

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ  
<http://courses.softlab.ntua.gr/progintro/>

Διδάσκοντες: Στάθης Ζάχος (zachos@cs.ntua.gr)  
Νίκος Παπασπύρου (nickie@softlab.ntua.gr)  
Άρης Παγουρτζής (pagour@cs.ntua.gr)

Διαφάνειες παρουσιάσεων

- ✓ Εισαγωγή στην πληροφορική
  - ✓ Εισαγωγή στον προγραμματισμό με τη γλώσσα Pascal
  - ✓ Μεθοδολογία αλγοριθμικής επίλυσης προβλημάτων
- 2/11/07

Εισαγωγή (i)

◆ Σκοπός του μαθήματος

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

Εισαγωγή (ii)

◆ 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

Εισαγωγή (iii)

◆ 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

Εισαγωγή (iv)

◆ Πληροφορική

Ηλεκτρονικοί  
υπολογιστές  
(engineering)

Μαθηματικά

Σχεδίαση και  
κατασκευή

Θεωρία και  
αναλυτική μέθοδος

◆ Κεντρική έννοια:  
υπολογισμός (computation)

Εισαγωγή (v)

◆ Πληροφορική: μαθηματικοποίηση 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.

## Εισαγωγή (vi)

### ◆ Δευτεροβάθμια εκπαίδευση

Σκοπός: να μάθει 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 διαφορικού 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  $107 \times 93$  θα δυσκολευτεί πολύ να απαντήσει, ενώ φυσικά γνωρίζει ότι  $(a+\beta)(a-\beta) = a^2 - \beta^2$

## Εισαγωγή (vii)

### ◆ 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

## Εισαγωγή (viii)

### ◆ Τριτοβάθμια εκπαίδευση

- Η τεχνολογία αλλάζει αένα 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

## Εισαγωγή (ix)

### ◆ Να μην ξεχνάμε ότι

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

## Εισαγωγή (x)

### ◆ Κατασκευή υπολογιστικών μηχανών

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

## Εισαγωγή (xi)

### ◆ 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

## Εισαγωγή (xii)

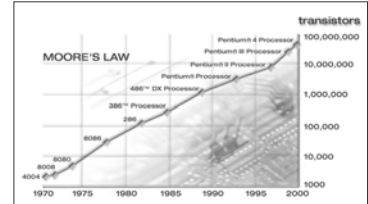
### ◆ Κατασκευή υπολογιστών

- 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

## Εισαγωγή (xiii)

### ◆ 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*



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

## Εισαγωγή (xiv)

### ◆ Θεμέλια της πληροφορικής

- Μαθηματική λογική
- Αριστοτέλης: συλλογισμοί

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

- Ευκλείδης: αξιωματική θεωρία
- Αρχές 20ου αιώνα, Hilbert  
⇒ αξίωμα, θεώρημα, τυπική απόδειξη

## Εισαγωγή (xv)

### ◆ Πρόγραμμα του Leibniz:

θεμελίωση των μαθηματικών

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

$$A \wedge \neg A \quad \text{αντίφαση}$$

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

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

## Εισαγωγή (xvi)

### ◆ Θεωρία

- Συνολοθεωρία, Cantor, Frege  $\in$
- Παράδοξο του Russel

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

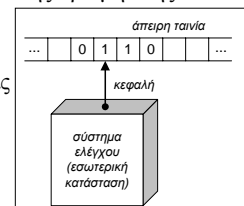
$$\begin{array}{l} A \in A \rightarrow A \notin A \\ A \notin A \rightarrow A \in A \end{array}$$

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

## Εισαγωγή (xvii)

### ◆ 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, υπολογισσιμότητα



## Εισαγωγή (xviii)

### ◆ Μη πληρότητα (incompleteness)

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

## Εισαγωγή (xix)

### ◆ 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

## Εισαγωγή (xx)

### ◆ Υπολογιστής

- επεξεργαστής
- μνήμη
- συσκευές εισόδου/εξόδου

### ◆ Ιδιότητες

- αυτόματο χωρίς εξυπνάδα
- μεγάλη ταχύτητα
- ακρίβεια στις πράξεις

## Γλώσσες προγραμματισμού (i)

### ◆ Γλώσσα μηχανής

```
0110110    11011011
διεύθυνση  εντολή
```

### ◆ Συμβολική γλώσσα (assembly)

```
label:      add    ax, bx
διεύθυνση  πράξη  δεδομένα
```

### ◆ Γλώσσες χαμηλού και υψηλού επιπέδου

### ◆ Υλοποίηση γλωσσών προγραμματισμού

- μεταγλωττιστής (compiler)
- διερμηνέας (interpreter)

## Γλώσσες προγραμματισμού (ii)

### ◆ Κυριότερες γλώσσες, ιστορικά

- FORTRAN, Algol, LISP, COBOL, BASIC, PL/I
- **Pascal**
- Prolog, C, Smalltalk, Modula-2, Ada, C++, Java

## Γλώσσες προγραμματισμού (iii)

### ◆ 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.
```

Σ. Ζάχος, Ν. Παπασπύρου

Προγραμματισμός Ηλεκτρονικών Υπολογιστών

25

## 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");
}
```

Σ. Ζάχος, Ν. Παπασπύρου

Πρ

## Ασκήσεις

(ii)

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

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

Σ. Ζάχος, Ν. Παπασπύρου

Προγραμματισμός Ηλεκτρονικών Υπολογιστών

27

## 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();
}
```

Σ. Ζάχος, Ν. Παπασπύρου

## Ασκήσεις

(iii)

```
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.
```

Σ. Ζάχος, Ν. Παπασπύρου

Προγραμματισμός Ηλεκτρονικών Υπολογιστών

29

## 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();
}
```

Σ. Ζάχος, Ν. Παπασπύρου

Προγραμματισμός Ηλεκτρονικών Υπολογιστών

30

## Ασκήσεις (iv)

```

program Hello8(input,output);
  var i,n : integer;
  procedure 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 hello()
{
  printf("Hello, world")
}
void main()
{
  int i,n;
  printf("Give number of greetings"
    " then press <enter>:");
  scanf("%d\n", &n);
  for (i=0; i<n; i++) hello();
}
  
```

## Ασκήσεις (v)

```

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>
  
```

```

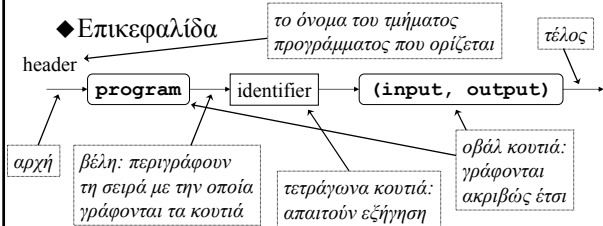
int i, j;
  
```

```

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

## Δομή του προγράμματος (iii)

### ◆ 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

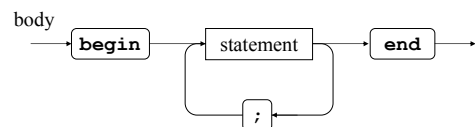
- **integer** ακέραιοι αριθμοί 0, 1, -3
- **real** πραγματικοί αριθμοί 3.14
- **char** χαρακτήρες 'a'
- **boolean** λογικές τιμές true, false

### ◆ 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
begin
    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 + sqrt(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

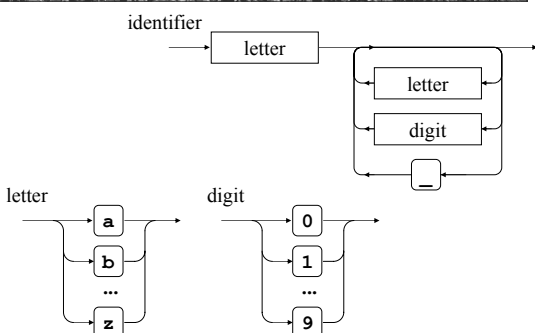
- συντακτικών σφαλμάτων
- νοηματικών σφαλμάτων

### ◆ 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)
```





## Αριθμητικές παραστάσεις (ii)

- ◆ Προτεραιότητα τελεστών
  - π.χ.  $5+3*x-y \equiv 5+(3*x)-y$
- ◆ Προσεταιριστικότητα τελεστών
  - π.χ.  $x-y+1 \equiv (x-y)+1$
- ◆ Σειρά εκτέλεσης των πράξεων
  - καθορίζεται εν μέρει από την προτεραιότητα και την προσεταιριστικότητα των τελεστών
  - γενικά όμως εξαρτάται από την υλοποίηση
  - π.χ.  $(x+1)*(y-1)$

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

p	not p
false	true
true	false

## Λογικές παραστάσεις (iii)

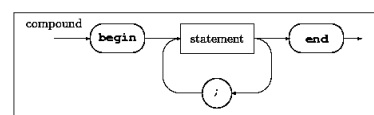
- ◆ Προτεραιότητα λογικών τελεστών
  - not : μεγαλύτερη προτεραιότητα από όλους
  - and : όπως ο πολλαπλασιασμός
  - or : όπως η πρόσθεση
- π.χ.  $\text{not } p \text{ and } q \text{ or } r \equiv ((\text{not } p) \text{ and } q) \text{ or } r$
- π.χ.  $x>3 \text{ and not } y=5$  **Λάθος!**  
 $\equiv x>(3 \text{ and } (\text{not } y))=5$
- π.χ.  $(x>3) \text{ and not } (y=5)$  **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



## Σύνθετη εντολή

(ii)

### ◆ 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);
}

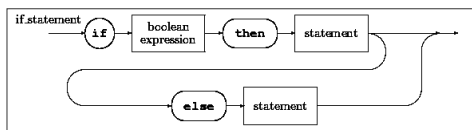
{
  x=2; y=3;
  {
    z=3;
    printf("%d %d %d",x,y,z);
  }
  printf("\n");
}
```

## Εντολή if

(i)

### ◆ Εκτέλεση εντολών υπό συνθήκη

### ◆ Συντακτικό διάγραμμα



## Εντολή if

(ii)

### ◆ 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");
```

## Εντολή if

(iii)

### ◆ 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')
```

## Εντολή if (C)

(iii)

### ◆ 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");
```

## Εντολή if

(iv)

◆ 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**

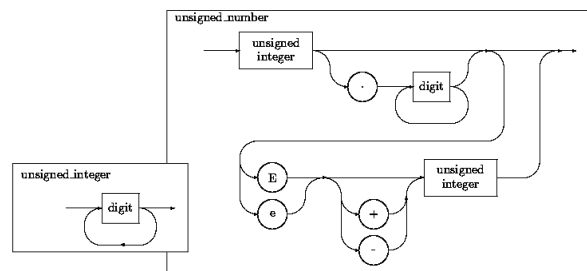
### ◆ Παράδειγμα

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

## Σύνταξη παραστάσεων

(i)

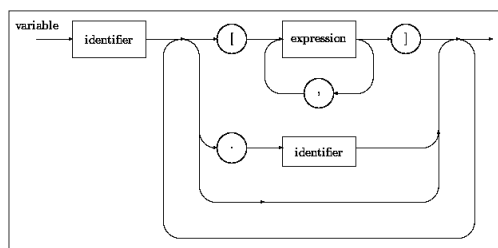
### ◆ Σταθερές



## Σύνταξη παραστάσεων

(ii)

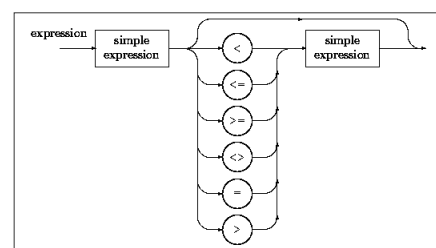
### ◆ Μεταβλητές



## Σύνταξη παραστάσεων

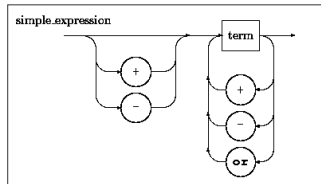
(iii)

### ◆ Παράσταση



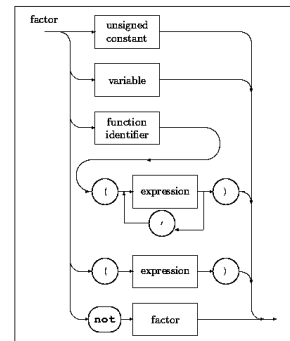
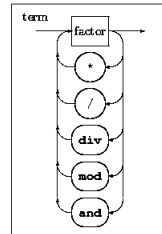
## Σύνταξη παραστάσεων (iv)

### ◆ Απλή παράσταση



## Σύνταξη παραστάσεων (v)

### ◆ Όροι και παράγοντες



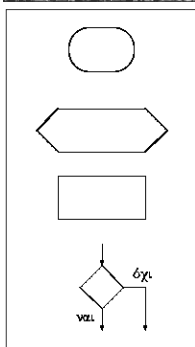
## Παραδείγματα παραστάσεων (i)

Συντακτικά ορθή παράσταση	Πώς διαβάζεται (σχόλια)	Τύπος αποτελέσματος	Τιμή αποτελέσματος
$5 = 1$	5 ίσον με 1	boolean	false
$5 >= 1$	5 μεγαλύτερο ή ίσον με το 1	boolean	true
$5 <> 1$	5 διάφορο από το 1	boolean	true
$grade > small$	grade μεγαλύτερο του small	boolean	?
<b>not done</b>	άρνηση του done	boolean	?
$(5 <> 1) \text{ and } (1 > 2)$	Χρήση του τελεστή <b>and</b>	boolean	false

## Παραδείγματα παραστάσεων (ii)

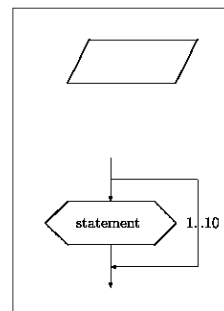
Συντακτικά ορθή παράσταση	Πώς διαβάζεται (σχόλια)	Τύπος αποτελέσματος	Τιμή αποτελέσματος
$(5 <> 1) \text{ or } (2 < 1)$	Χρήση του τελεστή <b>or</b>	boolean	true
$(6 \text{ div } 3) > 1$	Χρήση του τελεστή <b>div</b>	boolean	true
$(t > 1) \text{ or } (k > 2)$	Χρήση του τελεστή <b>or</b>	boolean	?
$(7 \text{ mod } 2 > 0) \text{ and } (10 \text{ div } 2 > 3)$	Χρήση διαφόρων πράξεων	boolean	true
$9 * (10E-2) * 101$		real	90.9
$10E3 - 9 * 3 * (24 \text{ mod } 6 + 1)$		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)

## Εντολή case

(i)

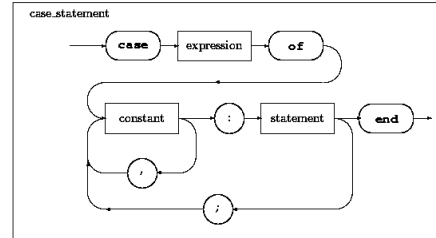
- ◆ Εκτέλεση υπό συνθήκη για πολλές διαφορετικές περιπτώσεις
- ◆ Προσφέρεται π.χ. αντί του:

```
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



## Εντολή case

(iii)

- ◆ 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 *)
```

## Εντολή case (C)

(iii)

- ◆ Παραδείγματα

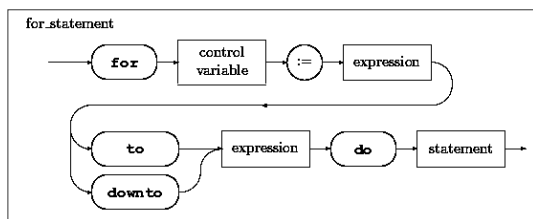
```
switch (month)
{
  case 1: printf("Ιανουάριος"); break;
  case 2: printf("Φεβρουάριος"); break;
  case 3: printf("Μάρτιος"); break;
  ...
  case 12: printf("Δεκέμβριος"); break;
}

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

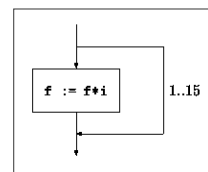


## Εντολή for

(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
```

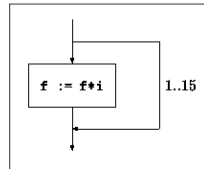


## Εντολή for (C) (ii)

### ◆ 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");
}
```

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

## Εντολή for (iv)

### ◆ 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

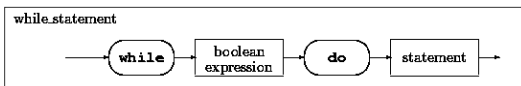
### ◆ Η μεταβλητή ελέγχου δεν μπορεί να μεταβληθεί (π.χ. με ανάθεση) μέσα στο σώμα του βρόχου

### ◆ Τα όρια υπολογίζονται μια φορά στην αρχή

## Εντολή while (i)

### ◆ Βρόχος όσο ικανοποιείται μια συνθήκη

### ◆ Συντακτικό διάγραμμα



### ◆ Παραδείγματα

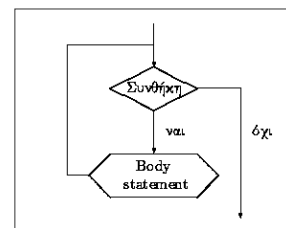
```
while x>15 do k:=k+2
```

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

## Εντολή while (ii)

### ◆ Διάγραμμα ροής

**while συνθήκη do σώμα**

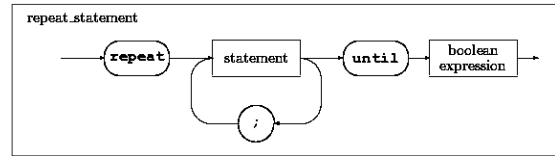


## Εντολή while (iii)

- ◆ 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

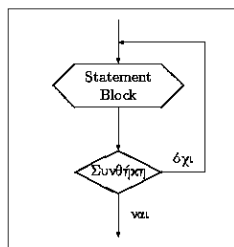


- ◆ Παράδειγμα

```
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)

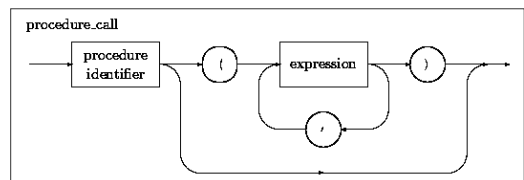
- ◆ Παράδειγμα

```
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.
```

	p	t
	1	
	3	1
		3
Output	5	1
	2	3
	3	5
	5	7
	7	1
		3
	11	5
...	7	7
	9	1
		3
	11	1
...	...	...

## Κλήση διαδικασίας

- ◆ Συντακτικό διάγραμμα



- ◆ Παραδείγματα

```
myproc(x, y+1, 3)
write(x+y, 'wednesday', x-y); writeln
```

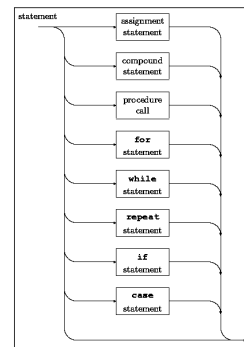


## Κενή εντολή

- ◆ 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('Άθροισμα = ', sum,
         ' έκφραση = ', expr)
end.
```

## Διαδικασίες (i)

- ◆ 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

## Διαδικασίες (ii)

- ◆ 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

## Διαδικασίες

(iii)

- ◆ 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

## Διαδικασίες

(iv)

- ◆ 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

## Διαδικασίες

(v)

```
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.
```

## Συναρτήσεις

(i)

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

## Συναρτήσεις

(ii)

### ◆ 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

## Εύρεση Μ.Κ.Δ. (i)

### ◆ 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  $\min(a, b)$

## Εύρεση Μ.Κ.Δ. (ii)

### ◆ 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

## Εύρεση Μ.Κ.Δ. (iii)

### ◆ 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  $\log(a+b)$

## Εύρεση Μ.Κ.Δ. (iv)

```
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

## Εύρεση Μ.Κ.Δ. (v)

### ◆ Συγκεκριμενοποίηση

- 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)
```

Δεύτερη  
προσέγγιση

## Εύρεση Μ.Κ.Δ. (vi)

### ◆ Συγκεκριμενοποίηση (συνέχεια)

- ορθή είσοδος  

```
(a>0) and (b>0)
```
  - συμφωνημένη είσοδος για τέλος  

```
(a=0) and (b=0)
```
  - απομένουν μόνο: δηλώσεις, μηνύματα και σχόλια
- ### ◆ Συμπληρώνουμε τα παραπάνω στο πρόγραμμα

Δεύτερη  
προσέγγιση

## Εύρεση Μ.Κ.Δ. (vii)

### ◆ Το τελικό πρόγραμμα

(\* *Ευκλείδιος 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);
```

## Εύρεση Μ.Κ.Δ. (viii)

### ◆ 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');
```

## Αθροιστικό πρόγραμμα (v)

### ◆ 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.
```

## Παρουσίαση και συντήρηση (i)

### ◆ Ποιοτικά χαρακτηριστικά προγραμμάτων

- Αναγνωσιμότητα
  - απλότητα
  - κατάλληλη επιλογή ονομάτων, π.χ.  
`monthly_income incomeBeforeTaxes`
  - στοίχιση
  - σχόλια
- Φιλικότητα προς το χρήστη
- Τεκμηρίωση
- Συντήρηση
- Ενημέρωση

## Παρουσίαση και συντήρηση (ii)

### ◆ Στοίχιση

- Πρόγραμμα και υποπρογράμματα

<code>program ...</code> <i>δηλώσεις</i>	<code>procedure ...</code> <i>δηλώσεις</i>	<code>function ...</code> <i>δηλώσεις</i>
<code>begin</code> <i>εντολές</i>	<code>begin</code> <i>εντολές</i>	<code>begin</code> <i>εντολές</i>
<code>end.</code>	<code>end</code>	<code>end</code>

- Απλές εντολές

<code>if ... then</code> <i>εντολή</i>	<code>while ... do</code> <i>εντολή</i>	<code>for ... do</code> <i>εντολή</i>
<code>else</code> <i>εντολή</i>		

## Παρουσίαση και συντήρηση (iii)

### ◆ Στοίχιση (συνέχεια)

- Σύνθετες εντολές

<code>if ... then</code> <i>εντολές</i>	<code>while ... do</code> <i>εντολές</i>	<code>for ... do</code> <i>εντολές</i>
<code>begin</code>	<code>begin</code>	<code>begin</code>
<code>end</code>	<code>end</code>	<code>end</code>
<code>else</code> <i>εντολές</i>		
<code>begin</code> <i>εντολές</i>		
<code>end</code>		

## Παρουσίαση και συντήρηση (iv)

### ◆ Στοίχιση (συνέχεια)

- Σύνθετες εντολές (συνέχεια)

<code>repeat</code> <i>εντολές</i>	<code>case ... of</code> <i>τιμή<sub>1</sub> : εντολή<sub>1</sub>;</i> <i>τιμή<sub>2</sub> : εντολή<sub>2</sub>;</i> <i>...</i> <i>τιμή<sub>n</sub> : εντολή<sub>n</sub></i>	<code>with ... do</code> <i>begin</i> <i>εντολές</i> <i>end</i>
<code>until ...</code>	<code>end</code>	

## 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 (vii)

### ◆ Πραγματικές τιμές, με μορφοποίηση

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

3	.	1	4	1	5	9
---	---	---	---	---	---	---

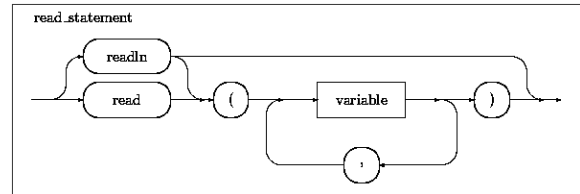
### ◆ Παράδειγμα

```
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

## Είσοδος (i)

### ◆ Συντακτικό διάγραμμα



## Είσοδος (ii)

### ◆ 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

## Είσοδος (iii)

### ◆ 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.
```

## Είσοδος (iv)

### ◆ 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 κειμένου (i)

### ◆ Αρχεία εισόδου και εξόδου

### ◆ Παράδειγμα με αρχείο εισόδου

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

## Αρχεία κειμένου

(ii)

### ◆ Παράδειγμα με αρχείο εξόδου

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

## Ορθότητα

(i)

### ◆ Είδη ορθότητας

- Συντακτική
- Νοηματική
- Σημασιολογική

### ◆ Σημασιολογική ορθότητα ελέγχεται:

- με δοκιμές (testing)
- με μαθηματική επαλήθευση

## Ορθότητα

(ii)

### ◆ 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:

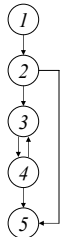
- Η συνάρτηση υπολογίζει το γινόμενο δυο φυσικών αριθμών x και y

## Ορθότητα

(iii)

### ◆ Εντοπισμός σημείων όπου θα γραφούν βεβαιώσεις

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



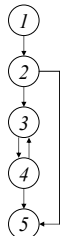
### ◆ Καταγραφή όλων των δυνατών τρόπων ροής ελέγχου

## Ορθότητα

(iv)

### ◆ Βεβαιώσεις

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



### ◆ Επαλήθευση: για κάθε δυνατό τρόπο ροής

1 → 2, 2 → 3, 2 → 5, 3 → 4, 4 → 3, 4 → 5

## Ορθότητα

(v)

### ◆ Παράδειγμα: υπολογισμός δύναμης με επαναλαμβανόμενο τετραγωνισμό

```
function power(y:real; j:integer):real;
  var x,z:real; i:integer;
begin (/*) 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 :  $i < 0$  \*)

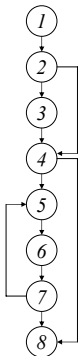
(\*4 :  $i \geq 0, y^i = x^i$  \*)

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

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

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

(\*8 – Βεβαίωση εξόδου:  $y^i = z$  \*)



## Ορθότητα

(vii)

### ◆ 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;
```

## Πίνακες

(i)

### ◆ 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`

## Πίνακες

(ii)

### ◆ 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'
```

## Πίνακες

(iii)

### ◆ 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;
```

## Πίνακες

(iv)

### ◆ 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 ακεραίος **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.
```

## Γραμμική αναζήτηση

(ii)

### ◆ 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('To 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)

## Γραμμική αναζήτηση

(iii)

### ◆ 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('To βρήκα στη θέση ', i)  
else  
writeln('Δεν το βρήκα')
```

## Γραμμική αναζήτηση (iv)

### ◆ 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('To βρήκα στη θέση ', i)
else
  writeln('Δεν το βρήκα')
```

## Γραμμική αναζήτηση (v)

### ◆ Εναλλακτική συγκεκριμενοποίηση #3

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

## Δυαδική 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)

## Δυαδική αναζήτηση (ii)

### ◆ 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.
```

## Δυαδική αναζήτηση (iii)

### ◆ 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')
```

## Ταξινόμηση (i)

- ◆ 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
```

## Ταξινόμηση

(ii)

### ◆ 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
4 5 6 7 8 12 9
i = 5: 4 5 6 7 8 12 9
```

```
4 5 6 7 8 9 12
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] ...
```

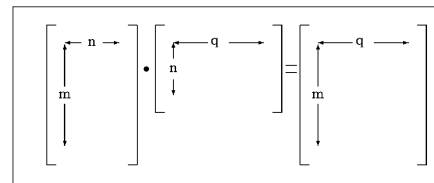
## Πολλαπλασιασμός πινάκων

(i)

### ◆ Δίνονται οι πίνακες: $a (m \times n)$ , $b (n \times q)$

### ◆ Ζητείται ο πίνακας: $c = a b (m \times q)$ όπου:

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



## Πολλαπλασιασμός πινάκων

(ii)

### ◆ 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

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

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

## Μαγικά τετράγωνα (ii)

					0						0						0						0												
						1																													

### Εύρεση τετραγωνικής ρίζας (iii)

```
function sqrt(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 *) ;
  sqrt := new
end
```

### Εύρεση τετραγωνικής ρίζας (iv)

#### ◆ Εναλλακτικές συνθήκες τερματισμού

- Σταθερός αριθμός επαναλήψεων  
n = 20
- Επιτυχής εύρεση ρίζας λάθος!  
sqrt(new) = x
- Απόλυτη σύγκλιση  
abs(sqrt(new) - x) < eps
- Σχετική σύγκλιση  
abs(sqrt(new) - x) / new < eps

### Εύρεση τετραγωνικής ρίζας (v)

#### ◆ Εναλλακτικές συνθήκες τερματισμού

- Απόλυτη σύγκλιση κατά Cauchy  
abs(new-old) < eps
- Σχετική σύγκλιση  
abs(new-old) / new < eps

### Προκαθορισμένες συναρτήσεις

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

### Γραφικές παραστάσεις (i)

#### ◆ Μορφοποίηση εξόδου (επανάληψη)

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

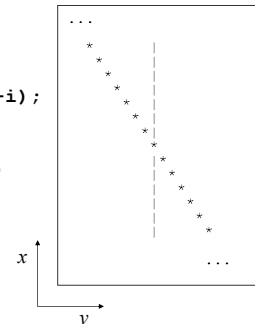
#### ◆ Γραφικές παραστάσεις με χαρακτήρες

- 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)
```



### Γραφικές παραστάσεις (iii)

◆ 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;
```

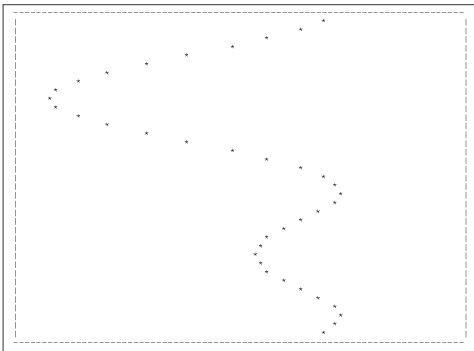
### Γραφικές παραστάσεις (iv)

◆ 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)



### Γραφικές παραστάσεις (vi)

◆ Παράδειγμα:  $f(x) = (3 \cos x) / x$

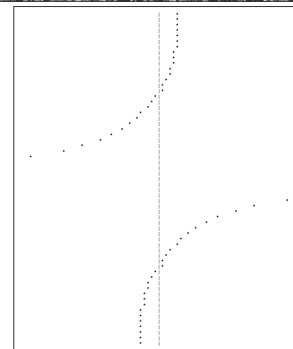
```
program printplot(output);
  const deltax = 0.1;
  bound = 30; wid = 39;
  scale = 5; shift0 = 40;
  var i : -bound..bound;
  n : integer; x : real;
  function f(x : real) : real;
    const eps = 1E-5;
    huge = (* μεγάλος αριθμός *);
  begin
    if abs(x) < eps then f := huge
    else f := 3 *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

### Γραφικές παραστάσεις (vii)

◆ 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)



## Γραφικές παραστάσεις (ix)

◆ 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]:='|';
  ...

```

## Γραφικές παραστάσεις (x)

◆ 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

```

## Αναδρομή (i)

◆ 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

$0! = 1$                        $(n+1)! = (n+1) * n!$

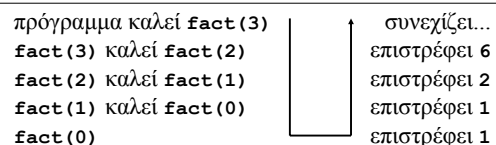
## Αναδρομή (ii)

◆ Παράδειγμα: παραγοντικό (συνέχεια)

```

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

```





## Αναδρομή (iii)

### ◆ Αριθμοί Fibonacci

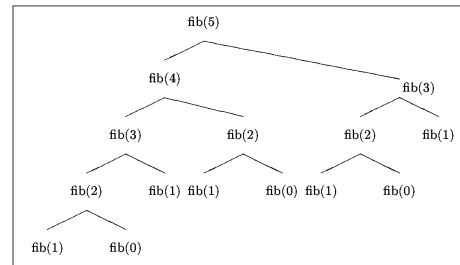
- $F_0 = 1$  ,  $F_1 = 1$
- $F_{n+2} = F_n + F_{n+1}$  ,  $\forall n \in \mathbb{N}$

### ◆ 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
end
```

## Αναδρομή (iv)

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



## Αναδρομή (v)

### ◆ 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
end
```

## Αναδρομή (vi)

### ◆ Συνάρτηση παρόμοια με του Ackermann

$$z(i, j, 0) = j+1 \quad z(i, 0, 1) = i$$
$$z(i, 0, 2) = 0 \quad z(i, 0, n+3) = 1$$
$$z(i, j+1, n+1) = z(i, z(i, j, n+1), n) \quad , \forall i, j, n \in \mathbb{N}$$

```
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
  end
  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
```

## Ταξινόμηση (i)

### ◆ 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 (ii)

- ◆ 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 (iii)

- ◆ 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
    
```

## Ταξινόμηση (iv)

- ◆ 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);
    
```

## Ταξινόμηση (v)

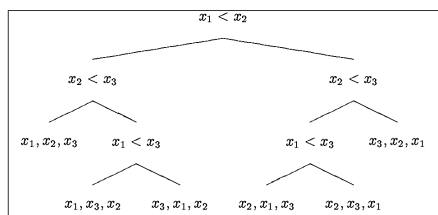
- ◆ Συγχώνευση (συνέχεια)

```

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 (vii)

- ◆ Ταξινόμηση με διαμέριση (QuickSort)

```

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

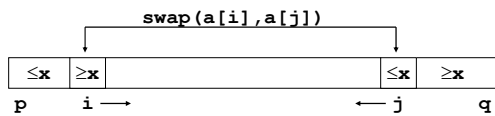
- ◆ Διαμέριση (partition)

```

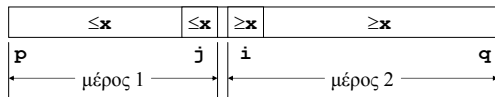
επιλογή ενός x := a[k];
repeat
  while a[i] < x do i := i+1;
  while x < a[j] do j := j-1;
  if i <= j then begin
    swap(a[i], a[j]); i := i+1; j := j-1
  end
until i > j
    
```

## Ταξινόμηση (viii)

- ◆ Σε κάθε βήμα της διαμέρισης



- ◆ Μετά τη διαμέριση



## Τεχνολογία λογισμικού

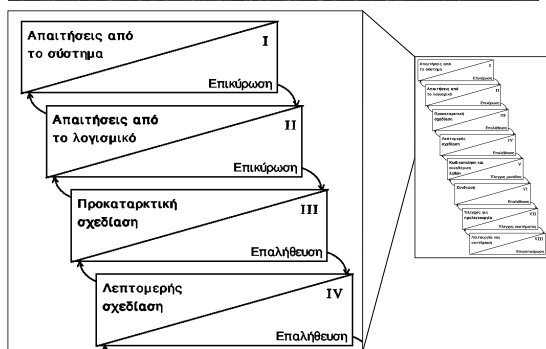
- ◆ Software engineering

- ◆ Ανάπτυξη λογισμικού που να εξασφαλίζει:

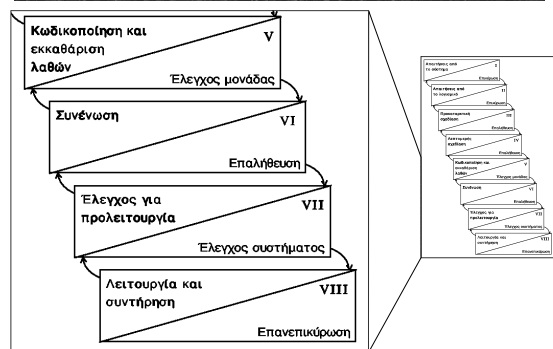
- παράδοση μέσα σε προδιαγεγραμμένα χρονικά όρια
- κόστος μέσα σε προδιαγεγραμμένα όρια
- καλή ποιότητα
- αξιοπιστία
- δυνατή και όχι δαπανηρή συντήρηση

- ◆ 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 επαναρίζεται

### 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
Enότητα 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.
Enότητα 1
    
```

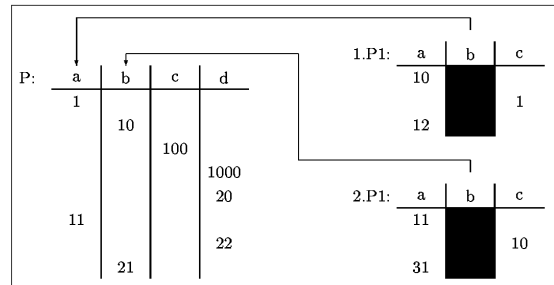
Σ. Ζάχος, Ν. Παπασπύρου

Προγραμματισμός Ηλεκτρονικών Υπολογιστών

211

### Πέρασμα παραμέτρων, εμβέλεια (iv)

#### ◆ Παράδειγμα, εκτέλεση με το χέρι



Σ. Ζάχος, Ν. Παπασπύρου

Προγραμματισμός Ηλεκτρονικών Υπολογιστών

212

### Πέρασμα παραμέτρων, εμβέλεια (v)

#### ◆ Παράδειγμα, εκτέλεση με το χέρι (αποτελέσματα)

	1	10	100	1000
	12	11	1	20
Output:	11	10	100	20
	31	21	10	22
	11	21	100	22

Σ. Ζάχος, Ν. Παπασπύρου

Προγραμματισμός Ηλεκτρονικών Υπολογιστών

213

### 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**

Σ. Ζάχος, Ν. Παπασπύρου

Προγραμματισμός Ηλεκτρονικών Υπολογιστών

214

### 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

Σ. Ζάχος, Ν. Παπασπύρου

Προγραμματισμός Ηλεκτρονικών Υπολογιστών

215

### Επεξεργασία κειμένου (ii)

#### ◆ 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.
    
```

Σ. Ζάχος, Ν. Παπασπύρου

Προγραμματισμός Ηλεκτρονικών Υπολογιστών

216

## Επεξεργασία κειμένου (iii)

### ◆ 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)
```

## Επεξεργασία κειμένου (iv)

### ◆ 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)
```

## Επεξεργασία κειμένου (v)

### ◆ 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
```

## Επεξεργασία κειμένου (vi)

### ◆ 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
```

## Επεξεργασία κειμένου (vii)

### ◆ 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 **
```

## Επεξεργασία κειμένου (viii)

### ◆ Παράδειγμα 3

```
program wordlength(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;
```

## Επεξεργασία κειμένου (ix)

### ◆ 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;
```

## Επεξεργασία κειμένου (x)

### ◆ 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.
```

## Επεξεργασία κειμένου (xi)

### ◆ 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
```

## Επεξεργασία κειμένου (xii)

### ◆ 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')
```

## Συμβολοσειρές (i)

### ◆ 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)
```

## Συμβολοσειρές (ii)

### ◆ Σύγκριση με λεξικογραφική διάταξη 'ding' < 'donut'

### ◆ Προκαθορισμένες συναρτήσεις και διαδικασίες για συμβολοσειρές

<b>strlen</b>	μήκος συμβολοσειράς
<b>strpos</b>	αναζήτηση σε συμβολοσειρά
<b>+</b>	συνένωση συμβολοσειρών
<b>str</b>	τμήμα συμβολοσειράς
<b>strdelete</b>	διαγραφή τμήματος συμβολοσειράς
<b>strinsert</b>	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'

## Συμβολοσειρές (iv)

- ◆ 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'

## Συμβολοσειρές (v)

- ◆ Παράδειγμα  

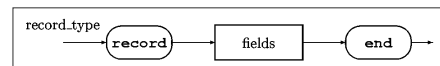
```

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.

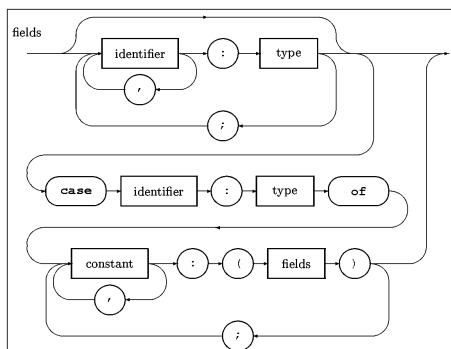
```

## Εγγραφές (i)

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



## Εγγραφές (ii)



## Εγγραφές (iii)

- ◆ 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])

```

## Εγγραφές

(iv)

### ◆ 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;

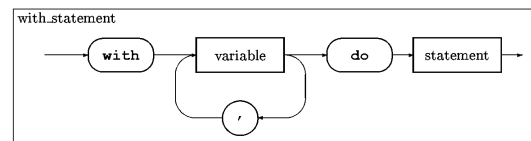
function cMult(x,y:complex) : complex;
begin
  cMult.re := x.re * y.re - x.im * y.im;
  cMult.im := x.re * y.im + x.im * y.re
end

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



## Εντολή with

(ii)

### ◆ 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];
    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
```



## Σύνολα (i)

◆ 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];
```

## Σύνολα (ii)

◆ Πράξεις με σύνολα

- |                          |           |
|--------------------------|-----------|
| • έλεγχος μέλους συνόλου | in        |
| • ένωση                  | +         |
| • τομή                   | *         |
| • διαφορά                | -         |
| • ισότητα και ανισότητα  | = <>      |
| • σχέσεις υποσυνόλων     | < > <= >= |

## Αρχεία (i)

◆ 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
```

## Αρχεία (ii)

◆ 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)`

## Αρχεία (iii)

◆ Λειτουργίες εισόδου και εξόδου

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

◆ Διάβασμα και γράψιμο

`read(f,x) ≡ begin x := f^; get(f) end`

`write(f,x) ≡ begin f^ := x; put(f) end`

◆ Έλεγχος τέλους αρχείου

`eof(f)`

## Αρχεία (iv)

◆ 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.
```

## Αρχεία (v)

### ◆ 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;
```

## Αρχεία (vi)

### ◆ 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)
```

## Αρχεία κειμένου (ii)

### ◆ 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
```

## Αρχεία κειμένου (iii)

### ◆ Παράδειγμα (συνέχεια)

```
else
  begin read(f, ch);
    characters := characters + 1
  end;
close(f);
writeln('lines: ', lines);
writeln('characters: ', characters)
end.
```

## Αρχεία κειμένου (iv)

### ◆ 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;
```

## Αρχαία κειμένου

(v)

### ◆ Παράδειγμα (συνέχεια)

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

Σ. Ζάχος, Ν. Παπασπύρου

Προγραμματισμός Ηλεκτρονικών Υπολογιστών

253

## Διαχείριση της μνήμης

(i)

### ◆ 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)

Σ. Ζάχος, Ν. Παπασπύρου

Προγραμματισμός Ηλεκτρονικών Υπολογιστών

254

## Διαχείριση της μνήμης

(ii)

### ◆ 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)

Σ. Ζάχος, Ν. Παπασπύρου

Προγραμματισμός Ηλεκτρονικών Υπολογιστών

255

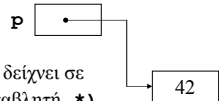
## Δείκτες

(i)

### ◆ 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)
```



Σ. Ζάχος, Ν. Παπασπύρου

Προγραμματισμός Ηλεκτρονικών Υπολογιστών

256

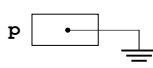
## Δείκτες

(ii)

### ◆ 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!

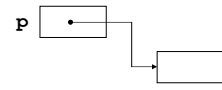
Σ. Ζάχος, Ν. Παπασπύρου

Προγραμματισμός Ηλεκτρονικών Υπολογιστών

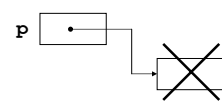
257

## Δυναμική παραχώρηση μνήμης

### ◆ Δέσμευση

- δημιουργία μιας νέας δυναμικής μεταβλητής
- ```
var p : ^integer;
...
new(p)
```
- 

### ◆ Αποδέσμευση

- καταστροφή μιας δυναμικής μεταβλητής
- ```
...
dispose(p)
```
- 

Σ. Ζάχος, Ν. Παπασπύρου

Προγραμματισμός Ηλεκτρονικών Υπολογιστών

258

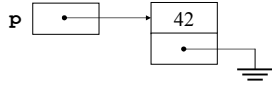
## Σύνθετες δυναμικές μεταβλητές (i)

### ◆ Παράδειγμα

```

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

var p : nodeptr;
...
new(p);
p^.info := 42;
p^.next := nil
    
```



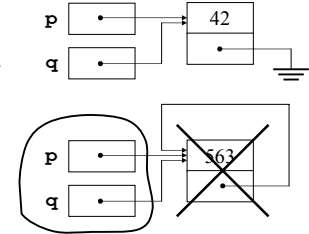
## Σύνθετες δυναμικές μεταβλητές (ii)

### ◆ Παράδειγμα (συνέχεια)

```

q := p;
q^.info := 563;
q^.next := q;

dispose(p)
    
```

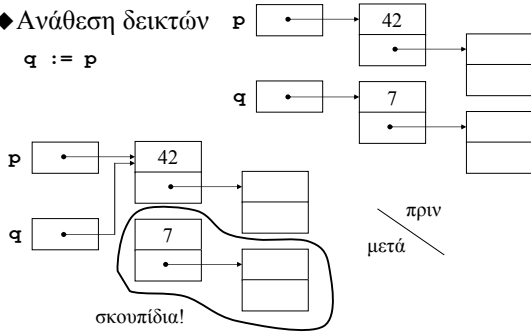


ξεκρέμαστοι δείκτες!

## Δείκτες και ανάθεση (i)

### ◆ Ανάθεση δεικτών

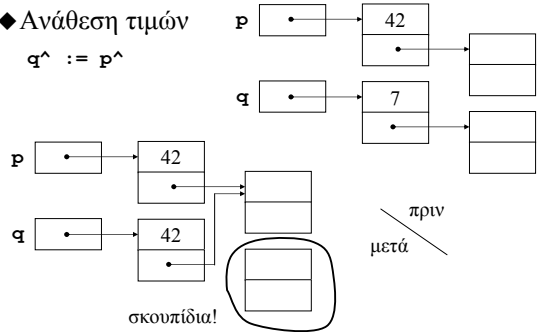
$q := p$



## Δείκτες και ανάθεση (ii)

### ◆ Ανάθεση τιμών

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



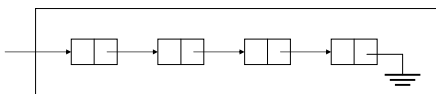
## Συνδεδεμένες λίστες (i)

### ◆ Είναι γραμμικές διατάξεις

### ◆ Κάθε κόμβος περιέχει:

- κάποια πληροφορία
- ένα σύνδεσμο στον επόμενο κόμβο

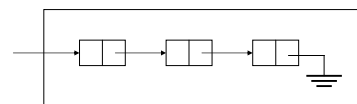
### ◆ Ο τελευταίος κόμβος έχει κενό σύνδεσμο



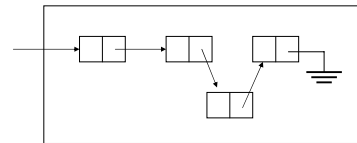
## Συνδεδεμένες λίστες (ii)

### ◆ Ευκολότερη προσθήκη στοιχείων

- πριν



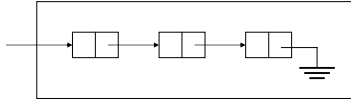
- μετά



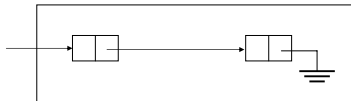
## Συνδεδεμένες λίστες (iii)

### ◆ Ευκολότερη διαγραφή στοιχείων

- πριν



- μετά



## Συνδεδεμένες λίστες (iv)

### ◆ Τύπος κόμβου συνδεδεμένης λίστας

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

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

```
var head : nodeptr
```

## Συνδεδεμένες λίστες (v)

### ◆ Παράδειγμα κατασκευής λίστας

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

## Συνδεδεμένες λίστες (v)

### ◆ 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.
```

## Συνδεδεμένες λίστες (vi)

### ◆ Εκτύπωση λίστας

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

## Συνδεδεμένες λίστες (vii)

### ◆ Εκτύπωση λίστας με αναδρομή

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

## Συνδεδεμένες λίστες (viii)

- ◆ Εκτύπωση λίστας αντίστροφα με αναδρομή

```

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

```

## Πολυπλοκότητα (i)

- ◆ Κόστος της εκτέλεσης ενός αλγορίθμου που επιλύει κάποιο πρόβλημα, συναρτήσεται του μεγέθους του προβλήματος

- χρόνος: αριθμός υπολογιστικών βημάτων
- χώρος: απαιτούμενο μέγεθος μνήμης

- ◆ Συναρτήσεις πολυπλοκότητας

- θετικές και αύξουσες
- π.χ.  $f(n) = n(n-1)/2$

## Πολυπλοκότητα (ii)

- ◆ Άνω φράγμα:  $O$

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

- ◆ Κάτω φράγμα:  $\Omega$

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

- ◆ Τάξη μεγέθους:  $\Theta$

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

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

## Πολυπλοκότητα (iii)

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

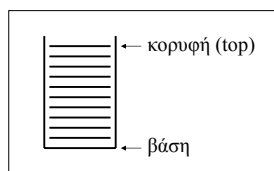
$$\text{Poly} = n^{O(1)}$$

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

## Στοιβες (i)

- ◆ Last In First Out (LIFO)

ό,τι μπαίνει τελευταίο, βγαίνει πρώτο



## Στοιβες (ii)

- ◆ Αφηρημένος τύπος δεδομένων

- Ορίζεται ο τύπος **stack** που υλοποιεί τη στοιβία (ακεραίων αριθμών)

- Ορίζονται οι απαραίτητες πράξεις:

- **empty** η άδεια στοιβία
- **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)

## Στοιβες (iii)

### ◆ 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
```

## Στοιβες (iv)

### ◆ Προσθήκη στοιχείου

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

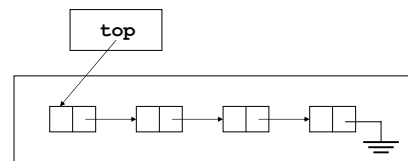
## Στοιβες (v)

### ◆ 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
```

## Στοιβες (vi)

### ◆ Υλοποίηση με απλά συνδεδεμένη λίστα



## Στοιβες (vii)

### ◆ Υλοποίηση με απλά συνδεδεμένη λίστα

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

### ◆ Άδεια στοίβα

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

## Στοιβες (viii)

### ◆ Προσθήκη στοιχείου

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

## Στοιβες

(ix)

### ◆ 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
```

Σ. Ζάχος, Ν. Παπασπύρου

Προγραμματισμός Ηλεκτρονικών Υπολογιστών

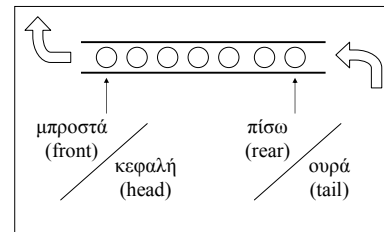
283

## Ουρές

(i)

### ◆ First In First Out (FIFO)

ό,τι μπαίνει πρώτο, βγαίνει πρώτο



Σ. Ζάχος, Ν. Παπασπύρου

Προγραμματισμός Ηλεκτρονικών Υπολογιστών

284

## Ουρές

(ii)

### ◆ 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

Σ. Ζάχος, Ν. Παπασπύρου

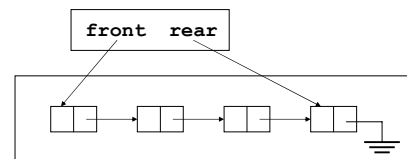
Προγραμματισμός Ηλεκτρονικών Υπολογιστών

285

## Ουρές

(iii)

### ◆ Υλοποίηση με απλά συνδεδεμένη λίστα



Σ. Ζάχος, Ν. Παπασπύρου

Προγραμματισμός Ηλεκτρονικών Υπολογιστών

286

## Ουρές

(iv)

### ◆ 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
```

Σ. Ζάχος, Ν. Παπασπύρου

Προγραμματισμός Ηλεκτρονικών Υπολογιστών

287

## Ουρές

(v)

### ◆ 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
```

Σ. Ζάχος, Ν. Παπασπύρου

Προγραμματισμός Ηλεκτρονικών Υπολογιστών

288



## Ουρές

(vi)

### ◆ 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
```

Σ. Ζάχος, Ν. Πατασπίρου

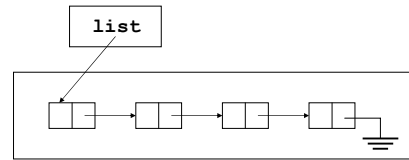
Προγραμματισμός Ηλεκτρονικών Υπολογιστών

289

## Γραμμικές λίστες

(i)

### ◆ Γενική μορφή απλά συνδεδεμένης λίστας



Σ. Ζάχος, Ν. Πατασπίρου

Προγραμματισμός Ηλεκτρονικών Υπολογιστών

290

## Γραμμικές λίστες

(ii)

### ◆ 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
```

Σ. Ζάχος, Ν. Πατασπίρου

Προγραμματισμός Ηλεκτρονικών Υπολογιστών

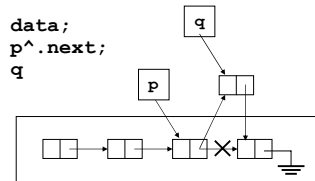
291

## 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
```



Σ. Ζάχος, Ν. Πατασπίρου

Προγραμματισμός Ηλεκτρονικών Υπολογιστών

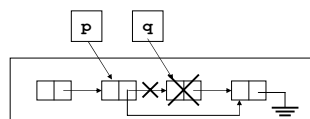
292

## Γραμμικές λίστες

(iv)

### ◆ 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
```



Σ. Ζάχος, Ν. Πατασπίρου

Προγραμματισμός Ηλεκτρονικών Υπολογιστών

293

## Γραμμικές λίστες

(v)

### ◆ 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
```

Σ. Ζάχος, Ν. Πατασπίρου

Προγραμματισμός Ηλεκτρονικών Υπολογιστών

294

## Γραμμικές λίστες

(vi)

### ◆ 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
```

Σ. Ζάχος, Ν. Παπασπύρου

Προγραμματισμός Ηλεκτρονικών Υπολογιστών

295

## Γραμμικές λίστες

(vii)

### ◆ 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
```

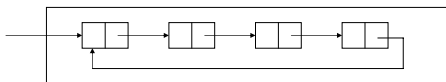
Σ. Ζάχος, Ν. Παπασπύρου

Προγραμματισμός Ηλεκτρονικών Υπολογιστών

296

## Κυκλικές λίστες

- ◆ Ο επόμενος του τελευταίου κόμβου είναι πάλι ο πρώτος



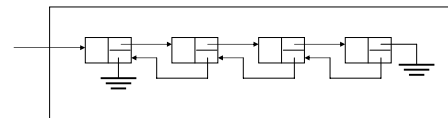
Σ. Ζάχος, Ν. Παπασπύρου

Προγραμματισμός Ηλεκτρονικών Υπολογιστών

297

## Διπλά συνδεδεμένες λίστες

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



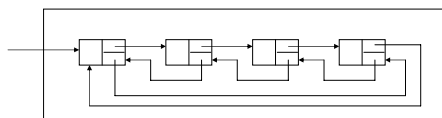
Σ. Ζάχος, Ν. Παπασπύρου

Προγραμματισμός Ηλεκτρονικών Υπολογιστών

298

## 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



Σ. Ζάχος, Ν. Παπασπύρου

Προγραμματισμός Ηλεκτρονικών Υπολογιστών

299

## Γράφοι

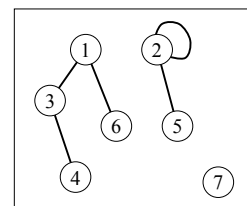
(i)

- ◆ 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



Σ. Ζάχος, Ν. Παπασπύρου

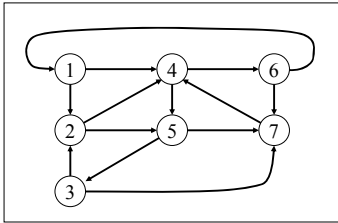
Προγραμματισμός Ηλεκτρονικών Υπολογιστών

300

## Γράφοι (ii)

### ◆ Κατευθυνόμενος γράφος (directed graph)

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



Σ. Ζάχος, Ν. Παπασπύρου

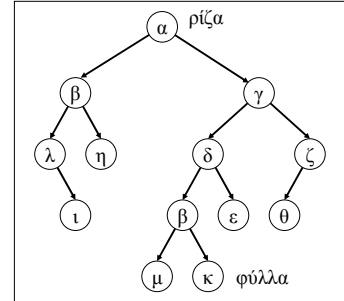
Προγραμματισμός Ηλεκτρονικών Υπολογιστών

301

## 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



Σ. Ζάχος, Ν. Παπασπύρου

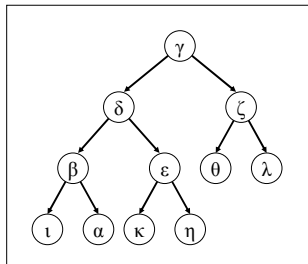
Προγραμματισμός Ηλεκτρονικών Υπολογιστών

302

## Δυαδικά δέντρα (ii)

### ◆ Πλήρες δυαδικό δέντρο:

- ◆ Μόνο το κατώτατο επίπεδο μπορεί να μην είναι πλήρες



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

Σ. Ζάχος, Ν. Παπασπύρου

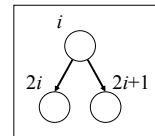
Προγραμματισμός Ηλεκτρονικών Υπολογιστών

303

## Δυαδικά δέντρα (iii)

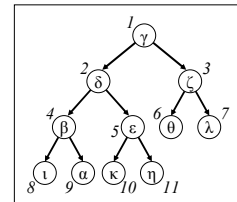
### ◆ Υλοποίηση με πίνακα

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



### ◆ Παράδειγμα

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



Σ. Ζάχος, Ν. Παπασπύρου

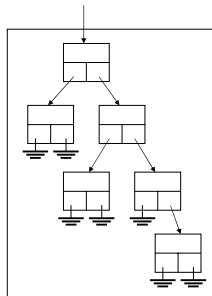
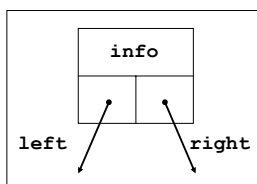
Προγραμματισμός Ηλεκτρονικών Υπολογιστών

304

## Δυαδικά δέντρα (iv)

### ◆ Υλοποίηση με δείκτες

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



Σ. Ζάχος, Ν. Παπασπύρου

Προγραμματισμός Ηλεκτρονικών Υπολογιστών

305

## Δυαδικά δέντρα (v)

### ◆ Διάσχιση όλων των κόμβων ενός δένδρου

- 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

Σ. Ζάχος, Ν. Παπασπύρου

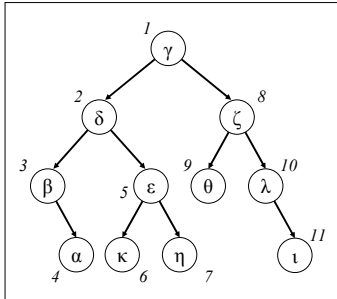
Προγραμματισμός Ηλεκτρονικών Υπολογιστών

306

## Δυαδικά δέντρα

(vi)

### ◆ Διάσχιση preorder



Σ. Ζάχος, Ν. Πατασπύρου

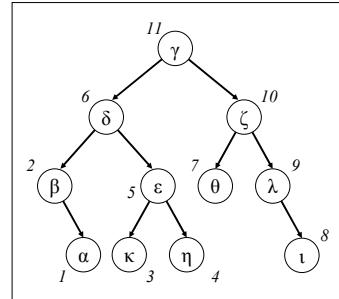
Προγραμματισμός Ηλεκτρονικών Υπολογιστών

307

## Δυαδικά δέντρα

(vii)

### ◆ Διάσχιση postorder



Σ. Ζάχος, Ν. Πατασπύρου

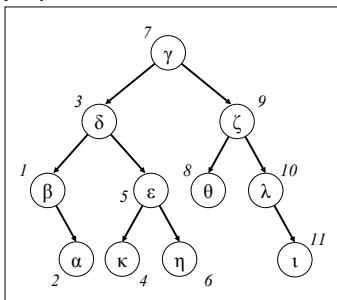
Προγραμματισμός Ηλεκτρονικών Υπολογιστών

308

## Δυαδικά δέντρα

(viii)

### ◆ Διάσχιση inorder



Σ. Ζάχος, Ν. Πατασπύρου

Προγραμματισμός Ηλεκτρονικών Υπολογιστών

309

## Δυαδικά δέντρα

(ix)

### ◆ 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)

Σ. Ζάχος, Ν. Πατασπύρου

Προγραμματισμός Ηλεκτρονικών Υπολογιστών

310

## 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

Σ. Ζάχος, Ν. Πατασπύρου

Προγραμματισμός Ηλεκτρονικών Υπολογιστών

311

## Το λειτουργικό σύστημα Unix

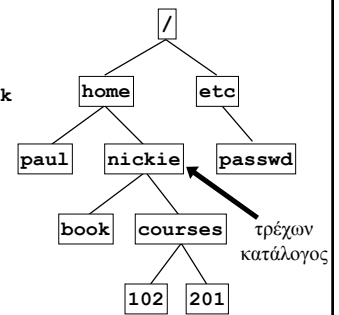
(ii)

### ◆ Απόλυτα ονόματα

```
/  
/etc  
/home/nickie/book  
/home/paul  
/etc/passwd
```

### ◆ Σχετικά ονόματα

```
book  
courses/201  
./courses/102  
../paul  
../../etc/passwd
```



Σ. Ζάχος, Ν. Πατασπύρου

Προγραμματισμός Ηλεκτρονικών Υπολογιστών

312

## 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 ... filen directory`
  - `cp -r directory1 directory2`
  - `cp -i oldfile newfile`
- ◆ Μετονομασία ή μετακίνηση αρχείων **mv**
  - `mv oldfile newfile`
  - `mv file1 file2 ... filen 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`

## Σύστημα αρχείων του Unix (iii)

- ◆ 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 περιεχομένου αρχείου **cat**
  - `cat file1 file2 ... filen`
- ◆ Εμφάνιση περιεχομένου αρχείου ανά σελίδα **more** **less**
  - `more file1 file2 ... filen`
  - `less file1 file2 ... filen`

## Προγράμματα εφαρμογών Unix (ii)

- ◆ Εμφάνιση πρώτων γραμμών **head**
  - `head file1 file2 ... filen`
  - `head -10 file1 file2 ... filen`
- ◆ Εμφάνιση τελευταίων γραμμών **tail**
  - `tail file1 file2 ... filen`
  - `tail -10 file1 file2 ... filen`
- ◆ Πληροφορίες για το είδος αρχείου **file**
  - `file file1 file2 ... filen`
- ◆ Εμφάνιση ημερομηνίας και ώρας **date**
  - `date`

## Προγράμματα εφαρμογών Unix (iii)

- ◆ Εκτύπωση αρχείου **lpr**  
`lpr file1 file2 ... filen`
- ◆ 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 ... filen`

## 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

## Βασική λειτουργία του vi (iii)

- ◆ 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

## Βασική λειτουργία του vi (iv)

- ◆ 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

## Βασική λειτουργία του vi (v)

- ◆ 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)

## Βασική λειτουργία του vi (vi)

- ◆ 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

## Internet (i)

- ◆ 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)

## Internet (ii)

- ◆ Ηλεκτρονικό ταχυδρομείο (e-mail)
  - ηλεκτρονική ταχυδρομική διεύθυνση **nickie@softlab.ntua.gr**
    - όνομα χρήστη
    - όνομα υπολογιστή ή επικράτεια
  - υπάρχει πληθώρα εφαρμογών που διαχειρίζονται το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο

## Internet (iii)

- ◆ 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$
```

## Internet (iv)

- ◆ 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**

## Internet

(v)

### ◆ 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)

Σ. Ζάχος, Ν. Παπασπύρου

Προγραμματισμός Ηλεκτρονικών Υπολογιστών

331

## Internet

(vi)

### ◆ 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

Σ. Ζάχος, Ν. Παπασπύρου

Προγραμματισμός Ηλεκτρονικών Υπολογιστών

332

## Internet

(vii)

### ◆ 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)

Σ. Ζάχος, Ν. Παπασπύρου

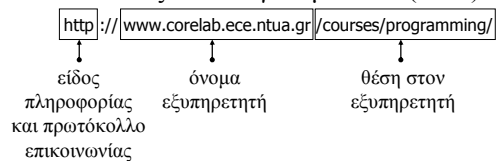
Προγραμματισμός Ηλεκτρονικών Υπολογιστών

333

## Internet

(viii)

### ◆ 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`

Σ. Ζάχος, Ν. Παπασπύρου

Προγραμματισμός Ηλεκτρονικών Υπολογιστών

334