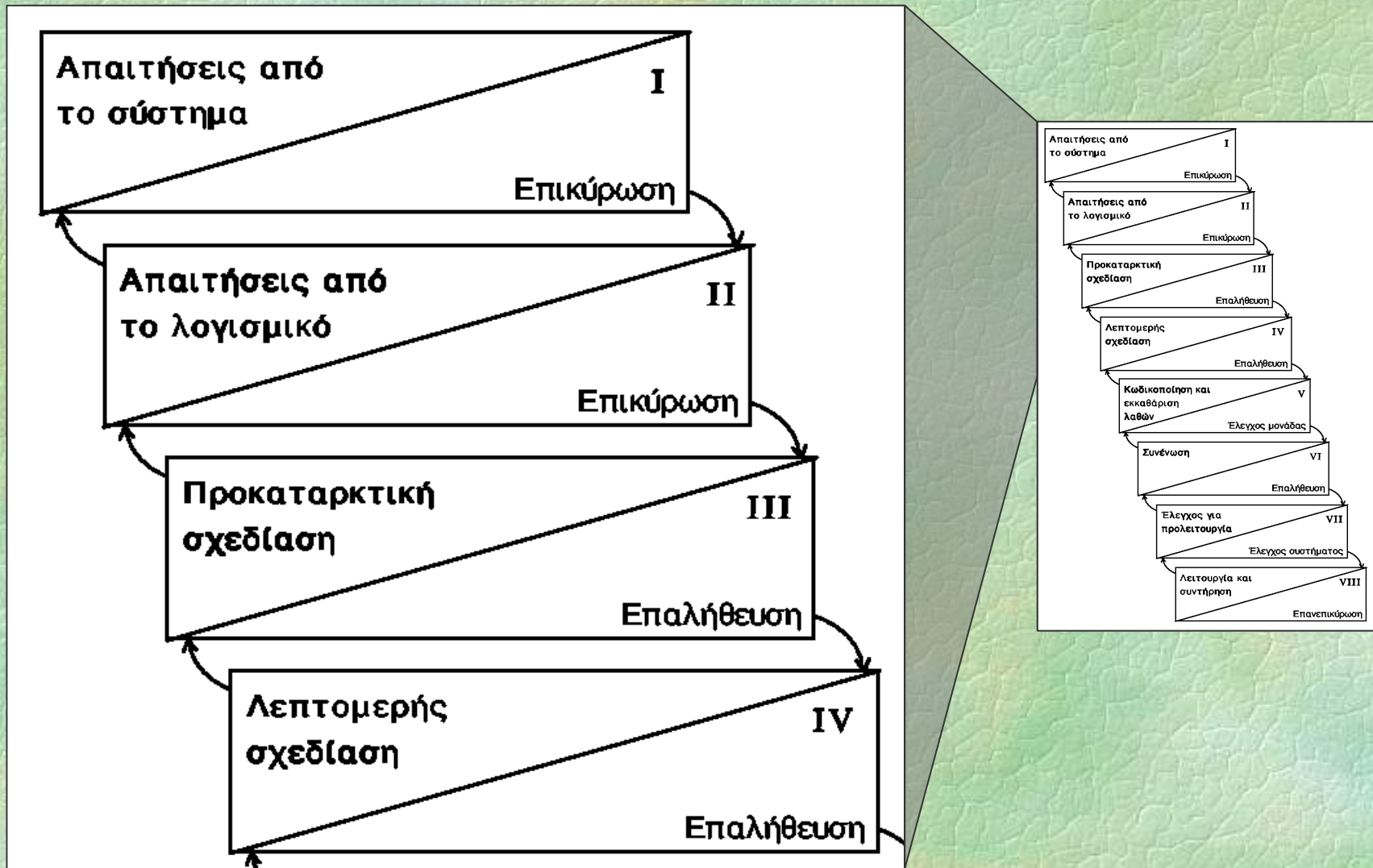


Τεχνολογία λογισμικού

- ◆ Software engineering
- ◆ Ανάπτυξη λογισμικού που να εξασφαλίζει:
 - παράδοση μέσα σε προδιαγεγραμμένα χρονικά όρια
 - κόστος μέσα σε προδιαγεγραμμένα όρια
 - καλή ποιότητα
 - αξιοπιστία
 - δυνατή και όχι δαπανηρή συντήρηση
- ◆ Μοντέλα κύκλου ζωής λογισμικού

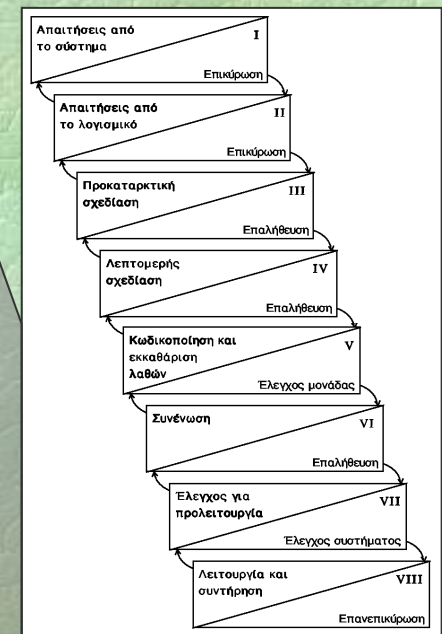
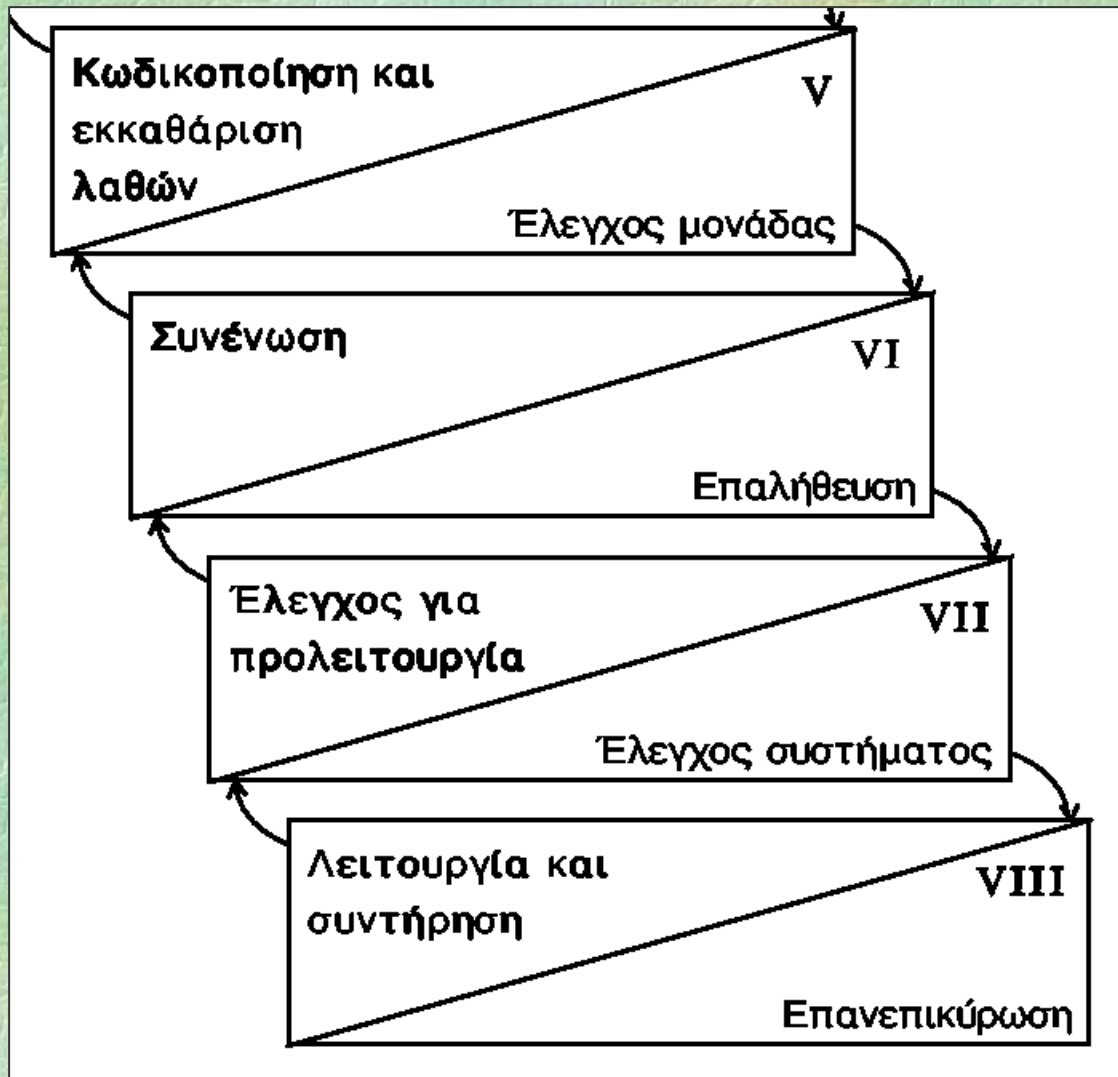
Μοντέλο του καταρράκτη

(i)



Μοντέλο του καταρράκτη

(ii)



Πέρασμα παραμέτρων, εμβέλεια (i)

- ◆ Φώλιασμα υποπρογραμμάτων: υποπρογράμματα περιέχουν άλλα υποπρογράμματα
- ◆ Σύγκρουση ονομάτων: το ίδιο όνομα δηλώνεται σε πολλά υποπρογράμματα
- ◆ Κανόνες εμβέλειας: εξηγούν κάθε όνομα που εμφανίζεται στο πρόγραμμα σε ποια δήλωση αντιστοιχεί
- ◆ Γενικά και τοπικά ονόματα
- ◆ Παράμετροι τιμών και μεταβλητών

Πέρασμα παραμέτρων, εμβέλεια (ii)

◆ Κανόνες εμβέλειας της Pascal

- **ενότητα**: πρόγραμμα ή υποπρόγραμμα
- οι ενότητες είναι δυνατόν να **περιέχουν** άλλες ενότητες
- κάθε όνομα **ορίζεται** σε κάποια ενότητα
- **εμβέλεια** ενός ονόματος είναι η ενότητα μέσα στην οποία ορίζεται, αλλά:
- η εμβέλεια ενός ονόματος δεν περιέχει τυχόν ενότητες όπου το όνομα αυτό **επανορίζεται**

Πέρασμα παραμέτρων, εμβέλεια (iii)

◆ Παράδειγμα

```
program p(input,output) ;  
  var a,b,c,d:integer;
```

```
  procedure p1(a:integer; var b:integer) ;  
    var c:integer;  
  begin c:=b; d:=2*a; b:=c+a; a:=c+b;  
    writeln(a:5,b:5,c:5,d:5)  
  end
```

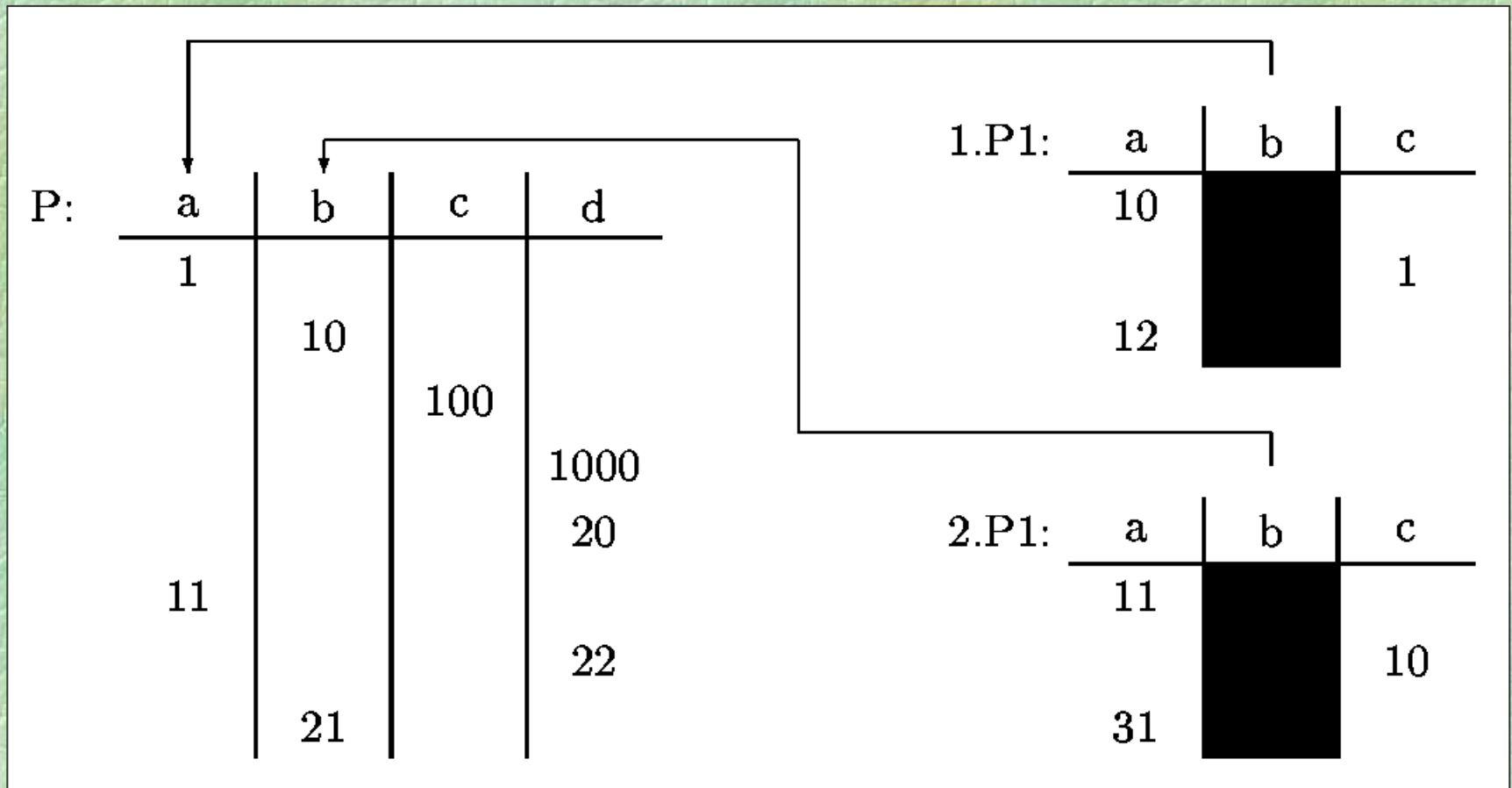
Ενότητα 2

```
begin a:=1; b:=10; c:=100; d:=1000;  
  writeln(a:5,b:5,c:5,d:5) ;  
  p1(b,a) ; writeln(a:5,b:5,c:5,d:5) ;  
  p1(a,b) ; writeln(a:5,b:5,c:5,d:5)  
end.
```

Ενότητα 1

Πέρασμα παραμέτρων, εμβέλεια (iv)

◆ Παράδειγμα, εκτέλεση με το χέρι



Πέρασμα παραμέτρων, εμβέλεια (v)

- ◆ Παράδειγμα, εκτέλεση με το χέρι (αποτελέσματα)

	1	10	100	1000
	12	11	1	20
<u>Output:</u>	11	10	100	20
	31	21	10	22
	11	21	100	22

Πέρασμα παραμέτρων, εμβέλεια (vi)

◆ Σημειώσεις – παρατηρήσεις

- επανάληψη της λέξης **var**

```
procedure p(var r, s : integer;  
            var done : boolean);
```

- στη λίστα των παραμέτρων επιτρέπονται μόνο αναγνωριστικά τύπων

```
procedure p(var a : array [1..30]  
            of integer);
```

 λάθος!

```
type list = array [1..30] of integer;  
procedure p(var a : list);
```

 σωστό

- να αποφεύγονται παράμετροι τιμών **array**

Επεξεργασία κειμένου

(i)

- ◆ Διάβασμα και επεξεργασία όλων των χαρακτήρων που περιέχονται σε ένα αρχείο

```
while not eof(fil) do  
begin read(fil,ch); process(ch) end
```

- ◆ Διάβασμα και επεξεργασία όλων των ακεραίων που περιέχονται σε ένα αρχείο

```
read(fil,i);  
while not eof(fil) do  
begin process(i); read(fil,i) end
```

- ◆ Η συνάρτηση **eof** επιστρέφει **true** αν φτάσαμε στο τέλος του αρχείου

◆ Παράδειγμα 1: πρόγραμμα που

- διαβάζει ένα κείμενο από το αρχείο FIL
- μετράει τον αριθμό των χαρακτήρων και τον αριθμό των γραμμών
- υπολογίζει το μέσο όρο μήκους γραμμής

```
program tp(input, output, FIL) ;  
    δηλώσεις ;
```

```
begin
```

```
    τίτλος και οδηγίες ;
```

```
    επεξεργασία κειμένου ;
```

```
    παρουσίαση των αποτελεσμάτων
```

```
end.
```


◆ Παράδειγμα 1: επεξεργασία κειμένου

```
αρχικοποίηση ;  
while not eof(fil) do  
begin  
    επεξεργασία μιας γραμμής ;  
    linecount := linecount + 1  
end
```

◆ Παράδειγμα 1: επεξεργασία μιας γραμμής

```
while not eoln(fil) do  
begin  
    read(fil, ch) ;  
    charcount := charcount + 1  
end;  
readln(fil)
```


◆ Παράδειγμα 1: αρχικοποίηση

```
reset(fil);  
linecount := 0; charcount := 0;
```

◆ Παράδειγμα 1: παρουσίαση αποτελεσμάτων

```
writeln('charcount =', charcount);  
writeln('linecount =', linecount);  
if linecount > 0 then  
    writeln('mean length =',  
            charcount div linecount)
```


◆ Παράδειγμα 2: πρόγραμμα που

- διαβάζει ένα κείμενο από το πληκτρολόγιο
- μετράει τον αριθμό των χαρακτήρων, τον αριθμό των λέξεων και τον αριθμό των γραμμών

◆ Συνάρτηση για τον εντοπισμό γραμμάτων

```
function letter(ch : char) : boolean;  
begin  
    letter := (ch >= 'a') and (ch <= 'z')  
             or (ch >= 'A') and (ch <= 'Z')  
end
```


◆ Παράδειγμα 2

```
lets:=0; words:=0; lines:=0;
while not eof do begin
  while not eoln do begin
    read(ch);
    if letter(ch) then begin
      while not eoln and letter(ch) do
        begin lets:=lets+1; read(ch) end;
      if letter(ch) then lets:=lets+1;
      words:=words+1
    end
  end;
  lines:=lines+1; readln
end
```


◆ Παράδειγμα 3: πρόγραμμα που

- διαβάζει ένα κείμενο από το αρχείο FIL
- μετράει τις συχνότητες εμφάνισης λέξεων με μήκος από 1 μέχρι 20
- εμφανίζει τα αποτελέσματα ως εξής:

words of length	1	6	*****
words of length	2	3	***
words of length	3	0	
...			
words of length	20	2	**

◆ Παράδειγμα 3

```
program wordslength(input,output,FIL) ;  
  const max = 20;  
  var fil : text;  
      freq : array[1..max] of integer;  
      {  λοιπες δηλώσεις μεταβλητών  }  
  
  function letter(ch : char) : boolean;  
  begin  
    letter := (ch>='a') and (ch<='z')  
              or (ch>='A') and (ch<='Z')  
  end;
```


◆ Παράδειγμα 3 (συνέχεια)

begin

{ *τίτλος, αρχικοποίηση* };

while not eof(fil) do

begin i:=0; read(fil,ch);

while letter(ch) **do**

begin i:=i+1; read(fil,ch) **end;**

if (i>0) **and** (i<=max) **then**

freq[i] := freq[i] + 1

end;

◆ Παράδειγμα 3 (συνέχεια)

```
for i:=1 to max do
  begin
    write('words of length', i:3,
          freq[i]:4, ' ');
    for j:=1 to freq[i] do write('*');
    writeln
  end
end.
```


◆ Μετατροπή κεφαλαίων σε μικρά

```
function lowercase(ch : char) : char;  
begin  
    if (ch>='A') and (ch<='Z') then  
        lowercase := chr(ord(ch) - ord('A')  
                           + ord('a'))  
    else lowercase := ch  
end
```

◆ Μετατροπή μικρών σε κεφαλαία, ομοίως

```
if (ch>='a') and (ch<='z') then  
    uppercase := chr(ord(ch) - ord('a')  
                     + ord('A'))  
else uppercase := ch
```


◆ Εύρεση εμφάνισης λέξης-κλειδιού

...

(* η λέξη-κλειδί έχει 3 χαρακτήρες *)

for j:=1 **to** 3 **do** read(key[j]);

...

(* έστω i το μήκος της γραμμής *)

for k:=1 **to** i-2 **do**

if (line[k] = key[1]) **and**
 (line[k+1] = key[2]) **and**
 (line[k+2] = key[3])

then writeln('keyword found')

- ◆ Ο τύπος **string** ορίζει ακολουθίες χαρακτήρων (συμβολοσειρές)
- ◆ **Προσοχή:** δεν ορίζεται στη Standard Pascal
- ◆ Παράδειγμα

```
var name      : string[30];  
    address   : string[80];  
  
...  
  
readln(name); readln(address);  
writeln('My name is ', name);  
writeln('and my address is', address)
```


◆ Σύγκριση με λεξικογραφική διάταξη

'ding' < 'donut'

◆ Προκαθορισμένες συναρτήσεις και διαδικασίες για συμβολοσειρές

strlen	μήκος συμβολοσειράς
strpos	αναζήτηση σε συμβολοσειρά
+	συνένωση συμβολοσειρών
str	τμήμα συμβολοσειράς
strdelete	διαγραφή τμήματος συμβολοσειράς
strinsert	εισαγωγή μέσα σε συμβολοσειρά

Συμβολοσειρές

(iii)

◆ Μήκος συμβολοσειράς

```
s := 'abcdef'; n := strlen(s)
```

6

◆ Αναζήτηση σε συμβολοσειρά

```
s1 := 'It is raining'; s2 := 'rain';  
n := strpos(s2, s1)
```

7

◆ Συνένωση συμβολοσειρών

```
s1 := 'abc'; s2 := 'def';  
s := s1 + s2
```

'abcdef'

◆ Τμήμα συμβολοσειράς

```
s1 := 'abcdef'; s2 := str(s1, 3, 2)
```

'cd'

◆ Διαγραφή τμήματος συμβολοσειράς

```
s1 := 'abcdef';  
s2 := strdelete(s1, 3, 2)
```

'abef'

◆ Εισαγωγή μέσα σε συμβολοσειρά

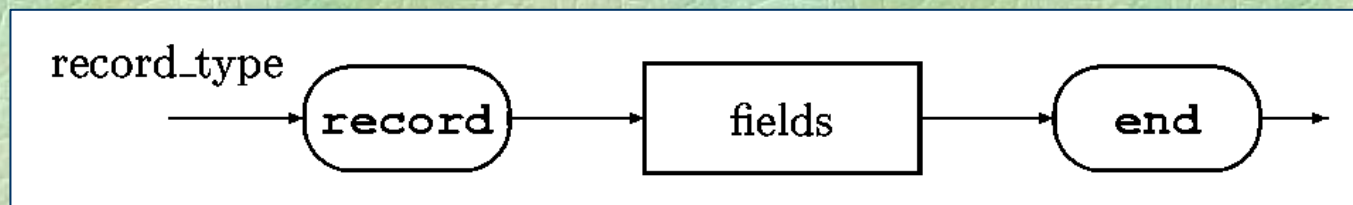
```
s1 := 'abcdef'; s2 := '123';  
s := strinsert(s2, s1, 3)
```

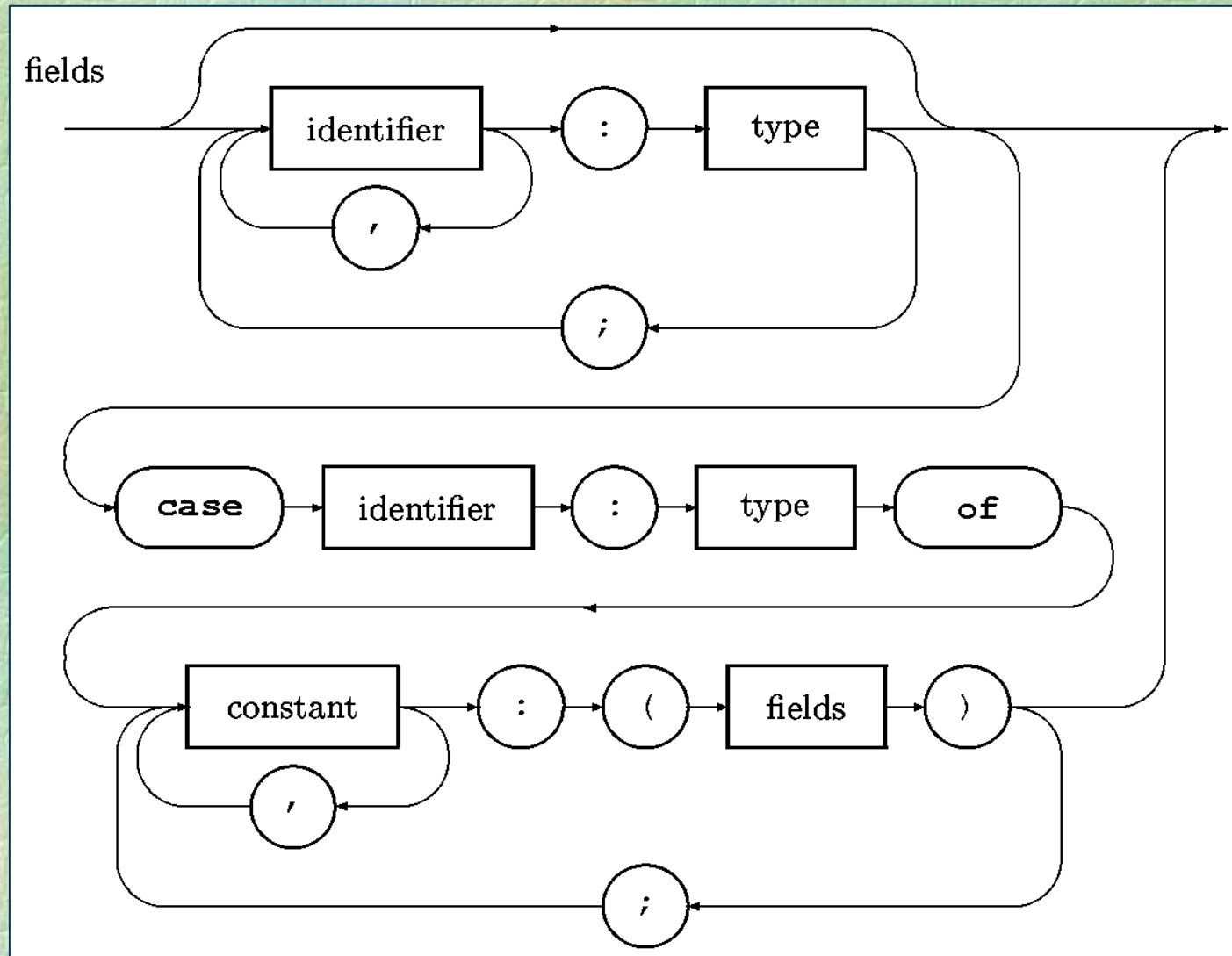
'ab123cdef'

◆ Παράδειγμα

```
program AB(input, output);  
  const A = 'Type in a string: ';  
  var    N : integer;  
        A1, A2 : string[80];  
begin  
  write(A); readln(A1);  
  A2 := '';  
  for N := strlen(A1) downto 1 do  
    A2 := A2 + str(A1, N, 1);  
  writeln('the reverse of ', A1);  
  writeln(' is: ', A2);  
  if A1 = A2 then  
    writeln('palindrome')  
end.
```


- ◆ **Εγγραφή** (record): δομημένη μεταβλητή που αποτελείται από πλήθος επιμέρους μεταβλητών πιθανώς διαφορετικών τύπων
- ◆ Οι επιμέρους μεταβλητές λέγονται **πεδία** και φέρουν ξεχωριστά ονόματα
- ◆ **Σύνταξη**





◆ Παράδειγμα

```
type StudentRecord = record
    firstName : array [1..20] of char;
    lastName  : array [1..30] of char;
    class     : 1..6;
    room      : 1..3;
    grade     : array [1..15] of 0..20
end;

var student : StudentRecord
...

student.class := 3;
writeln(student.firstName[1])
```


◆ Παράδειγμα

```
function avg(s : StudentRecord) : real;  
  var sum, i : integer;  
begin  
  sum := 0;  
  for i := 1 to 15 do  
    sum := sum + s.grade[i];  
  avg := sum / 15.0  
end
```


Εγγραφές μέσα σε εγγραφές

(v)

```
type DateRecord = record
```

```
    day      : 1..31;
```

```
    month    : 1..12;
```

```
    year     : 1970..2100
```

```
end;
```

```
type StudentRecord = record
```

```
    ...
```

```
    birthDate : DateRecord;
```

```
    ...
```

```
end;
```

```
...
```

```
writeln(student.birthDate.day:0, '/',  
        student.birthDate.month:0, '/',  
        student.birthDate.year:0)
```


Μιγαδικοί αριθμοί

```
type complex = record
    re, im : real
end;

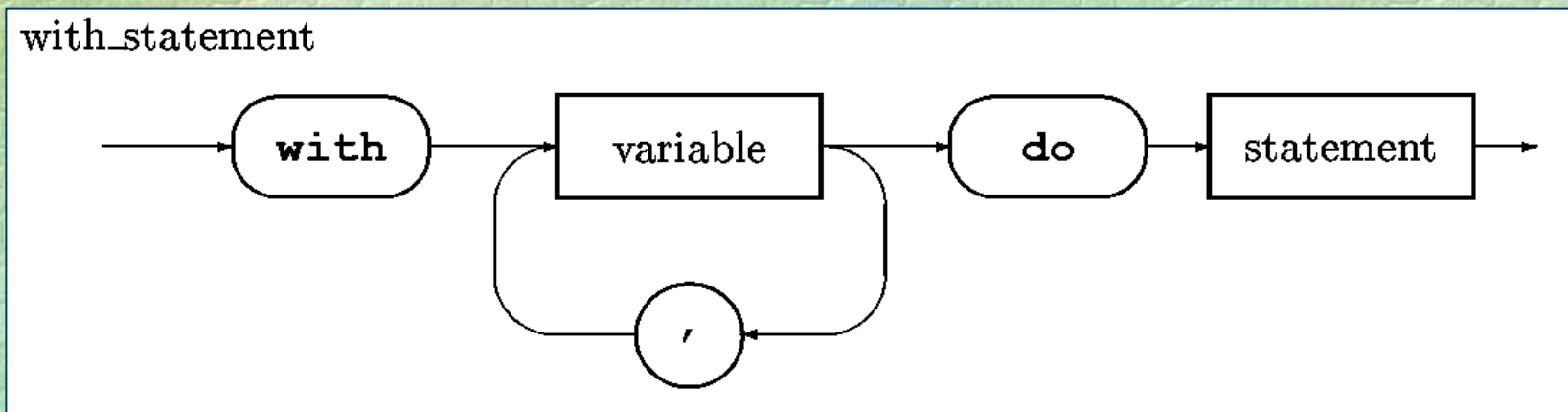
function cMult(x,y:complex) : complex;
begin
    cMult.re := x.re * y.re - x.im * y.im;
    cMult.im := x.re * y.im + x.im * y.re
end

function cNorm(c : complex) : real;
begin
    cNorm := sqrt(c.re * c.re + c.im * c.im)
end
```


Εντολή with

(i)

- ◆ Οικονομία στην προσπέλαση των πεδίων εγγραφών
- ◆ Σύνταξη



◆ Παράδειγμα

```
function avg(s : StudentRecord) : real;  
  var sum, i : integer;  
begin  
  sum := 0;  
  for i := 1 to 15 do  
    with s do  
      sum := sum + grade[i];  
    end  
  end  
  avg := sum / 15.0  
end
```


Εγγραφές με παραλλαγές

- ◆ Το πεδίο **επισήμανσης** καθορίζει ποια πεδία θα υπάρχουν σε μια εγγραφή
- ◆ Παράδειγμα

```
type MaritalStatus =  
    (single, married, divorced);  
  
type EmployeeRecord = record  
    name : array [1..50] of char;  
    case status : MaritalStatus of  
        single : ();  
        married, divorced :  
            (children : integer)  
    end
```


- ◆ Τα στοιχεία τους πρέπει να ανήκουν σε ένα σχετικά μικρό τακτικό τύπο
- ◆ Παράδειγμα

```
type characters = set of char;  
languages      = set of  
    (english, french, german,  
     russian, greek, turkish);  
numbers        = set of 1..100;  
  
var x, y, z : languages;  
  
...  
  
x := []; y := [english];  
z := [french, english, german];
```


◆ Πράξεις με σύνολα

- έλεγχος μέλους συνόλου
- ένωση
- τομή
- διαφορά
- ισότητα και ανισότητα
- σχέσεις υποσυνόλων

in

+

-

= <>

< > <= >=

◆ **Αρχείο** (file): δομημένη μεταβλητή που αποτελείται από

- μεταβλητό πλήθος στοιχείων
- του ίδιου τύπου
- αποθηκευμένα το ένα μετά το άλλο
- συνήθως στην περιφερειακή μνήμη (π.χ. στο δίσκο)

◆ **Παράδειγμα**

```
program students(input, output, f);  
    var f : file of StudentRecord
```


◆ Αποθηκευτική μεταβλητή (buffer)

$f^{\wedge}$ το τρέχον στοιχείο του αρχείου

- σε περίπτωση **αρχείου εισόδου**
το στοιχείο που μόλις διαβάστηκε
- σε περίπτωση **αρχείου εξόδου**
το στοιχείο που πρόκειται να γραφεί

◆ Άνοιγμα και κλείσιμο αρχείων

reset(f) rewrite(f) close(f)

◆ Λειτουργίες εισόδου και εξόδου

`get(f)` `put(f)`

◆ Διάβασμα και γράψιμο

`read(f,x)` $\equiv$ **begin** `x := f^;` `get(f)` **end**

`write(f,x)` $\equiv$ **begin** `f^ := x;` `put(f)` **end**

◆ Έλεγχος τέλους αρχείου

`eof(f)`

◆ Παράδειγμα

```
program fileSqrt(input, output, f, g);  
  var f, g : file of real;  
      x    : real;  
begin  
  reset(f); rewrite(g);  
  
  while not eof(f) do  
  begin  
    read(f, x);  
    write(g, sqrt(x))  
  end;  
  
  close(f); close(g)  
end.
```


◆ Παράδειγμα

```
program phoneDir(input, output, f);  
  
  type StudentRecord = record  
    firstName : array [1..20] of char;  
    lastName  : array [1..30] of char;  
    birthDate : record  
      day      : 1..31;  
      month    : 1..12;  
      year     : 1970..2100  
    end  
  end  
  
  var f : file of StudentRecord;
```


◆ Παράδειγμα (συνέχεια)

```
begin
    reset(f);

    while not eof(f) do
        begin
            with f^.birthDate do
                write(day : 0, '/',
                    month : 0, '/',
                    year : 0);

            get(f)
        end;

        close(f)
    end.
```


Αρχεία κειμένου

(i)

- ◆ Τύπος **text** ισοδυναμεί με **file of char**
- ◆ Στο τέλος κάθε γραμμής υπάρχει ένας ειδικός **χαρακτήρας τέλους γραμμής**
 - αν διαβαστεί, αντικαθίσταται από κενό ' '
- ◆ Έλεγχοι τέλους γραμμής και τέλους αρχείου
eoln(f) **eof(f)**
- ◆ Για είσοδο και έξοδο, μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι παρακάτω διαδικασίες
write(f) **read(f)**
writeln(f) **readln(f)**

◆ Παράδειγμα: μέτρηση αριθμού γραμμών και χαρακτήρων

```
program lineCount(input, output, f);  
  var f          : text;  
      lines, characters : integer;  
      ch          : char;  
begin lines := 0; characters := 0;  
  reset(f);  
  
  while not eof(f) do  
    if eoln(f) then  
      begin readln(f);  
             lines := lines + 1  
      end  
    end
```


◆ Παράδειγμα (συνέχεια)

```
    else
    begin read(f, ch) ;
           characters := characters + 1
    end;

close(f) ;

writeln('lines:      ', lines) ;
writeln('characters: ', characters)
end.
```


- ◆ Παράδειγμα: αντιγραφή των περιεχομένων ενός αρχείου δύο φορές διαδοχικά

```
program doubleTxt(input, output, f, g);  
  var f, g : text;  
  procedure copyOnce;  
    var ch : char;  
  begin reset(f);  
    while not eof(f) do  
      begin  
        while not eoln(f) do  
          begin read(f, ch);  
                write(g, ch)  
          end;  
      end;  
end;
```


◆ Παράδειγμα (συνέχεια)

```
        readln(f) ;  
        writeln(g)  
    end;  
    close(f)  
end;  
  
begin  
    rewrite(g) ;  
    copyOnce;  
    copyOnce;  
    close(g)  
end.
```


◆ Στατικές μεταβλητές: γενικές ή τοπικές

- ο χώρος στη μνήμη όπου τοποθετούνται δεσμεύεται κάθε φορά που καλείται η ενότητα όπου δηλώνονται και αποδεσμεύεται στο τέλος της κλήσης

◆ Δυναμικές μεταβλητές

- ο χώρος στη μνήμη όπου τοποθετούνται δεσμεύεται και αποδεσμεύεται δυναμικά, δηλαδή με φροντίδα του προγραμματιστή
- η προσπέλαση σε δυναμικές μεταβλητές γίνεται με τη χρήση δεικτών (pointers)

- ◆ Με τη βοήθεια των δυναμικών μεταβλητών υλοποιούνται **δυναμικοί τύποι δεδομένων**
 - συνδεδεμένες λίστες,
 - δέντρα, γράφοι, κ.λπ.
- ◆ Πλεονεκτήματα των δυναμικών τύπων
 - μπορούν να περιέχουν **απεριόριστο πλήθος** στοιχείων (αν το επιτρέπει η διαθέσιμη μνήμη)
 - κάποιες πράξεις υλοποιούνται **αποδοτικότερα** (π.χ. προσθήκη και διαγραφή στοιχείων σε ενδιάμεση θέση)

- ◆ **Δείκτης** (pointer): η διεύθυνση μιας περιοχής της μνήμης όπου βρίσκεται μια δυναμική μεταβλητή
- ◆ Παράδειγμα

```
var p : ^integer;
```

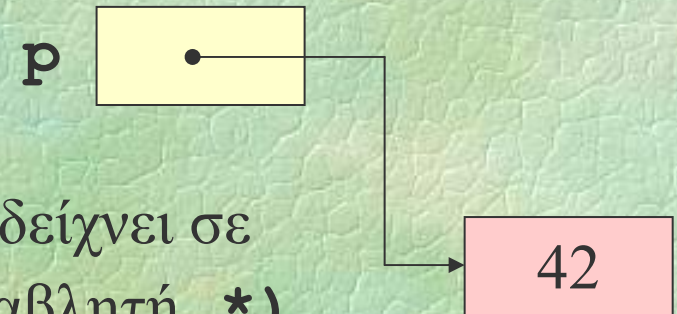
```
...
```

```
(* ο δείκτης p τοποθετείται να δείχνει σε  
κάποια ακέραια δυναμική μεταβλητή *)
```

```
...
```

```
p^ := 42;
```

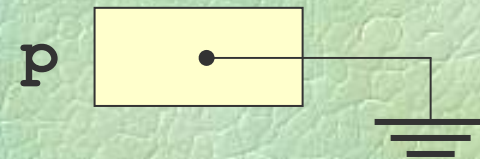
```
writeln(p^ + 1)
```



- ◆ **Κενός δείκτης (nil pointer):** ειδική τιμή δείκτη που δε δείχνει πουθενά

- ◆ **Παράδειγμα**

```
var p : ^integer;  
...  
p := nil
```



- ◆ Απαγορεύεται η προσπέλαση της μνήμης μέσω ενός κενού δείκτη

```
p := nil;  
writeln(p^)
```

λάθος!

Δυναμική παραχώρηση μνήμης

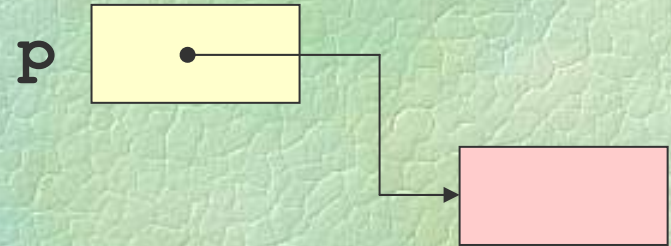
◆ Δέσμευση

- δημιουργία μιας νέας δυναμικής μεταβλητής

```
var p : ^integer;
```

```
...
```

```
new (p)
```

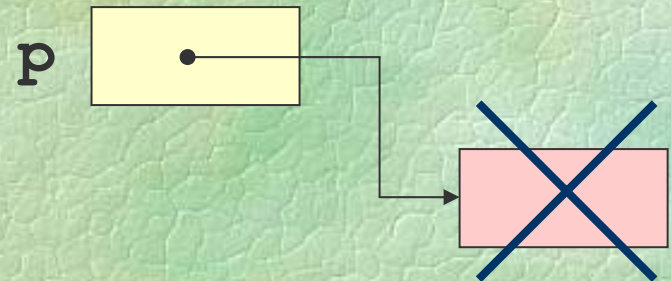


◆ Αποδέσμευση

- καταστροφή μιας δυναμικής μεταβλητής

```
...
```

```
dispose (p)
```



Σύνθετες δυναμικές μεταβλητές (i)

◆ Παράδειγμα

```
type nodeptr = ^nodetype;  
      nodetype = record  
                      info : integer;  
                      next : nodeptr  
            end;
```

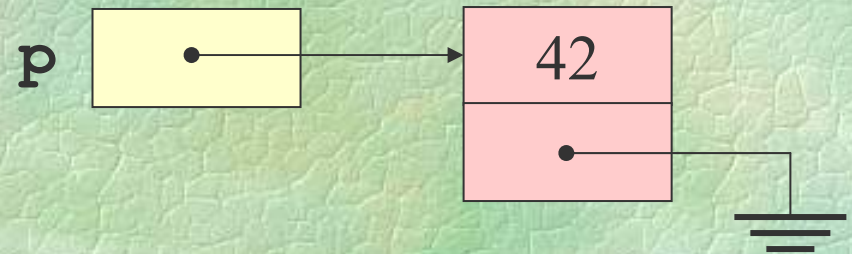
```
var p : nodeptr;
```

```
...
```

```
new (p) ;
```

```
p^.info := 42;
```

```
p^.next := nil
```



Σύνθετες δυναμικές μεταβλητές (ii)

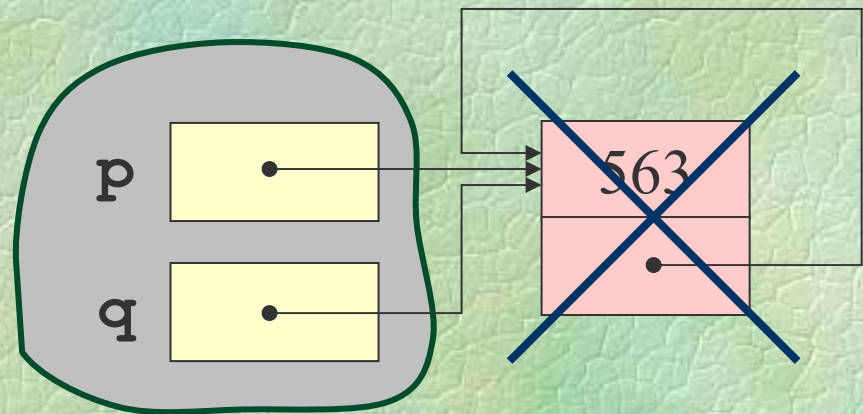
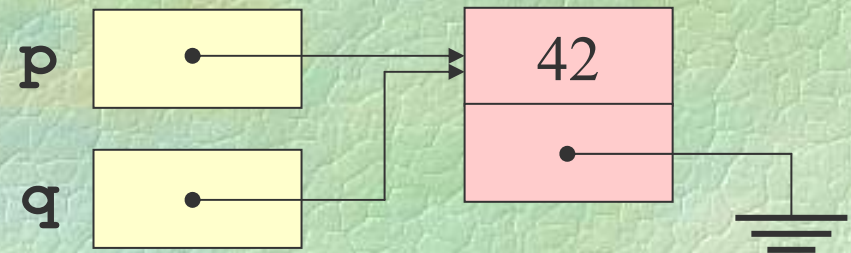
◆ Παράδειγμα (συνέχεια)

`q := p;`

`q^.info := 563;`

`q^.next := q;`

`dispose(p)`



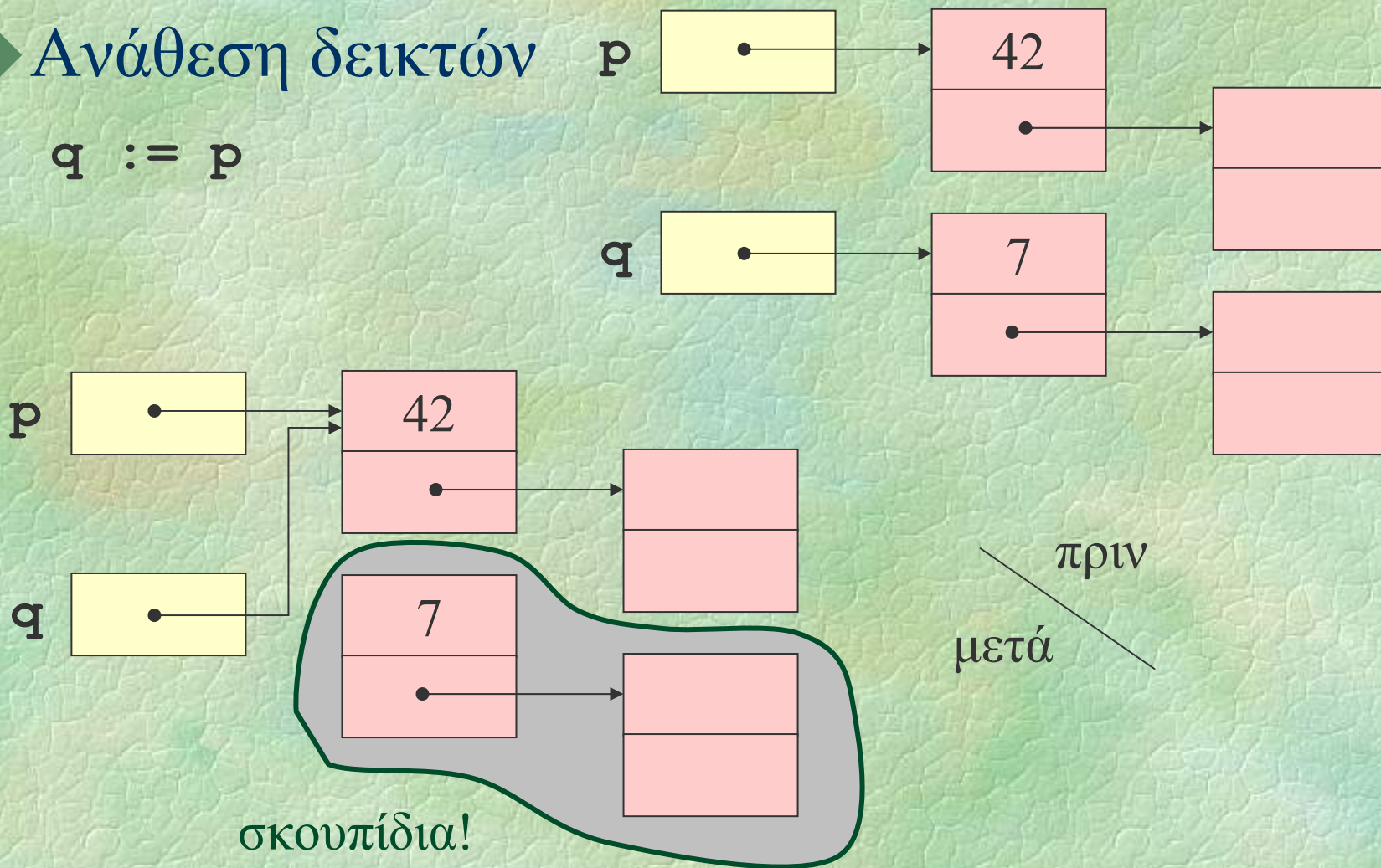
ξεκρέμαστοι δείκτες!

Δείκτες και ανάθεση

(i)

◆ Ανάθεση δεικτών

$q := p$

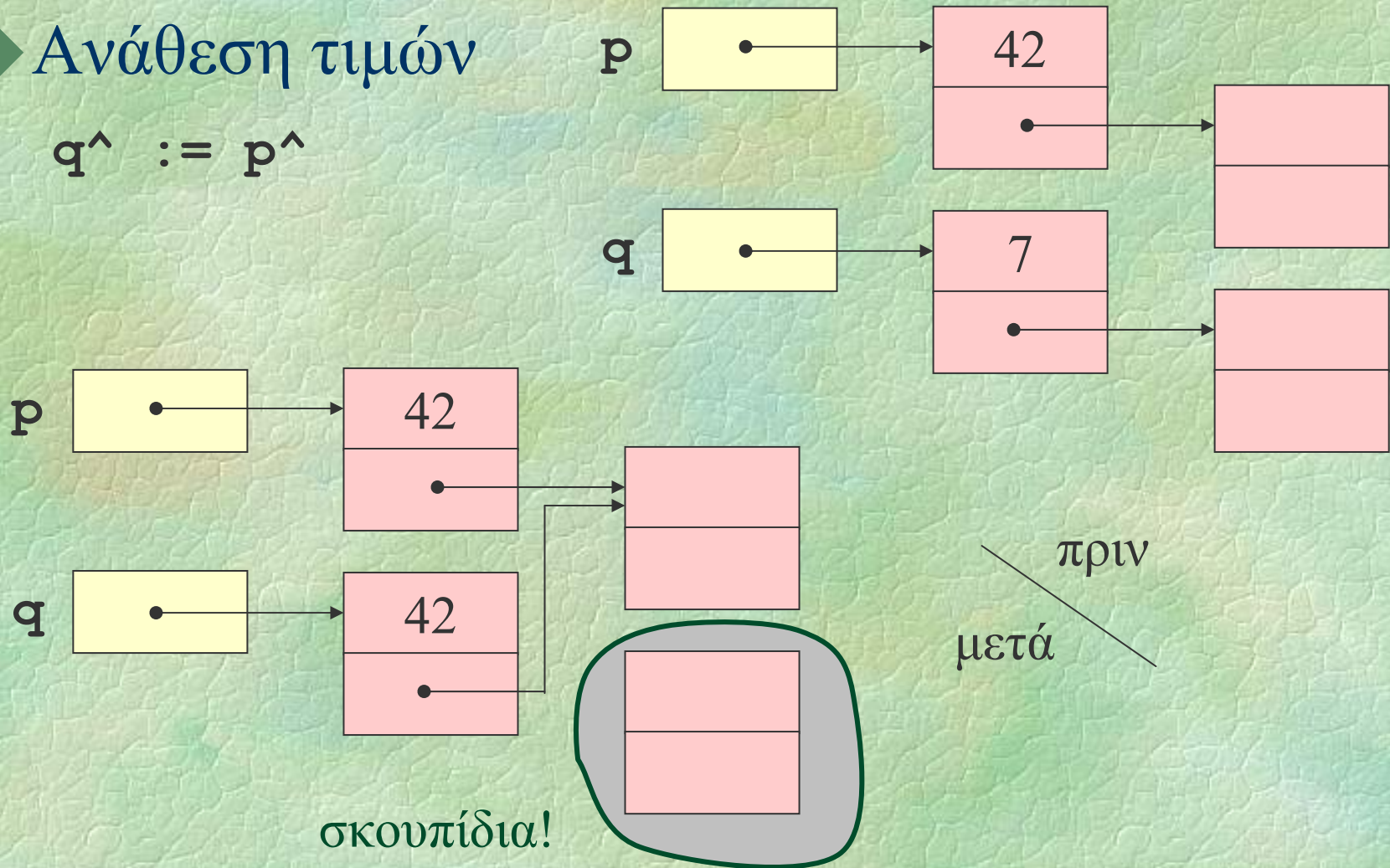


Δείκτες και ανάθεση

(ii)

◆ Ανάθεση τιμών

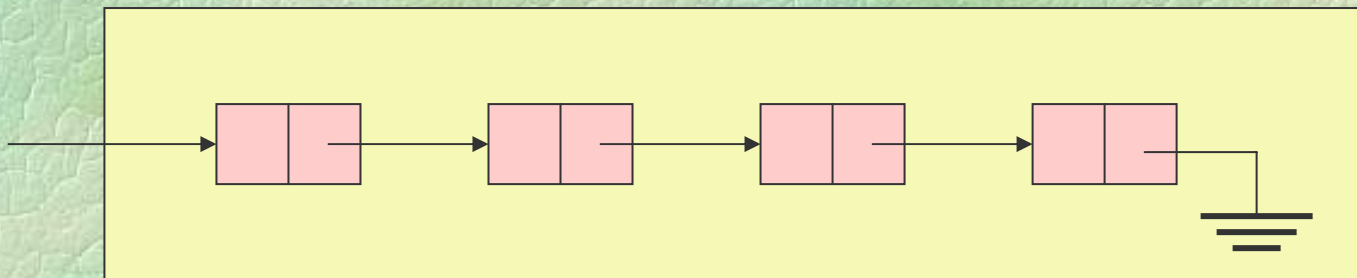
$q^{\wedge} := p^{\wedge}$



Συνδεδεμένες λίστες

(i)

- ◆ Είναι γραμμικές διατάξεις
- ◆ Κάθε κόμβος περιέχει:
 - κάποια πληροφορία
 - ένα σύνδεσμο στον **επόμενο** κόμβο
- ◆ Ο τελευταίος κόμβος έχει **κενό** σύνδεσμο

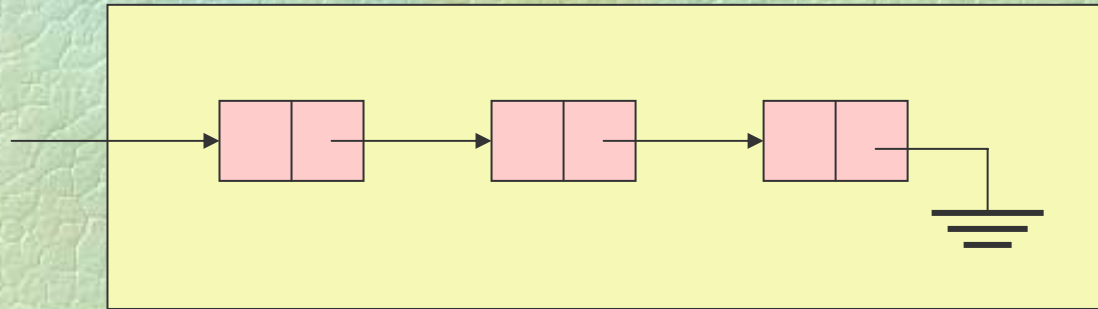


Συνδεδεμένες λίστες

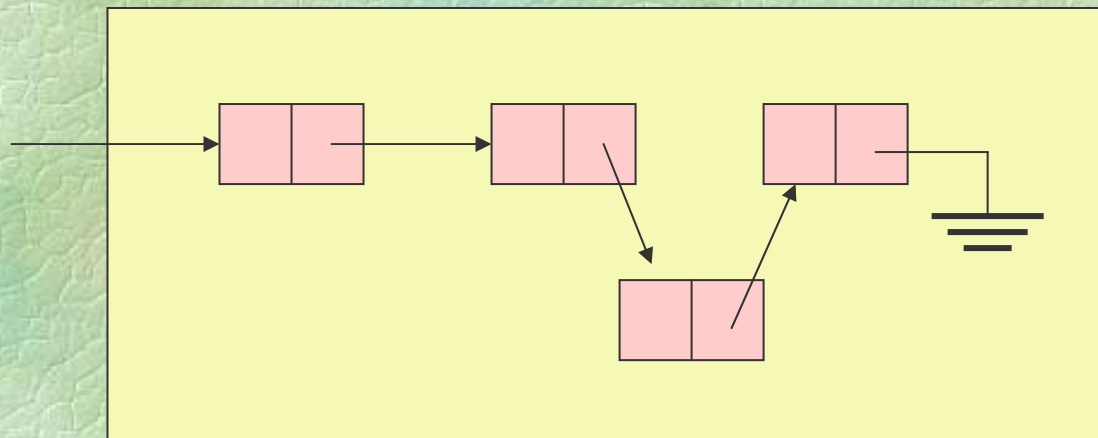
(ii)

◆ Ευκολότερη προσθήκη στοιχείων

- πριν



- μετά

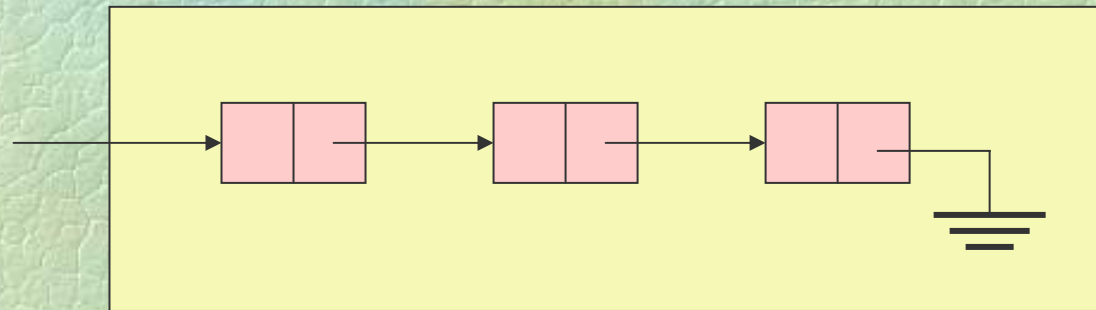


Συνδεδεμένες λίστες

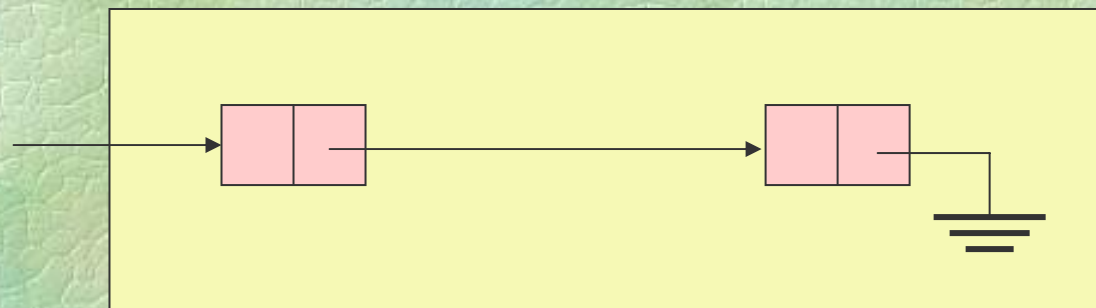
(iii)

◆ Ευκολότερη διαγραφή στοιχείων

- πριν



- μετά



◆ Τύπος κόμβου συνδεδεμένης λίστας

```
type nodeptr = ^nodetype;  ← πρωθύστερο!  
nodetype = record  
    info : integer;  
    next : nodeptr  
end
```

◆ Μια συνδεδεμένη λίστα παριστάνεται συνήθως με ένα δείκτη στο πρώτο της στοιχείο

```
var head : nodeptr
```


◆ Παράδειγμα κατασκευής λίστας

```
program linkedlist(input,output) ;  
    type nodetype = record  
        info : integer;  
        next : ^nodetype  
    end;  
  
    var head, node : ^nodetype;  
        data : integer;
```


◆ Παράδειγμα (συνέχεια)

```
begin
  head := nil;
  read(data);
  while not eof do
    begin
      new(node);
      node^.info := data;
      node^.next := head;
      head := node;
      read(data)
    end
  end.
```


◆ Εκτύπωση λίστας

```
procedure print(p : nodeptr);  
begin  
    while p <> nil do  
        begin  
            writeln(p^.info);  
            p := p^.next  
        end  
    end  
end
```


◆ Εκτύπωση λίστας με αναδρομή

```
procedure print(p : nodeptr);  
begin  
    if p <> nil then  
        begin  
            writeln(p^.info);  
            print(p^.next)  
        end  
    end  
end
```


◆ Εκτύπωση λίστας αντίστροφα με αναδρομή

```
procedure printBackwards (p : nodeptr);  
begin  
    if p <> nil then  
        begin  
            printBackwards (p^.next);  
            writeln(p^.info)  
        end  
    end  
end
```


- ◆ Κόστος της εκτέλεσης ενός αλγορίθμου που επιλύει κάποιο πρόβλημα, συναρτήσει του μεγέθους του προβλήματος
 - **χρόνος**: αριθμός υπολογιστικών βημάτων
 - **χώρος**: απαιτούμενο μέγεθος μνήμης
- ◆ Συναρτήσεις πολυπλοκότητας
 - θετικές και αύξουσες
 - π.χ. $f(n) = n(n-1) / 2$

◆ Άνω φράγμα: O

$$O(f) = \{ g \mid \exists c. \exists n_0. \forall n > n_0. g(n) < c f(n) \}$$

◆ Κάτω φράγμα: Ω

$$\Omega(f) = \{ g \mid \exists c. \exists n_0. \forall n > n_0. g(n) > c f(n) \}$$

◆ Τάξη μεγέθους: Θ

$$\Theta(f) = \{ g \mid \exists c_1, c_2. \exists n_0. \forall n > n_0. \\ c_1 < g(n) / f(n) < c_2 \}$$

- Γράφουμε $g = O(f)$ αντί $g \in O(f)$
- π.χ. $5n^2 + 4n - 2n \log n + 7 = \Theta(n^2)$

Πολυπλοκότητα

(iii)

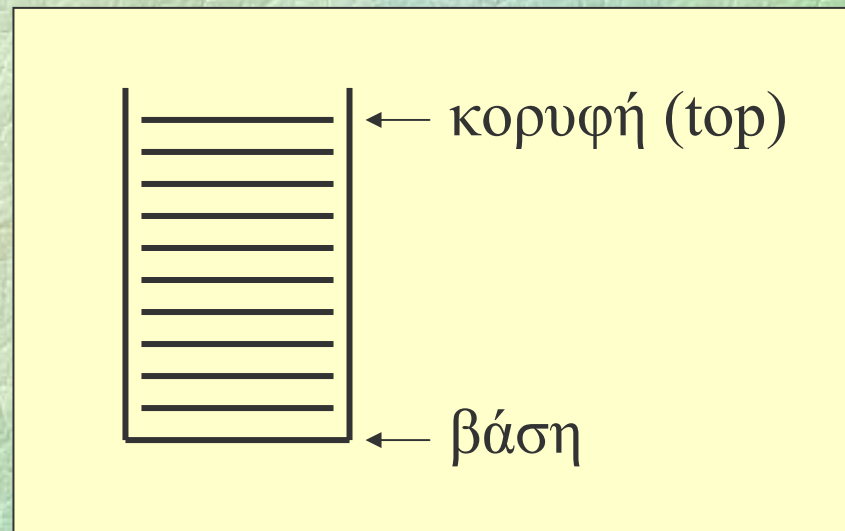
$$\begin{aligned} O(1) &< O(\log^* n) < O(\log n) < O(\sqrt{n}) \\ &< O(n) < O(n \log n) \\ &< O(n^2) < O(n^2 \log^5 n) \\ &< O(n^3) < \dots < \text{Poly} \\ &< O(2^n) < O(n!) < O(n^n) \\ &< O(2^{2^n}) < \dots \end{aligned}$$

$$\text{Poly} = n^{O(1)}$$

2^{2^n} η υπερεκθετική συνάρτηση: $2^{2^{2^{\dots^2}}}$ (n φορές)
και $\log^* n$ η αντίστροφή της

◆ Last In First Out (LIFO)

ό,τι μπαίνει τελευταίο, βγαίνει πρώτο



◆ Αφηρημένος τύπος δεδομένων

- Ορίζεται ο τύπος **stack** που υλοποιεί τη στοίβα (ακεραίων αριθμών)
- Ορίζονται οι απαραίτητες πράξεις:
 - **empty** η άδεια στοίβα
 - **push** προσθήκη στοιχείου στην κορυφή
 - **pop** αφαίρεση στοιχείου από την κορυφή

- Ο τρόπος υλοποίησης των παραπάνω δεν ενδιαφέρει αυτούς που θα τα χρησιμοποιήσουν
- Τέτοιοι τύποι λέγονται **αφηρημένοι** (ΑΤΔ)

◆ Υλοποίηση με πίνακα

```
const size = 100;  
type stack = record  
    arr : array [1..size] of integer;  
    top : 1 .. size+1  
end
```

◆ Άδεια στοίβα

```
function empty : stack;  
begin  
    empty.top := 1  
end
```

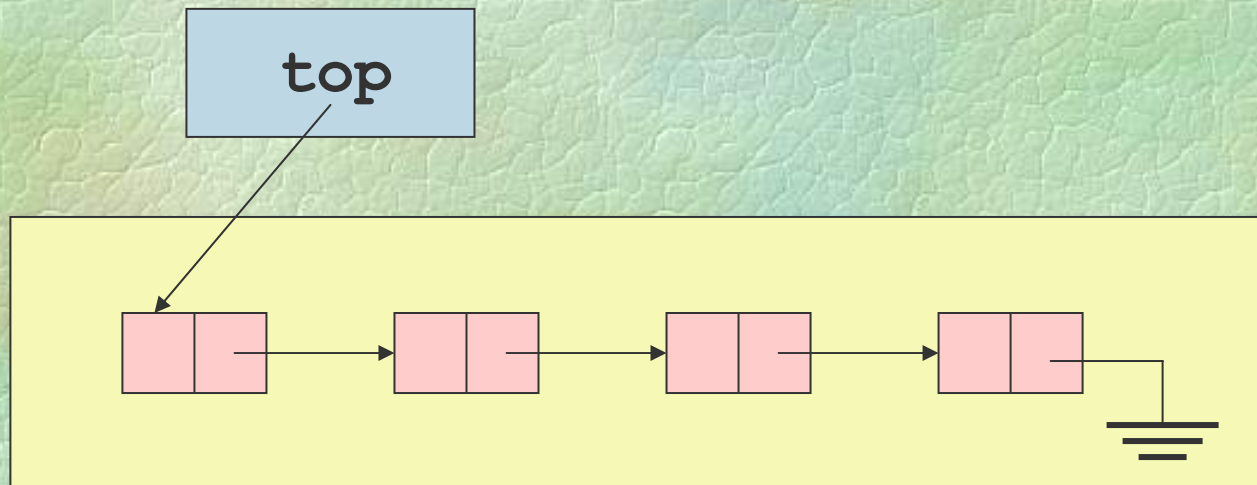

◆ Προσθήκη στοιχείου

```
procedure push (var s : stack,  
               data : integer);  
begin  
    s.arr[s.top] := data;  
    s.top := s.top + 1  
end
```


◆ Αφαίρεση στοιχείου

```
procedure pop (var s : stack;  
               var data : integer;  
               var nonempty : boolean);  
begin  
    if s.top <= 1 then  
        nonempty := false  
    else  
        begin  
            s.top := s.top - 1;  
            data := s.arr[s.top];  
            nonempty := true  
        end  
    end  
end
```


◆ Υλοποίηση με απλά συνδεδεμένη λίστα



◆ Υλοποίηση με απλά συνδεδεμένη λίστα

```
type node = record
    info : integer;
    next : ^node
end;

stack = ^node
```

◆ Άδεια στοίβα

```
function empty : stack;
begin
    empty := nil
end
```


◆ Προσθήκη στοιχείου

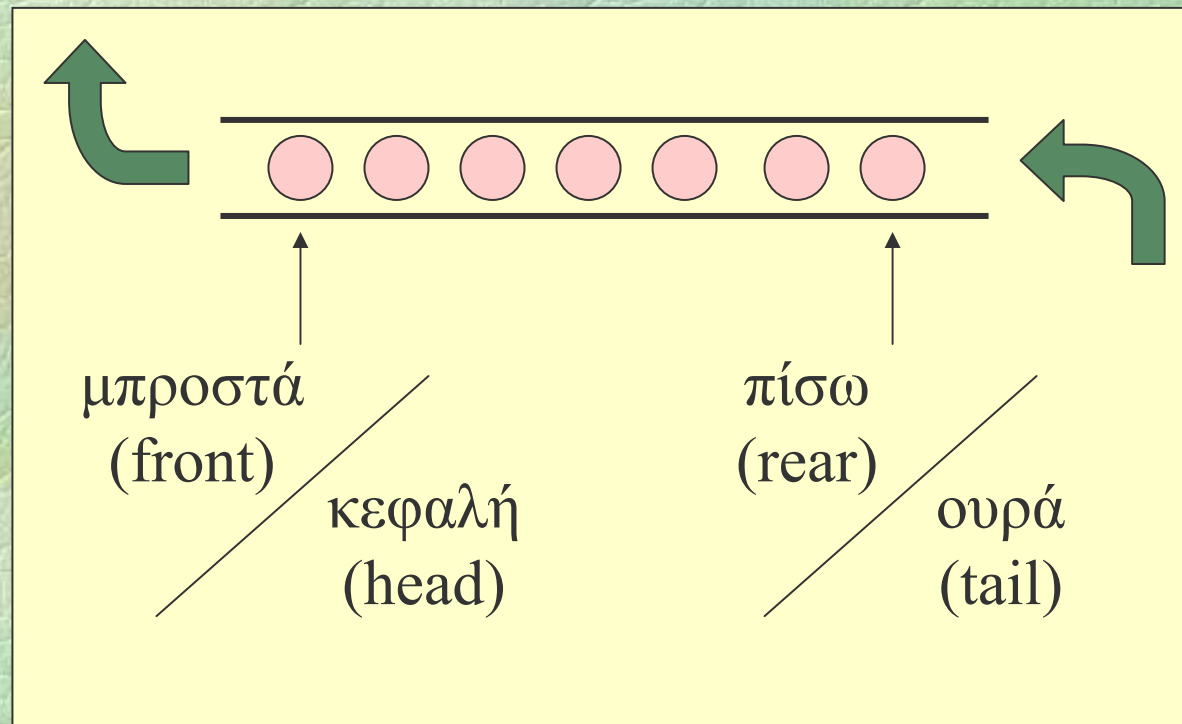
```
procedure push (var s : stack,  
               data : integer);  
    var p : ^node;  
begin  
    new(p) ;  
    p^.info := data;  
    p^.next := s;  
    s := p  
end
```


◆ Αφαίρεση στοιχείου

```
procedure pop (var s : stack;  
               var data : integer;  
               var nonempty : boolean);  
    var p : ^node;  
begin  
    if s = nil then  
        nonempty := false  
    else begin p := s;  
               data := s^.info;  
               s := s^.next;  
               dispose(p);  
               nonempty := true  
            end  
end
```


◆ First In First Out (FIFO)

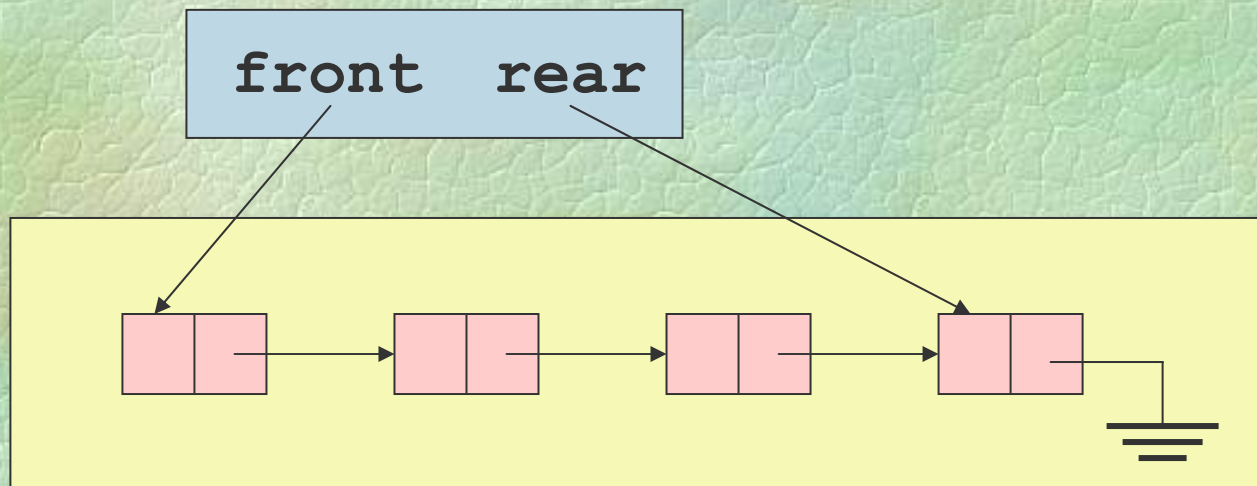
ό,τι μπαίνει πρώτο, βγαίνει πρώτο



◆ Αφηρημένος τύπος δεδομένων

- Ορίζεται ο τύπος **queue** που υλοποιεί την ουρά (ακεραίων αριθμών)
- Ορίζονται οι απαραίτητες πράξεις:
 - **empty** η άδεια ουρά
 - **enqueue** προσθήκη στοιχείου στο τέλος
 - **dequeue** αφαίρεση στοιχείου από την αρχή
 - **isempty** έλεγχος για άδεια ουρά

◆ Υλοποίηση με απλά συνδεδεμένη λίστα



◆ Υλοποίηση με απλά συνδεδεμένη λίστα

```
type node = record
    info : integer;
    next : ^node
end;

queue = record
    front : ^node;
    rear  : ^node
end
```

◆ Άδεια ουρά

```
function empty : queue;
begin empty.front := nil;
      empty.rear  := nil;
end
```


◆ Προσθήκη στοιχείου

```
procedure enqueue (var q : queue,  
                   data : integer);  
    var p : ^node;  
begin  
    new(p);  
    p^.info := data;  
    p^.next := nil;  
    if q.front = nil then  
        q.front := p  
    else  
        q.rear^.next := p;  
    q.rear := p  
end
```

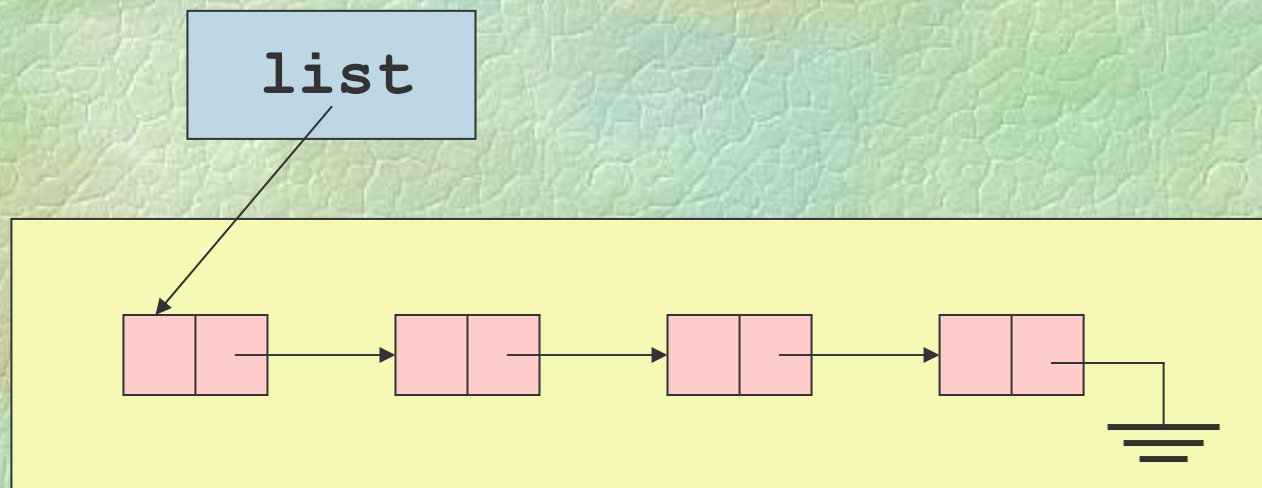

◆ Αφαίρεση στοιχείου

```
procedure dequeue (var q : queue;  
                  var data : integer;  
                  var nonempty : boolean);  
    var p : ^node;  
begin  
    if q.front = nil then  
        nonempty := false  
    else begin p := q.front;  
               data := q.front^.info;  
               if q.front = q.rear then  
                   q.rear := nil  
               q.front := q.front^.next;  
               dispose(p); nonempty := true  
            end  
end
```


Γραμμικές λίστες

(i)

◆ Γενική μορφή απλά συνδεδεμένης λίστας



◆ Εισαγωγή στο τέλος

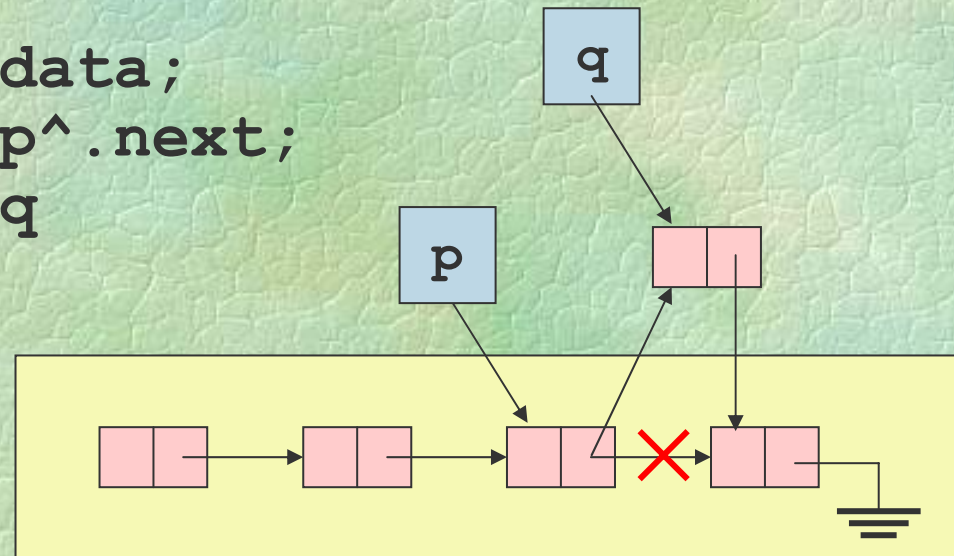
```
procedure insertAtRear (  
    var list : ^node;  
    data : integer);  
    var p, q : ^node;  
begin new(p);  
    p^.info := data; p^.next := nil;  
    if list = nil then list := p  
    else begin q := list;  
        while q^.next <> nil do  
            q := q^.next;  
        q^.next := p  
    end  
end
```


Γραμμικές λίστες

(iii)

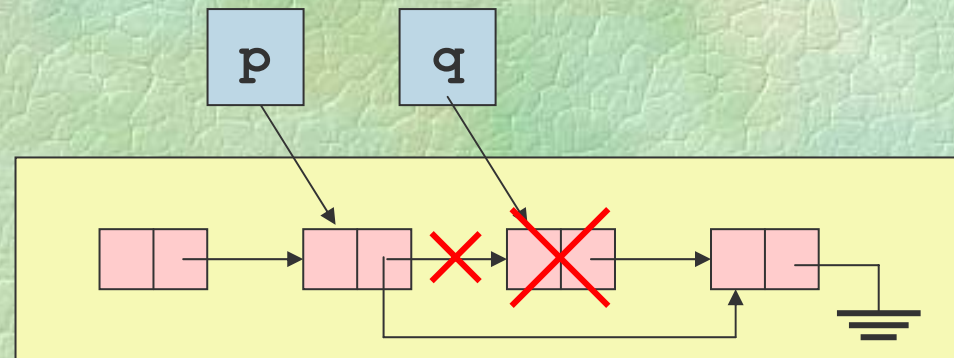
◆ Εισαγωγή μετά τον κόμβο p

```
procedure insertAfter (p : ^node;  
                        data : integer);  
  
    var q : ^node;  
begin  
    if p <> nil then  
    begin new(q);  
        q^.info := data;  
        q^.next := p^.next;  
        p^.next := q  
    end  
end
```



◆ Διαγραφή του κόμβου μετά τον p

```
procedure deleteAfter (var p : ^node;  
                        var data : integer);  
    var q : ^node;  
begin  
    if p <> nil and (p^.next <> nil) then  
    begin q := p^.next;  
        data := q^.info;  
        p^.next := q^.next;  
        dispose(q)  
    end  
end
```



◆ Εύρεση στοιχείου

```
function search (list : ^node;  
                data : integer) : ^node;  
    var p : ^node; found : boolean;  
begin  
    p := list;  
    found := false;  
    while (p <> nil) and not found do  
        if p^.info = data then  
            found := true  
        else  
            p := p^.next;  
        search := p  
    end
```


◆ Αντιστροφή λίστας

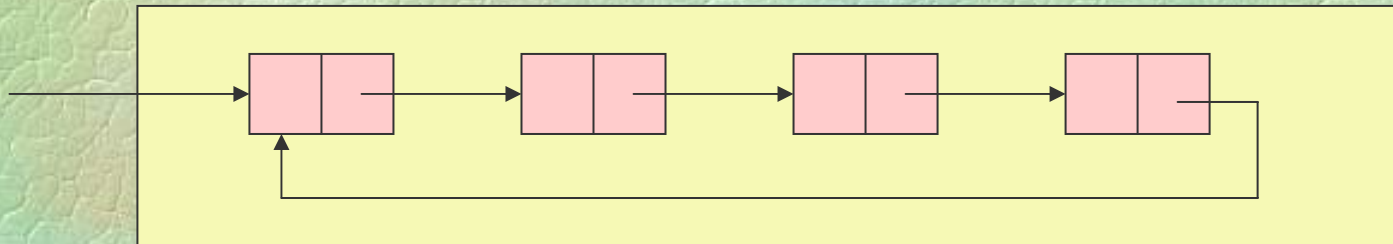
```
procedure reverse (var list : ^node);  
    var p, q : ^node;  
begin  
    q := nil;  
    while list <> nil do  
        begin  
            p := list;  
            list := p^.next;  
            p^.next := q;  
            q := p  
        end;  
    list := q  
end
```


◆ Συνένωση δύο λιστών

```
procedure listconcat (var list1 : ^node;  
                      list2 : ^node);  
    var p : ^node;  
begin  
    if list2 <> nil then  
        if list1 = nil then list1 := list2  
        else begin p := list1;  
                   while p^.next <> nil do  
                       p := p^.next;  
                   p^.next := list2  
        end  
    end  
end
```

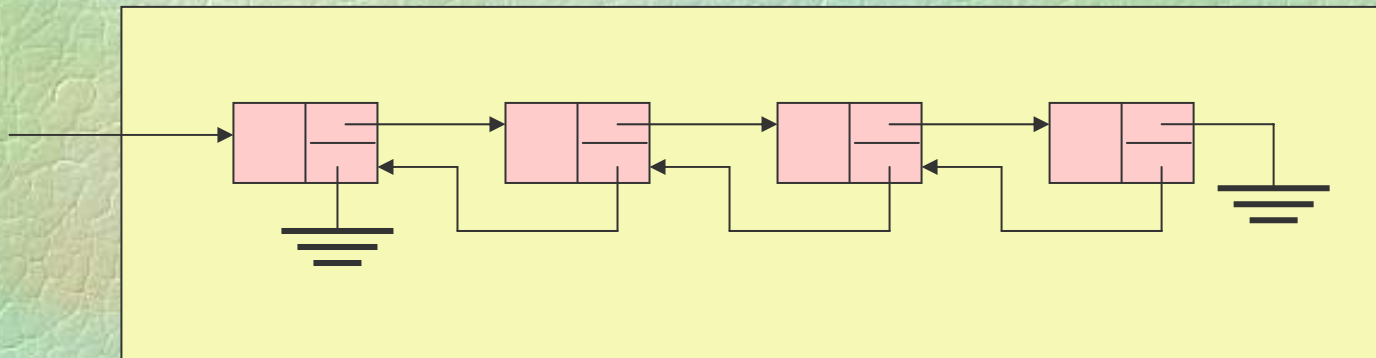

Κυκλικές λίστες

- ◆ Ο επόμενος του τελευταίου κόμβου είναι πάλι ο πρώτος



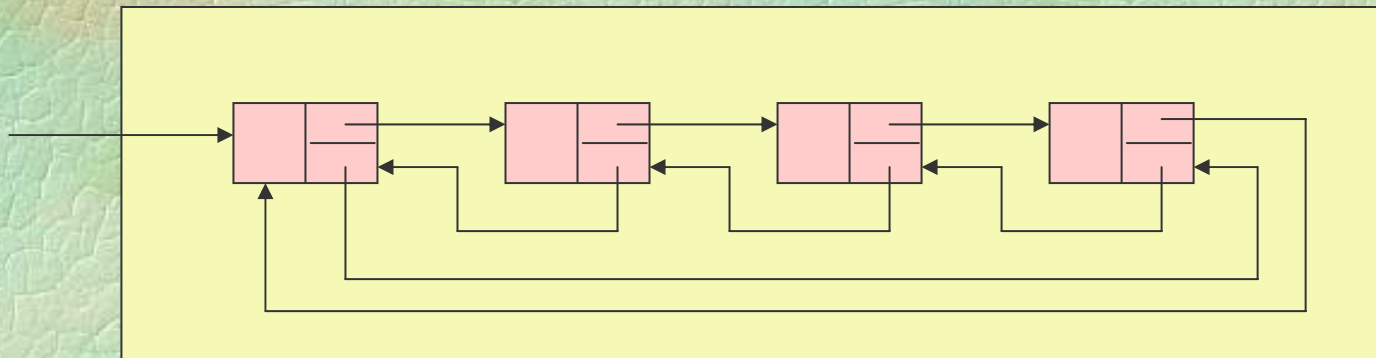
Διπλά συνδεδεμένες λίστες

- ◆ Δυο σύνδεσμοι σε κάθε κόμβο, προς τον επόμενο και προς τον προηγούμενο



Διπλά συνδεδεμένες κυκλικές λίστες

- ◆ Δυο σύνδεσμοι σε κάθε κόμβο, προς τον **επόμενο** και προς τον **προηγούμενο**
- ◆ Ο επόμενος του τελευταίου είναι ο πρώτος
- ◆ Ο προηγούμενος του πρώτου είναι ο τελευταίος



◆ Γράφος ή γράφημα (graph) $G = (V, E)$

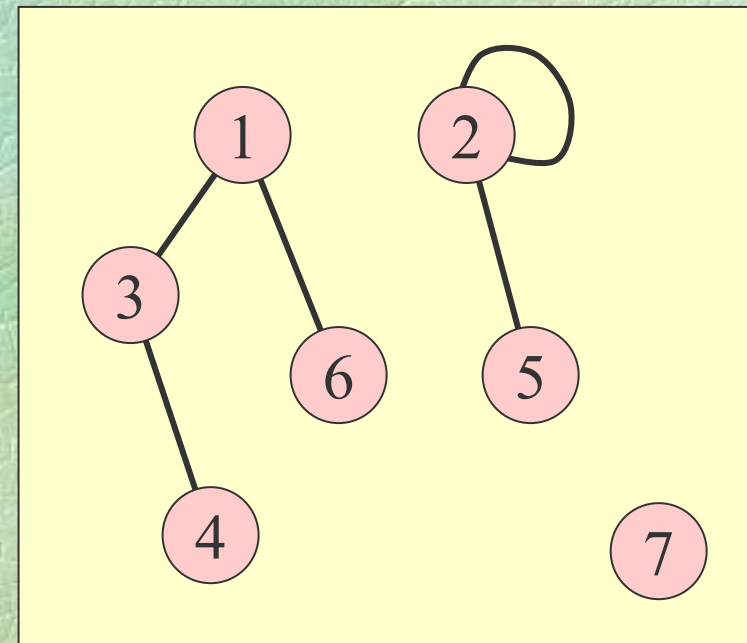
- V Σύνολο κόμβων ή κορυφών
- E Σύνολο ακμών, δηλαδή ζευγών κόμβων

◆ Παράδειγμα

$$V = \{ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 \}$$

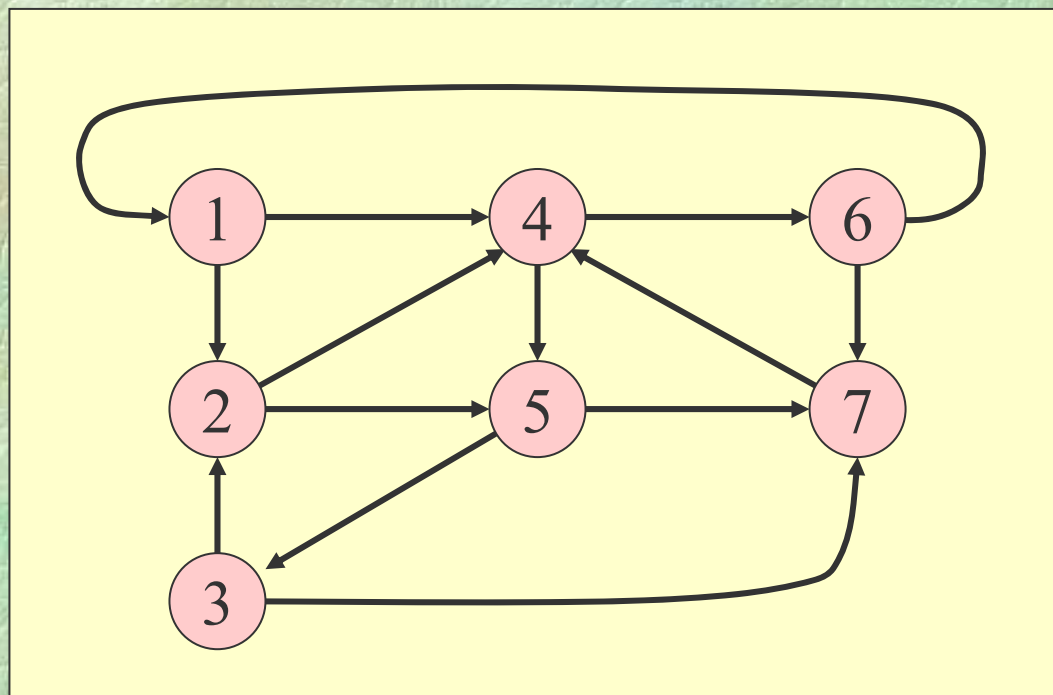
$$E = \{ (x, y) \mid x, y \in V, \\ x+y=4 \text{ ή } x+y=7 \}$$

◆ Γραφική παράσταση



◆ Κατευθυνόμενος γράφος (directed graph)

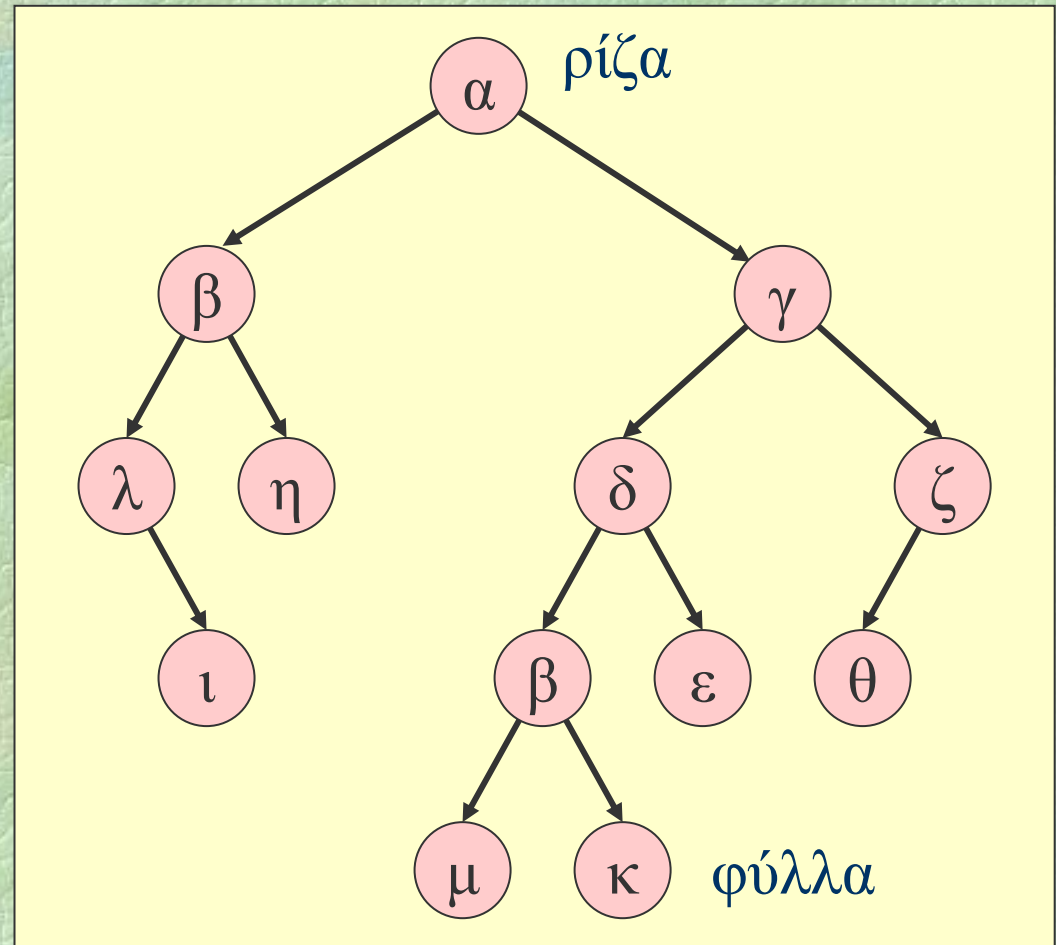
- Οι ακμές είναι διατεταγμένα ζεύγη
- Μπορούν να υλοποιηθούν με δείκτες



Δυαδικά δέντρα

(i)

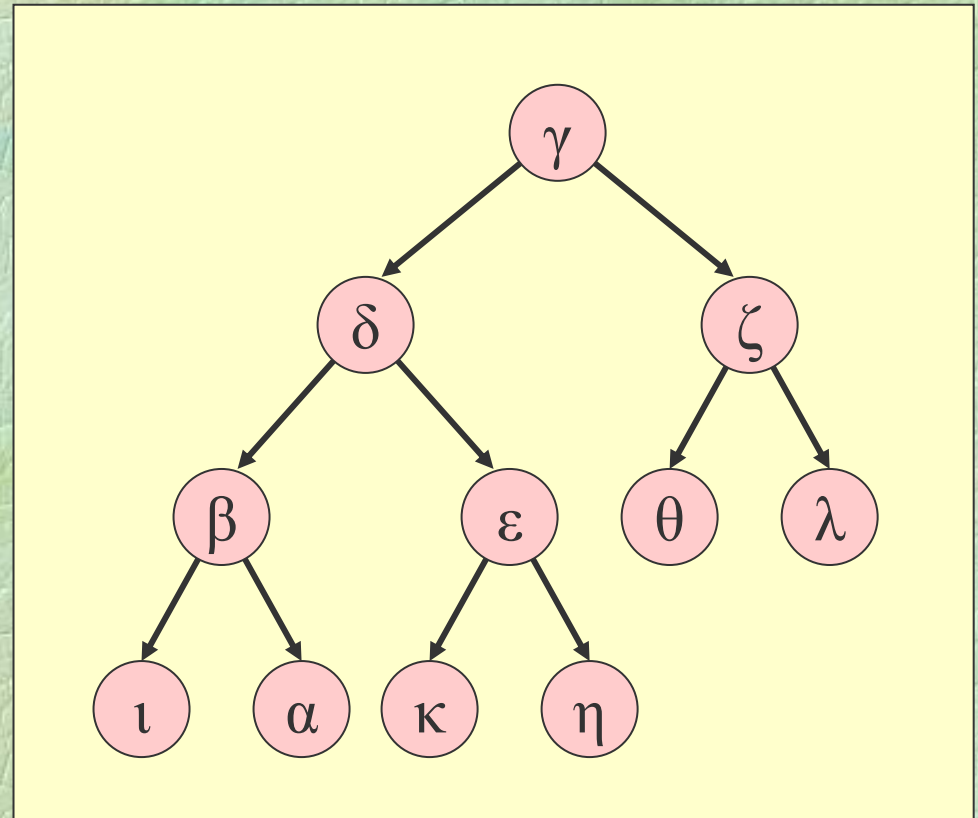
- ◆ Ειδικοί γράφοι της μορφής:
- ◆ Κάθε κόμβος έχει 0, 1 ή 2 παιδιά
- ◆ **Ρίζα**: ο αρχικός κόμβος του δένδρου
- ◆ **Φύλλα**: κόμβοι χωρίς παιδιά



Δυαδικά δέντρα

(ii)

- ◆ Πλήρες δυαδικό δέντρο:
- ◆ Μόνο το κατώτατο επίπεδο μπορεί να μην είναι πλήρες



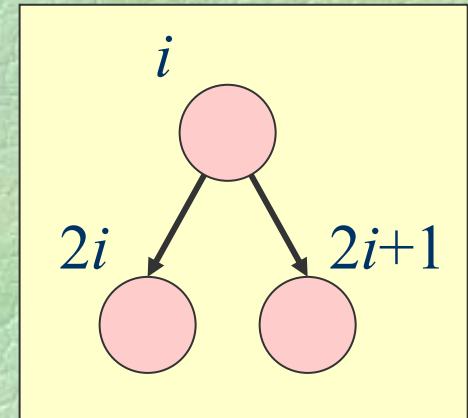
- ◆ Πλήθος κόμβων = $n \Rightarrow \text{ύψος} = O(\log n)$

Δυαδικά δέντρα

(iii)

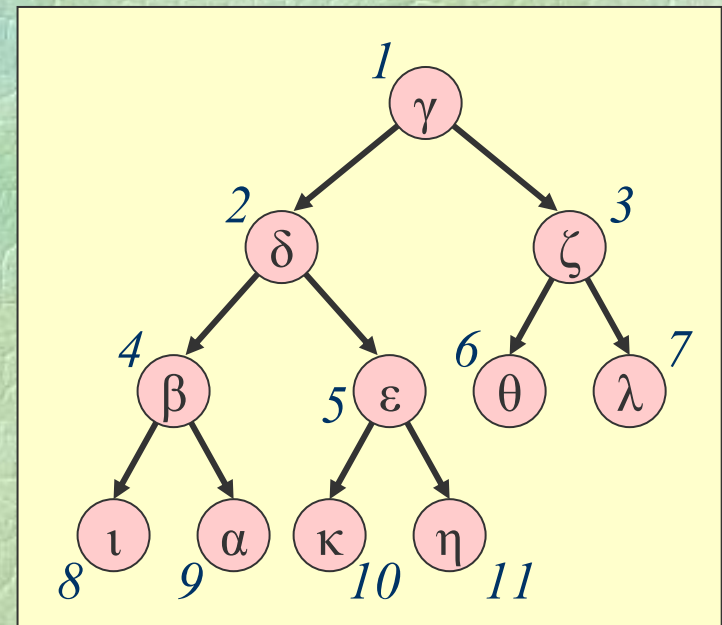
◆ Υλοποίηση με πίνακα

- Αν ένας κόμβος αποθηκεύεται στη θέση i του πίνακα, τα παιδιά του αποθηκεύονται στις θέσεις $2i$ και $2i+1$



◆ Παράδειγμα

```
a[1] := 'γ'; a[7] := 'λ';  
a[2] := 'δ'; a[8] := 'ι';  
a[3] := 'ζ'; a[9] := 'α';  
a[4] := 'β'; a[10] := 'κ';  
a[5] := 'ε'; a[11] := 'η';  
a[6] := 'θ';
```

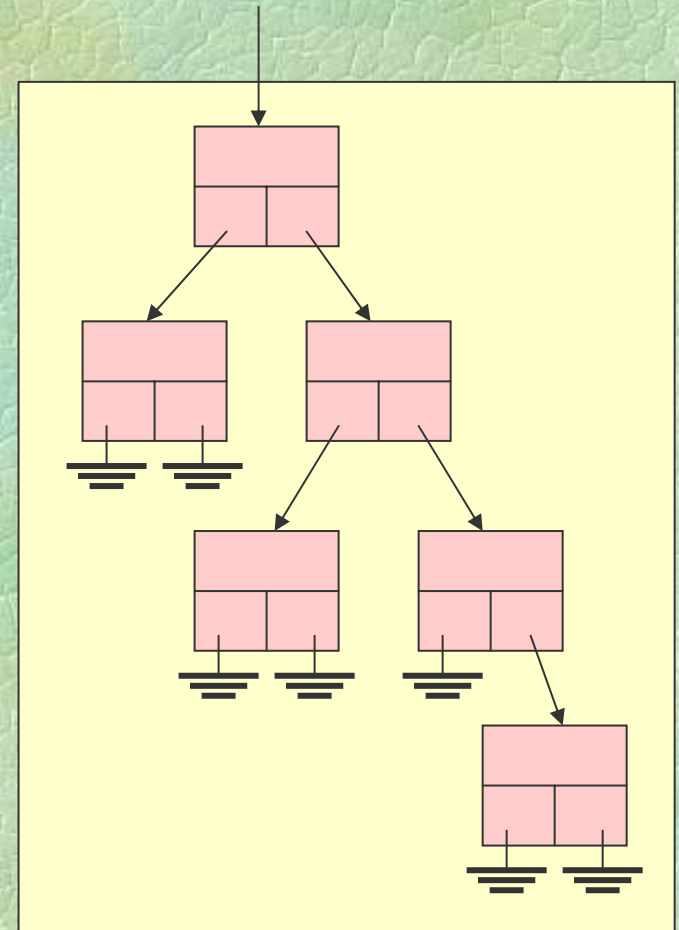
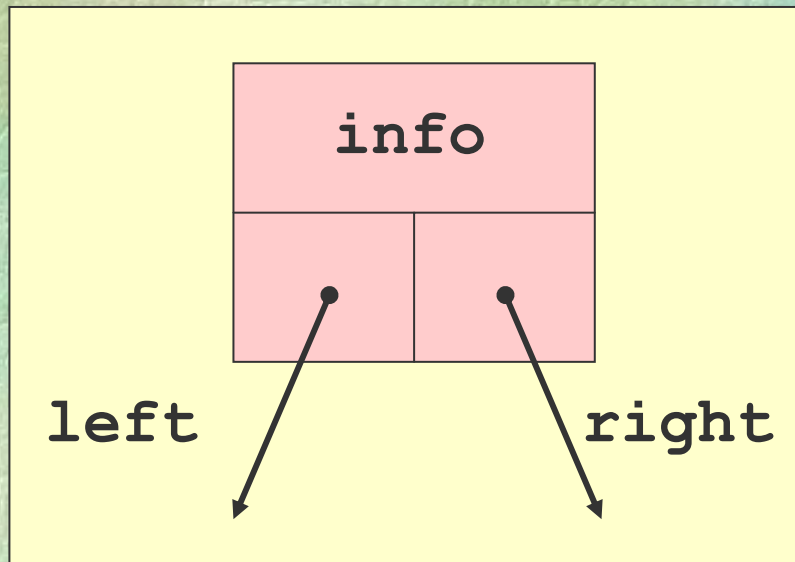


Δυαδικά δέντρα

(iv)

◆ Υλοποίηση με δείκτες

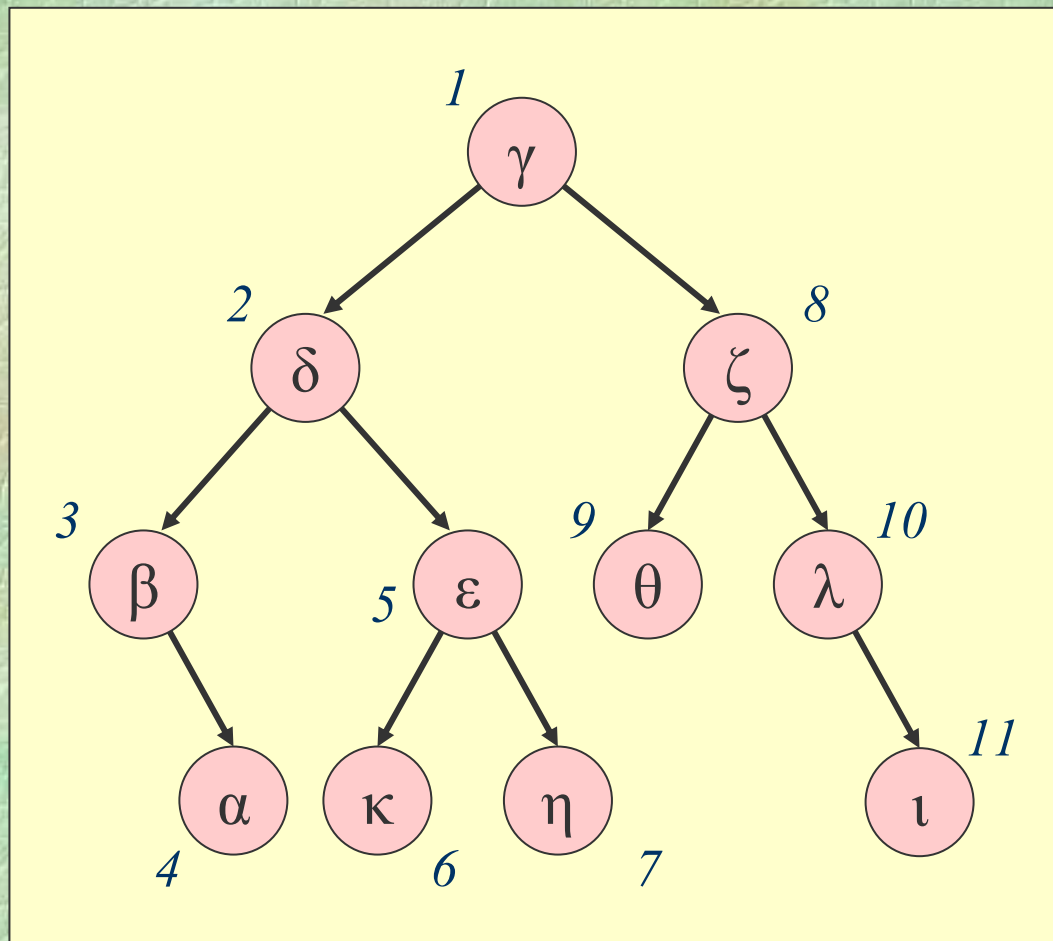
```
type node = record  
  info : integer;  
  left, right : ^node  
end
```



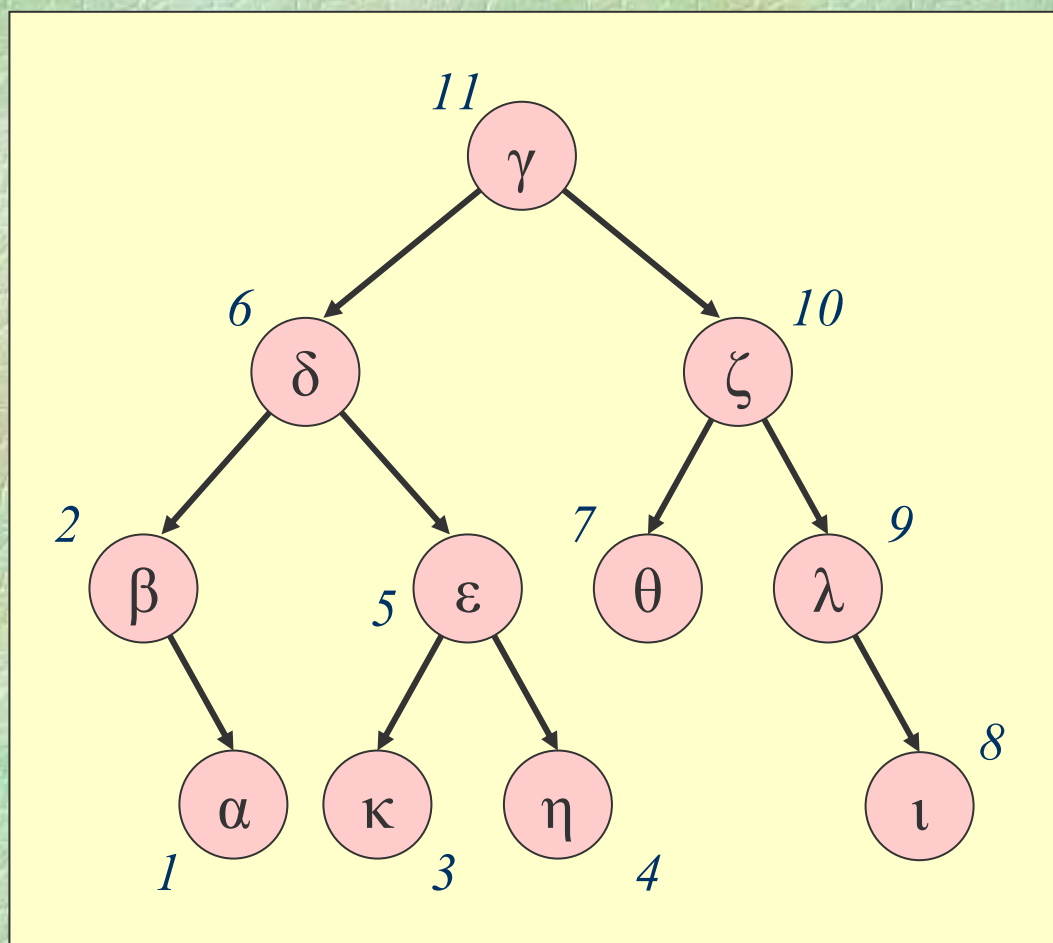
◆ Διάσχιση όλων των κόμβων ενός δέντρου

- προθεματική διάταξη (**preorder**)
για κάθε υποδέντρο, πρώτα η ρίζα,
μετά το αριστερό υποδέντρο και μετά το δεξιό
- επιθεματική διάταξη (**postorder**)
για κάθε υποδέντρο, πρώτα το αριστερό
υποδέντρο, μετά το δεξιό και μετά η ρίζα
- ενθεματική διάταξη (**inorder**)
για κάθε υποδέντρο, πρώτα το αριστερό
υποδέντρο, μετά η ρίζα και μετά το δεξιό

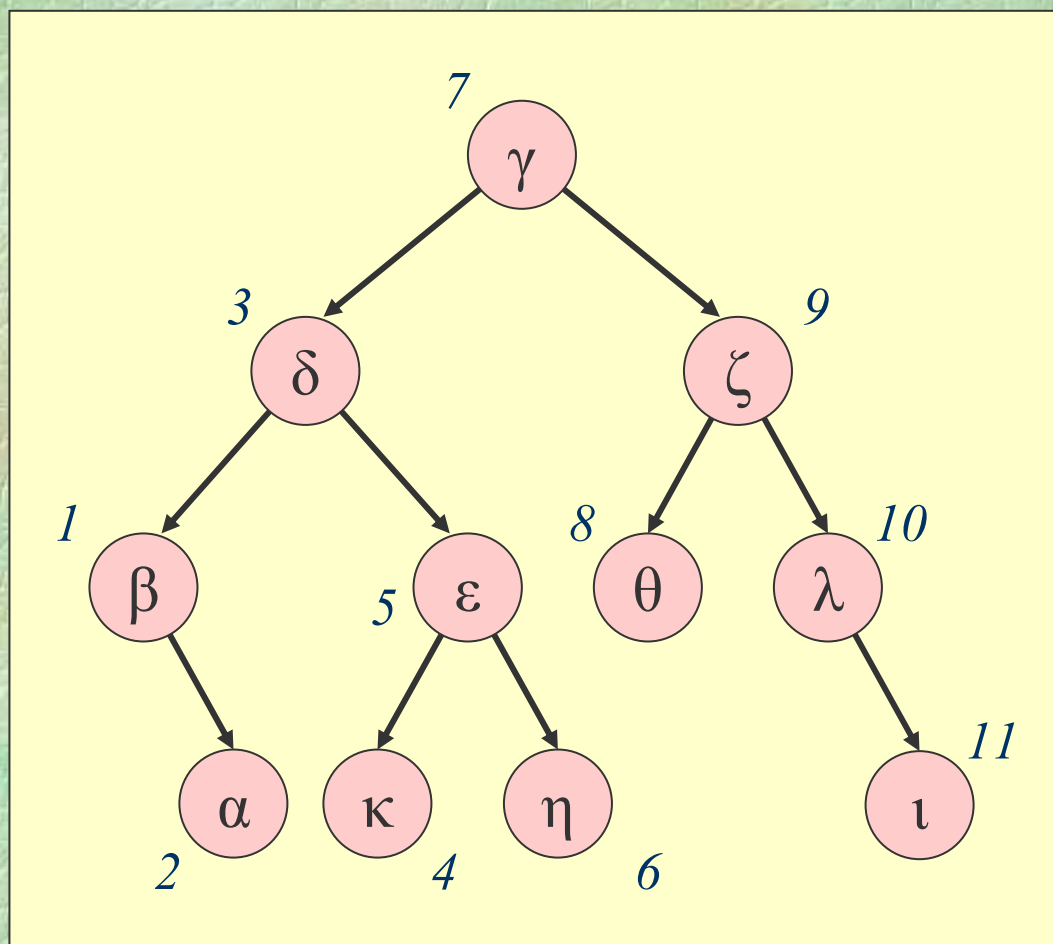
◆ Διάσχιση preorder



◆ Διάσχιση postorder



◆ Διάσχιση inorder



◆ Υλοποίηση της διάσχισης preorder

```
procedure preorder (p : ^node);  
begin  
    if p <> nil then  
        begin write(p^.info);  
              preorder(p^.left);  
              preorder(p^.right)  
        end  
    end
```

◆ Η παραπάνω διαδικασία είναι αναδρομική

◆ Η μη αναδρομική διάσχιση είναι εφικτή αλλά πολύπλοκη (threading)

Το λειτουργικό σύστημα Unix (i)

◆ Bell Labs, ~1970

◆ Δομή του Unix

- πυρήνας (kernel)
- φλοιός (shell)
- βοηθητικά προγράμματα (utilities)

◆ Ιεραρχικό σύστημα αρχείων

- Δενδρική δομή
- Ένας κατάλογος (directory) μπορεί να περιέχει αρχεία (files) ή άλλους (υπο)καταλόγους

Το λειτουργικό σύστημα Unix

(ii)

◆ Απόλυτα ονόματα

/

/etc

/home/nickie/book

/home/paul

/etc/passwd

◆ Σχετικά ονόματα

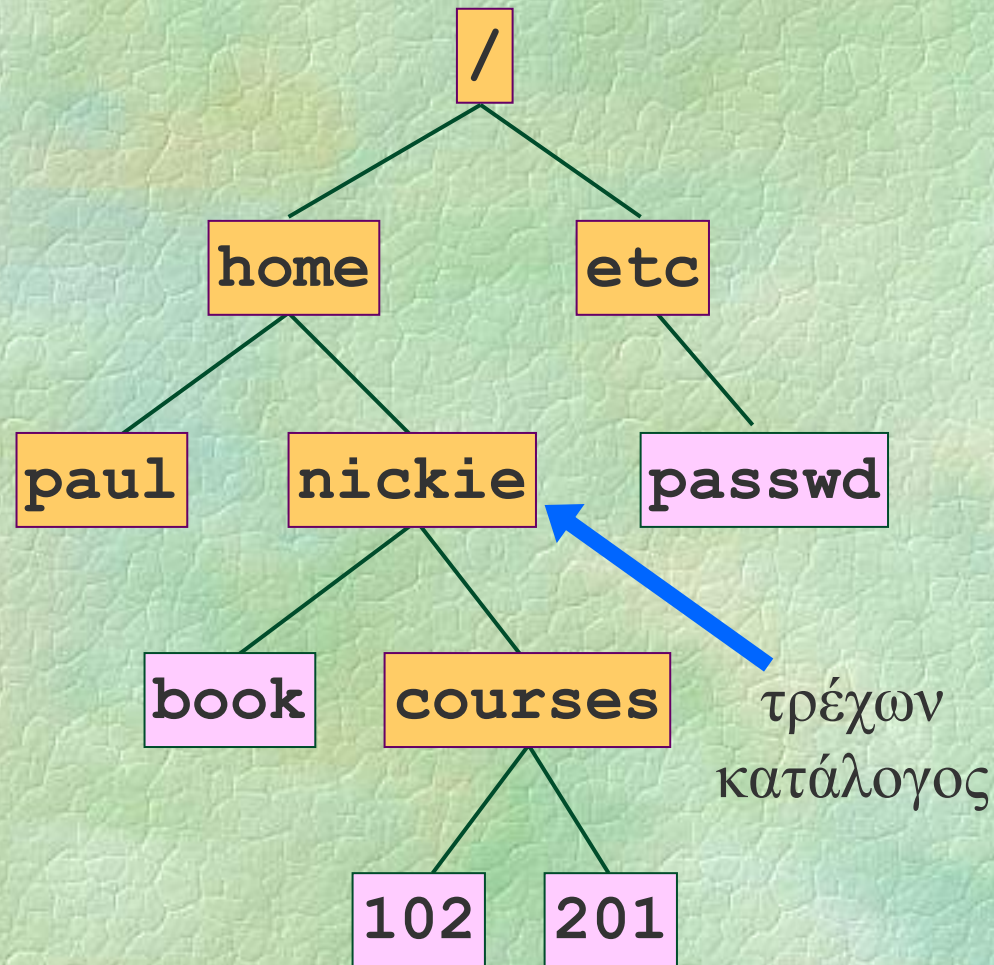
book

courses/201

./courses/102

../paul

../../etc/passwd



Το λειτουργικό σύστημα Unix (iii)

◆ Θετικά στοιχεία του Unix

- ιεραρχικό σύστημα αρχείων
- πολλοί χρήστες συγχρόνως (multi-user)
- πολλές διεργασίες συγχρόνως (multi-tasking)
- επικοινωνίες και υποστήριξη δικτύου

◆ Αρνητικά στοιχεία του Unix

- κρυπτογραφικά ονόματα εντολών
- περιορισμένη και συνθηματική βοήθεια

Σύστημα αρχείων του Unix

(i)

◆ Αντιγραφή αρχείων

cp

cp *oldfile newfile*

cp *file₁ file₂ ... file_n directory*

cp -r *directory₁ directory₂*

cp -i *oldfile newfile*

◆ Μετονομασία ή μετακίνηση αρχείων

mv

mv *oldfile newfile*

mv *file₁ file₂ ... file_n directory*

mv -i *oldfile newfile*

Σύστημα αρχείων του Unix

(ii)

◆ Διαγραφή αρχείων

rm

```
rm file1 file2 . . . filen  
rm -i file1 file2 . . . filen  
rm -f file1 file2 . . . filen  
rm -r directory
```

◆ Δημιουργία directories

mkdir

```
mkdir directory1 . . . directoryn
```

◆ Διαγραφή άδειων directories

rmdir

```
rmdir directory1 . . . directoryn
```

◆ Αλλαγή directory

cd

```
cd directory
```


◆ Εμφάνιση πληροφοριών για αρχεία

ls

ls

ls *file₁ file₂ directory₃ ...*

- **Επιλογές** (options)

- l εκτεταμένες πληροφορίες
- a εμφανίζονται και τα κρυφά αρχεία
- t ταξινόμηση ως προς το χρόνο τροποποίησης
- F εμφανίζεται ο τύπος κάθε αρχείου
- d εμφανίζονται πληροφορίες για ένα directory, όχι για τα περιεχόμενά του
- R αναδρομική εμφάνιση πληροφοριών

Προγράμματα εφαρμογών Unix

(i)

◆ Εμφάνιση manual page

man

man *command*

whatis *command*

◆ Εμφάνιση περιεχομένων αρχείου

cat

cat *file₁ file₂ . . . file_n*

◆ Εμφάνιση περιεχομένων αρχείου ανά σελίδα

more

less

more *file₁ file₂ . . . file_n*

less *file₁ file₂ . . . file_n*

Προγράμματα εφαρμογών Unix

(ii)

◆ Εμφάνιση πρώτων γραμμών

head

head *file₁ file₂ ... file_n*

head -10 *file₁ file₂ ... file_n*

◆ Εμφάνιση τελευταίων γραμμών

tail

tail *file₁ file₂ ... file_n*

tail -10 *file₁ file₂ ... file_n*

◆ Πληροφορίες για το είδος αρχείου

file

file *file₁ file₂ ... file_n*

◆ Εμφάνιση ημερομηνίας και ώρας

date

date

Προγράμματα εφαρμογών Unix

(iii)

◆ Εκτύπωση αρχείου

lpr

lpr *file₁ file₂ . . . file_n*

◆ Μεταγλωττιστής Pascal

pc

pc -o *executable program.p*

gpc -o *executable program.p*

◆ Μεταγλωττιστής C

cc

cc -o *executable program.p*

gcc -o *executable program.p*

◆ Επεξεργασία αρχείου κειμένου

vi

vi *file₁ file₂ . . . file_n*

Βασική λειτουργία του vi

(i)

- ◆ Δύο καταστάσεις λειτουργίας
 - κατάσταση εντολών
 - κατάσταση εισαγωγής κειμένου
- ◆ Στην κατάσταση εισαγωγής κειμένου
 - πηγαίνουμε με συγκεκριμένες εντολές (π.χ. **i**, **a**)
 - μπορούμε μόνο να εισάγουμε χαρακτήρες
- ◆ Στην κατάσταση εντολών
 - πηγαίνουμε με το πλήκτρο **ESC**
 - μπορούμε να μετακινούμαστε και να δίνουμε εντολές

Βασική λειτουργία του vi

(ii)

◆ Μετακίνηση μέσα σε αρχείο

← ↓ ↑ → κατά ένα χαρακτήρα

h j k l (ομοίως)

w μια λέξη δεξιά

CTRL+F μια σελίδα μετά

CTRL+B μια σελίδα πριν

CTRL+D μισή σελίδα μετά

CTRL+U μισή σελίδα πριν

O \$ στην αρχή ή στο τέλος της γραμμής

^ στον πρώτο χαρακτήρα της γραμμής

◆ Μετακίνηση μέσα σε αρχείο (συνέχεια)

- + στην αρχή της προηγούμενης ή της επόμενης γραμμής
- () στην αρχή της προηγούμενης ή της επόμενης πρότασης
- { } στην αρχή της προηγούμενης ή της επόμενης παραγράφου
- n G στην n-οστή γραμμή
- G στην τελευταία γραμμή

◆ Εισαγωγή κειμένου

- i a εισαγωγή πριν ή μετά τον cursor
- I A εισαγωγή στην αρχή ή στο τέλος της γραμμής
- o O εισαγωγή σε νέα κενή γραμμή κάτω ή πάνω από την τρέχουσα
- r αντικατάσταση ενός χαρακτήρα
- R αντικατάσταση πολλών χαρακτήρων

◆ Διαγραφή κειμένου

- x** του τρέχοντα χαρακτήρα
- X** του προηγούμενου χαρακτήρα
- dw** μέχρι το τέλος λέξης
- dd** ολόκληρης της τρέχουσας γραμμής
- n dd** *n* γραμμών αρχίζοντας από την τρέχουσα
- Οι λέξεις και οι γραμμές που διαγράφονται τοποθετούνται στο buffer (**cut**)

◆ Εύρεση συμβολοσειράς

/ xxx	εύρεση προς τα εμπρός
? xxx	εύρεση προς τα πίσω
n N	επόμενη εύρεση ορθής ή αντίθετης φοράς

◆ Άλλες εντολές

CTRL-L	επανασχεδίαση της εικόνας
u	ακύρωση της τελευταίας εντολής
.	επανάληψη της τελευταίας εντολής
J	συνένωση της τρέχουσας γραμμής με την επόμενη

Βασική λειτουργία του vi

(vii)

◆ Αντιγραφή και μετακίνηση κειμένου

yy αντιγραφή μιας γραμμής στο buffer
(**copy**)

n yy αντιγραφή *n* γραμμών στο buffer

p P επικόλληση των περιεχομένων του buffer κάτω ή πάνω από την τρέχουσα γραμμή (**paste**)

◆ Αποθήκευση και έξοδος

:w αποθήκευση του αρχείου

:q έξοδος

:wq αποθήκευση του αρχείου και έξοδος

:q! έξοδος χωρίς αποθήκευση

◆ Δίκτυο υπολογιστών (computer network)

◆ Ονόματα και διευθύνσεις υπολογιστών

- Διεύθυνση IP

147.102.1.1

- Όνομα

theseas.softlab.ece.ntua.gr

ο υπολογιστής

στο δίκτυο του Εργαστηρίου
Τεχνολογίας Λογισμικού

στο δίκτυο της Σ.Η.Μ.Μ.Υ.

στο δίκτυο του Ε.Μ.Π.

στο δίκτυο της Ελλάδας

- Επικράτειες
(domains)

◆ Ηλεκτρονικό ταχυδρομείο (e-mail)

- ηλεκτρονική ταχυδρομική διεύθυνση

nickie @ **softlab.ntua.gr**

όνομα χρήστη



όνομα υπολογιστή
ή επικράτειας



- υπάρχει πληθώρα εφαρμογών που διαχειρίζονται το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο

◆ Πρόσβαση σε απομακρυσμένους υπολογιστές (telnet)

```
maya$ telnet theseas.softlab.ntua.gr
```

```
SunOS 5.7
```

```
login: nickie
```

```
Password:
```

```
Last login: Thu Jan 16 12:33:45
```

```
Sun Microsystems Inc.      SunOS 5.7
```

```
You have new mail.
```

```
Fri Jan 17 03:16:45 EET 2003
```

```
There are 28 messages in your mailbox.
```

```
There are 2 new messages.
```

```
theseas$
```


◆ Μεταφορά αρχείων (FTP)

- **κατέβασμα αρχείων** (download)
μεταφορά αρχείων από τον απομακρυσμένο υπολογιστή προς τον τοπικό υπολογιστή
- **ανέβασμα αρχείων** (upload)
μεταφορά αρχείων από τον τοπικό υπολογιστή προς τον απομακρυσμένο υπολογιστή
- **anonymous FTP**
π.χ. `ftp.ntua.gr`

◆ Ηλεκτρονικά νέα (news)

- ομάδες συζήτησης (newsgroups)
η συζήτηση συνήθως περιστρέφεται
γύρω από συγκεκριμένα θέματα
π.χ. `comp.lang.pascal`
- οι ομάδες συζήτησης λειτουργούν σαν
πίνακες ανακοινώσεων
- καθένας μπορεί να διαβάζει τις ανακοινώσεις
των άλλων και να βάλει την ανακοίνωσή του
(posting)

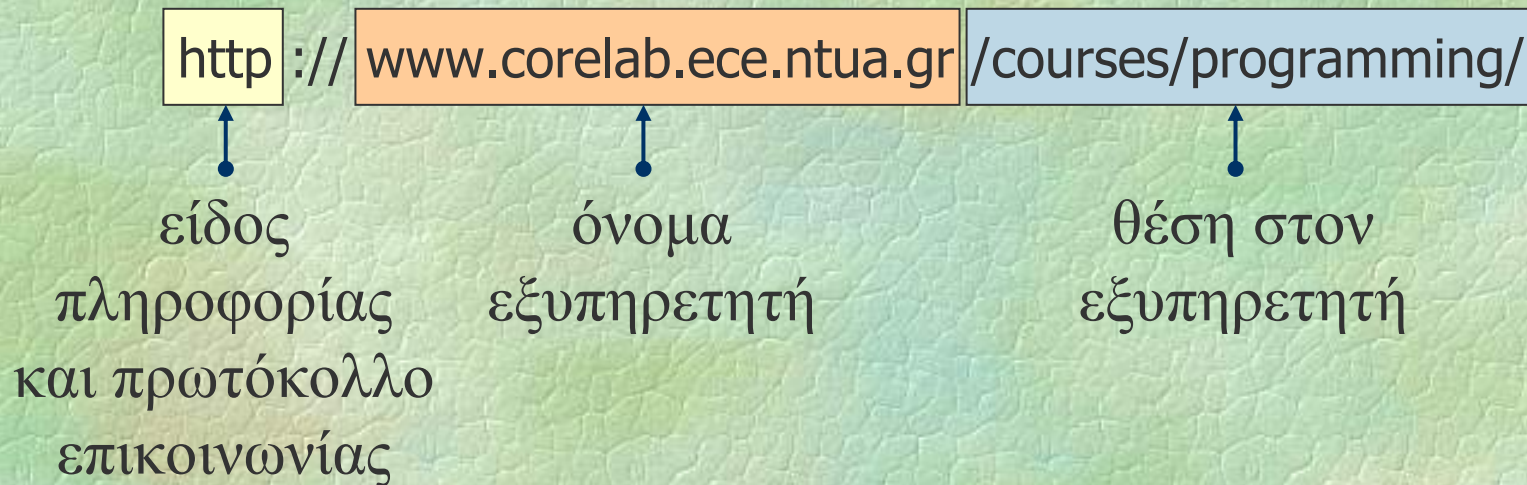
◆ Κουτσομπολιό (chat ή IRC)

- **κανάλια** (channels)
η συζήτηση περιστρέφεται γύρω από ένα θέμα κοινού ενδιαφέροντος
- είναι όμως **σύγχρονη**, δηλαδή γίνεται σε συγκεκριμένο χρόνο και δεν τηρείται αρχείο των λεχθέντων
- καθένας μπορεί να «ακούει» τα λεγόμενα των άλλων και να «μιλά» προς αυτούς

◆ Παγκόσμιος ιστός World-Wide Web (WWW)

- ένα σύστημα αναζήτησης **υπερμεσικών πληροφοριών** (hypermedia information)
- **ιστοσελίδες** (web pages), **υπερμέσα** (hypermedia), **σύνδεσμοι** (links), **εξυπηρετητές** (servers), και **περιηγητές** (browsers)

◆ Διευθύνσεις στον παγκόσμιο ιστό (URL)



◆ Παραδείγματα διευθύνσεων

`http://www.ntua.gr/`

`ftp://ftp.ntua.gr/pub/linux/README.txt`

`news://news.ntua.gr/comp.lang.pascal`