ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

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

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

Διαφάνειες παρουσιάσεων

10/10/14

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

Εισαγωγή (i)

◆Σκοπός του μαθήματος

- Εισαγωγή στην πληροφορική (computer science)
- Εισαγωγή στον προγραμματισμό ηλεκτρονικών υπολογιστών (Η/Υ)
- 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 μάθεις να σκέφτεσαι
  - Η Ευκλείδεια Γεωμετρία (με τη βασική διδακτική της αξία) απουσιάζει από το πρόγραμμα σπουδών εδώ και χρόνια.
  - Αποτέλεσμα: όπως είδαμε και στις πανελλήνιες εξετάσεις δίνεται έμφαση στην αποστήθιση ανουσίων θεωρημάτων και γνώσεων 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 107×93 θα δυσκολευτεί πολύ να απαντήσει, ενώ φυσικά γνωρίζει ότι $(\alpha+\beta)(\alpha-\beta) = \alpha^2-\beta^2$

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

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)

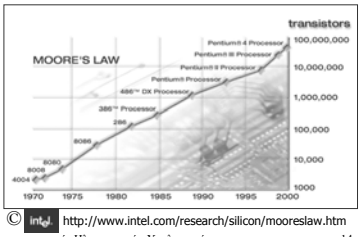
◆Κατασκευή υπολογιστών

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	
2000–	PDA, smartphones, κ.λπ.	

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

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

- 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)

$A \wedge \neg A$ *αντίφαση*

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

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

Εισαγωγή (xvi)

◆Θεωρία

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

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

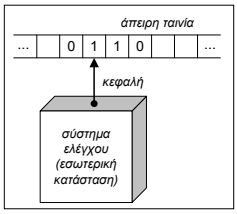
$$\begin{array}{|l} A \in A \to A \notin A \\ A \notin A \to A \in A \end{array}$$

- 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, υπολογισιμότητα



Εισαγωγή (xviii)

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

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

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

Γλώσσες προγραμματισμού (iii)

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

Pazcal

  - Dennis Ritchie (1972)
  - Γενικού σκοπού αλλά χαμηλότερου επιπέδου
  - Ευνοεί τον προγραμματισμό συστημάτων

Ασκήσεις (i)

```
PROGRAM Hello1()
{
   WRITELN("hello world");
}
```

```
PROGRAM Hello2()
{
   WRITELN("hello ", "world");
}
```

```
PROGRAM Hello3()
{
   WRITE("hello "); WRITELN("world");
}
```

```
PROGRAM Hello4()
{
   WRITE("hello world"); WRITELN();
}
```


Ασκήσεις (Pascal) (i)

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

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

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

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


Ασκήσεις (C) (i)

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

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

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

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


Ασκήσεις (ii)

```
PROC hello()
{
  WRITELN("hello world");
}

PROGRAM Hello5()
{
   hello(); hello();
   hello(); hello();
}
```

```
PROC hello()
{
  WRITELN("hello world");
}

PROGRAM Hello6()
{
  int i;
  FOR(i,1 TO 20) hello();
}
```


Ασκήσεις (Pascal) (ii)

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

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


Ασκήσεις (C) (ii)

```
#include <stdio.h>

void hello()
{
   printf("hel
}

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

```
#include <stdio.h>

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

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

Ασκήσεις (iii)

```
int i;

PROC num_hello()
{
  WRITELN(i, " hello world");
}

PROGRAM Hello7()
{
  const int n = 20;

  FOR(i,1 TO n) num_hello();
}
```


Ασκήσεις (Pascal) (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.
```


Ασκήσεις (C) (iii)

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

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

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


Ασκήσεις (iv)

```
PROC hello()
{
   WRITELN("hello world");
}

 PROGRAM Hello9()
 {
   int i,n;
   WRITELN("Give number of greetings ",
               "then press <enter>:");
   n = READ_INT();
   FOR(i,1 TO n) hello();
 }
```


Ασκήσεις (Pascal) (iv)

```
program Hello9(input,output);
   var i,n : integer;
   procedure hello;
   begin
      writeln('hello world')
   end;
begin
   writeln('Give number of greetings ',
               'then press <enter>:');
   read(n);
   for i:= 1 to n do hello
end.
```


Ασκήσεις (C) (iv)

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

Ασκήσεις (v)

```
PROC hello()
{
  WRITELN("hello world");
}

PROGRAM Hello10()
{
   int i,n;

   WRITELN("Give number of greetings ",
                  "then press <enter>:");
   n = READ_INT();
   if (n < 0) WRITELN("# is negative");
           else FOR(i,1 TO n) hello();
}
```


Ασκήσεις (Pascal) (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 example1()
```
επικεφαλίδα

```
{
   REAL r, a;
```
δηλώσεις

```
   WRITE("Give the radius: ");
   r = READ_REAL();
   a = 3.1415926 * r * r;
   WRITELN("The area is: ", a);
}
```
εντολές

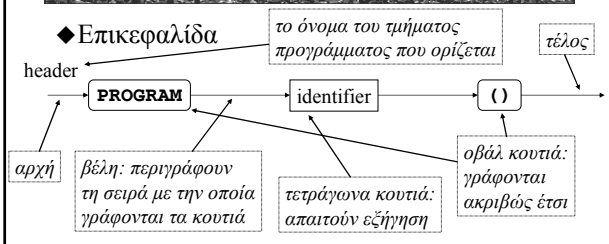
σώμα = block

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

```
int i;
```

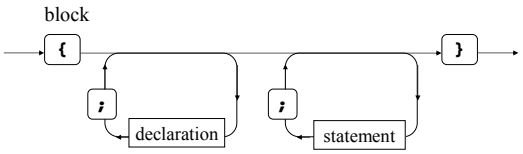

Δομή του προγράμματος (iv)

- Απλοί τύποι μεταβλητών
  - `int` *ακέραιοι αριθμοί* `0`, `1`, `-3`
  - `REAL` *πραγματικοί αριθμοί* `3.14`
  - `char` *χαρακτήρες* `'a'`
  - `bool` *λογικές τιμές* `true`, `false`
- Δήλωση περισσότερων μεταβλητών

```
int i,j,k;
REAL x,y;       char ch;
bool changed;
```


Δομή του προγράμματος (v)

- Σώμα, block



- Σχόλια

```
REAL x,y;  /* οι συντεταγμένες
                  του κέντρου */
REAL   r;  // η ακτίνα
```


Τί σημαίνει ορθό πρόγραμμα (i)

- Συντακτική ορθότητα
  - το πρόγραμμα πρέπει να υπακούει στους συντακτικούς κανόνες της γλώσσας προγραμματισμού
- Συντακτικά σφάλματα στην **Pazcal**
  - εμφανίζονται όταν δεν ικανοποιούνται τα συντακτικά διαγράμματα
  - παράδειγμα:

```
( PROGRAM ) example
```


Τί σημαίνει ορθό πρόγραμμα (ii)

- Νοηματική ορθότητα
  - το πρόγραμμα πρέπει να υπακούει τους νοηματικούς κανόνες της γλώσσας προγραμματισμού
- Νοηματικά σφάλματα στην **Pazcal**
  - εσφαλμένη χρήση τελεστών

```
n = "a" * 3;
```

  - χρήση μεταβλητών χωρίς δήλωση

```
int n, i;
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 **Pazcal**
  - προέρχονται από την κακή σχεδίαση ή την κακή υλοποίηση του προγράμματος
  - αυτά τα σφάλματα ονομάζονται συνήθως bugs και η διαδικασία εξάλειψής τους debugging

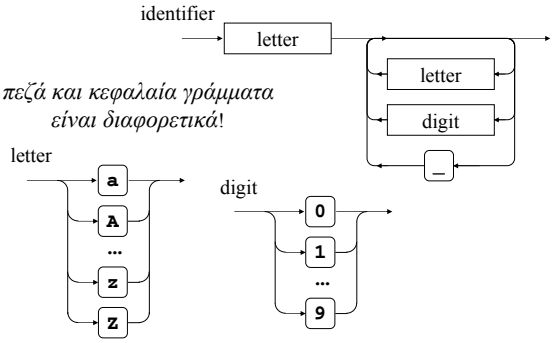
```
x1 = (-b + sqr(b*b-4*a*c))/(2*a);
      sqrt
```

διαίρεση με το μηδέν

Τί σημαίνει ορθό πρόγραμμα (iv)

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

Συντακτικά διαγράμματα



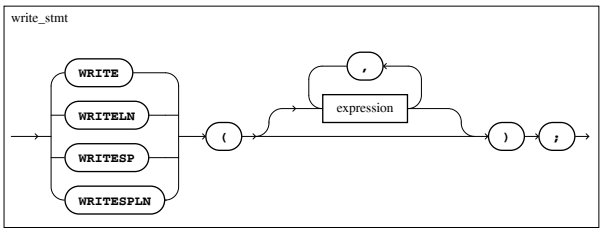
Ανάθεση τιμής σε μεταβλητή

- Παραδείγματα αναθέσεων

```
n = 2;
pi = 3.14159;
done = true;
ch = 'b';
counter = counter + 1;
x1 = (-b + sqrt(b*b-4*a*c))/(2*a);
```


Έξοδος στην οθόνη (i)

- Συντακτικό διάγραμμα



Έξοδος στην οθόνη (ii)

- Έξοδος στην οθόνη

```
WRITELN("Hello world!");
WRITELN("Hell", "o wor", "ld!");
```

- Έξοδος χωρίς αλλαγή γραμμής

```
WRITE("Hel");
WRITELN("lo w", "orld!");
```


Έξοδος στην οθόνη (iii)

- Έξοδος στην οθόνη

```
x = 6;
WRITE("x");
WRITE(" = ");
WRITE(x);
WRITELN();
WRITELN("3*x-1 = ", 3*x-1);
WRITELN("x*(x+1) = ", x*(x+1));
```

```
x = 6
3*x-1 = 17
x*(x+1) = 42
```

Έξοδος στην οθόνη (iv)

◆Έξοδος στην οθόνη

```
WRITELN(4, 2);
WRITESPLN(4, 2);
WRITE(6, 6);
WRITELN(6);
WRITESP(6, 6);
WRITESPLN(6);
```

```
42
4 2
666
6 66
```


Είσοδος από το πληκτρολόγιο (i)

◆Είσοδος από το πληκτρολόγιο

```
n = READ_INT();
r = READ_REAL();
c = getchar();
```

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

```
SKIP_LINE();
```


Είσοδος από το πληκτρολόγιο (ii)

```
PROGRAM example1()
{
  REAL r, a;

  WRITE("Give the radius: ");
  r = READ_REAL();
  a = 3.1415926 * r * r;
  WRITELN("The area is: ", a);
}
```


Είσοδος από το πληκτρολόγιο (iii)

```
PROGRAM operation()
{
  int first, second, result;
  char operator;

  first = READ_INT();
  operator = getchar();
  second = READ_INT();

  switch (operator) {
    case '+': result = first + second; break;
    case '-': result = first - second; break;
    case '*': result = first * second; break;
    case '/': result = first / second; break;
  }
  WRITELN("The result is: ", result);
}
```


Επικοινωνία με το χρήστη (C) (iv)

◆Παράδειγμα

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


Είσοδος από το πληκτρολόγιο (iv)

◆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

Είσοδος από το πληκτρολόγιο (v)

```
PROGRAM addition1()
{
  int first, second;
  WRITE("First: ");   first = READ_INT();
  WRITE("Second: ");  second = READ_INT();
  WRITELN("Result: ", first + second);
}
```


Είσοδος από το πληκτρολόγιο (vi)

◆Πρώτη εκτέλεση παραδείγματος

```
First: 3↵
Second: 6↵
Result: 9
```

◆Δεύτερη εκτέλεση παραδείγματος

```
First: 3 6↵
Second: Result: 9
```


Είσοδος από το πληκτρολόγιο (vii)

```
PROGRAM addition2()
{
  int first, second;
  WRITE("First: ");   first = READ_INT();
  SKIP_LINE();
  WRITE("Second: ");  second = READ_INT();
  WRITELN("Result: ", first + second);
}
```


Είσοδος από το πληκτρολόγιο (viii)

◆Πρώτη εκτέλεση παραδείγματος

```
First: 3↵
Second: 6↵
Result: 9
```

◆Δεύτερη εκτέλεση παραδείγματος

```
First: 3 6↵
Second: 6↵
Result: 9
```


Αριθμητικές παραστάσεις (i)

◆Απλές παραστάσεις
- σταθερές και μεταβλητές

◆Απλές πράξεις
- πρόσθεση, αφαίρεση `+, -`
- πολλαπλασιασμός `*`
- διαίρεση πραγματικών αριθμών `/`
- πηλίκο ακέραιας διαίρεσης `/` *προσοχή!*
- υπόλοιπο ακέραιας διαίρεσης `%` **MOD**
- πρόσημα `+, -`

Αριθμητικές παραστάσεις (ii)

◆Παραδείγματα
- `1 + 1` → `2` τύπου **int**
- `1.0 + 2.0` → `3.0` τύπου **REAL**
- `1 + 3.0` → `4.0` τύπου **REAL**
- `5 / 2` → `2` ακέραιο πηλίκο
- `5 % 2` → `1` ακέραιο υπόλοιπο
- `5.0 / 2` → `2.5` διαίρεση **REAL**
- `5.0 % 2` → ↯ *απαγορεύεται!*

◆Πραγματική διαίρεση μεταξύ ακεραίων;

```
int x=42, y=17; WRITE( 1.0 * x / y );
```

Αριθμητικές παραστάσεις (iii)

◆Προτεραιότητα τελεστών
- π.χ. `5+3*x-y` ≡ `5+(3*x)-y`

◆Προσεταιριστικότητα τελεστών
- π.χ. `x-y+1` ≡ `(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
false	false	false
false	true	false
true	false	false
true	true	true

σύζευξη

p	q	p OR q p || q
false	false	false
false	true	true
true	false	true
true	true	true

διάζευξη

p	NOT p ! p
false	true
true	false

άρνηση

Προτεραιότητα τελεστών (i)

Τελεστής	Σημασία	Προσεταιρι-στικότητα
`+ - !` **`NOT`**	πρόσημα, λογική άρνηση	—
`* / %` **`MOD`**	πολλαπλασιασμός, διαίρεση	αριστερά
`+ -`	πρόσθεση, αφαίρεση	αριστερά
`< <= >= >`	σύγκριση	αριστερά
`== !=`	ισότητα	αριστερά
`&& AND`	λογική σύζευξη	αριστερά
`|| OR`	λογική διάζευξη	αριστερά

επάνω: μεγάλη προτεραιότητα

κάτω: μικρή προτεραιότητα

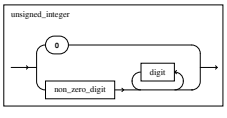
Προτεραιότητα τελεστών (ii)

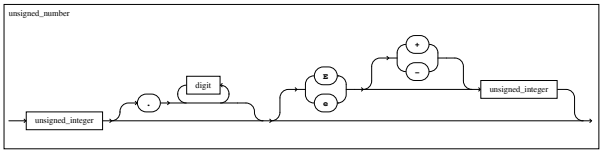
◆Προτεραιότητα τελεστών

- π.χ. `NOT p AND q OR r`
  ≡ `((NOT p) AND q) OR r`
- π.χ. `x>3 AND NOT y+z==5` λάθος!
  ≡ `(x>3) AND ((NOT y)+z)==5)`
- π.χ. `x>3 AND NOT (y+z==5)` σωστό
  ≡ `(x>3) AND (NOT ((y+z)==5))`
- Όταν δεν είμαστε σίγουροι, δε βλάπτει να χρησιμοποιούμε επιπλέον παρενθέσεις!

Σύνταξη παραστάσεων (i)

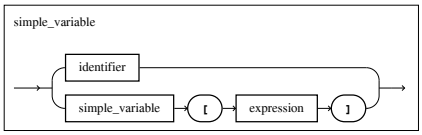
◆Σταθερές



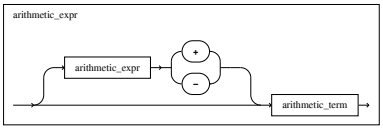


Σύνταξη παραστάσεων (ii)

- Μεταβλητές (απλές)

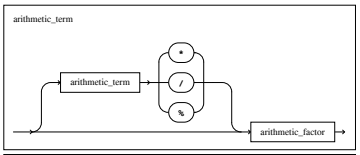


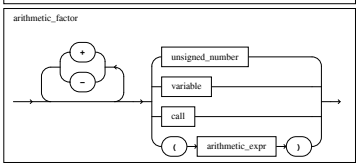
- Αριθμητικές παραστάσεις



Σύνταξη παραστάσεων (iii)

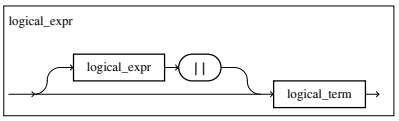
- Αριθμητικοί όροι και παράγοντες

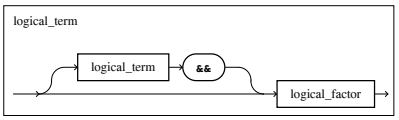




Σύνταξη παραστάσεων (iv)

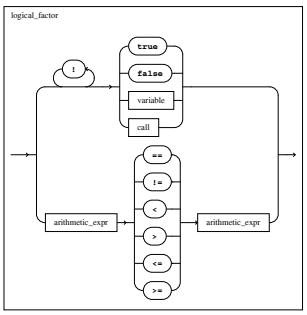
- Λογικές παραστάσεις και όροι





Σύνταξη παραστάσεων (v)

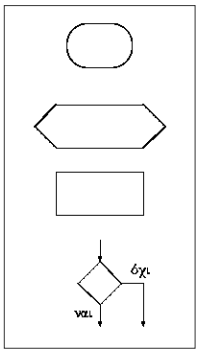
- Λογικοί παράγοντες



Δομές ελέγχου

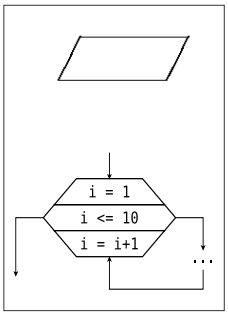
- Τροποποιούν τη σειρά εκτέλεσης των εντολών του προγράμματος
- Οι εντολές φυσιολογικά εκτελούνται κατά σειρά από την αρχή μέχρι το τέλος
- Με τις δομές ελέγχου επιτυγχάνεται:
  - ομαδοποίηση εντολών
  - εκτέλεση εντολών υπό συνθήκη
  - επανάληψη εντολών

Λογικά διαγράμματα ροής (i)



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

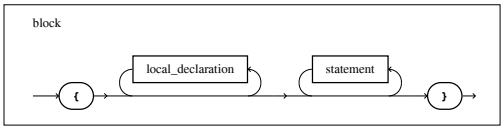
Λογικά διαγράμματα ροής (ii)



- Λειτουργία εισόδου/εξόδου
- Επανάληψη (βρόχος)

Σύνθετη εντολή (i)

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



Σύνθετη εντολή (ii)

- Παραδείγματα

```
{
  int x=2, y=3, z=3;
  WRITELN(x, y, z);
}

{
  a=2; b=3;
  {
    c=3;
    WRITE(a, b, c);
  }
  WRITELN();
}
```

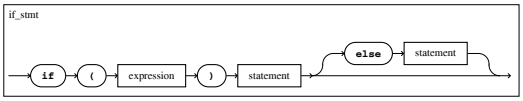

Σύνθετη εντολή (C) (ii)

- Παραδείγματα

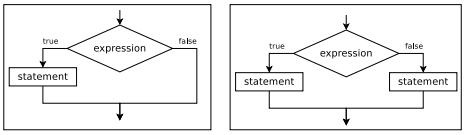
```
{
  x=2; y=3; z=3;
  printf("%d %d %d\n",x,y,z);
}

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


Εντολή if (i)

- Εκτέλεση εντολών υπό συνθήκη
- Συντακτικό διάγραμμα



- Λογικό διάγραμμα



Εντολή if (ii)

- Παραδείγματα

```
if (amount >= x) amount = amount - x;

if (amount >= 1000000)
   WRITELN("Found a millionaire!");

if ((year > 1900) && (year <= 2000))
   WRITE("20ός αιώνας");

if (x*x + y*y == z*z) {
  WRITESPLN("Pythagorian:", x, y, z);
  s = (z-x)*(z-y)/2;
  WRITESPLN("Perfect square:", s);
}
```

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

```
if (year % 4 == 0 AND
     year % 100 != 0 OR
     year % 400 == 0 AND
     year % 4000 != 0)
  WRITESPLN("Το έτος", year,
            "είναι δίσεκτο!");
```


Εντολή if (iv)

- Παραδείγματα (συνέχεια)

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

if (x > y)        WRITELN("κέρδισα");
  else if (x < y) WRITELN("κέρδισες");
    else          WRITELN("ισοπαλία");
```

το παρακάτω είναι ισοδύναμο αλλά χειρότερο:

```
if (x > y)      WRITELN("κέρδισα");
if (x < y)      WRITELN("κέρδισες");
if (x == y)     WRITELN("ισοπαλία");
```


Εντολή if (C) (iv)

- 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 (v)

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

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


Εντολή switch (i)

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

```
if (month==1)
  WRITELN("Ιανουάριος");
else if (month==2)
  WRITELN("Φεβρουάριος");
else if ...
  ...
else if (month==12)
  WRITELN("Δεκέμβριος");
else
  WRITELN("άκυρος μήνας");
```

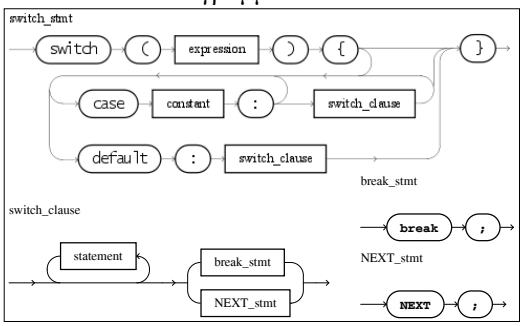
Εντολή switch (ii)

◆Παραδείγματα

```
switch (month) {
  case 1:  WRITELN("Ιανουάριος");   break;
  case 2:  WRITELN("Φεβρουάριος");  break;
   ...
  case 12: WRITELN("Δεκέμβριος");   break;
  default: WRITELN("άκυρος μήνας"); break;
}
```


Εντολή switch (iii)

◆Συντακτικό διάγραμμα



Εντολή switch (iv)

◆Περισσότερα παραδείγματα

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


Εντολή switch (v)

◆Οι μέρες μέχρι την πρωτοχρονιά

```
r = 0;
switch (month) {
  case 1:  r = r + 31; NEXT;
  case 2:  r = r + 28; NEXT;
  case 3:  r = r + 31; NEXT;
  case 4:  r = r + 30; NEXT;
  case 5:  r = r + 31; NEXT;
  ...
  case 11: r = r + 30; NEXT;
  case 12: r = r + 31; NEXT;
}
r = r - day + 1;
WRITESPLN("Μένουν", r, "μέρες!");
```


Εντολή switch (C) (iii)

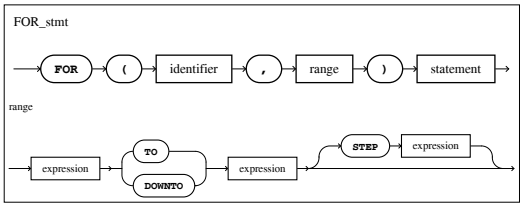
◆Παραδείγματα

```
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 περιορισμένου αριθμού επαναλήψεων

◆Συντακτικό διάγραμμα



Εντολή for (ii)

◆Μαθαίνω να μετράω

```
PROGRAM counting ()
{
  int i;
  WRITELN("Look!");
  FOR (i, 1 TO 10)
    WRITELN(i);
}
```

```
Look!
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
```


Εντολή for (iii)

◆Δυνάμεις του δύο

```
PROGRAM powers_of_two ()
{
  int i, p;
  p = 1;
  FOR (i, 0 TO 10) {
    WRITELN(2, "^", i,
            " = ", p);
    p = p * 2;
  }
}
```

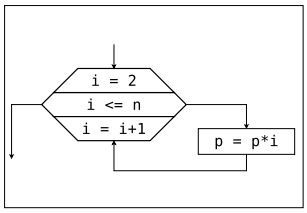
```
2^0 = 1
2^1 = 2
2^2 = 4
2^3 = 8
2^4 = 16
2^5 = 32
2^6 = 64
2^7 = 128
2^8 = 256
2^9 = 512
2^10 = 1024
```

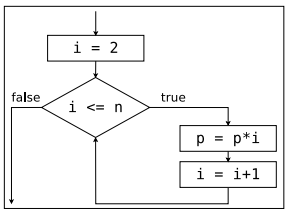
Αναλλοίωτη: $p = 2^i$

Εντολή for (iv)

◆Παραγοντικό

$n! = 1 \times 2 \times 3 \times \ldots \times n$ $\qquad 0! = 1$





Εντολή for (v)

◆Παραγοντικό

```
PROGRAM factorial ()
{
  int n, p, i;
  WRITE("Give n: ");
  n = READ_INT();
  p = 1;
  FOR (i, 2 TO n)
    p = p * i;
  WRITELN(n, "! = ", p);
}
```

```
Give n: 1↵
1! = 1
Give n: 4↵
4! = 24
Give n: 7↵
7! = 5040
Give n: 12↵
12! = 479001600
```

```
Give n: 17↵
17! = -288522240
```

Υπερχείλιση!

Αναλλοίωτη: $p = i!$

Εντολή for (vi)

◆Βλέπω αστεράκια

```
FOR (i, 1 TO 5) {
  FOR (j, 1 TO 10)
    WRITE("*");
  WRITELN();
}
```

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

```
FOR (i, 1 TO 5) {
  FOR (j, 1 TO 2*i)
    WRITE("*");
  WRITELN();
}
```

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


Εντολή for (C) (vi)

◆ Παραδείγματα (συνέχεια)

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

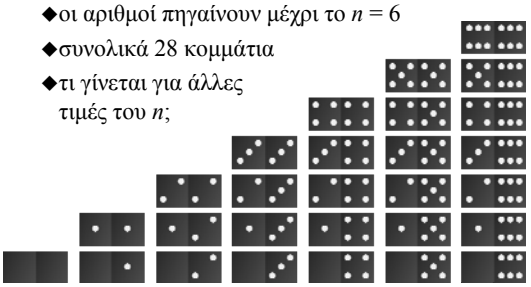
```
**********
**********
**********
**********
**********
```

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

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

Εντολή for (vii)

- Ντόμινο
  - οι αριθμοί πηγαίνουν μέχρι το $n = 6$
  - συνολικά 28 κομμάτια
  - τι γίνεται για άλλες τιμές του n;



Εντολή for (viii)

```
PROGRAM domino2 ()
{
  int n, count, i, j;
  WRITE("Give n: ");
  n = READ_INT();
  count = 0;
  FOR (i, 0 TO n)
    FOR (j, i TO n) {
      WRITESPLN(i, j);
      count = count + 1;
    }
  WRITESPLN("Total", count,
            "pieces.");
}
```

```
Give n: 3↵
0 0
0 1
0 2
0 3
1 1
1 2
1 3
2 2
2 3
3 3
Total 10 pieces.
```


Εντολή for (ix)

- Ακριβώς i+1 κομμάτια έχουν τον αριθμό i ως μεγαλύτερο!

```
PROGRAM domino1 ()
{
  int n, count, i;
  WRITE("Give n: ");
  n = READ_INT();
  count = 0;
  FOR (i, 0 TO n) {
    WRITESPLN(i+1, "with largest", i);
    count = count + i + 1;
  }
  WRITESPLN("Total", count, "pieces.");
}
```

```
Give n: 6↵
1 with largest 0
2 with largest 1
3 with largest 2
4 with largest 3
5 with largest 4
6 with largest 5
7 with largest 6
Total 28 pieces.
```


Εντολή for (x)

- Λίγα μαθηματικά δε βλάπτουν...

$$count = \sum_{i=0}^{n}(i+1) = \sum_{i=1}^{n+1} i = \frac{(n+1)(n+2)}{2}$$

```
PROGRAM domino0 ()
{
  int n, count;
  WRITE("Give n: ");
  n = READ_INT();
  count = (n+2)*(n+1)/2;
  WRITESPLN("Total", count, "pieces.");
}
```

```
Give n: 6↵
Total 28 pieces.
Give n: 17↵
Total 171 pieces.
Give n: 42↵
Total 946 pieces.
```


Εντολή for (xi)

- Υπολογίζουμε το ίδιο με 3 διαφορετικούς τρόπους

$$count = \sum_{i=0}^{n}\sum_{j=i}^{n} 1 = \sum_{i=0}^{n}(i+1) = \frac{(n+1)(n+2)}{2}$$

domino2 **domino1** **domino0**

- Πόσες αριθμητικές πράξεις κάνουν;
  - **domino2**: $(n+1)(n+2)/2$ προσθέσεις $O(n^2)$
  - **domino1**: $2(n+1)$ προσθέσεις $O(n)$
  - **domino0**: 2 προσθέσεις, 1 πολλαπλασιασμός $O(1)$
- Καλύτερο (γρηγορότερο) πρόγραμμα: αυτό με τη μικρότερη δυνατή πολυπλοκότητα!
- Πόσο σκέφτομαι εγώ / Πόσο «σκέφτεται» ο Η/Υ !

Εντολή for (xii)

- Περιοχές για τη μεταβλητή ελέγχου
  - **FOR (i, lower TO upper)**
    αν **lower** ≤ **upper**, θα γίνουν **upper** − **lower** + 1 επαναλήψεις, αλλιώς καμία
  - **FOR (i, upper DOWNTO lower)**
    αν **lower** ≤ **upper**, θα γίνουν **upper** − **lower** + 1 επαναλήψεις, αλλιώς καμία
  - **FOR (i, 1 TO 20 STEP 3)**
    i παίρνει τις τιμές: 1, 4, 7, 10, 13, 16, 19
  - **FOR (i, 100 DOWNTO 50 STEP 5)**
    i παίρνει τις τιμές: 100, 95, 90, 85, ..., 60, 55, 50

Εντολή for (xiii)

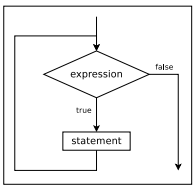
- Ειδικές περιπτώσεις για τα όρια:

```
FOR (i, 10 TO 10) ...    // μία φορά
FOR (i, 12 TO 10) ...    // καμία φορά
```

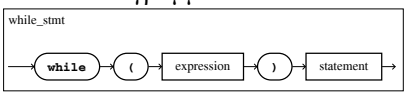
- Η μεταβλητή ελέγχου δεν είναι ορισμένη μετά το τέλος του βρόχου
- Η μεταβλητή ελέγχου δεν μπορεί να μεταβληθεί (π.χ. με ανάθεση) μέσα στο σώμα του βρόχου
- Τα όρια (και το βήμα) υπολογίζονται μια φορά στην αρχή

Εντολή while (i)

- Βρόχος όσο ικανοποιείται μια συνθήκη
- Λογικό διάγραμμα



- Συντακτικό διάγραμμα



Εντολή while (ii)

- Ο αριθμός επαναλήψεων γενικά δεν είναι γνωστός εκ των προτέρων
- Αν η συνθήκη είναι αρχικά ψευδής, ο βρόχος τερματίζεται χωρίς να εκτελεστεί το σώμα
- Η ροή ελέγχου μπορεί να μεταβληθεί με τις εντολές **break** και **continue**

Εντολή while (iii)

- Δυνάμεις του δύο, ξανά

```
PROGRAM powers_of_two_2 ()
{
  int i, p;
  p = 1; i = 0;
  while (p <= 10000000) {
    WRITELN(2, "^", i,
            " = ", p);
    p = p * 2;
    i = i + 1;
  }
}
```

Αναλλοίωτη: $p = 2^i$

```
2^0 = 1
2^1 = 2
2^2 = 4
2^3 = 8
...
2^22 = 4194304
2^23 = 8388608
```


Εντολή while (iv)

- Άπειρος βρόχος

```
PROGRAM line_punishment ()
{
  while (true)
    WRITELN("I must not tell lies");
}
```

```
I must not tell lies
I must not tell lies
I must not tell lies
...
```

Break

Διακόπτουμε ένα πρόγραμμα με **Ctrl+C** *ή* **Ctrl+Break**

Εντολή while (v)

- Άπειρος βρόχος, λιγότερο προφανής

```
PROGRAM another_infinite_loop ()
{
  int x = 17;
  while (x > 0)
    x = (x + 42) % 2012;
}
```

Αναλλοίωτη: το x είναι θετικός και περιττός ακέραιος

x
17
59
101
143
185
...
1991
21
63
105
...

Εντολή while (vi)

◆Πρώτοι αριθμοί

```
PROGRAM primes ()
{
  int p, t;
  WRITELN(2);
  FOR (p, 3 TO 1000 STEP 2)
  {
    t = 3;
    while (p % t != 0) t = t+2;
    if (p == t) WRITELN(p);
  }
}
```

Output
2
3
5
7
11
...
997

p	t
3	3
5	3
	5
7	3
	5
	7
9	3
11	3
	5
	7
...	...
997	997
999	3

Αναλλοίωτη του **`while`***: το p δε διαιρείται με κανέναν αριθμό* ≥ 2 *και* $\leq t$

Εντολή while (vii)

◆Μέγιστος κοινός διαιρέτης των *a* και *b*, ένας απλός αλγόριθμος

```
z = MIN(a, b);
while (a % z != 0 OR b % z != 0)
  z = z - 1;
WRITELN(z);
```

Αναλλοίωτη: δεν υπάρχει αριθμός $w > z$ *που να διαιρεί και τον a και τον b*

Πολυπλοκότητα: $O(\text{MIN}(a, b))$

Εντολή while (viii)

◆Μέγιστος κοινός διαιρέτης των *a* και *b*, αλγόριθμος με αφαιρέσεις

- Ιδέα 1: αν $a > b$ τότε $\gcd(a, b) = \gcd(a-b, b)$

```
while (a > 0 AND b > 0)
  if (a > b) a = a - b; else b = b - a;
WRITELN(a+b);
```

- Στη χειρότερη περίπτωση, η πολυπλοκότητα είναι τώρα $O(\text{MAX}(a, b))$
- Στη μέση περίπτωση όμως, αυτός ο αλγόριθμος είναι καλύτερος του προηγούμενου

Εντολή while (ix)

◆Μέγιστος κοινός διαιρέτης των *a* και *b*, αλγόριθμος του Ευκλείδη

- Ιδέα 2: αν $a > b$ τότε $\gcd(a, b) = \gcd(a \bmod b, b)$

```
while (a > 0 AND b > 0)
  if (a > b) a = a % b; else b = b % a;
WRITELN(a+b);
```

- gcd(54, 16) = gcd(6, 16) = gcd(6, 4) = gcd(2, 4) = gcd(2, 0) = 2
- gcd(282, 18) = gcd(12, 18) = gcd (12, 6) = gcd(0, 6) = 6
- Πολυπλοκότητα: $O(\log(a+b))$

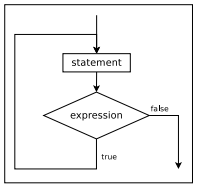
Εντολή while (x)

```
PROGRAM gcd ()
{
  int a, b;

  WRITE("Give a: "); a = READ_INT();
  WRITE("Give b: "); b = READ_INT();
  WRITE("gcd(", a, ", ", b, ") = ");

  a = abs(a); b = abs(b);

  while (a > 0 && b > 0)
    if (a > b) a = a % b; else b = b % a;
  WRITELN(a+b);
}
```

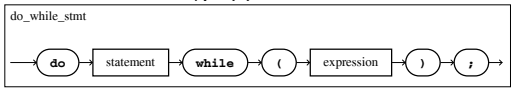

Εντολή do ... while (i)

◆Βρόχος με τη συνθήκη να αποτιμάται στο τέλος κάθε επανάληψης

◆Λογικό διάγραμμα



◆Συντακτικό διάγραμμα



Εντολή do ... while (ii)

- 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
- Η ροή ελέγχου μπορεί να μεταβληθεί με τις εντολές **`break`** και **`continue`**

Εντολή do ... while (iii)

- Αριθμοί Fibonacci

  $F_0 = 0, \quad F_1 = 1$

  $F_{n+2} = F_n + F_{n+1}, \quad \forall n \in \mathbf{N}$

  0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233, 377, 610, 987, 1597, 2584, 4181, ...
- Πρόβλημα: ποιος είναι ο μεγαλύτερος αριθμός Fibonacci που δεν υπερβαίνει το n; $F_k \le n$ και $F_{k+1} > n$
- NB: Η ακολουθία Fibonacci είναι αύξουσα

Εντολή do ... while (iv)

```
PROGRAM fibonacci ()
{
  int n, current, previous, next;
  WRITE("Give n: "); n = READ_INT();
  if (n <= 1) WRITELN(n);
  else {
    previous = 0; current = 1;
    do {
      next = current + previous;
      previous = current;
      current = next;
    } while (current <= n);
    WRITELN(previous);
  }
}
```

```
Give n: 20↵
13
Give n: 100↵
89
Give n: 987↵
987
```

Αναλλοίωτη;

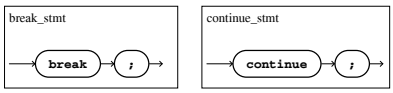
Εντολή do ... while (v)

```
PROGRAM bigsum ()
{
  int sum, number; char symbol;
  do {
    sum = 0;
    do {
      number = READ_INT();
      sum = sum + number;
      do symbol = getchar();
      while (symbol != '+' AND
             symbol != '=');
    } while (symbol == '+');
    WRITELN(sum);
  } while (true);
}
```

```
8+↵
9=↵
17
6+↵
3+↵
12+↵
21=↵
42
Break
```


Εντολές break και continue (i)

- Η **`break`** προκαλεί τον άμεσο (πρόωρο) τερματισμό ενός βρόχου
- Η **`continue`** προχωράει αμέσως στην επόμενη επανάληψη ενός βρόχου



Εντολές break και continue (ii)

- Η ατυχής εικασία...

  Ένας φίλος μας μαθηματικός ισχυρίζεται ότι για κάθε πρώτο αριθμό p ισχύει:

  $(17p) \bmod 4217 \neq 42$
- Θα προσπαθήσουμε να βρούμε αντιπαράδειγμα!
- Δηλαδή έναν πρώτο αριθμό p τέτοιον ώστε

  $(17p) \bmod 4217 = 42$

Εντολές break και continue (iii)

- Θα τροποποιήσουμε το πρόγραμμα υπολογισμού των πρώτων αριθμών

```
PROGRAM primes ()
{
  int p, t;
  WRITELN(2);
  FOR (p, 3 TO 1000 STEP 2)
  {
    t = 3;
    while (p % t != 0) t = t+2;
    if (p == t) WRITELN(p);
  }
}
```


Εντολές break και continue (iv)

```
PROGRAM prime_conj ()
{
  int p, t;
  FOR (p, 3 TO 1000000 STEP 2) {
    t = 3;
    while (p % t != 0) t = t+2;
    if (p != t) continue;
    if ((17 * p) % 4217 == 42) {
      WRITESPLN("Counterexample:", p);
      break;
    }
  }
}
```

αν το *p* δεν είναι πρώτος, προχώρησε στο επόμενο *p*

μόλις βρεις αντιπαράδειγμα σταμάτησε

```
Counterexample: 140443
```

$17 \times 140{,}443 = 2{,}387{,}531 = 559 \times 4217 + 42$

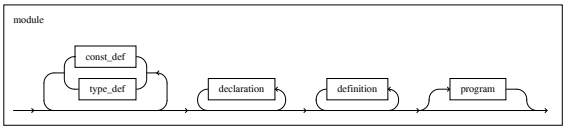
Κενή εντολή

- Συμβολίζεται με ένα semicolon
- Δεν κάνει τίποτα όταν εκτελείται
- Παράδειγμα

```
if (x>4) {
  y = 1;
  x = x-5;
  ;           // κενή εντολή
}
```

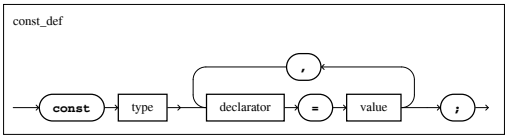

Δομή του προγράμματος, ξανά

- Μονάδα κώδικα module
  - βρίσκεται σε ξεχωριστό αρχείο προγράμματος
- Αποτελείται από:
  - δηλώσεις σταθερών και τύπων
  - δηλώσεις και ορισμούς υποπρογραμμάτων
  - τον ορισμό ενός (απλού) προγράμματος



Σταθερές (i)

- Σαν μεταβλητές, αλλά:
  - προηγείται η λέξη-κλειδί **const**
  - υποχρεωτική αρχικοποίηση
  - απαγορεύεται η ανάθεση



Σταθερές (ii)

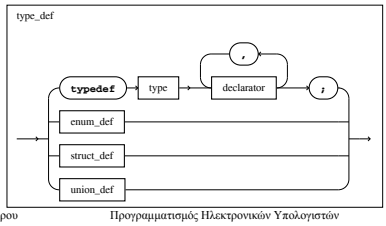
- Παραδείγματα

```
const int N = 100000;
const REAL pi = 3.1415926535,
           e  = 2.7182818284;
const char SPACE = ' ';
```

- Χρήση αντί των σταθερών εκφράσεων
  - π.χ. **FOR (i, 1 TO N) ...**
- Προκαθορισμένες σταθερές
  - π.χ. **INT_MIN**, **INT_MAX**

Συνώνυμα τύπων (i)

- Σαν δηλώσεις μεταβλητών, αλλά:
  - προηγείται η λέξη-κλειδί **`typedef`**
  - όχι αρχικοποίηση
  - δηλώνουν ονόματα τύπων, όχι μεταβλητών



Συνώνυμα τύπων (ii)

- Παραδείγματα

```
typedef int number;
typedef bool bit;
typedef REAL real;
```

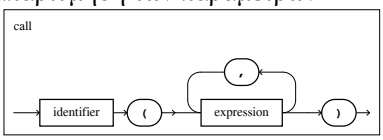
- Χρήση αντί των τύπων

```
number n;
bit b;   real r;
```

- Προκαθορισμένοι τύποι
  - π.χ. **`int`**, **`REAL`**, **`bool`**, **`char`**

Διαδικασίες (i)

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



Διαδικασίες (ii)

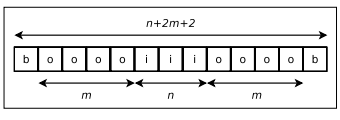
- Εμβέλεια ενός ονόματος (π.χ. μεταβλητής) είναι το τμήμα του προγράμματος όπου επιτρέπεται η χρήση του
- Τοπικά (local) ονόματα είναι αυτά που δηλώνονται σε ένα υποπρόγραμμα
- Γενικά (global) ονόματα είναι αυτά που δηλώνονται έξω από υποπρογράμματα και έχουν εμβέλεια σε ολόκληρο το module

Διαδικασίες (iii)

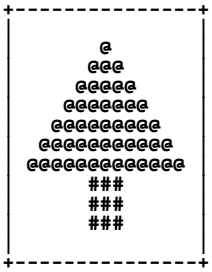
- Τυπικές (formal) παράμετροι ενός υποπρογράμματος είναι οι αυτές που ορίζονται στην επικεφαλίδα του
- Πραγματικές (actual) παράμετροι ενός υποπρογράμματος είναι αυτές που δίνονται κατά την κλήση του
- Σε κάθε κλήση, οι πραγματικές παράμετροι πρέπει να αντιστοιχούν μία προς μία στη σειρά και στον τύπο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

Διαδικασίες (iv)

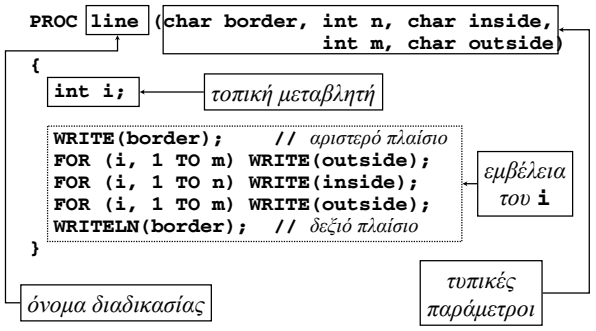
- Χριστουγεννιάτικη καρτ ποστάλ
- Κάθε γραμμή έχει τη μορφή:



  - **`b`**, **`i`**, **`o`** : άκρα, μέσο και υπόλοιπο γραμμής
  - **`n`**, **`m`** : διαστάσεις



Διαδικασίες (v)



Διαδικασίες (vi)

```
PROC line (char border, int n, char inside,
                        int m, char outside)
{ ... }

PROGRAM tree_postcard ()
{
  int i;
  line('+', 15, '-', 0, ' ');    // πάνω πλαίσιο
  line('|', 15, ' ', 0, ' ');
  FOR (i, 1 TO 13 STEP 2)
    line('|', i, '@', (15-i)/2, ' ');
  FOR (i, 1 TO 3)
    line('|', 3, '#', 6, ' ');
  line('|', 15, ' ', 0, ' ');
  line('+', 15, '-', 0, ' ');    // κάτω πλαίσιο
}
```

πραγματικές παράμετροι

Διαδικασίες (vii)

- Σύγκρουση ονομάτων
  - όταν μία παράμετρος ή τοπική μεταβλητή έχει ένα όνομα που χρησιμοποιείται ήδη σε εξωτερικότερη εμβέλεια
  - το όνομα στο εσωτερικότερο block κρύβει αυτό στο εξωτερικότερο block
- Εκτέλεση με το χέρι
- Trace tables

Διαδικασίες (viii)

```
int a, b, c;

PROC p42 (int y, int b) {
  int c = 42;  WRITESPLN(a, b, c, y);
  a = a + b; c = c + 1; b = c + b; y = y-1;
  WRITESPLN(a, b, c, y);
}

PROC p17 (int a, int x) {
  int b = 17; WRITESPLN(a, b, c, x);
  p42(b, x);  WRITESPLN(a, b, c, x);
}

PROGRAM proc_example () {
  a = 1; b = 2; c = 3; p17(b, c); p42(c, a);
}
```


Διαδικασίες (ix)

Global	a	b	c
	1	2	3
	4		
	8		

p17	a	x	b
	2	3	17

p42	y	b	c
	17	3	42
	16	46	43

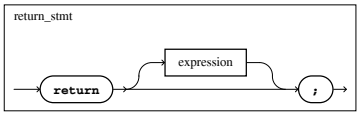
p42	y	b	c
	3	4	42
	2	47	43

Output

```
2 17 3 3
1 3 42 17
4 46 43 16
2 17 3 3
4 4 42 3
8 47 43 2
```


Συναρτήσεις (i)

- Όπως οι διαδικασίες, αλλά επιστρέφουν μια τιμή ως αποτέλεσμα
- Δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εντολές αλλά μόνο σε παραστάσεις
- Επιστροφή αποτελέσματος με την εντολή **return** (και χωρίς παράσταση, για διαδικασίες)



Συναρτήσεις (ii)

```
FUNC int gcd (int a, int b)
{
  a = abs(a); b = abs(b);
  while (a > 0 AND b > 0)
    if (a > b) a = a % b;
    else       b = b % a;
  return a+b;
}

PROGRAM gcd_func ()
{
  int x, y;

  WRITE("Give x: "); x = READ_INT();
  WRITE("Give y: "); y = READ_INT();
  WRITESPLN("gcd is:", gcd(x, y));
}
```


Δομημένος προγραμματισμός

- 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

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

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

```
PROGRAM ...      PROC ...      FUNC ...
{                {             {
  δηλώσεις         δηλώσεις      δηλώσεις
  εντολές          εντολές       εντολές
}                }             }
```

  - Απλές εντολές

```
if (...) εντολή          while (...) εντολή
else εντολή

                         FOR (...) εντολή
```


Παρουσίαση και συντήρηση (iii)

- Στοίχιση (συνέχεια)
  - Σύνθετες εντολές

```
if (...) {       while (...) {      FOR (...) {
  εντολές          εντολές            εντολές
}                }                  }
else {
  εντολές
}                do {
                   εντολές
                 } while (...);
```

Παρουσίαση και συντήρηση (iv)

- Στοίχιση (συνέχεια)
  - Σύνθετες εντολές (συνέχεια)

```
switch (...) {
  case τιμή1 : εντολές1
  case τιμή2 : εντολές2
  ...
  case τιμήn : εντολέςn
  default    : εντολέςn+1
}
```

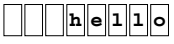

Έξοδος με μορφοποίηση

- Ακέραιες τιμές

```
WRITELN(FORM(42, 4));
```

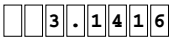
- ... αλλά και οτιδήποτε άλλο

```
WRITELN(FORM("hello", 8));
```



- Πραγματικές τιμές

```
WRITELN(FORM(3.1415926, 8, 4));
```



Αρχεία κειμένου

- Ανακατεύθυνση εισόδου και εξόδου

```
PROGRAM redirection ()
{
  int n, i, sum = 0;

  INPUT("file-to-read-from.txt");
  OUTPUT("file-to-write-to.txt");

  n = READ_INT();
  FOR (i, 1 TO n)
    sum = sum + READ_INT();
  WRITELN(sum);
}
```


Τακτικοί τύποι

- Οι τύποι **int**, **bool** και **char**
- Απαριθμητοί τύποι

```
enum color {white, red, blue, green,
            yellow, black, purple};
enum sex   {male, female};
enum day_t {mon, tue, wed, thu,
            fri, sat, sun};

enum color c = green;

typedef enum day_t day;

day d = fri;
```

- Πράξεις με τακτικούς τύπους
  - τελεστές σύγκρισης **==**, **!=**, **<**, **>**, **<=**, **>=**

Πίνακες (i)

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

```
int n[5];
```

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

n[0] , **n[1]** , **n[2]** , **n[3]** , **n[4]**

και έχουν τύπο **int**

Πίνακες (ii)

- Παραδείγματα

```
REAL a[10];
int b[20];
char c[30];

...

a[1] = 4.2;
a[3] = READ_REAL();
a[9] = a[1];

b[2] = b[2]+1;

c[26] = 't';
```

Πίνακες (iii)

◆Διάβασμα ενός πίνακα

- γνωστό μέγεθος

```
FOR (i, 0 TO 9) a[i] = READ_INT();
```

- πρώτα διαβάζεται το μέγεθος

```
n = READ_INT();
FOR (i, 0 TO n-1)
  a[i] = READ_INT();
```

- στα παραπάνω πρέπει να προηγηθούν

```
int a[100];  // κάτι όχι μικρότερο του 10
int i, n;
```


Πίνακες (iv)

◆Διάβασμα ενός πίνακα (συνέχεια)

- τερματισμός με την τιμή 0 (φρουρός/sentinel)

```
x = READ_INT(); i=0;
while (x != 0) {
  a[i] = x; i = i+1; x = READ_INT();
}
```

- στο παραπάνω πρέπει να προηγηθούν

```
int a[100], x;
int i;
```

- 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, 0 TO 9) WRITELN(a[i]);
if (a[k] > a[k+1]) ...
```

◆Αρχικοποίηση (με μηδενικά)

```
FOR (i, 0 TO 9) a[i]=0;
```

◆Εύρεση ελάχιστου στοιχείου

```
x = a[0];
FOR (i, 1 TO 9) if (a[i] < x) x = a[i];
```


Γραμμική αναζήτηση (i)

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

```
PROGRAM linsearch ()
{
  int x, n, a[100];
  άλλες δηλώσεις;
  τίτλος επικεφαλίδα;
  οδηγίες στο χρήστη;
  x = READ_INT();
  διάβασμα του πίνακα;
  ψάξιμο στον πίνακα για τον x;
  παρουσίαση αποτελεσμάτων
}
```


Γραμμική αναζήτηση (ii)

◆Μια δυνατή συγκεκριμενοποίηση

```
n = READ_INT();
FOR (i, 0 TO n-1) a[i] = READ_INT();
i=0;
while (i < n AND a[i] != x) i=i+1;
if (i < n)
  WRITESPLN("Το βρήκα στη θέση", i);
else
  WRITELN("Δεν το βρήκα");
```

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

Γραμμική αναζήτηση (iii)

◆Εναλλακτική συγκεκριμενοποίηση #1

```
i = 0;
do
  if (a[i] == x) break; else i = i+1;
while (i < n);
if (i < n)
  WRITESPLN("Το βρήκα στη θέση", i);
else
  WRITELN("Δεν το βρήκα");
```

Γραμμική αναζήτηση (iv)

◆Εναλλακτική συγκεκριμενοποίηση #2

```
i = 0;
do
  if (a[i] == x) found = true;
  else { found = false; i = i+1; }
while (NOT found AND i < n);

if (found)
  WRITESPLN("Το βρήκα στη θέση", i);
else
  WRITELN("Δεν το βρήκα");
```


Γραμμική αναζήτηση (v)

◆Εναλλακτική συγκεκριμενοποίηση #3

```
i = 0; found = false;
do
  if (a[i] == x) found = true;
  else i = i+1;
while (NOT found AND i < n);

if (found)
  WRITESPLN("Το βρήκα στη θέση", i);
else
  WRITELN("Δεν το βρήκα");
```


Γραμμική αναζήτηση (vi)

◆Εναλλακτική συγκεκριμενοποίηση #4

```
i = 0;
do {
  found = a[i] == x;
  i = i+1;
} while (NOT found AND i < n);

if (found)
  WRITESPLN("Το βρήκα στη θέση", i-1);
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

```
const int N = 100;

PROGRAM binsearch ()
{
  int i, x, n, first, last, mid, a[N];
  Μήνυμα επικεφαλίδα και οδηγίες χρήσης;
  n = READ_INT(); // κατά αύξουσα σειρά
  FOR (i, 0 TO n-1) a[i] = READ_INT();
  x = READ_INT();
  Αναζήτηση και εμφάνιση αποτελέσματος
}
```


Δυαδική αναζήτηση (iii)

◆Αναζήτηση και εμφάνιση αποτελέσματος

```
first = 0; last = n-1;
while (first <= last) {
  mid = (first + last) / 2;
  if (x < a[mid]) last = mid-1;
  else if (x > a[mid]) first = mid+1;
  else break;
}
if (first <= last)
  WRITESPLN("Το βρήκα στη θέση", mid);
else
  WRITELN("Δεν το βρήκα");
```

Πολυδιάστατοι πίνακες

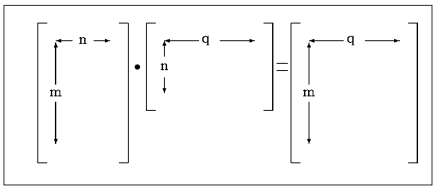
- Παράδειγμα

```
int a[10][16];
...
a[1][13] = 42;
...
FOR (i, 0 TO 9)
  FOR (j, 0 TO 15)
    a[i][j] = READ_INT();
```


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

```
REAL a[m][n], b[n][q], c[m][q];
...
FOR (i, 0 TO m-1)
  FOR (j, 0 TO q-1) {
    c[i][j] = 0;
    FOR (k, 0 TO n-1)
      c[i][j] = c[i][j] +
                a[i][k]*b[k][j];
  }
```

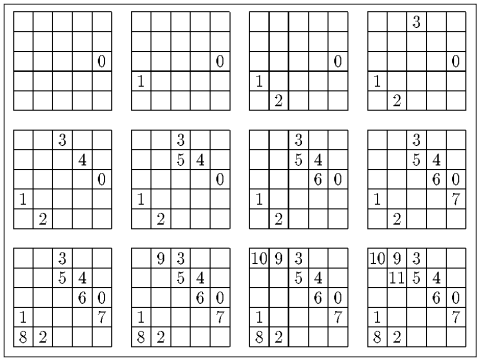

Μαγικά τετράγωνα (i)

- 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)



Μαγικά τετράγωνα (iii)

- Κατασκευή για περιττό n

```
int a[17][17], i, j, k, h, m, n=5;

i = n/2; j=n; k=0;
FOR (h, 1 TO n) {
  j=j-1; a[i][j]=k; k=k+1;
  FOR (m, 2 TO n) {
    j=(j+1)%n; i=(i+1)%n;
    a[i][j]=k; k=k+1;
  }
}

FOR (i, 0 TO n-1) {
  FOR (j, 0 TO n-1) WRITE(FORM(a[i][j], 4));
  WRITELN();
}
```

Αριθμητικοί υπολογισμοί (i)

- Τύπος **`REAL`**
  - προσεγγίσεις πραγματικών αριθμών
  - **`trunc`**: ακέραιο μέρος (αποκοπή)
  - **`floor`**: ακέραιος που δεν υπερβαίνει
  - **`round`**: στρογγυλοποίηση
- Παράσταση κινητής υποδιαστολής
  - mantissa και εκθέτης $\pm m \cdot 2^x$
    όπου $0.5 \le m < 1$ και $x \in \mathbf{Z}$ ή $m = x = 0$
  - το m είναι περιορισμένης ακρίβειας, π.χ. 8 σημαντικά ψηφία

Αριθμητικοί υπολογισμοί (ii)

- Αριθμητικά σφάλματα
  1000000 + 0.000000001 = 1000000 *γιατί;*
- Αναπαράσταση των αριθμών
  1000000 $\approx 0.95367432 \cdot 2^{20}$
  0.000000001 $\approx 0.53687091 \cdot 2^{-29}$
  $\approx 0.00000000 \cdot 2^{20}$
  άθροισμα $\approx 0.95367432 \cdot 2^{20}$

Εύρεση τετραγωνικής ρίζας (i)

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

Εύρεση τετραγωνικής ρίζας (ii)

- Χωρίς χρήση της συνάρτησης **`sqrt`**

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

- Παράδειγμα: $\sqrt{37}$ (6.08276253)
  $y_0 = 1$ $y_4 = 6.143246$
  $y_1 = 19$ $y_5 = 6.083060$
  $y_2 = 10.473684$ $y_6 = 6.082763$
  $y_3 = 7.003174$ ...

Εύρεση τετραγωνικής ρίζας (iii)

```
FUNC REAL sqroot (REAL x)
{
  const REAL epsilon = 0.00001; // 1E-5
  REAL old, new = 1;

  do {
    old = new;
    new = (old + x/old) / 2;
  } while (NOT ( /* συνθήκη τερματισμού */ ));
  return new;
}
```


Εύρεση τετραγωνικής ρίζας (iv)

- Εναλλακτικές συνθήκες τερματισμού
  - Σταθερός αριθμός επαναλήψεων
    `n == 20`
  - Επιτυχής εύρεση ρίζας λάθος!
    `new * new == x`
  - Απόλυτη σύγκλιση
    `abs(new * new - x) < epsilon`
  - Σχετική σύγκλιση
    `abs(new * new - x) / new < epsilon`

Εύρεση τετραγωνικής ρίζας (v)

- Εναλλακτικές συνθήκες τερματισμού
  - Απόλυτη σύγκλιση κατά Cauchy
    `abs(new - old) < epsilon`
  - Σχετική σύγκλιση
    `abs(new - old) / new < epsilon`

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)

```
FUNC REAL mycos (REAL x)
{
  const REAL epsilon = 1E-5;
  REAL sqx = x * x, term = 1, sum = 1;
  int n = 1;

  do {
    n = n + 2;
    term = -term * sqx / (n*(n+1));
    sum = sum + term;
  } while (abs(term/sum) >= epsilon);
  return sum;
}
```


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
  - $n! = n * (n-1) * (n-2) * ... * 2 * 1$
  - Αναδρομικός ορισμός
    $0! = 1$ $(n+1)! = (n+1) * n!$

Αναδρομή (ii)

- Παράδειγμα: παραγοντικό (συνέχεια)

```
FUNC int fact (int n)
{
  if (n==0) return 1;
  else      return fact(n-1) * n;
}
```

πρόγραμμα καλεί `fact(3)`	συνεχίζει...
`fact(3)` καλεί `fact(2)`	επιστρέφει `6`
`fact(2)` καλεί `fact(1)`	επιστρέφει `2`
`fact(1)` καλεί `fact(0)`	επιστρέφει `1`
`fact(0)`	επιστρέφει `1`

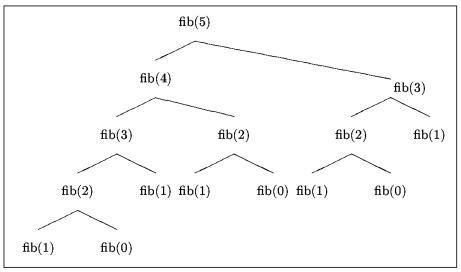
Αναδρομή (iii)

- Αριθμοί Fibonacci
  - $F_0 = 0$, $F_1 = 1$
  - $F_{n+2} = F_n + F_{n+1}$, $\forall n \in \mathbf{N}$
- Αναδρομική συνάρτηση υπολογισμού

```
FUNC int fib (int n)
{
  if (n==0 OR n==1)
    return n;
  else
    return fib(n-1) + fib(n-2);
}
```

Αναδρομή (iv)

◆Αυτός ο αναδρομικός υπολογισμός των αριθμών Fibonacci δεν είναι αποδοτικός



Αναδρομή (v)

◆Μέγιστος κοινός διαιρέτης

- Αναδρομική υλοποίηση του αλγορίθμου του Ευκλείδη

```
FUNC int gcd (int i, int j)
{
  if (i==0 OR j==0)
    return i+j;
  else if (i > j)
    return gcd(i%j, j);
  else
    return gcd(i, j%i);
}
```


Αναδρομή (vi)

◆Συνάρτηση παρόμοια με του Ackermann

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

$z(i, 0, 2) = 0 \qquad z(i, 0, n+3) = 1$

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

```
FUNC int z (int i, int j, int n)
{
  if (n==0) return j+1;
  else if (j==0)
    if (n==1)      return i;
    else if (n==2) return 0;
         else      return 1;
  else return z(i, z(i,j-1,n), n-1);
}
```


Αμοιβαία αναδρομή

```
FUNC int f2 (int n);      // function prototype
```

```
FUNC int f1 (int n)
{
  if (n==0) return 5;
  else      return f1(n-1) * f2(n-1);
}

FUNC int f2 (int n)
{
  if (n==0) return 3;
  else      return f1(n-1) + 2*f2(n-1);
}
```


Ορθότητα (i)

◆Είδη ορθότητας

- Συντακτική
- Νοηματική
- Σημασιολογική

◆Σημασιολογική ορθότητα ελέγχεται:

- με δοκιμές (testing)
- με μαθηματική επαλήθευση

Ορθότητα (ii)

◆Παράδειγμα: εύρεση γινομένου

```
FUNC int mult (int x, int y)
{
  int i, z = 0;
  FOR (i, 1 TO x) z = z+y;
  return z;
}
```

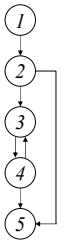
◆Ισχυρισμός:

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

Ορθότητα (iii)

- Εντοπισμός σημείων όπου θα γραφούν βεβαιώσεις

```
FUNC int mult (int x, int y)
{
  int i, /*1*/ z = 0; /*2*/
  FOR (i, 1 TO x)
    /*3*/ z = z+y /*4*/;
  /*5*/ return z;
}
```

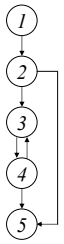


- Καταγραφή όλων των δυνατών τρόπων ροής ελέγχου

Ορθότητα (iv)

- Βεβαιώσεις

```
/*1 – Βεβαίωση εισόδου: x ≥ 0, y ≥ 0 */
z = 0;
/*2 : x ≥ 0, y ≥ 0, z = 0 */
FOR (i, 1 TO x)
    /*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 */
return z;
```



- Επαλήθευση: για κάθε δυνατό τρόπο ροής
  $1\to2$, $2\to3$, $2\to5$, $3\to4$, $4\to3$, $4\to5$

Ορθότητα (v)

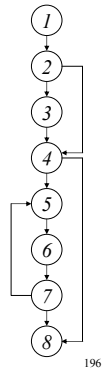
- Παράδειγμα: υπολογισμός δύναμης με επαναλαμβανόμενο τετραγωνισμό (Gauss)

```
FUNC REAL power (REAL y, int j)
{
  /*1*/ REAL x=y, z; int i=j; /*2*/
  if (i<0) { /*3*/ x=1/x; i=abs(i); }
  /*4*/ z=1;
  while (i>0) {
   /*5*/ if (i%2 != 0) z=z*x;
   /*6*/ x=x*x; i=i/2; /*7*/
  }
  /*8*/ return z;
}
```


Ορθότητα (vi)

- Ροή ελέγχου
- Βεβαιώσεις

```
/*1 – Βεβαίωση εισόδου: REAL y, int j */
/*2 : x = y, i = j */
/*3 : i < 0 */
/*4 : i ≥ 0, y^j = x^i */
/*5 – Αναλλοίωτη βρόχου: i ≥ 0, y^j = z * x^i */
/*6 : i ≥ 0,  y^j = z * x^i  αν i άρτιος,
      y^j = z * x^(i-1) αν i περιττός */
/*7 : y^j = z * x^i */
/*8 – Βεβαίωση εξόδου: y^j = 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

Από την **Pazcal** στη C (i)

- Τύποι δεδομένων
  - Ακέραιοι αριθμοί
    `int` **`char`**
  - Καθορισμός προσήμανσης
    `signed` **`unsigned`**
  - Καθορισμός μεγέθους
    `short` **`long`**
  - Αριθμοί κινητής υποδιαστολής
    `float` **`double`**

Από την **Pazcal** στη C (ii)

`char , signed char , unsigned char`
`signed short int , unsigned short int`
`signed int , unsigned int`
`signed long int , unsigned long int`
`float`
`double` **(REAL)**
`long double`

Με κόκκινο χρώμα όσα μπορούν να παραλειφθούν.

Από την **Pazcal** στη C (iii)

◆ Πρόγραμμα και υποπρογράμματα

```
int main ()
{
  ...
  return 0;
}

void p (...)
{ ... }

int f (...)
{ ... }
```

```
PROGRAM example ()
{
  ...
}

PROC p (...)
{ ... }

FUNC int f (...)
{ ... }
```


Από την **Pazcal** στη C (iv)

◆ Ανάθεση

```
x += 42;
i %= n+1;

x = y = z = 0;

y = (x = 17) + 25;

i++;  /* ή */  ++i;
i--;  /* ή */  --i;

i = 3; x = i++;
i = 3; x = ++i;

i = i++;  // λάθος!
```

```
x = x + 42;
i = i % (n+1);

x = 0; y = 0; z = 0;

x = 17; y = x + 25;

i = i+1;
i = i-1;

i = 3; x = i; i = i+1;
i = 3; i = i+1; x = i;
```


Από την **Pazcal** στη C (v)

◆ Βρόχος for

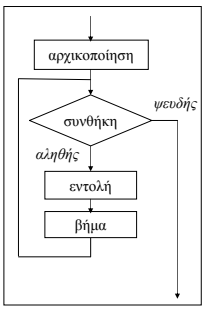
```
for (i=1; i<=10; i++)
  ...
for (i=8; i>=1; i--)
  ...
for (i=1; i<=10; i+=2)
  ...


// διαφορετικό
   αποτέλεσμα!
n = 3;
for (i=1; i<=n; i++)
  n++;
```

```
FOR (i, 1 TO 10)
  ...
FOR (i, 8 DOWNTO 1)
  ...
FOR (i, 1 TO 10
        STEP 2)
  ...


n = 3;
FOR (i, 1 TO n)
  n = n+1;
```


Από την **Pazcal** στη C (vi)

◆ Βρόχος for

```
for (αρχικοποίηση; συνθήκη; βήμα)
  εντολή
```




```
// προσέξτε τον τελεστή , (κόμμα)

int i, s;
for (i=1, s=0; i <= 10; i++)
  s += i;
```


Από την **Pazcal** στη C (vii)

◆ Έξοδος στην οθόνη

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

printf("Hello\n");
printf("%d", i+1);
printf("%d %lf", i, r);
printf("%c", c);

printf("%5d", i);
printf("%5.3lf", r);
```

```
WRITELN("Hello");
WRITE(i+1);
WRITESP(i, r);
WRITE(c);

WRITE(FORM(i,5));
WRITE(FORM(r,5,3));
```

```
printf("%c %d %c %d\n",
       'a', 97, 97, 'a');
```

```
a 97 a 97
```

Από την **Pazcal** στη C (viii)

◆ Είσοδος από το πληκτρολόγιο

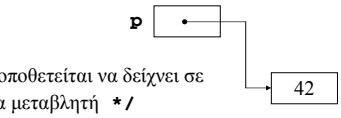
```
#include <stdio.h>
...
scanf("%d", &i);                    i = READ_INT();
scanf("%lf", &r);                   r = READ_REAL();
c = getchar();                      c = getchar();
  /* ή */
scanf("%c", &c);
while (getchar()!='\n');            SKIP_LINE();
```


Δείκτες (i)

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

◆Παράδειγμα

```
int *p;
...
/* ο δείκτης p τοποθετείται να δείχνει σε
   κάποια ακέραια μεταβλητή */
...
*p = 42;
WRITELN(*p + 1);
```

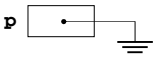


Δείκτες (ii)

◆Κενός δείκτης (NULL): ειδική τιμή δείκτη που δε δείχνει πουθενά

◆Παράδειγμα

```
int *p;
...
p = NULL;
```



◆Απαγορεύεται η προσπέλαση της μνήμης μέσω ενός κενού δείκτη

```
p = NULL;
WRITELN(*p);    // λάθος!
```


Δείκτες (iii)

Δεικτοδότηση: &

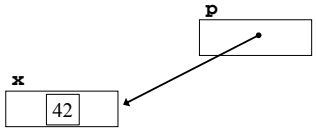
η διεύθυνση μιας μεταβλητής

```
int x = 17, *p;
p = &x;
```

Αποδεικτοδότηση: *

το περιεχόμενο μιας διεύθυνσης

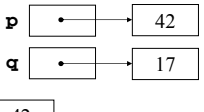
```
WRITELN(*p);
*p = 42;
WRITELN(x);
```

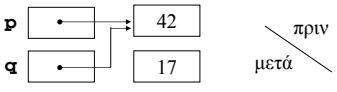


Δείκτες και ανάθεση

◆Ανάθεση δεικτών

```
q = p;
```





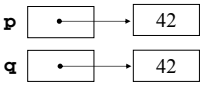
πριν

μετά

◆Ανάθεση περιεχομένων

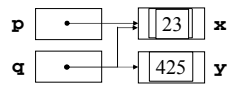
```
*q = *p;
```

μετά



Παράδειγμα με δείκτες

```
PROGRAM example ()
{
  int x = 42, y = 17;
  int *p, *q;

  p = &x; q = &y;

  *p = *p - *q;

  *q = *p *y;

  q = p;

  (*q)++; *p -= 3;

  WRITESPLN(x, y);
}
```




```
23 425
```

Δείκτες αντί περάσματος με αναφορά

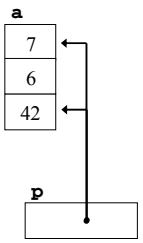
```
int gcd (int a, int b);

void normalize (int *p, int *q)
{
  int g = gcd(*p, *q);
  *p /= g;  *q /= g;
}

int main ()
{
  int x, y;
  scanf("%d %d", &x, &y);
  normalize(&x, &y);
  printf("%d %d\n", x, y);
  return 0;
}
```


Πίνακες και δείκτες (i)

Αριθμητική δεικτών

```
int a[3] = {7, 6, 42};
int *p;

p = &(a[0]);
p = &a;
p = a;

WRITELN(*p);
WRITELN(*(p+1));
p = p+2;
WRITELN(*p);
```

```
7
6
42
```



Πίνακες και δείκτες (ii)

Ισοδυναμία πινάκων και δεικτών

Ένας πίνακας είναι ένας δείκτης στο πρώτο στοιχείο.

`a[i]` ισοδύναμο με `*(a+i)`

Οι πίνακες όμως είναι σταθεροί δείκτες, δηλαδή δεν μπορούν να αλλάξουν τιμή

```
int a[3] = {7, 6, 42};
int *p = &a;
p++;  /* σωστό */
a++;  /* λάθος! */
```


Πίνακες και δείκτες (iii)

Συμβολοσειρές

```
char a[15] = "Hello world!", b[15];
// a[12] == '\0'

void strcpy (char *t, char *s)
{
  while ((*t++ = *s++) != '\0');
}

int main ()
{
  strcpy(b, a);
  printf("%s\n", a);
  return 0;
}
```


Πίνακες και δείκτες (iv)

Εκτύπωση συμβολοσειράς

```
void putchar (char c);

void puts (char *p)
{
  while (*p != '\0') putchar(*p++);
}

int main ()
{
  char s[] = "Hello world!\n";
  puts(s);
  return 0;
}
```


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

```
PROC swap (int *x, int *y);
{
  int save;
  save = *x; *x = *y; *y = save;
}
```

Ταξινόμηση (ii)

◆Ταξινόμηση με επιλογή (selection sort)

```
FOR (i, 0 TO n-2) {
  int minj = i;
  FOR (j, i+1 TO n-1)
    if (a[j] < a[minj]) minj = j;
  swap(&(a[i]), &(a[minj]));
}
```

◆Πλήθος συγκρίσεων;

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

Ταξινόμηση (iii)

◆Ταξινόμηση με εισαγωγή (insertion sort)

```
FOR (i, 1 TO n-1) {
  int x = a[i], j = i;
  while (j > 0 AND a[j-1] > x) {
    a[j] = a[j-1]; j = j-1;
  }
  a[j] = x;
}
```

◆Πλήθος συγκρίσεων;

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

Ταξινόμηση (iv)

◆Μέθοδος της φυσαλίδας (bubble sort)

```
FOR (i, 0 TO n-2)
  FOR (j, n-2 DOWNTO i)
    if (a[j] > a[j+1])
      swap(&(a[j]), &(a[j+1]));
```

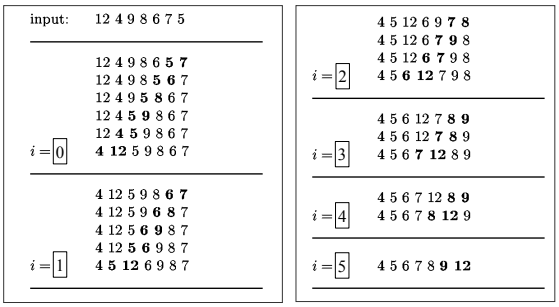
◆Πλήθος συγκρίσεων

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

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

Ταξινόμηση (v)

◆Παράδειγμα εκτέλεσης ($n = 7$)



Ταξινόμηση (vi)

◆Βελτίωση με έλεγχο εναλλαγών

```
FOR (i, 0 TO n-2) {
  bool swaps = false;
  FOR (j, n-2 DOWNTO i)
    if (a[j] > a[j+1]) {
      swaps = true;
      swap(&(a[j]), &(a[j+1]));
    }
  if (NOT swaps) break;
}
```

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

Ταξινόμηση (vii)

◆Ταξινόμηση με συγχώνευση (merge sort)

- 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 (viii)

- Ταξινόμηση με συγχώνευση

```
PROC mergesort (int a[], int first,
                        int last)
{
  int mid;

  if (first >= last) return;

  mid = (first + last) / 2;
  mergesort(a, first, mid);
  mergesort(a, mid+1, last);
  merge(a, first, mid, last);
}
```


Ταξινόμηση (ix)

- Συγχώνευση

```
PROC merge (int a[], int first,
            int mid, int last)
{
  int b[last-first+1];

  int i = first, j = mid+1, k = 0;
  while (i <= mid AND j <= last)
    if (a[i] < a[j]) b[k++] = a[i++];
    else             b[k++] = a[j++];

  while (i <= mid)   b[k++] = a[i++];
  while (j <= last)  b[k++] = a[j++];

  FOR (i, 0 TO k-1)  a[first+i] = b[i];
}
```


Ταξινόμηση (x)

- Ταξινόμηση με συγχώνευση (διαφορετικά)

```
PROC mergesort (int n, int *a)
{
  int mid;

  if (n <= 1) return;

  mid = n/2;
  mergesort(mid, a);
  mergesort(n-mid, a+mid);
  merge(a, a+mid, a+n);
}
```

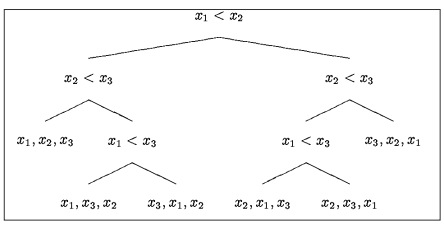

Ταξινόμηση (xi)

- Συγχώνευση (διαφορετικά)

```
PROC merge (int *first, int *mid,
            int *last)
{
  int b[last-first];
  int *i = first, *j = mid, *k = b;

  while (i < mid AND j < last)
    if (*i < *j) *k++ = *i++;
    else         *k++ = *j++;

  while (i < mid)  *k++ = *i++;
  while (j < last) *k++ = *j++;

  i = first; j = b;
  while (j < k) *i++ = *j++;
}
```


Ταξινόμηση (xii)

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



Ταξινόμηση (xiii)

- Ταξινόμηση με διαμέριση (quick sort)

```
PROC quicksort (int a[], int first,
                int last)
{
  int i;

  if (first >= last) return;

  i = partition(a, first, last);
  quicksort(a, first, i);
  quicksort(a, i+1, last);
}
```

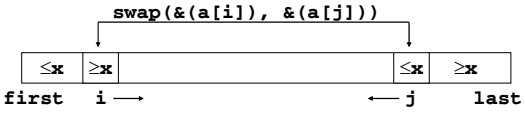
Ταξινόμηση (xiv)

- Διαμέριση (partition)

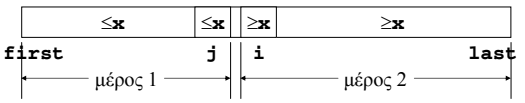
```
FUNC int partition (int a[], int first,
                    int last)
{ // επιλογή ενός στοιχείου
  int x = a[(first + last)/2];
  int i = first, j = last;

  while (true) {
    while (a[i] < x) i++;
    while (x < a[j]) j--;
    if (i >= j) break;
    swap(&(a[i]), &(a[j])); i++; j--;
  }
  return j;
}
```


Ταξινόμηση (xv)

- Σε κάθε βήμα της διαμέρισης



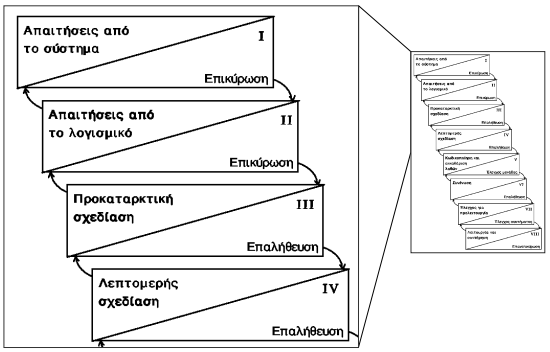
- Μετά τη διαμέριση



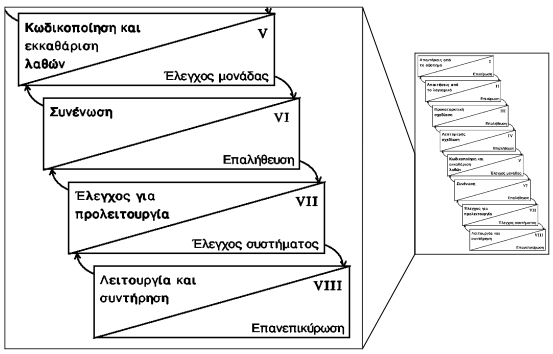
Τεχνολογία λογισμικού

- 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)



Επεξεργασία κειμένου (i)

- Διάβασμα και επεξεργασία όλων των χαρακτήρων της εισόδου, π.χ. μέτρημα

```
int n = 0;

while (getchar() != EOF) n++;
printf("%d characters were read.\n", n);
```

- Η τιμή **EOF** σημαίνει το τέλος της εισόδου (**Ctrl-D** ή **Ctrl-Z** από το πληκτρολόγιο)

Επεξεργασία κειμένου (ii)

◆Π.χ. αντιγραφή της εισόδου στην έξοδο

```
while (true) {
  int c = getchar();
  if (c == EOF) break;
  putchar(c);
}
```

◆Η τιμή **EOF** πρέπει να ανατεθεί σε μεταβλητή **int**, όχι **char**! Ισοδύναμα:

```
int c;

while ((c = getchar()) != EOF)
  putchar(c);
```


Επεξεργασία κειμένου (iii)

◆Διάβασμα και επεξεργασία όλων των ακεραίων της εισόδου, π.χ. άθροιση

```
int i, sum = 0;
while (true) {
  if (scanf("%d", &i) != 1) break;
  sum += i;
}
```

◆Η **scanf** επιστρέφει το πλήθος των στοιχείων που διαβάστηκαν. Ισοδύναμα:

```
int i, sum = 0;
while (scanf("%d", &i) == 1) sum += i;
```


Επεξεργασία κειμένου (iv)

◆Παράδειγμα 1: πρόγραμμα που

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

◆Μετράμε τα **'\n'** και τους υπόλοιπους χαρακτήρες

◆Ελέγχουμε για τέλος εισόδου (**EOF**)

◆Για το μέσο όρο, κάνουμε διαίρεση!

Επεξεργασία κειμένου (v)

◆Παράδειγμα 1

```
int lines = 0, chars = 0;

while (true) {
  int c = getchar();
  if (c == EOF) break;
  if (c == '\n') lines++; else chars++;
}

printf("%d lines were read\n", lines);

if (lines > 0)
  printf("%0.3lf characters per line\n",
         1.0 * chars / lines);
```

◆Καλύτερα: `(double) chars` μετατροπή τύπου (type cast)

Επεξεργασία κειμένου (vi)

◆Παράδειγμα 2: πρόγραμμα που

- διαβάζει ένα κείμενο από την είσοδο
- μετράει τον αριθμό των χαρακτήρων, των λέξεων και των γραμμών

◆Τι σημαίνει «λέξη»; Διαδοχικά γράμματα!

◆Συνάρτηση για τον εντοπισμό γραμμάτων

```
FUNC bool isletter (char c)
{
  return c >= 'a' AND c <= 'z'
      OR c >= 'A' AND c <= 'Z';
}
```


Επεξεργασία κειμένου (vii)

◆Παράδειγμα 2

```
int c, lines = 0, chars = 0, words = 0;

c = getchar();
while (c != EOF)
  if (isletter(c)) { words++;
    do { chars++; c = getchar(); }
    while (isletter(c));
  }
  else { chars++;
    if (c == '\n') lines++;
    c = getchar();
  }
```

◆Έχουμε διαβάσει ένα χαρακτήρα «μπροστά»!

Επεξεργασία κειμένου (viii)

- Παράδειγμα 3: πρόγραμμα που
  - διαβάζει ένα κείμενο από την είσοδο
  - μετράει τις συχνότητες εμφάνισης λέξεων με μήκος από 1 μέχρι 20 γράμματα
- Μέτρηση μήκους λέξης
- Μετρητές λέξεων ανά μήκος: πίνακας!
- Εδώ δε χρειάζεται να ασχοληθούμε με τις αλλαγές γραμμών!

Επεξεργασία κειμένου (ix)

- Παράδειγμα 3

```
int i, c, freq[21];

FOR (i, 1 TO 20) freq[i] = 0;

c = getchar();
while (c != EOF)
  if (isletter(c)) {
    int n = 0;
    do { n++; c = getchar(); }
    while (isletter(c));
    if (n <= 20) freq[n]++;
  }
  else c = getchar();
```


Επεξεργασία κειμένου (x)

- Παράδειγμα 3 (συνέχεια)

```
FOR (i, 1 TO 20)
  printf("%4d words of length %2d\n",
         freq[i], i);
```

- Μετατροπή κεφαλαίων γραμμάτων σε πεζά

```
FUNC char tolower (char ch)
{
  if (ch >= 'A' AND ch <= 'Z')
    return ch - 'A' + 'a';
  else
    return ch;
}
```


Επεξεργασία κειμένου (xi)

- Παράδειγμα 4: πρόγραμμα που
  - διαβάζει ένα κείμενο από την είσοδο
  - γράφει τους χαρακτήρες κάθε γραμμής αντίστροφα
- Αποθήκευση των χαρακτήρων κάθε γραμμής: πίνακας!
- Πρέπει να υποθέσουμε ένα μέγιστο μήκος γραμμής — θα έπρεπε να κάνουμε έλεγχο υπέρβασής του!

Επεξεργασία κειμένου (xii)

- Παράδειγμα 4

```
const int MAX = 80;
int i, c, line[MAX];

while ((c = getchar()) != EOF) {
  int n = 0;

  while (c != '\n') {
    line[n++] = c; c = getchar();
  }

  FOR (i, n-1 DOWNTO 0) putchar(line[i]);
  putchar('\n');
}
```


Επεξεργασία κειμένου (xiii)

- Εύρεση εμφάνισης λέξης-κλειδιού

```
...
// η λέξη-κλειδί έχει 3 χαρακτήρες
FOR (j, 0 TO 2) key[j] = getchar();
...
// έστω i το μήκος της γραμμής
FOR (k, 0 TO i-3)
  if (line[k] == key[0]
  AND line[k+1] == key[1]
  AND line[k+2] == key[2])
    WRITELN("keyword found!");
```

Συμβολοσειρές (i)

- Πίνακες χαρακτήρων **`char []`**
- Δείκτες σε χαρακτήρα **`char *`**
- Τελειώνουν με το χαρακτήρα **`'\0'`**
- Παράδειγμα

```
char name[30];
printf("What's your name?\n");
scanf("%s", name);
printf("Hi %s, how are you?\n", name);
```


Συμβολοσειρές (ii)

- Χρήσιμες συναρτήσεις βιβλιοθήκης

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

- Μέτρηση μήκους: **`strlen`**

```
printf("Your name has %d letters.\n",
  strlen(name));
```

- Λεξικογραφική σύγκριση: **`strcmp`**

```
if (strcmp(name, "John") == 0)
  printf("I knew you were John!\n");
```

- Quiz: `strcmp("ding", "dong") == ?`

Συμβολοσειρές (iii)

- Αντιγραφή: **`strcpy`**

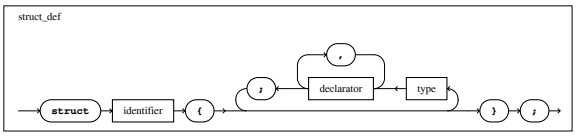
```
char a[10];
strcpy(a, "ding");
a[1] = 'o';
printf("%s\n", a);     // dong
```

- Συνένωση: **`strcat`**

```
char a[10] = "abc";
strcat(a, "def");
printf("%s\n", a);     // abcdef
```


Δομές (i)

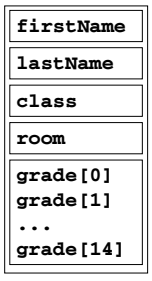
- Δομή (struct): δομημένη μεταβλητή που αποτελείται από πλήθος επιμέρους μεταβλητών πιθανώς διαφορετικών τύπων
- Οι επιμέρους μεταβλητές λέγονται πεδία και φέρουν ξεχωριστά ονόματα
- Σύνταξη



Δομές (ii)

- Παράδειγμα

```
struct student_t {
  char firstName[20];
  char lastName[30];
  int  class, room;
  int  grade[15];
};

struct student_t s;

...

s.class = 3;
WRITESPLN(s.firstName, s.lastName);
```



Δομές (iii)

- Παράδειγμα: μέσος όρος βαθμολογίας

```
FUNC REAL average (struct student_t s)
{
  REAL sum = 0.0;
  int i;

  FOR (i, 0 TO 14) sum += s.grade[i];
  return sum / 15;
}
```

Δομές μέσα σε δομές (iv)

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

typedef struct date_t date;

struct student_t {
   ...
   date birthDate;
   ...
};
...
WRITELN(s.birthDate.day, "/",
        s.birthDate.month, "/",
        s.birthDate.year);
```

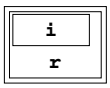

Μιγαδικοί αριθμοί

```
struct complex_t { REAL re, im; };

typedef struct complex_t complex;

FUNC complex cMult (complex x, complex y)
{
  complex result;
  result.re = x.re * y.re - x.im * y.im;
  result.im = x.re * y.im + x.im * y.re;
  return result;
}

FUNC REAL cNorm (complex x)
{
  return sqrt(x.re * x.re + x.im * x.im);
}
```


Ενώσεις

- Ένωση (union): όπως η δομή αλλά μόνο ένα από τα πεδία χρησιμοποιείται κάθε στιγμή!
- Παράδειγμα

```
union number_t { int i; REAL r; };

union number_t n;

n.r = 1.2;
printf("%lf\n", n.r);

n.i = 42;
printf("%d\n", n.i);

printf("%lf\n", n.r);   /* λάθος! */
```



Αρχεία (i)

- Αρχείο (file): αποτελείται από
  - μεταβλητό πλήθος στοιχείων
  - αποθηκευμένων το ένα μετά το άλλο
  - συνήθως στην περιφερειακή μνήμη (π.χ. στο δίσκο)
  - εν γένει περιέχει δυαδικά δεδομένα (binary)
  - ειδική περίπτωση: αρχείο κειμένου
- Παράδειγμα

```
#include <stdio.h>

FILE *f;
```


Αρχεία (ii)

- Άνοιγμα και κλείσιμο αρχείου
  fopen **fclose**
- Διάβασμα και γράψιμο

fputc	**fgetc**	*χαρακτήρες*
fputs	**fgets**	*συμβολοσειρές*
fprintf	**fscanf**	*οτιδήποτε*
fwrite	**fread**	*ακολουθίες byte*

- Έλεγχος τέλους αρχείου
  feof

Αρχεία κειμένου (i)

- Παράδειγμα: μέτρηση αριθμού γραμμών και χαρακτήρων πολλών αρχείων που ονομάζονται στη γραμμή εντολών

```
#include <stdio.h>

int main (int argc, char *argv[])
{
  int i;

  for (i=1; i<argc; i++)
    // επεξεργασία του αρχείου argv[i]
  return 0;
}
```

Αρχεία κειμένου (ii)

◆Παράδειγμα (συνέχεια)

```
// επεξεργασία του αρχείου argv[i]

FILE *f;
int chars = 0, lines = 0, c;

if ((f = fopen(argv[i], "rt")) == NULL)
  return 1;

while ((c = fgetc(f)) != EOF) {
  chars++;
  if (c == '\n') lines++;
}
fclose(f);
printf("%d chars, %d lines, %s\n",
       chars, lines, argv[i]);
```


Δυαδικά αρχεία (i)

◆Παράδειγμα: αντιγραφή δυαδικών αρχείων

```
#include <stdio.h>

int main (int argc, char * argv[])
{
  FILE *fin, *fout;

  fin = fopen(argv[1], "rb");
  if (fin == NULL) return 1;

  fout = fopen(argv[2], "wb");
  if (fout == NULL) return 2;
```


Δυαδικά αρχεία (i)

◆Παράδειγμα (συνέχεια)

```
  while (!feof(fin)) {
    unsigned char buffer[1000];
    unsigned int count;

    count = fread(buffer, 1, 1000, fin);
    fwrite(buffer, 1, count, fout);
  }

  fclose(fin);
  fclose(fout);

  return 0;
}
```


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)

Διαχείριση της μνήμης (ii)

◆Με τη βοήθεια των δυναμικών μεταβλητών υλοποιούνται δυναμικοί τύποι δεδομένων

- συνδεδεμένες λίστες,
- δέντρα, γράφοι, κ.λπ.

◆Πλεονεκτήματα των δυναμικών τύπων

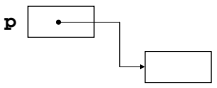
- μπορούν να περιέχουν απεριόριστο πλήθος στοιχείων (αν το επιτρέπει η διαθέσιμη μνήμη)
- κάποιες πράξεις υλοποιούνται αποδοτικότερα (π.χ. προσθήκη και διαγραφή στοιχείων σε ενδιάμεση θέση)

Δυναμική παραχώρηση μνήμης (i)

◆Δέσμευση

- δημιουργία μιας νέας δυναμικής μεταβλητής

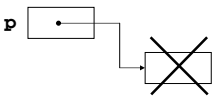
```
int *p;
...
p = NEW(int);
```



◆Αποδέσμευση

- καταστροφή μιας δυναμικής μεταβλητής

```
...
DELETE(p);
```

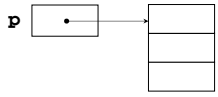


Δυναμική παραχώρηση μνήμης (ii)

◆Δέσμευση

- δημιουργία πίνακα μεταβλητού μεγέθους

```
int *p, n;
...
n = 3;
p = NEW(int, n);
```



◆**NEW(type)** ισοδύναμο με **NEW(type, 1)**

◆Αποδέσμευση

```
DELETE(p);
```


Δυναμική παραχώρηση μνήμης (iii)

◆Πραγματικά σε C

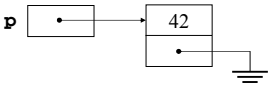
```
#include <stdlib.h>

int *p;
...

p = (int *) malloc(42 * sizeof(int));
if (p == NULL) {
  printf("Out of memory!\n");
  exit(1);
}
...
free(p);
```

```
p = NEW(int, 42);
...
DELETE(p);
```


Σύνθετες δυναμικές μεταβλητές (i)

◆Παράδειγμα

```
struct node_t {
  int info;
  struct node_t *next;
};

typedef struct node_t node, *nodeptr;

nodeptr p;

p = NEW(node);
p->info = 42;
p->next = NULL;
```

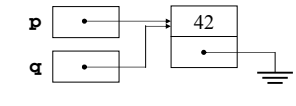


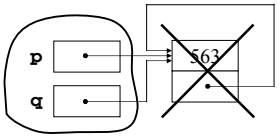
p->something ισοδύναμο με **(*p).something**

Σύνθετες δυναμικές μεταβλητές (ii)

◆Παράδειγμα (συνέχεια)

```
q = p;

q->info = 563;
q->next = q;

DELETE(p);
```



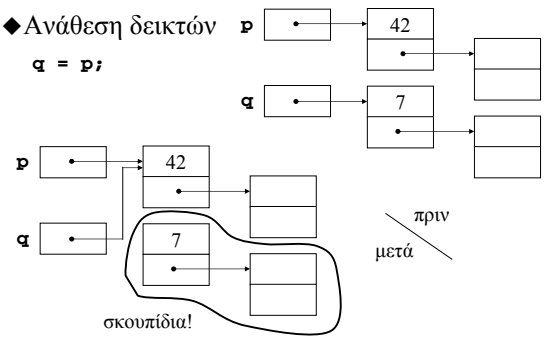


ξεκρέμαστοι δείκτες!

Δείκτες και ανάθεση (i)

◆Ανάθεση δεικτών

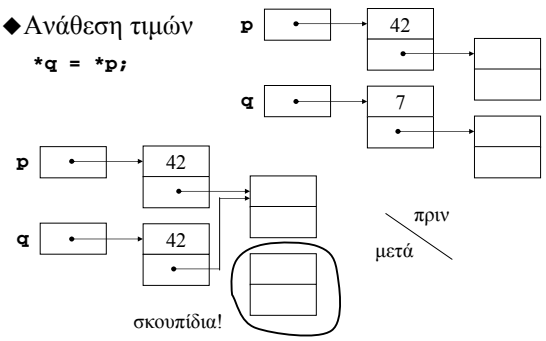
```
q = p;
```



Δείκτες και ανάθεση (ii)

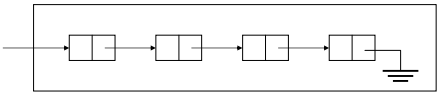
◆Ανάθεση τιμών

```
*q = *p;
```



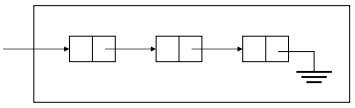
Συνδεδεμένες λίστες (i)

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

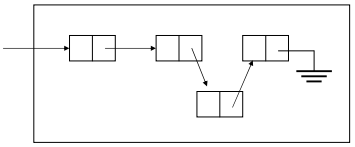


Συνδεδεμένες λίστες (ii)

- Ευκολότερη προσθήκη στοιχείων
  - πριν

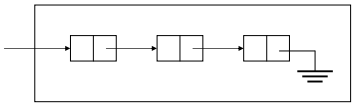


  - μετά

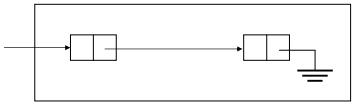


Συνδεδεμένες λίστες (iii)

- Ευκολότερη διαγραφή στοιχείων
  - πριν



  - μετά



Συνδεδεμένες λίστες (iv)

- Τύπος κόμβου συνδεδεμένης λίστας

```
struct node_t {
  int info;
  struct node_t *next;
};
```

← αυτοαναφορά!

```
typedef struct node_t node, *nodeptr;
```

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

```
nodeptr head;
```


Συνδεδεμένες λίστες (v)

- Παράδειγμα κατασκευής λίστας

```
FUNC nodeptr readListReversed ()
{
  nodeptr head = NULL, n;
  int data;

  while (scanf("%d", &data) == 1) {
    n = NEW(node);
    n->info = data;
    n->next = head;
    head = n;
  }
  return head;
}
```


Συνδεδεμένες λίστες (vi)

- Εκτύπωση λίστας

```
PROC print (nodeptr p)
{
  while (p != NULL) {
     WRITELN(p->info);
     p = p->next;
  }
}
```

- Ισοδύναμα (για να μη «χαθεί» η αρχή **p**):

```
nodeptr q;

for (q = p; p != NULL; p = p->next)
  WRITELN(p->info);
```

Συνδεδεμένες λίστες (vii)

◆Εκτύπωση λίστας με αναδρομή

```
PROC print (nodeptr p)
{
  if (p != NULL) { WRITELN(p->info);
                   print(p->next);
                 }
}
```

◆Εκτύπωση λίστας αντίστροφα με αναδρομή

```
PROC printBack (nodeptr p)
{
  if (p != NULL) { printBack(p->next);
                   WRITELN(p->info);
                 }
}
```


Πολυπλοκότητα (i)

◆Κόστος της εκτέλεσης ενός αλγορίθμου που επιλύει κάποιο πρόβλημα, συναρτήσει του μεγέθους του προβλήματος
- χρόνος: αριθμός υπολογιστικών βημάτων
- χώρος: απαιτούμενο μέγεθος μνήμης

◆Συναρτήσεις πολυπλοκότητας
- θετικές και αύξουσες
- π.χ. $f(n) = n\,(n\text{-}1) / 2$

Πολυπλοκότητα (ii)

◆Άνω φράγμα: O

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

◆Κάτω φράγμα: Ω

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

◆Τάξη μεγέθους: Θ

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

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

Πολυπλοκότητα (iii)

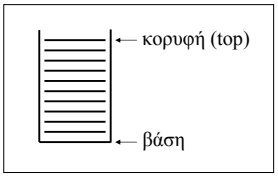
$O(1) < O(\log^* n) < O(\log n) < O(\sqrt{n})$
$< O(n) < O(n \log n)$
$< O(n^2) < O(n^2 \log^5 n)$
$< O(n^3) < \ldots < \text{Poly}$
$< O(2^n) < O(n!) < O(n^n)$
$< O(2\text{^^}n) < \ldots$

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

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

Στοίβες (i)

◆Last In First Out (LIFO)
ό,τι μπαίνει τελευταίο, βγαίνει πρώτο



Στοίβες (ii)

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

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

Στοίβες (iii)

- Υλοποίηση με πίνακα

```
const int size = 100;
struct stack_t {
  int arr[size], top;
};
typedef struct stack_t stack;
```

- Άδεια στοίβα

```
FUNC stack empty ()
{
  stack result;
  result.top = 0;
  return result;
}
```


Στοίβες (iv)

- Προσθήκη στοιχείου

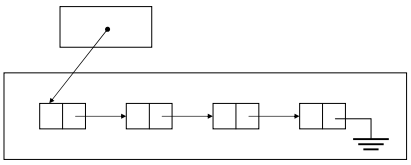
```
PROC push (stack *s, int data)
{
  s->arr[s->top] = data;  s->top++;
}
```

- Αφαίρεση στοιχείου

```
FUNC bool pop (stack *s, int *dataptr)
{
  if (s->top == 0) return false;
  s->top--;  *dataptr = s->arr[s->top];
  return true;
}
```


Στοίβες (v)

- Υλοποίηση με απλά συνδεδεμένη λίστα



Στοίβες (vi)

- Υλοποίηση με απλά συνδεδεμένη λίστα

```
struct node_t {
  int info;
  struct node_t *next;
};
typedef struct node_t node, *stack;
```

- Άδεια στοίβα

```
FUNC stack empty ()
{
  return NULL;
}
```


Στοίβες (vii)

- Προσθήκη στοιχείου

```
PROC push (stack *s, int data)
{
  node *p;
  p = NEW(node);
  p->info = data;
  p->next = *s;
  *s = p;
}
```

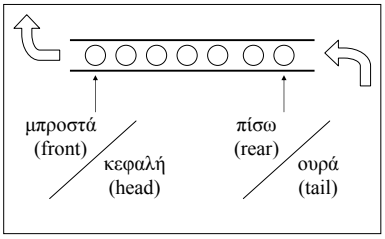

Στοίβες (viii)

- Αφαίρεση στοιχείου

```
FUNC bool pop (stack *s, int *dataptr)
{
  node *p;
  if (*s == NULL) return false;
  p = *s;
  *dataptr = (*s)->info;
  *s = (*s)->next;
  DELETE(p);
  return true;
}
```

Ουρές (i)

◆First In First Out (FIFO)
ό,τι μπαίνει πρώτο, βγαίνει πρώτο

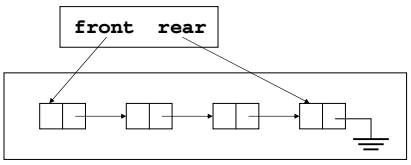


Ουρές (ii)

◆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

Ουρές (iii)

◆Υλοποίηση με απλά συνδεδεμένη λίστα



Ουρές (iv)

◆Υλοποίηση με απλά συνδεδεμένη λίστα

```
struct node_t {
  int info;
  struct node_t *next;
};

typedef struct node_t node;

struct queue_t {
  node *front, *rear;
};

typedef struct queue_t queue;
```


Ουρές (v)

◆Άδεια ουρά

```
FUNC queue empty ()
{
  queue result;

  result.front = NULL;
  result.rear = NULL;
  return result;
}
```


Ουρές (vi)

◆Προσθήκη στοιχείου

```
PROC enqueue (queue *q, int data)
{
  node *p;

  p = NEW(node);
  p->info = data;
  p->next = NULL;
  if (q->front == NULL)
    q->front = p;
  else
    q->rear->next = p;
  q->rear = p;
}
```

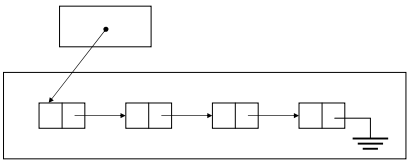
Ουρές (vii)

◆Αφαίρεση στοιχείου

```
FUNC bool dequeue (queue *q, int *dataptr)
{
  node *p;

  if (q->front == NULL) return false;
  p = q->front;
  *dataptr = q->front->info;
  if (q->front == q->rear)
    q->rear = NULL;
  q->front = q->front->next;
  DELETE(p);
  return true;
}
```


Γραμμικές λίστες (i)

◆Γενική μορφή απλά συνδεδεμένης λίστας



```
struct node_t {
  int info;
  struct node_t *next;
};

typedef struct node_t node, *list;
```


Γραμμικές λίστες (ii)

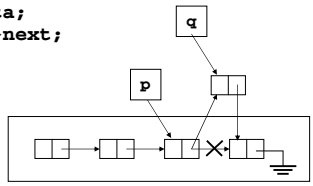
◆Εισαγωγή στο τέλος O(n)

```
PROC insertAtRear (list *l, int data)
{
  node *p, *q;

  p = NEW(node);
  p->info = data; p->next = NULL;
  if (*l == NULL) *l = p;
  else { q = *l;
         while (q->next != NULL)
           q = q->next;
         q->next = p;
       }
}
```


Γραμμικές λίστες (iii)

◆Εισαγωγή μετά τον κόμβο p O(1)

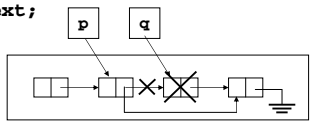
```
PROC insertAfter (node *p, int data)
{
  node *q;

  if (p != NULL) {
    q = NEW(node);
    q->info = data;
    q->next = p->next;
    p->next = q;
  }
}
```



Γραμμικές λίστες (iv)

◆Διαγραφή του κόμβου μετά τον p O(1)

```
FUNC bool deleteAfter (node *p,
                       int *dataptr)
{
  node *q;

  if (p == NULL OR p->next == NULL)
    return false;
  q = p->next;
  *dataptr = q->info;
  p->next = q->next;
  DELETE(q);
  return true;
}
```



Γραμμικές λίστες (v)

◆Εύρεση στοιχείου O(n)

```
FUNC node* search (list l, int data)
{
  node *p;

  for (p = l; p != NULL; p = p->next)
    if (p->info == data) return p;
  return NULL;
}
```

Γραμμικές λίστες (vi)

◆Αντιστροφή λίστας O(n)

```
PROC reverse (list *l)
{
  node *p, *q;

  q = NULL;
  while (*l != NULL) {
    p = *l;
    *l = p->next;
    p->next = q;
    q = p;
  }
  *l = q;
}
```

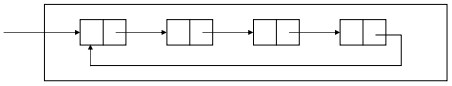

Γραμμικές λίστες (vii)

◆Συνένωση δύο λιστών O(n)

```
PROC concat (list *l1, list l2)
{
  node *p;

  if (l2 == NULL) return;
  if (*l1 == NULL) *l1 = l2;
  else {
    p = *l1;
    while (p->next != NULL) p = p->next;
    p->next = l2;
  }
}
```

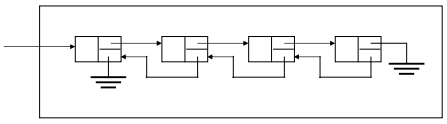

Κυκλικές λίστες

◆Ο επόμενος του τελευταίου κόμβου είναι πάλι ο πρώτος



Διπλά συνδεδεμένες λίστες

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

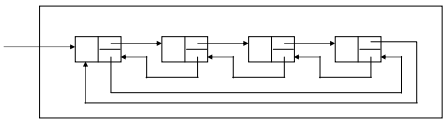


Διπλά συνδεδεμένες κυκλικές λίστες

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

◆Ο επόμενος του τελευταίου είναι ο πρώτος

◆Ο προηγούμενος του πρώτου είναι ο τελευταίος



Γράφοι (i)

◆Γράφος ή γράφημα (graph) G = (V, E)

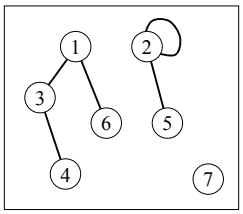
- V Σύνολο κόμβων ή κορυφών
- E Σύνολο ακμών, δηλαδή ζευγών κόμβων

◆Παράδειγμα

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

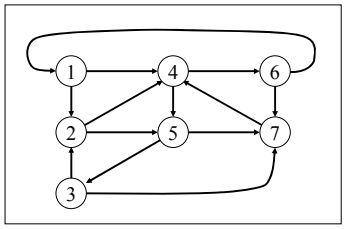
E = { (x, y) | x, y ∈ V, x+y=4 ή x+y=7 }

◆Γραφική παράσταση



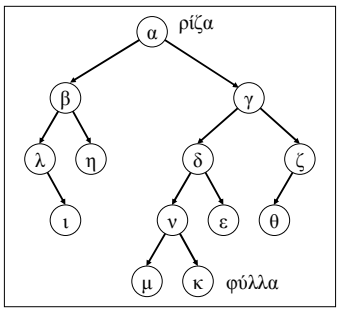
Γράφοι (ii)

- Κατευθυνόμενος γράφος (directed graph)
  - Οι ακμές είναι διατεταγμένα ζεύγη
  - Μπορούν να υλοποιηθούν με δείκτες



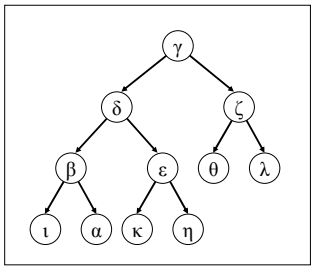
Δυαδικά δέντρα (i)

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



Δυαδικά δέντρα (ii)

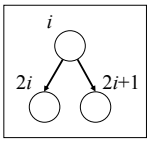
- Πλήρες δυαδικό δέντρο:
- Μόνο το κατώτατο επίπεδο μπορεί να μην είναι πλήρες



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

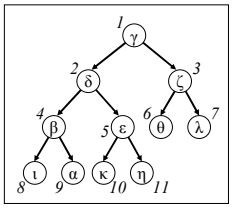
Δυαδικά δέντρα (iii)

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



- Παράδειγμα

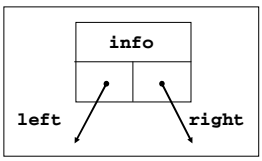
```
a[1] = 'γ'; a[7]  = 'λ';
a[2] = 'δ'; a[8]  = 'ι';
a[3] = 'ζ'; a[9]  = 'α';
a[4] = 'β'; a[10] = 'κ';
a[5] = 'ε'; a[11] = 'η';
a[6] = 'θ'
```

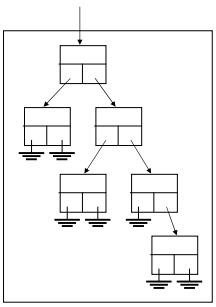


Δυαδικά δέντρα (iv)

- Υλοποίηση με δείκτες

```
struct node_t {
  int info;
  struct node_t *left,
                *right;
};
```





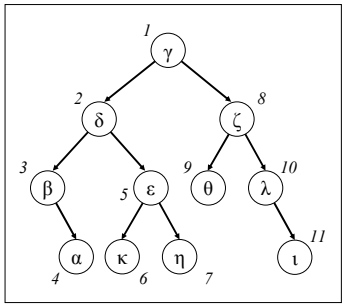
```
typedef struct node_t node, *tree;
```


Δυαδικά δέντρα (v)

- Διάσχιση όλων των κόμβων ενός δέντρου
  - προθεματική διάταξη (preorder) για κάθε υποδέντρο, πρώτα η ρίζα, μετά το αριστερό υποδέντρο και μετά το δεξιό
  - επιθεματική διάταξη (postorder) για κάθε υποδέντρο, πρώτα το αριστερό υποδέντρο, μετά το δεξιό και μετά η ρίζα
  - ενθεματική διάταξη (inorder) για κάθε υποδέντρο, πρώτα το αριστερό υποδέντρο, μετά η ρίζα και μετά το δεξιό

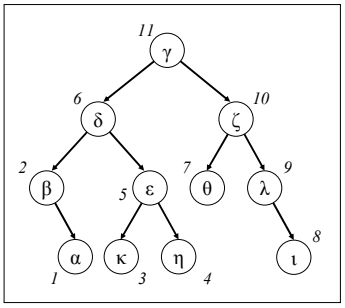
Δυαδικά δέντρα (vi)

- Διάσχιση preorder



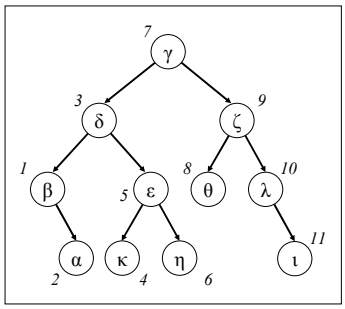
Δυαδικά δέντρα (vii)

- Διάσχιση postorder



Δυαδικά δέντρα (viii)

- Διάσχιση inorder



Δυαδικά δέντρα (ix)

- Υλοποίηση της διάσχισης preorder

```
PROC preorder (tree t)
{
  if (t != NULL) { WRITELN(t->info);
                   preorder(t->left);
                   preorder(t->right);
                 }
}
```

- Η παραπάνω διαδικασία είναι αναδρομική
- Η μη αναδρομική διάσχιση είναι εφικτή αλλά πολύπλοκη (threading)

Το λειτουργικό σύστημα Unix (i)

- Bell Labs, ~1970
- Δομή του Unix
  - πυρήνας (kernel)
  - φλοιός (shell)
  - βοηθητικά προγράμματα (utilities)
- Ιεραρχικό σύστημα αρχείων
  - Δενδρική δομή
  - Ένας κατάλογος (directory) μπορεί να περιέχει αρχεία (files) ή άλλους (υπο)καταλόγους

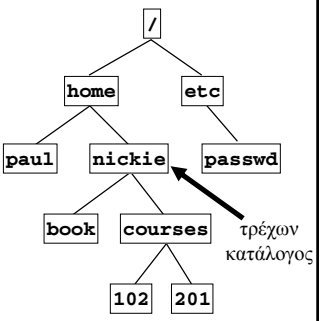
Το λειτουργικό σύστημα Unix (ii)

- Απόλυτα ονόματα

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

- Σχετικά ονόματα

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



Το λειτουργικό σύστημα Unix (iii)

- Θετικά στοιχεία του Unix
  - ιεραρχικό σύστημα αρχείων
  - πολλοί χρήστες συγχρόνως (multi-user)
  - πολλές διεργασίες συγχρόνως (multi-tasking)
  - επικοινωνίες και υποστήριξη δικτύου
- Αρνητικά στοιχεία του Unix
  - κρυπτογραφικά ονόματα εντολών
  - περιορισμένη και συνθηματική βοήθεια

Σύστημα αρχείων του Unix (i)

- Αντιγραφή αρχείων **cp**

  cp *oldfile newfile*
  cp $file_1$ $file_2$ **...** $file_n$ *directory*
  cp -r $directory_1$ $directory_2$
  cp -i *oldfile newfile*
- Μετονομασία ή μετακίνηση αρχείων **mv**

  mv *oldfile newfile*
  mv $file_1$ $file_2$ **...** $file_n$ *directory*
  mv -i *oldfile newfile*

Σύστημα αρχείων του Unix (ii)

- Διαγραφή αρχείων **rm**

  rm $file_1$ $file_2$ **...** $file_n$
  rm -i $file_1$ $file_2$ **...** $file_n$
  rm -f $file_1$ $file_2$ **...** $file_n$
  rm -r *directory*
- Δημιουργία directories **mkdir**

  mkdir $directory_1$ **...** $directory_n$
- Διαγραφή άδειων directories **rmdir**

  rmdir $directory_1$ **...** $directory_n$
- Αλλαγή directory **cd**

  cd *directory*

Σύστημα αρχείων του Unix (iii)

- Εμφάνιση πληροφοριών για αρχεία **ls**

  ls
  ls $file_1$ $file_2$ $directory_3$ **...**
  - Επιλογές (options)
  - **-l** εκτεταμένες πληροφορίες
  - **-a** εμφανίζονται και τα κρυφά αρχεία
  - **-t** ταξινόμηση ως προς το χρόνο τροποποίησης
  - **-F** εμφανίζεται ο τύπος κάθε αρχείου
  - **-d** εμφανίζονται πληροφορίες για ένα directory, όχι για τα περιεχόμενά του
  - **-R** αναδρομική εμφάνιση πληροφοριών

Προγράμματα εφαρμογών Unix (i)

- Εμφάνιση manual page **man**

  man *command*
  whatis *command*
- Εμφάνιση περιεχομένων αρχείου **cat**

  cat $file_1$ $file_2$ **...** $file_n$
- Εμφάνιση περιεχομένων αρχείου ανά σελίδα **more** **less**

  more $file_1$ $file_2$ **...** $file_n$
  less $file_1$ $file_2$ **...** $file_n$

Προγράμματα εφαρμογών Unix (ii)

- Εμφάνιση πρώτων γραμμών **head**

  head $file_1$ $file_2$ **...** $file_n$
  head -10 $file_1$ $file_2$ **...** $file_n$
- Εμφάνιση τελευταίων γραμμών **tail**

  tail $file_1$ $file_2$ **...** $file_n$
  tail -10 $file_1$ $file_2$ **...** $file_n$
- Πληροφορίες για το είδος αρχείου **file**

  file $file_1$ $file_2$ **...** $file_n$
- Εμφάνιση ημερομηνίας και ώρας **date**

  date

Προγράμματα εφαρμογών Unix (iii)

- Εκτύπωση αρχείου **`lpr`**
  `lpr` *file*$_1$ *file*$_2$ **`...`** *file*$_n$
- Μεταγλωττιστής Pascal **`pc`**
  `pc -o` *executable program*`.p`
  `gpc -o` *executable program*`.p`
- Μεταγλωττιστής C **`cc`**
  `cc -o` *executable program*`.p`
  `gcc -o` *executable program*`.p`
- Επεξεργασία αρχείου κειμένου **`vi`**
  `vi` *file*$_1$ *file*$_2$ **`...`** *file*$_n$

Βασική λειτουργία του vi (i)

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

Βασική λειτουργία του vi (ii)

- Μετακίνηση μέσα σε αρχείο
  - ←↓↑→ κατά ένα χαρακτήρα
  - **`h j k l`** (ομοίως)
  - **`w`** μια λέξη δεξιά
  - **`CTRL+F`** μια σελίδα μετά
  - **`CTRL+B`** μια σελίδα πριν
  - **`CTRL+D`** μισή σελίδα μετά
  - **`CTRL+U`** μισή σελίδα πριν
  - **`0 $`** 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**
    - theseas: ο υπολογιστής
    - softlab: στο δίκτυο του Εργαστηρίου Τεχνολογίας Λογισμικού
    - ece: στο δίκτυο της Σ.Η.Μ.Μ.Υ.
    - ntua: στο δίκτυο του Ε.Μ.Π.
    - gr: στο δίκτυο της Ελλάδας
  - Επικράτειες (domains)

Internet (ii)

- Ηλεκτρονικό ταχυδρομείο (e-mail)
  - ηλεκτρονική ταχυδρομική διεύθυνση

nickie@softlab.ntua.gr

όνομα χρήστη ← → όνομα υπολογιστή ή επικράτειας

  - υπάρχει πληθώρα εφαρμογών που διαχειρίζονται το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο

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)

Internet (vi)

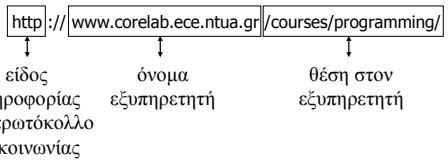
- Κουτσομπολιό (chat ή IRC)
  - κανάλια (channels)
    η συζήτηση περιστρέφεται γύρω από ένα θέμα κοινού ενδιαφέροντος
  - είναι όμως σύγχρονη, δηλαδή γίνεται σε συγκεκριμένο χρόνο και δεν τηρείται αρχείο των λεχθέντων
  - καθένας μπορεί να «ακούει» τα λεγόμενα των άλλων και να «μιλά» προς αυτούς

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)

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