

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

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

Διδάσκοντες:	Στάθης Ζάχος	(zachos@cs.ntua.gr)
	Νίκος Παπασπύρου	(nickie@softlab.ntua.gr)
	Βηρένα Καντερέ	(verena@dblab.ece.ntua.gr)
	Πέτρος Ποτίκας	(ppotik@cs.ntua.gr)

Διαφάνειες παρουσιάσεων

- ✓ Εισαγωγή στην πληροφορική
- ✓ Εισαγωγή στον προγραμματισμό με τη γλώσσα C/C++
- ✓ Μεθοδολογία αλγοριθμικής επίλυσης προβλημάτων

6/10/17

◆ Σκοπός του μαθήματος

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

◆ Αλγόριθμος

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

◆ Πρόγραμμα

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

◆ Φυσική γλώσσα

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

◆ Τυπική γλώσσα

- **Αυστηρότατη** σύνταξη και σημασιολογία

◆ Γλώσσα προγραμματισμού

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

◆ Πληροφορική

Ηλεκτρονικοί
υπολογιστές
(engineering)



Μαθηματικά

Σχεδίαση και
κατασκευή

Θεωρία και
αναλυτική μέθοδος

◆ Κεντρική έννοια: υπολογισμός (computation)

◆ Πληροφορική: μαθηματοποίηση της μεθοδολογίας των μηχανικών

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

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

◆ Δευτεροβάθμια εκπαίδευση

Σκοπός: να μάθεις να σκέφτεσαι

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

◆ Οι μαθητές αγνοούν την έννοια του “αποδοτικού αλγόριθμου”

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

◆ Πρόταση

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

◆ Τριτοβάθμια εκπαίδευση

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

◆ Να μην ξεχνάμε ότι

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

◆ Κατασκευή υπολογιστικών μηχανών

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

◆ Κατασκευή υπολογιστών

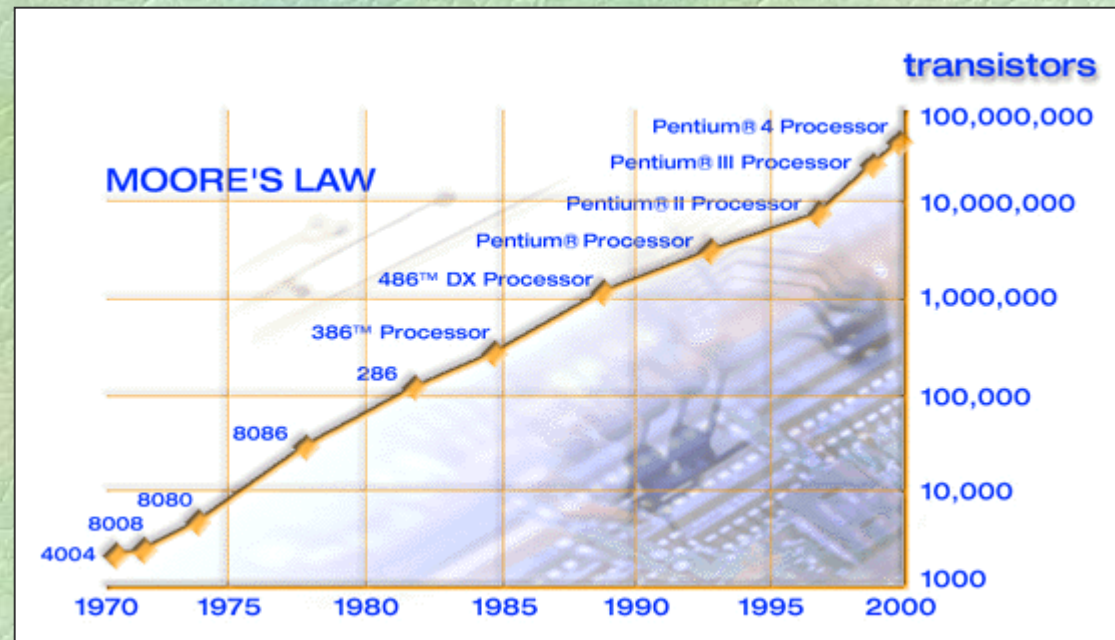
- 1920–1930, **Bush**, ηλεκτρική (αναλογική) υπολογιστική μηχανή $\Rightarrow$ διαφορικές εξισώσεις
- ~1940, **Zuse**, ηλεκτρονική (ψηφιακή) υπολογιστική μηχανή $\Rightarrow$ πρόγραμμα και δεδομένα, χωριστά
- 1945–1950, μοντέλο **von Neumann** $\Rightarrow$ πρόγραμμα και δεδομένα, από κοινού
- 1950–σήμερα,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

◆ Κατασκευή υπολογιστών

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

◆ Μηχανικοί υπολογιστών

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



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

◆ Θεμέλια της πληροφορικής

- Μαθηματική λογική
- Αριστοτέλης: συλλογισμοί

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

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

◆ Πρόγραμμα του Leibniz:

θεμελίωση των μαθηματικών

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

$A \wedge \neg A$ αντίφαση

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

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

◆ Θεωρία

- Συνολοθεωρία, Cantor, Frege ∈
- Παράδοξο του Russel

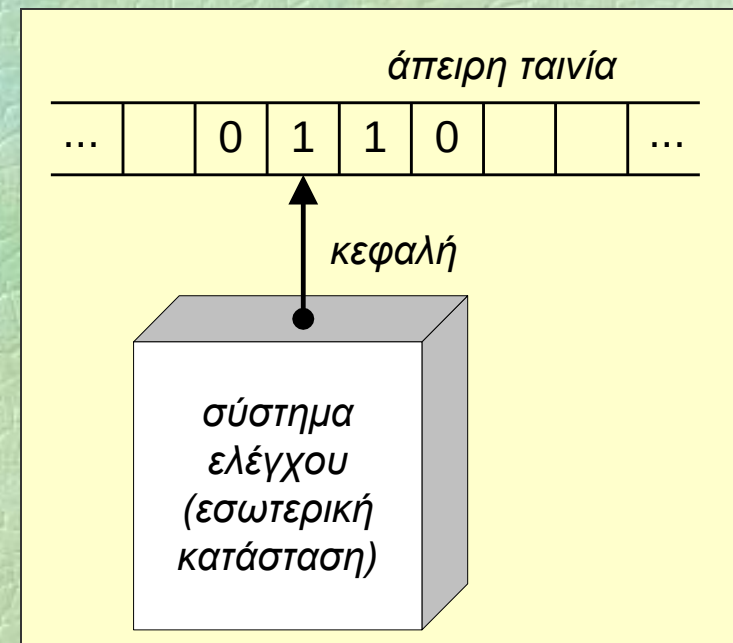
$$A = \{ x \mid x \notin x \}$$

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

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

◆ Συνέπεια και πληρότητα

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



◆ Μη πληρότητα (incompleteness)

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

◆ Κλάδοι της πληροφορικής

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

◆ Υπολογιστής

- επεξεργαστής
- μνήμη
- συσκευές εισόδου/εξόδου

◆ Ιδιότητες

- αυτόματο χωρίς εξυπνάδα
- μεγάλη ταχύτητα
- ακρίβεια στις πράξεις

Γλώσσες προγραμματισμού (i)

◆ Γλώσσα μηχανής

0110110 11011011

διεύθυνση εντολή

◆ Συμβολική γλώσσα (assembly)

label: add ax, bx

διεύθυνση πράξηδεδομένα

◆ 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)
- Συστηματικός και δομημένος προγραμματισμός

◆ C

- Dennis Ritchie (1972)
- Γενικού σκοπού αλλά χαμηλότερου επιπέδου
- Προγραμματισμός συστημάτων

• C++

- Bjarne Stroustrup (1983)
- Γενικού σκοπού, αντικειμενοστρεφής

pzhelp

Ασκήσεις

(i)

```
#include "pzhelp"
```

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

#1

```
#include "pzhelp"
```

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

```
#include "pzhelp"
```

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

```
#include "pzhelp"
```

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


Ασκήσεις (Pascal)

(i)

#1

```
program Hello1a(output);  
begin  
    writeln('hello world')  
end.
```

```
program Hello1b(output);  
begin  
    writeln('hello ', 'world')  
end.
```

```
program Hello1c(output);  
begin  
    write('hello '); writeln('world')  
end.
```

```
program Hello1d(output);  
begin  
    write('hello world'); writeln  
end.
```


Ασκήσεις (C)

(i)

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

```
int main () {  
    printf("hello world\n");  
    return 0;  
}
```

#1

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

```
int main () {  
    printf("hello " "world\n");  
    return 0;  
}
```

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

```
int main () {  
    printf("hello  
    printf("world\n");  
    return 0;  
}
```

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

```
int main () {  
    printf("hello world");  
    printf("\n");  
    return 0;  
}
```


Ασκήσεις (C++)

(i)

```
#include <iostream>
using namespace std;
```

```
int main () {
    cout << "hello world\n";
}
```

```
#include <iostream>
using namespace std;
```

```
int main () {
    cout << "hello " << "world\n";
}
```

```
#include <iostream>
using namespace std;
```

```
int main () {
    cout << "hello " << "world\n";
}
```

```
#include <iostream>
using namespace std;
```

```
int main () {
    cout << "hello world";
    cout << endl;
}
```

#1

Δυο λόγια για το `#include <pzhelp>`

```
#include <iostream>
using namespace std;
```

```
int main () {
    cout << "hello world" << endl;
}
```

Απλή C++

```
#include "pzhelp"
```

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

C++ & pzhelp

Ασκήσεις

(ii)

```
#include "pzhelp"

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

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

#2

```
#include "pzhelp"

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

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

#3

Ασκήσεις (Pascal)

(ii)

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

#2

#3

```
program Hello3(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("hello world\n");
}

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

#2

#3

```
#include <stdio.h>

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

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

Ασκήσεις (C++)

(ii)

```
#include <iostream>
using namespace std;

void hello() {
    cout << "hello world\n";
}

int main() {
    hello(); h
}
```

#2

#3

```
#include <stdio.h>
using namespace std;

void hello() {
    cout << "hello world\n";
}

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



```
#include "pzhelp"  
const int n = 20;  
int i;  
  
PROC num_hello() {  
    WRITELN(i, "hello world");  
}  
  
PROGRAM {  
    FOR(i, 1 TO n) num_hello();  
}
```

#4

Ασκήσεις (Pascal)

(iii)

#4

```
program Hello4(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);
}

int main() {
    for (i = 1; i <= n; i++)
        num_hello();
    return 0;
}
```

#4

Ασκήσεις (C++)

(iii)

#4

```
#include <iostream>
using namespace std;

const int n = 20;
int i;

void num_hello() {
    cout << i << " hello world\n";
}

int main() {
    for (i = 1; i <= n; i++)
        num_hello();
}
```



```
#include "pzhelp"

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

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

Ασκήσεις (Pascal)

(iv)

#5

```
program Hello5(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.
```



```
#include <stdio.h>

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

int main() {
    int n;
    printf("Give number of greetings "
           "then press <enter>:");
    scanf("%d", &n);
    for (int i = 0; i < n; i++) hello();
    return 0;
}
```

Ασκήσεις (C++)

(iv)

#5

```
#include <iostream>
using namespace std;

void hello() {
    cout << "hello world\n";
}

int main() {
    int n;
    cout << "Give number of greetings "
          << "then press <enter>:";
    cin >> n;
    for (int i = 0; i < n; i++) hello();
}
```



```
#include "pzhelp"

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

PROGRAM {
    int n, i;
    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 Hello6(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.
```

#6

Ασκήσεις (C)

(v)

```
#include <stdio.h>

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

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

#6

Ασκήσεις (C++)

(v)

```
#include <iostream>
using namespace std;

void hello() {
    cout << "hello world\n";
}

int main() {
    int n;
    cout << "Give number of greetings "
         << "then press <enter>";
    cin >> n;
    if (n < 0)
        printf("#is negative\n");
    else
        for (int i = 0; i < n; i++) hello();
}
```



Δομή του προγράμματος

```
#include "pzhelp"
```

```
PROGRAM
```

επικεφαλίδα

```
{
```

```
    REAL r, a;
```

δηλώσεις

```
    WRITE("Give the radius: ");
```

```
    r = READ_REAL();
```

```
    a = 3.1415926 * r * r;
```

```
    WRITELN("The area is:", a);
```

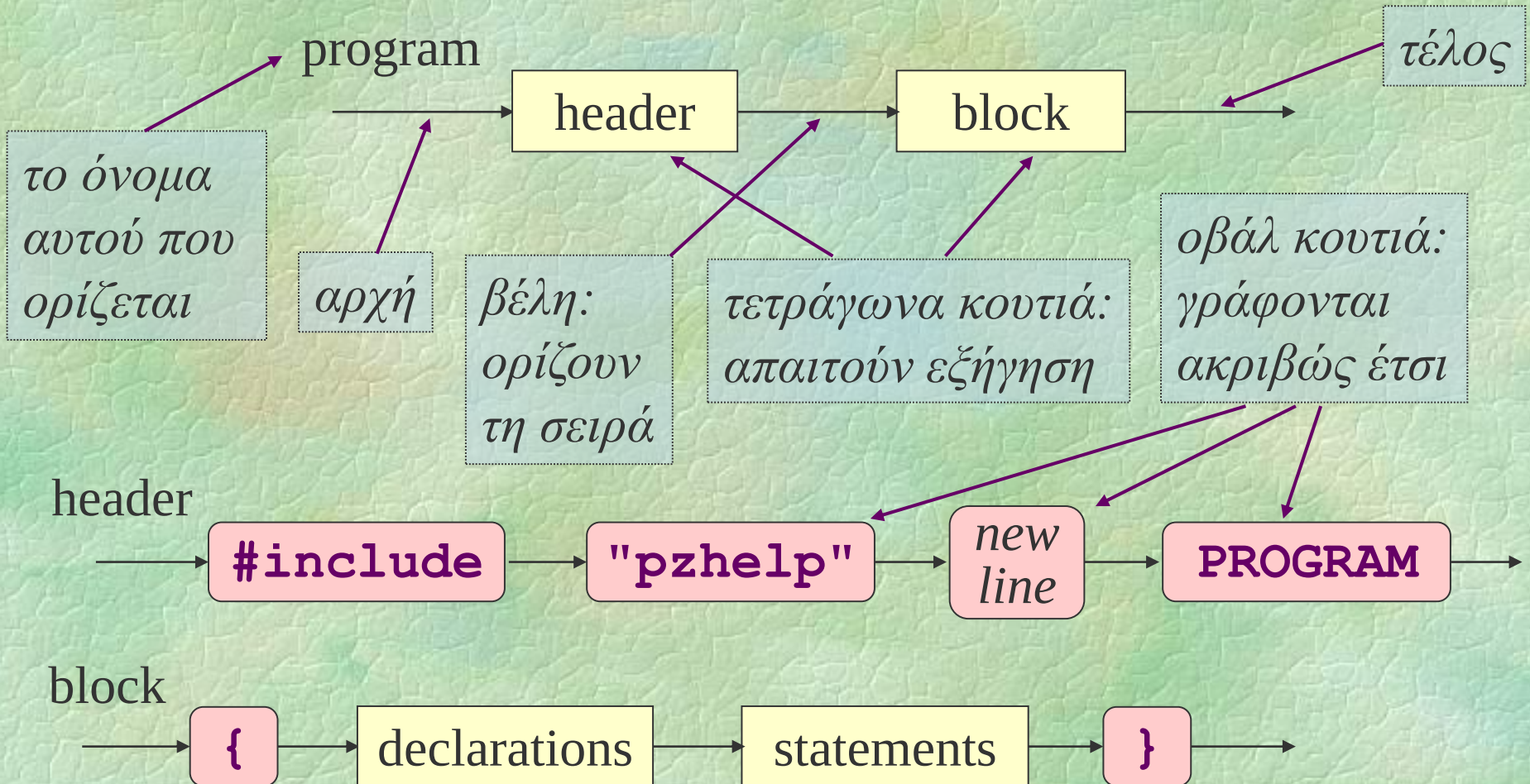
εντολές

```
}
```

σώμα = block

Συντακτικά διαγράμματα

Περιγράφουν τη **σύνταξη** τμημάτων του προγράμματος



Δηλώσεις μεταβλητών

(i)

- **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 τιμών που μπορεί να πάρει η μεταβλητή

```
int i;
```


Δηλώσεις μεταβλητών

(ii)

◆ Απλοί τύποι μεταβλητών

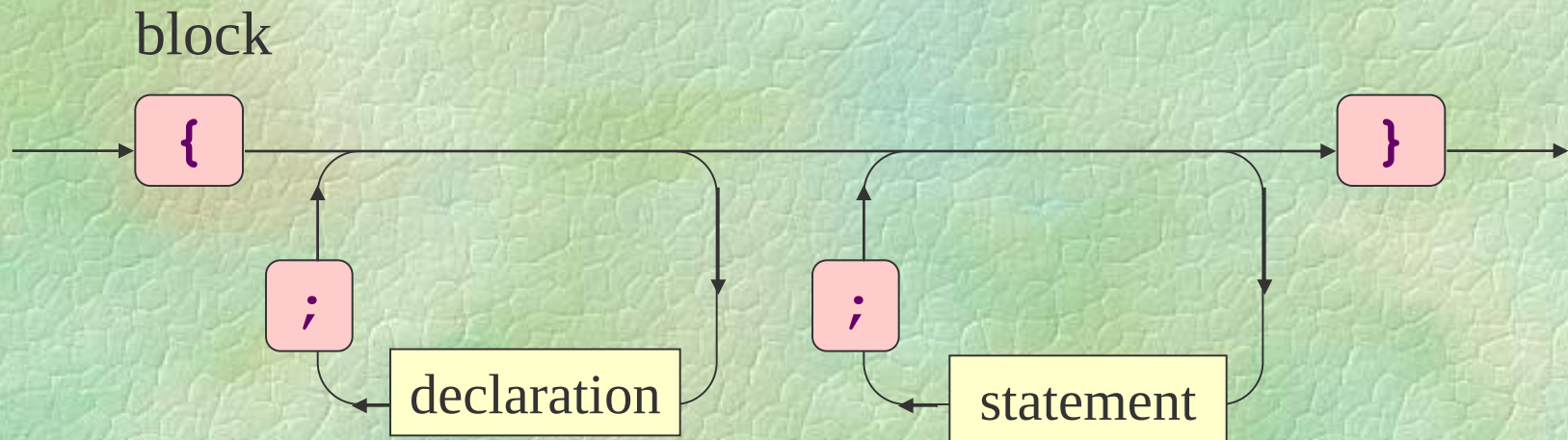
- **int** *ακέραιοι αριθμοί* 0, 1, -3
- **REAL** *πραγματικοί αριθμοί* 3.14
- **char** *χαρακτήρες* 'a'
- **bool** *λογικές τιμές* **true, false**

◆ Δήλωση περισσότερων μεταβλητών

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


Συντακτικά διαγράμματα, ξανά

- ◆ Αναλυτικότερο συντακτικό διάγραμμα για το σώμα (block)



Σχόλια

◆ Μίας ή περισσότερων γραμμών

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

- ◆ Γράφονται (σχεδόν) παντού και αγνοούνται από τον μεταγλωττιστή
- ◆ Βοηθούν στην κατανόηση του κώδικα

Τι σημαίνει ορθό πρόγραμμα (i)

◆ Συντακτική ορθότητα

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

◆ Συντακτικά σφάλματα στη C++

- εμφανίζονται όταν δεν ικανοποιούνται τα συντακτικά διαγράμματα
- παράδειγμα:

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


Τι σημαίνει ορθό πρόγραμμα (ii)

◆ Νοηματική ορθότητα

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

◆ Νοηματικά σφάλματα στη C++

- εσφαλμένη χρήση τελεστών
- χρήση μεταβλητών χωρίς δήλωση

```
int n, i;  
n = i + j;
```


Τι σημαίνει ορθό πρόγραμμα (iii)

◆ Σημασιολογική ορθότητα

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

◆ Σημασιολογικά σφάλματα στη C++

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

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

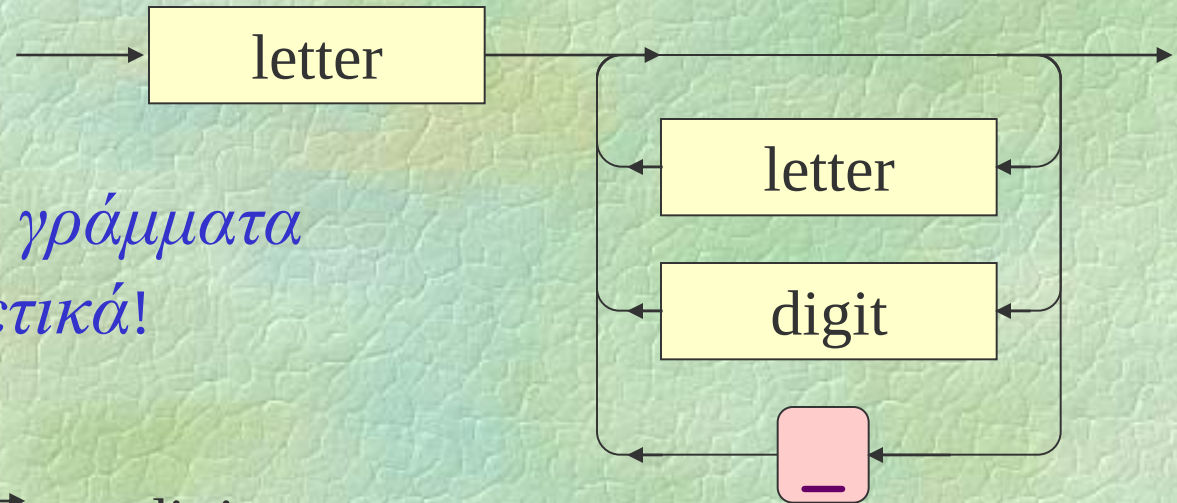
sqrt *διαίρεση με το μηδέν*

Τι 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

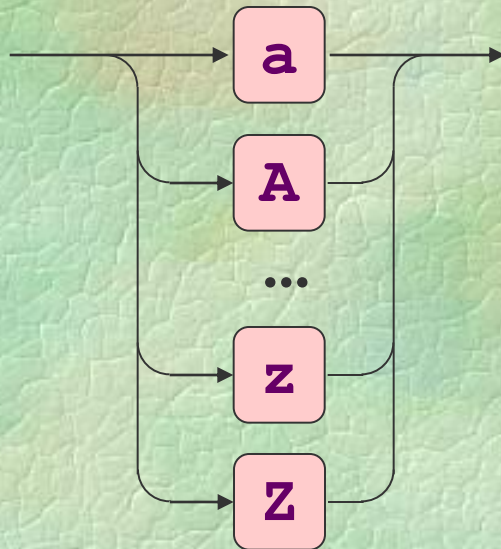
Συντακτικά διαγράμματα, ξανά

identifier

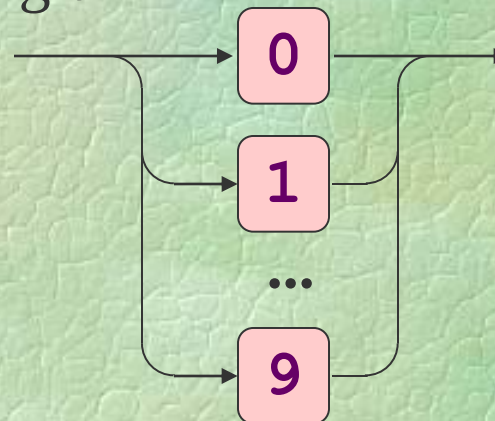


*πεζά και κεφαλαία γράμματα
είναι διαφορετικά!*

letter

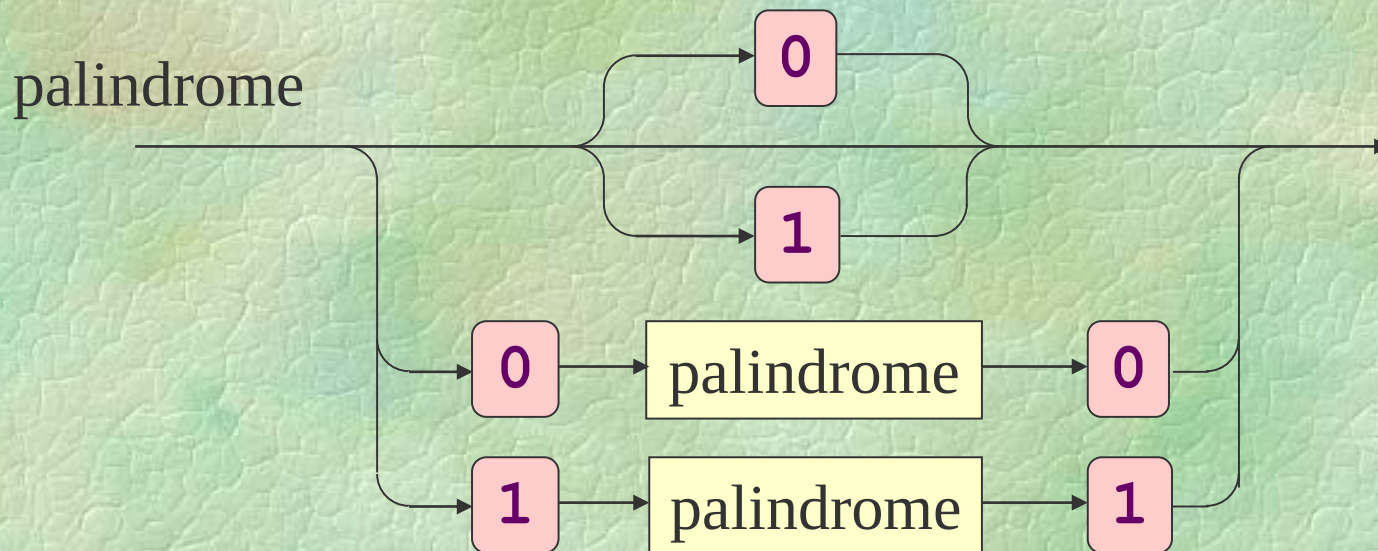


digit



Συντακτικά διαγράμματα, αναδρομικά

- ◆ Παλίνδρομο ή καρκινική συμβολοσειρά: διαβάζεται το ίδιο από αριστερά προς τα δεξιά και αντίστροφα: madam, 13431
- ◆ Παλίνδρομα με αλφάβητο $\{0, 1\}$



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)

◆ Έξοδος στην οθόνη

```
WRITELN ("Hello world!");
```

```
WRITELN ("Hello", "world!");
```

◆ Έξοδος χωρίς αλλαγή γραμμής

```
WRITE ("Hel");
```

```
WRITELN ("lo", "world!");
```


Έξοδος στην οθόνη

(ii)

◆ 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

(iii)

◆ Έξοδος στην οθόνη

WRITE (4) ;

WRITELN (2) ;

WRITELN (4 , 2) ;

WRITE (6) ;

WRITE (6) ;

WRITELN (6) ;

WRITE (6 , 6) ;

WRITELN (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 {  
    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 {  
    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);  
}
```


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 {  
    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 {  
    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 /
- πηλίκo ακέραιας διαίρεσης / *προσοχή!*
- υπόλοιπο ακέραιας διαίρεσης % **MOD**
- πρόσημα +, -

Αριθμητικές παραστάσεις

(ii)

◆ Παραδείγματα

- $1 + 1 \rightarrow 2$ τύπου **int**
- $1.0 + 2.0 \rightarrow 3.0$ τύπου **REAL**
- $1 + 3.0 \rightarrow 4.0$ τύπου **REAL**
- $5 / 2 \rightarrow 2$ ακέραιο πηλίκο
- $5 \% 2 \rightarrow 1$ ακέραιο υπόλοιπο
- $5.0 / 2 \rightarrow 2.5$ διαίρεση **REAL**
- $5.0 \% 2 \rightarrow \text{⚡}$ *απαγορεύεται!*

◆ Πραγματική διαίρεση μεταξύ ακεραίων;

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


Αριθμητικές παραστάσεις

(iii)

◆ Προτεραιότητα τελεστών

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

◆ Προσεταιριστικότητα τελεστών

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

◆ Σειρά εκτέλεσης των πράξεων

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

Λογικές παραστάσεις

(i)

◆ Συγκρίσεις

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

◆ Λογικές πράξεις

- σύζευξη (και) $\&\&$ **AND**
- διάζευξη (ή) $||$ **OR**
- άρνηση (όχι) $!$ **NOT**

Λογικές παραστάσεις

(ii)

◆ Πίνακες αλήθειας λογικών πράξεων

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

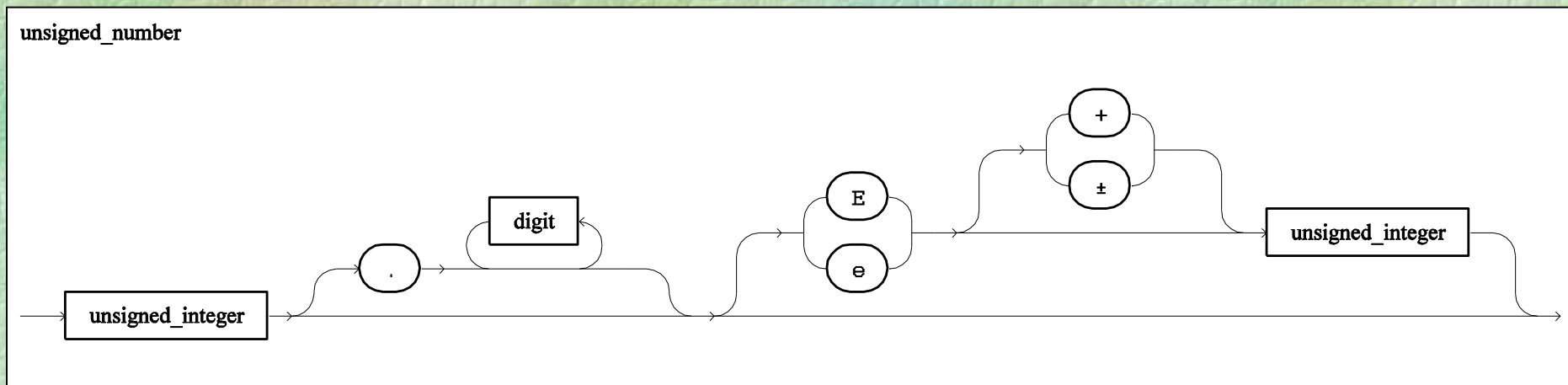
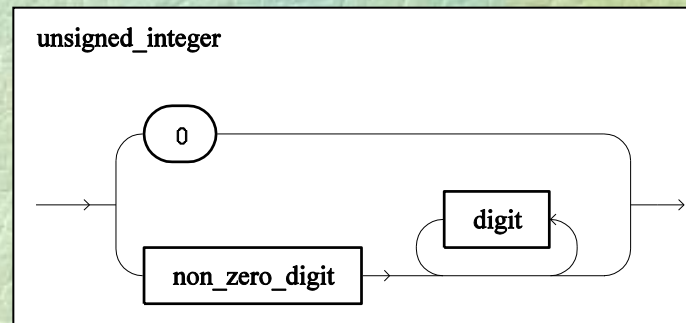
λάθος!

σωστό

Σύνταξη παραστάσεων

(i)

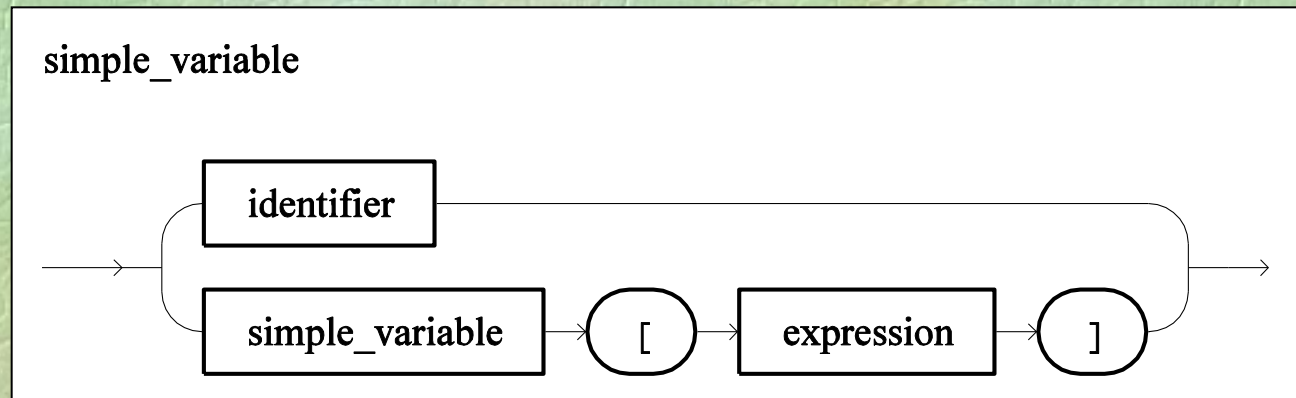
◆ Σταθερές



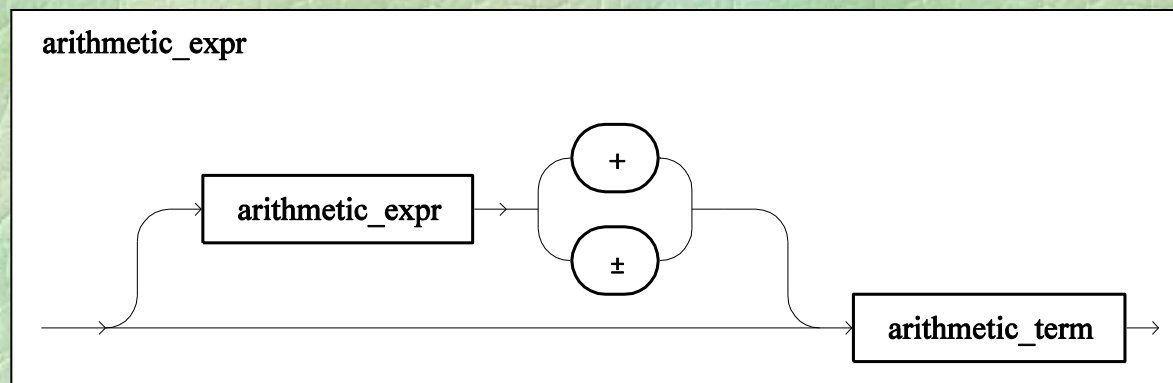
Σύνταξη παραστάσεων

(ii)

◆ Μεταβλητές (απλές)



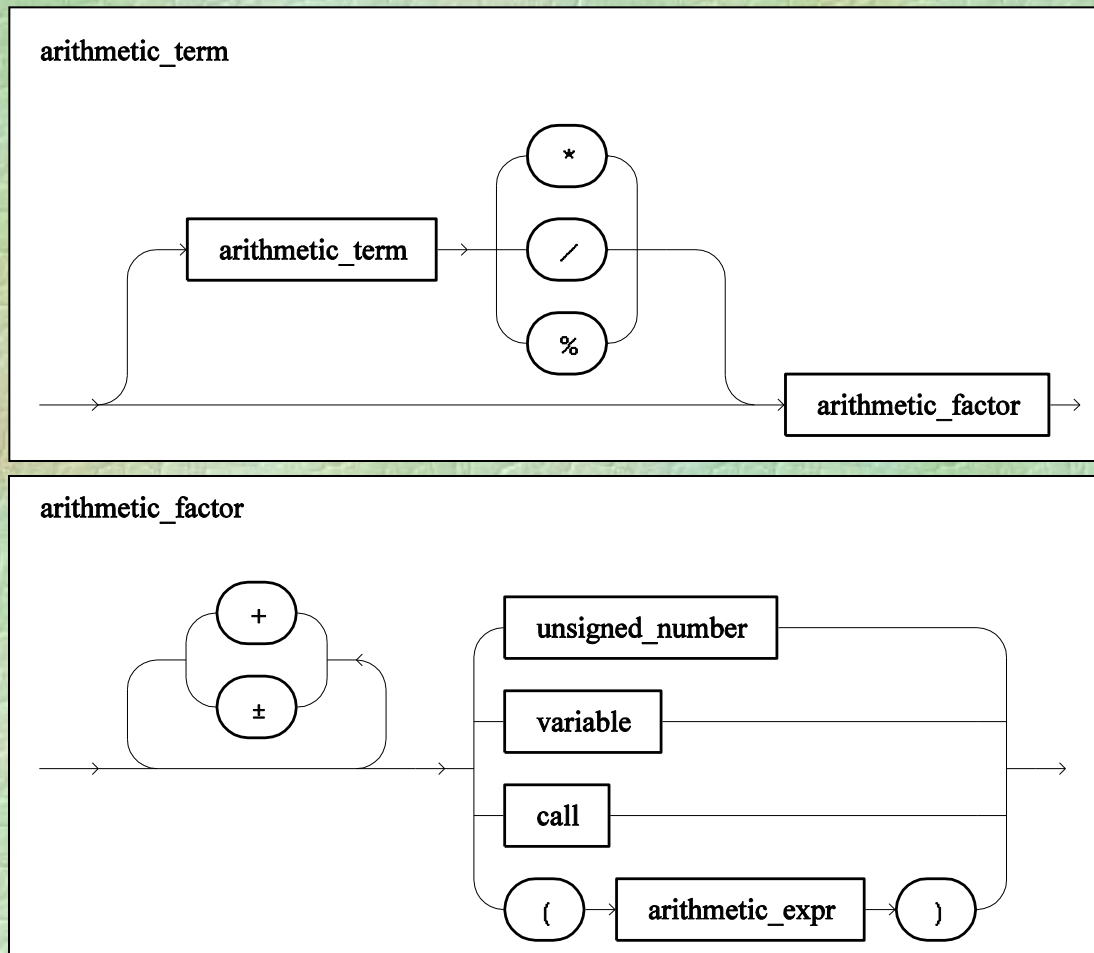
◆ Αριθμητικές παραστάσεις



Σύνταξη παραστάσεων

(iii)

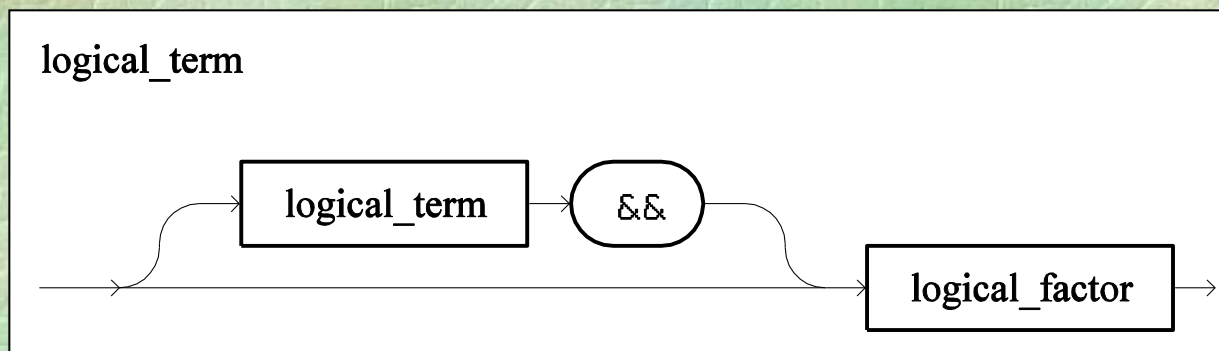
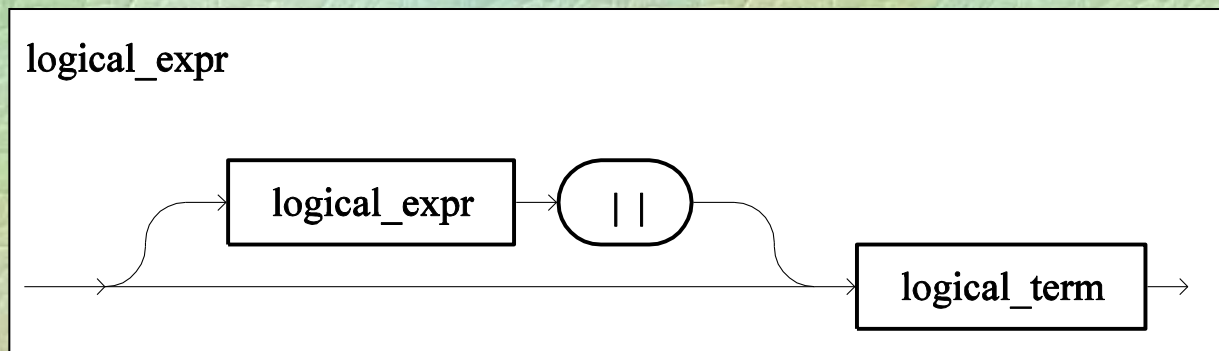
◆ Αριθμητικοί όροι και παράγοντες



Σύνταξη παραστάσεων

(iv)

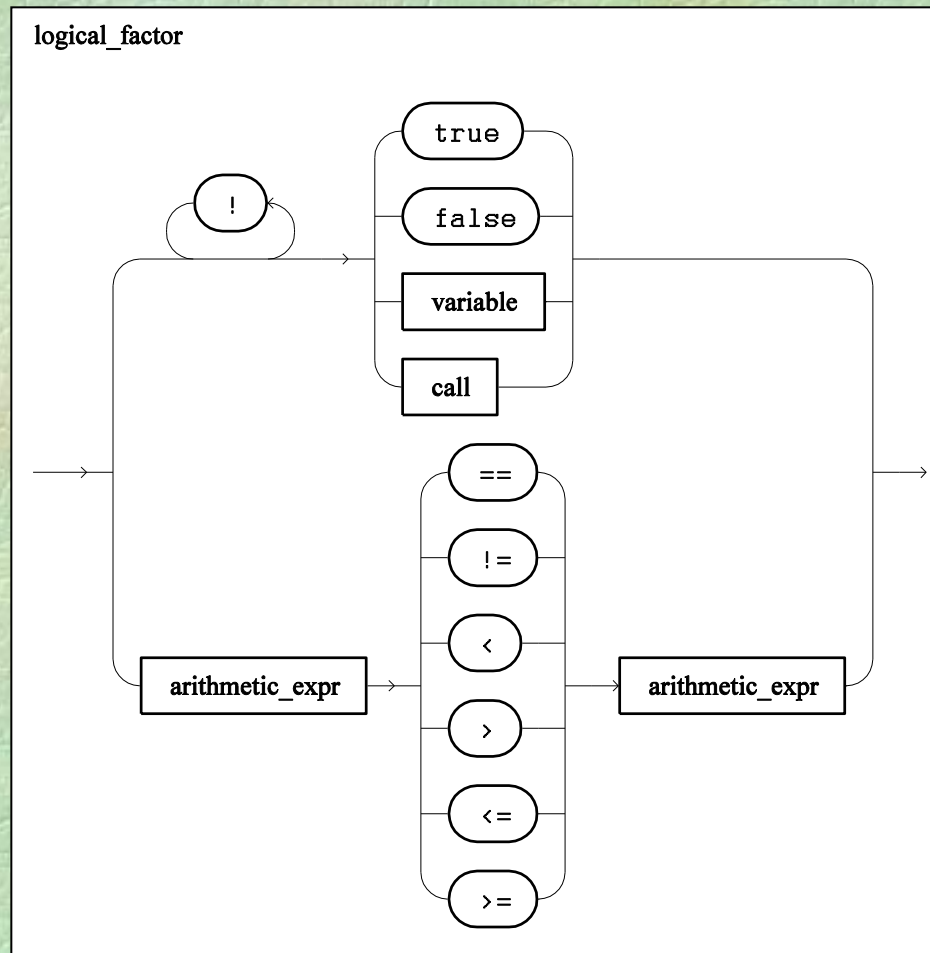
◆ Λογικές παραστάσεις και όροι



Σύνταξη παραστάσεων

(v)

◆ Λογικοί παράγοντες

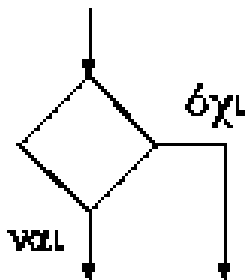
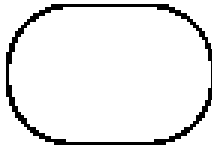


Δομές ελέγχου

- ◆ 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

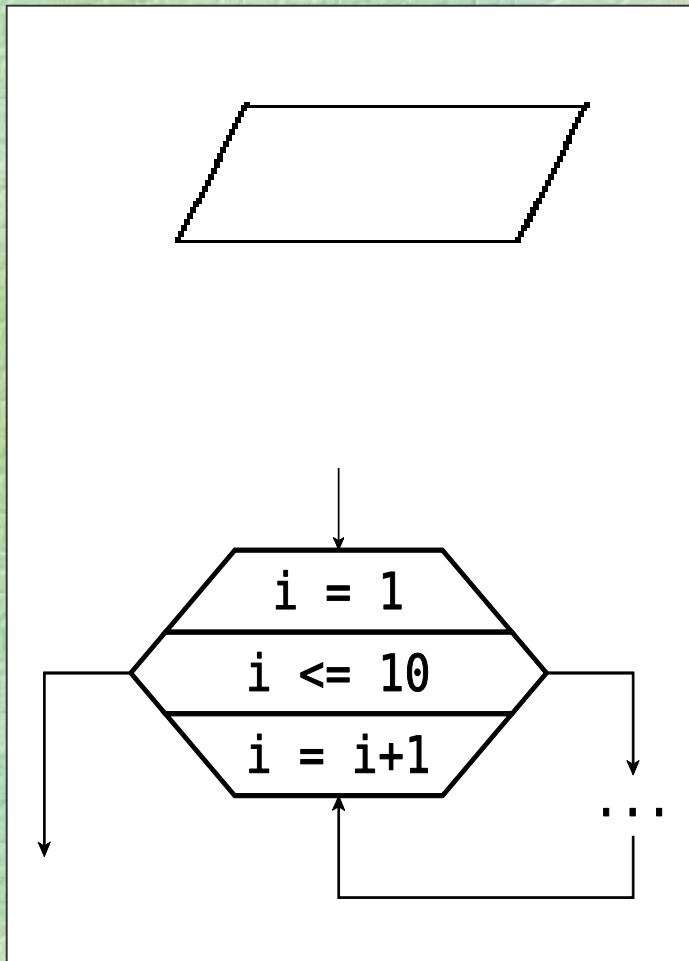
◆ Ολόκληρες λειτουργίες ή διαδικασίες

◆ Απλές εντολές

◆ Έλεγχος συνθήκης

Λογικά διαγράμματα ροής

(ii)



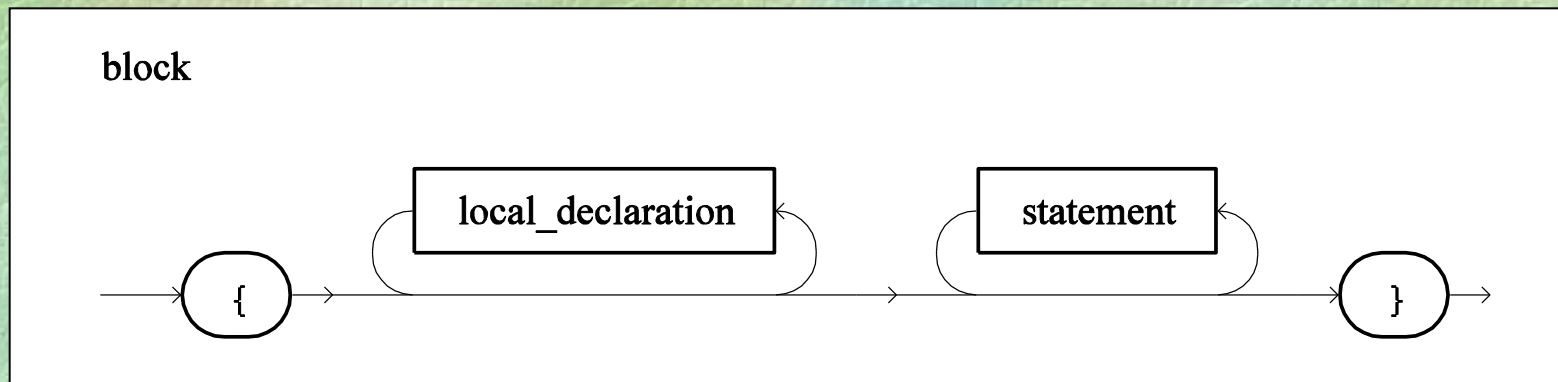
◆ Λειτουργία εισόδου/εξόδου

◆ Επανάληψη (βρόχος)

Σύνθετη εντολή

(i)

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



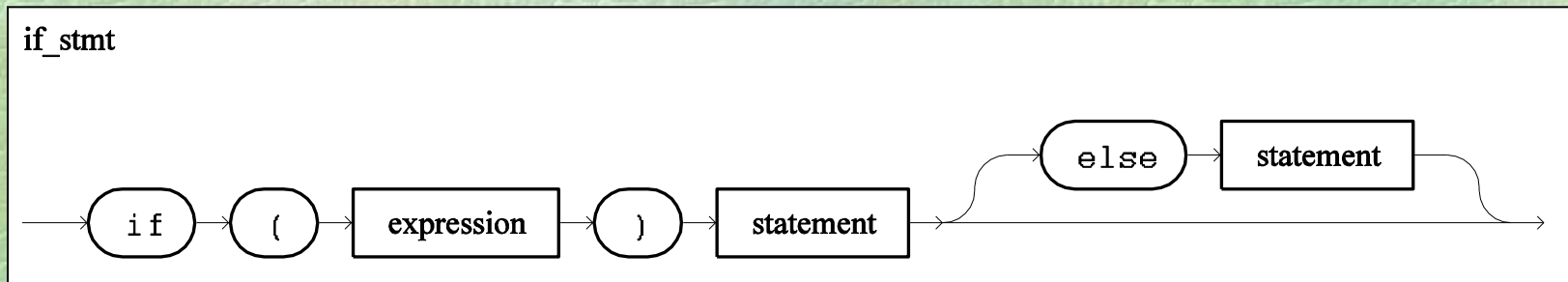
◆ Παραδείγματα

```
{  
    int x=2, y=3, z=3;  
    WRITELN(x, y, z);  
}  
  
{  
    a=2; b=3;  
    {  
        c=3;  
        WRITE(a, b, c);  
    }  
    WRITELN();  
}
```

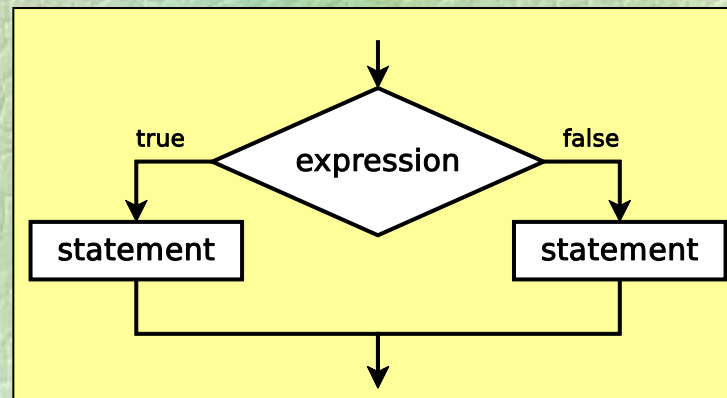
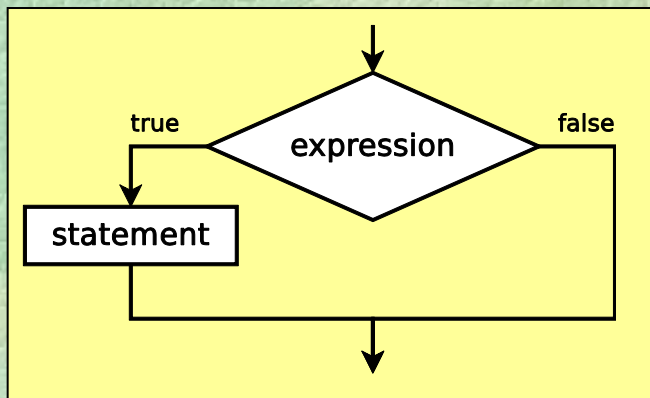
Εντολή if

(i)

- ◆ Εκτέλεση εντολών υπό συνθήκη
- ◆ Συντακτικό διάγραμμα



- ◆ Λογικό διάγραμμα



◆ Παραδείγματα

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

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

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

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


◆ Παραδείγματα

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


◆ 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

(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;  
}
```


◆ 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

(iv)

◆ Οι μέρες μέχρι την πρωτοχρονιά

Χωρίς **break**

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


Εντολή for

(i)

◆ 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

1

Για όλες τις τιμές
της μεταβλητής **i**

2

Από το 1 μέχρι
και το 10

3

Εκτέλεσε
το σώμα

4

Αύξησε κατά 1
την τιμή της **i**

5

Επανάλαβε!

Εντολή for

(ii)

◆ Το **FOR** υπάρχει μόνο στο **pzhelp**

◆ Στη C++ υπάρχει η εντολή **for**

FOR (**i**, 1 **TO** 10) ...

είναι ισοδύναμο με

for (**i** = 1; **i** <= 10; **i**++) ...

Εντολή for

(iii)

◆ Μαθαίνω να μετράω (ξανά)

```
PROGRAM { // counting
    int i;
    WRITELN ("Look:");
    for (i = 1; i <= 10; i++)
        WRITELN (i);
}
```

Look:

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10

1

Εκκίνησε τη μεταβλητή **i**
από την τιμή 1

2

Όσο η τιμή της **i**
δεν ξεπερνά το 10

3

Εκτέλεσε
το σώμα

4

Αύξησε κατά 1
την τιμή της **i**

5

Επανάλαβε!

◆ Μαθαίνω να μετράω (ξανά)

```
PROGRAM { // counting
    WRITELN ("Look:");
    for (int i = 1; i <= 10; i++)
        WRITELN (i);
}
```

◆ Η μεταβλητή **i** ορίζεται και μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο μέσα στο βρόχο

◆ 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: $p = 2^i$

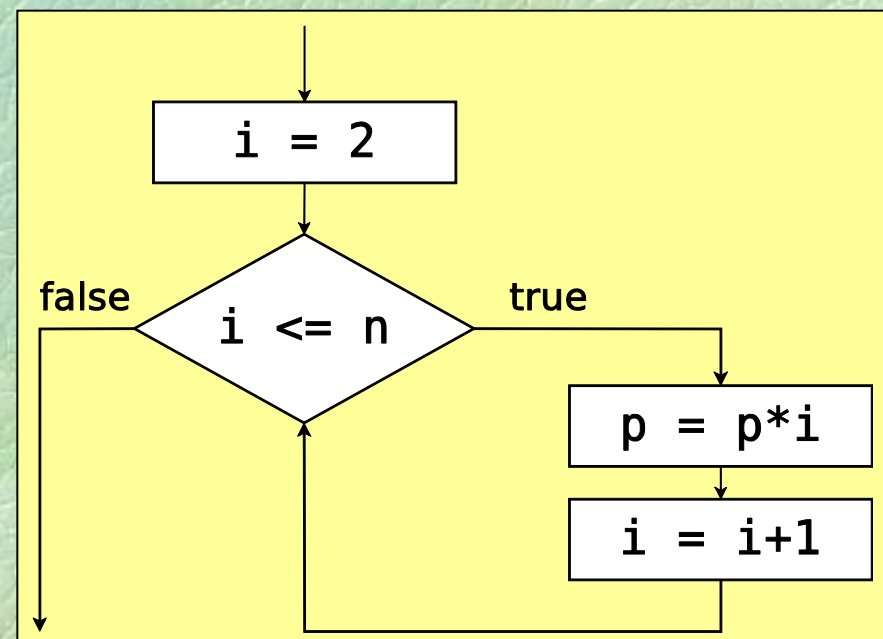
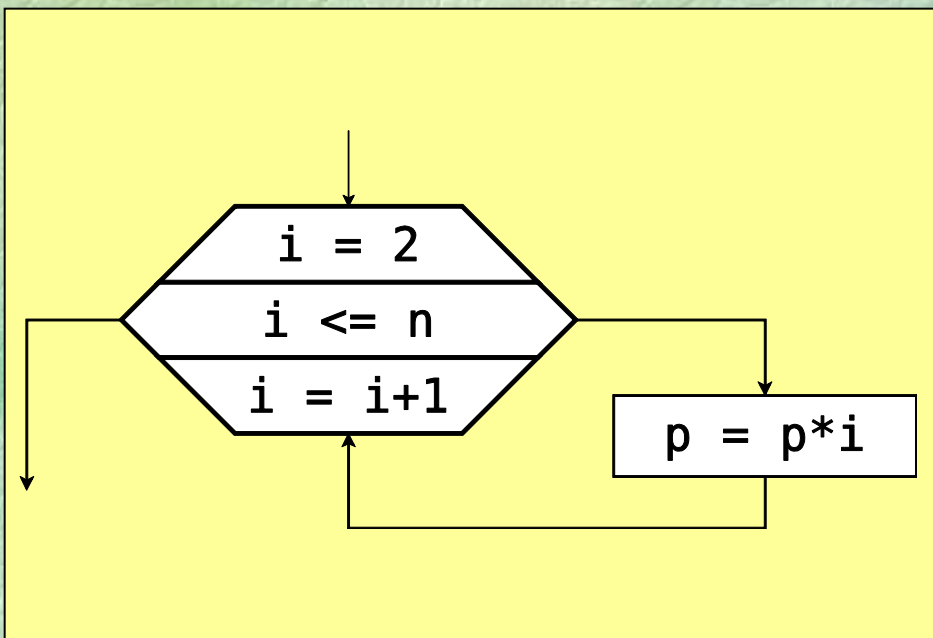
Εντολή for

(vi)

◆ Παραγοντικό

$$n! = 1 \times 2 \times 3 \times \dots \times n$$

$$0! = 1$$



Εντολή for

(vii)

◆ 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: $p = i!$

◆ 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 ();  
}
```

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


(ix)

◆ οι αριθμοί πηγαίνουν μέχρι το $n = 6$

◆ τι γίνεται για άλλες τιμές του n ;



Εντολή for

(X)

```
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) {
            WRITELN(i, j);
            count = count + 1;
        }
    WRITELN("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

(xi)

- ◆ 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) {
    WRITELN(i+1, "with largest", i);
    count = count + i + 1;
  }
  WRITELN("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

(xii)

◆ 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;
    WRITELN("Total", count, "pieces.");
}
```

Give n: 6↵
Total 28 pieces.

Give n: 17↵
Total 171 pieces.

Give n: 42↵
Total 946 pieces.

- ◆ 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 !

◆ Παραλλαγές: αύξηση και μείωση

◆ **FOR** (i, lower **TO** upper)

for (i = lower; i <= upper; i++)

αν $\text{lower} \leq \text{upper}$, θα γίνουν $\text{upper} - \text{lower} + 1$
επαναλήψεις, αλλιώς καμία

◆ **FOR** (i, upper **DOWNTO** lower)

for (i = upper; i >= lower; i--)

αν $\text{lower} \leq \text{upper}$, θα γίνουν $\text{upper} - \text{lower} + 1$
επαναλήψεις, αλλιώς καμία

◆ Παραλλαγές: αύξηση και μείωση με βήμα

◆ **FOR** (i, 1 **TO** 20 **STEP** 3)

for (i = 1; i <= 20; i += 3)

i παίρνει τις τιμές: 1, 4, 7, 10, 13, 16, 19

◆ **FOR** (i, 100 **DOWNTO** 50 **STEP** 5)

for (i = 100; i >= 50; i -= 5)

i παίρνει τις τιμές: 100, 95, 90, 85, ..., 60, 55, 50

◆ Ειδικές περιπτώσεις: μία φορά

```
FOR (i, 10 TO 10)
```

```
for (i = 10; i <= 10; i++)
```

```
FOR (i, 10 DOWNTO 10)
```

```
for (i = 10; i >= 10; i--)
```

◆ Ειδικές περιπτώσεις: καμία φορά

```
FOR (i, 12 TO 10)
```

```
for (i = 12; i <= 10; i++)
```

```
FOR (i, 10 DOWNTO 12)
```

```
for (i = 10; i >= 12; i--)
```


◆ Κακή ιδέα #1:

- ◆ Να αλλάζουμε τη μεταβλητή ελέγχου (π.χ. με ανάθεση) μέσα στο σώμα του βρόχου

```
FOR (i, 1 TO 10) {  
    if (i > 5) i = 20;  
    WRITELN(i) ;  
}
```

- ◆ Δεν απαγορεύεται, κάνει όμως δύσκολη την κατανόηση των βρόχων!

for: συγκεκριμένο, εκ των προτέρων γνωστό πλήθος επαναλήψεων!

◆ Κακή ιδέα #2:

- ◆ Να αλλάζουμε το (άνω ή κάτω) όριο (π.χ. με ανάθεση) μέσα στο σώμα του βρόχου

```
n = 10;  
FOR(i, 1 TO n) {  
    n--;                // ή χειρότερα n++;  
    WRITELN(i) ;  
}
```

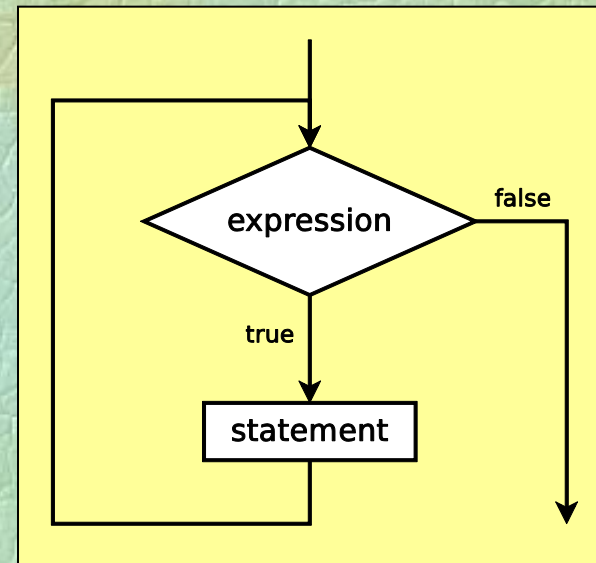
- ◆ Ούτε αυτό απαγορεύεται, κάνει όμως δύσκολη την κατανόηση των βρόχων!

for: συγκεκριμένο, εκ των προτέρων γνωστό πλήθος επαναλήψεων!

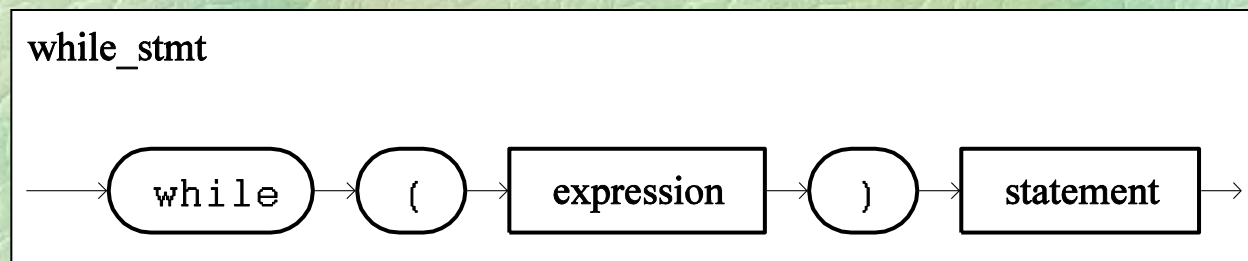
Εντολή while

(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 { // more powers of two
    int i, p;
    p = 1; i = 0;
    while (p <= 100000000) {
        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) MOD 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 MOD t != 0)
      t = t + 2;
    if (p == t) WRITELN(p);
  }
}
```

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

<u>Output</u>	p	t
2	3	3
3	5	3
5		5
7	7	3
11		5
...		7
997	9	3
	11	3
		5
		7
	...	...
	997	997
	999	3

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: $O(\min(a, b))$

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

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

```
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 $O(\max(a, b))$
- Στη μέση περίπτωση όμως, αυτός ο αλγόριθμος είναι καλύτερος του προηγούμενου

◆ 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, ") =");

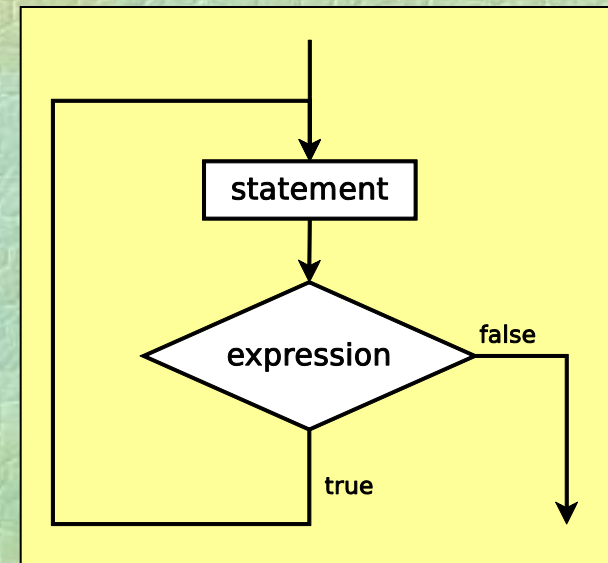
    a = abs(a); b = abs(b);

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

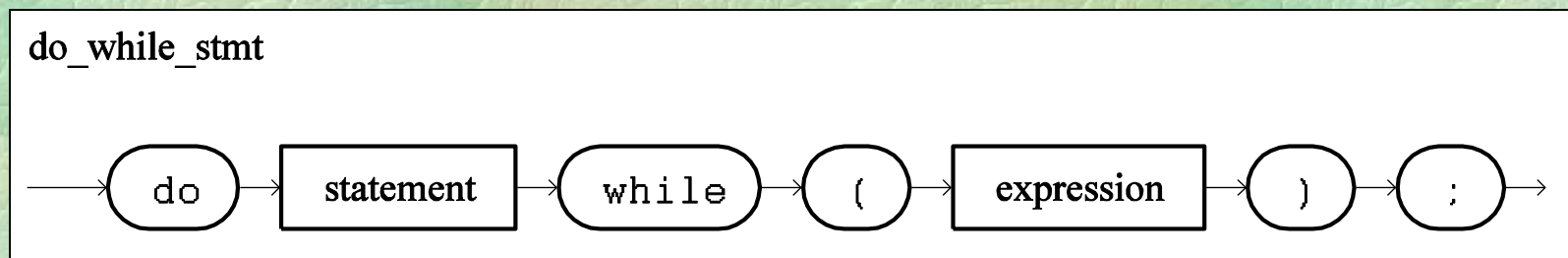

Εντολή do ... while

(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 ;

$$F_k \leq n \quad \text{και} \quad F_{k+1} > n$$

◆ NB: Η ακολουθία Fibonacci είναι **αύξουσα**

Εντολή do ... while

(iv)

```
PROGRAM { // fibonnaci
  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)

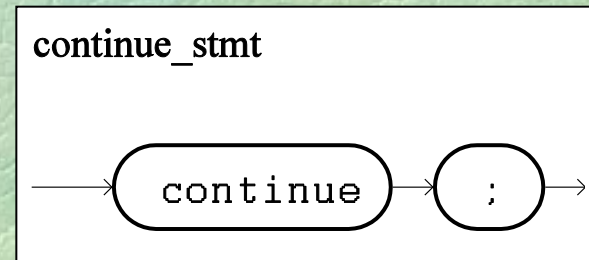
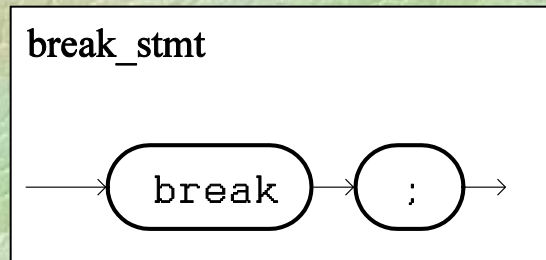
```
PROGRAM { // bigsum
    int sum, number; char symbol;
    do {
        sum = 0;
        do {
            number = READ_INT();
            sum = sum + number;
            do symbol = getchar();
            while (symbol != '+' AND
                  symbol != '=');
        } while (symbol == '+');
        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 MOD 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 MOD t != 0) t = t+2;
    if (p != t) continue;
    if ((17 * p) MOD 4217 == 42) {
      WRITELN("Counterexample:", p);
      break;
    }
  }
}
```

Counterexample: 95009

αν το p δεν
είναι πρώτος,
προχώρησε
στο επόμενο p

μόλις βρεις
αντιπαράδειγμα
σταμάτησε

$$17 \times 95,009 = 1,615,153 = 383 \times 4217 + 42$$

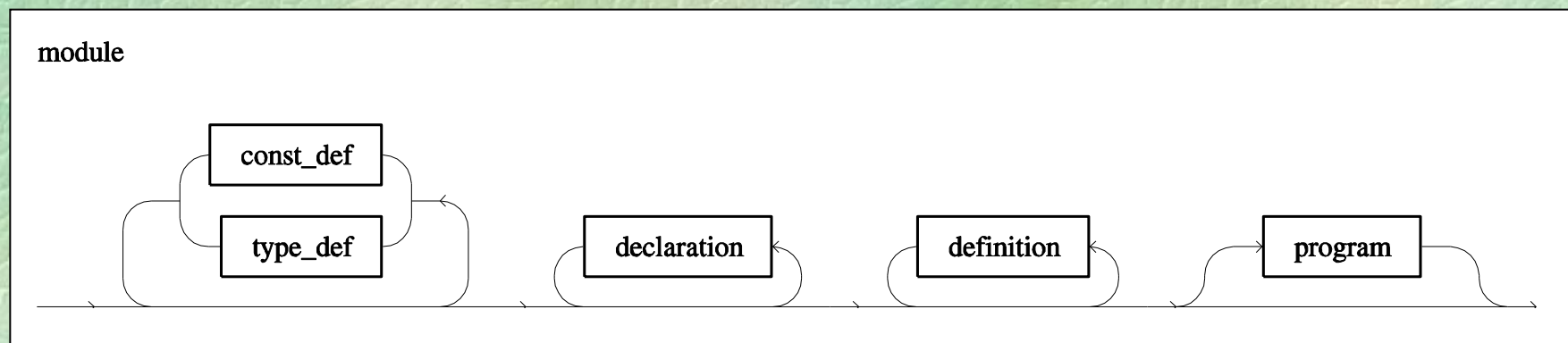
Κενή εντολή

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

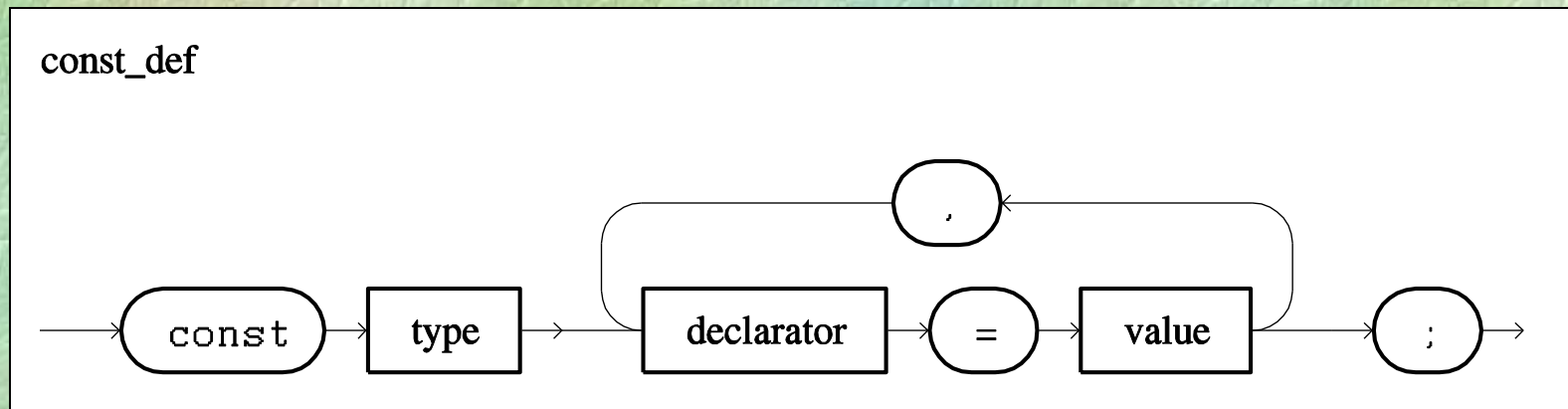
```
if (x>4) {  
    y = 1;  
    x = x-5;  
    ;           // κενή εντολή  
}
```


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



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



◆ 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) ...

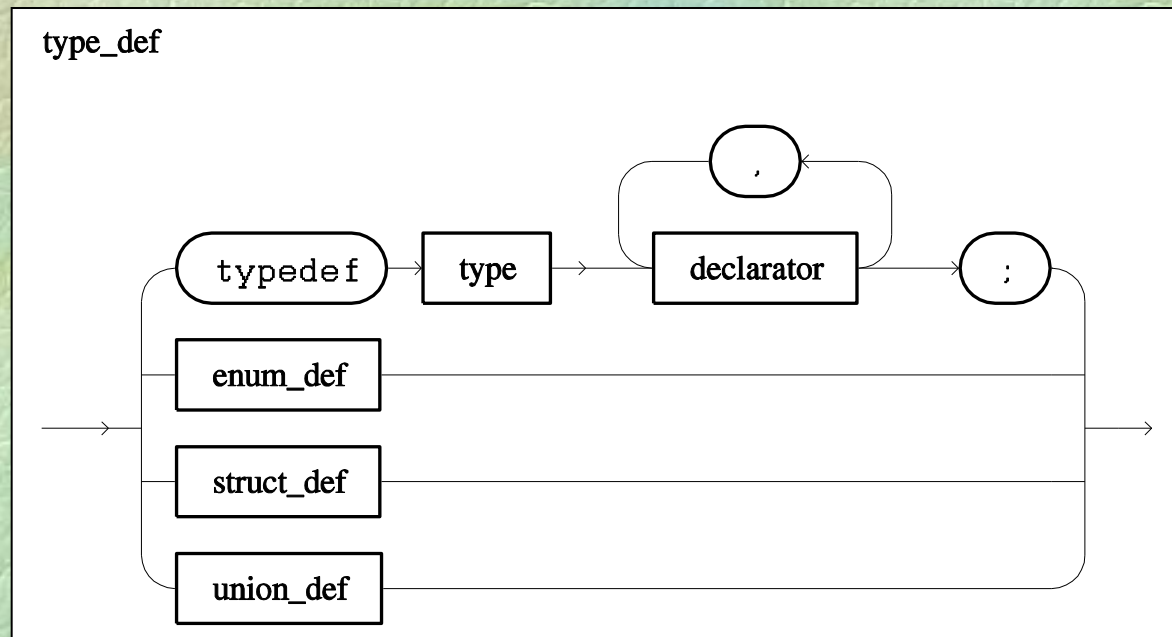
◆ Προκαθορισμένες σταθερές

◆ 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



◆ Παραδείγματα

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

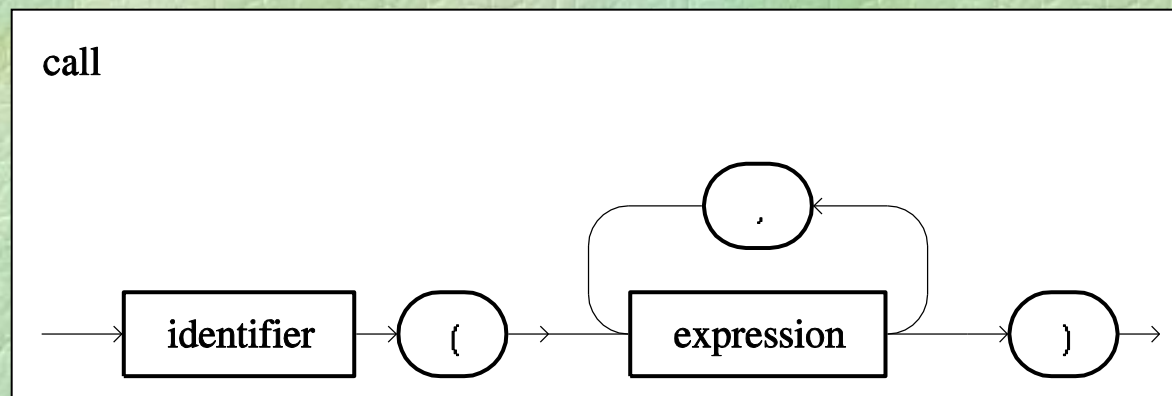
◆ Χρήση αντί των τύπων

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

◆ Προκαθορισμένοι τύποι

◆ π.χ. **int, REAL, bool, char**

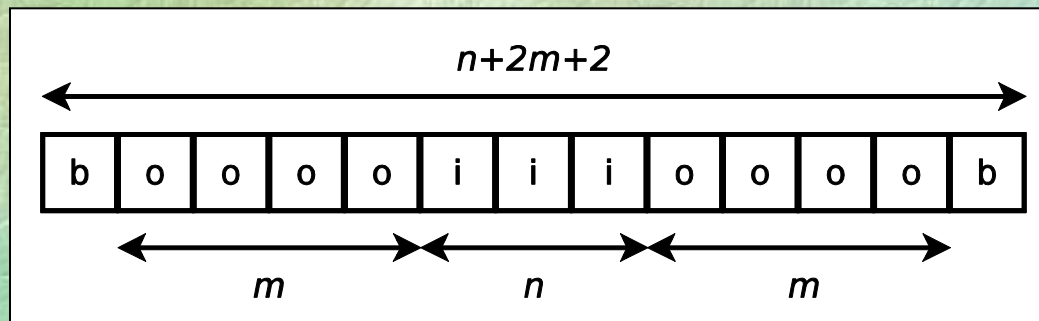
- ◆ Ορίζονται στο τμήμα δηλώσεων
- ◆ Κάθε ορισμός διαδικασίας περιέχει:
 - την επικεφαλίδα της
 - το σώμα της
- ◆ Καλούνται με αναγραφή του ονόματός τους και απαρίθμηση των παραμέτρων



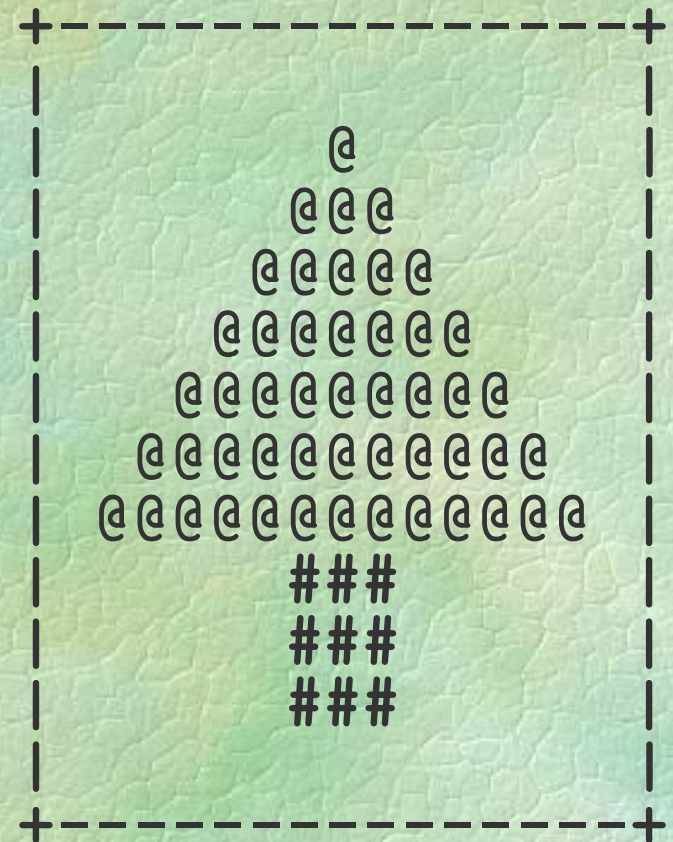
- ◆ **Εμβέλεια** ενός ονόματος (π.χ. μεταβλητής) είναι το τμήμα του προγράμματος όπου επιτρέπεται η χρήση του
- ◆ **Τοπικά (local)** ονόματα είναι αυτά που δηλώνονται σε ένα υποπρόγραμμα
- ◆ **Γενικά (global)** ονόματα είναι αυτά που δηλώνονται έξω από υποπρογράμματα και έχουν εμβέλεια σε ολόκληρο το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

- ◆ **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

- ◆ Χριστουγεννιάτικη καρτ ποστάλ
- ◆ Κάθε γραμμή έχει τη μορφή:



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



Διαδικασίες

(v)

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

```
{
```

```
  int i;
```

τοπική μεταβλητή

```
    WRITE (border);    // αριστερό πλαίσιο
```

```
    FOR (i, 1 TO m) WRITE (outside);
```

```
    FOR (i, 1 TO n) WRITE (inside);
```

```
    FOR (i, 1 TO m) WRITE (outside);
```

```
    WRITELN (border);  // δεξιό πλαίσιο
```

```
}
```

όνομα διαδικασίας

*εμβέλεια
του i*

*τυπικές
παράμετροι*

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

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


```
int a, b, c;
```

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

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

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

Διαδικασίες

(ix)

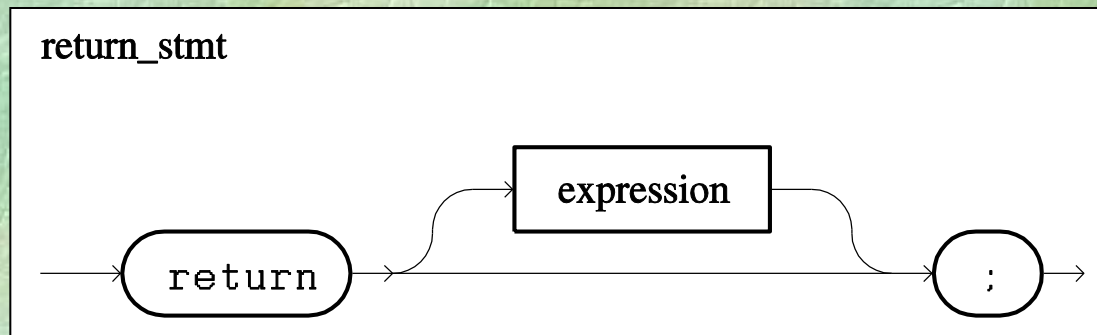
Global	a	b	c
	1	2	3
	4		
	8		
p17	a	x	b
	2	3	17
p42	y	b	c
	17	3	42
	16	46	43
p42	y	b	c
	3	4	42
	2	47	43

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();  
    WRITELN("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)

◆ Στοιχισή

- Πρόγραμμα και υποπρογράμματα

PROGRAM {
 δηλώσεις
 εντολές
}

PROC ... {
 δηλώσεις
 εντολές
}

FUNC ... {
 δηλώσεις
 εντολές
}

- Απλές εντολές

if (...) εντολή
else εντολή

while (...) εντολή

FOR (...) εντολή
for (...) εντολή

Παρουσίαση και συντήρηση (iii)

◆ Στοιχείωση (συνέχεια)

- Σύνθετες εντολές

```
if (...) {  
    εντολές  
}  
else {  
    εντολές  
}
```

```
while (...) {  
    εντολές  
}
```

```
FOR (...) {  
    εντολές  
}
```

```
do {  
    εντολές  
} while (...);
```

```
for (...) {  
    εντολές  
}
```


Παρουσίαση και συντήρηση (iv)

◆ Στοιχείωση (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) );
```

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

◆ ... αλλά και οτιδήποτε άλλο

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

			h	e	l	l	o
--	--	--	---	---	---	---	---

◆ Πραγματικές τιμές

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

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

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 ==, !=, <, >, <=, >=

- ◆ **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**

◆ 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';
```


◆ Διάβασμα ενός πίνακα

- γνωστό μέγεθος

```
for (i=0; i<10; i++)  
    a[i] = READ_INT();
```

- πρώτα διαβάζεται το μέγεθος

```
n = READ_INT();  
for (i=0; i<n; i++)  
    a[i] = READ_INT();
```

- στα παραπάνω πρέπει να προηγηθούν

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


◆ 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; i<10; i++) WRITELN(a[i]);
```

```
if (a[k] > a[k+1]) ...
```

◆ Αρχικοποίηση (με μηδενικά)

```
for (i=0; i<10; i++) a[i]=0;
```

◆ Εύρεση ελάχιστου στοιχείου

```
x = a[0];
```

```
for (i=1; i<10; i++)
```

```
    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  
}
```


◆ Μια δυνατή συγκεκριμενοποίηση

```
n = READ_INT();  
for (i=0; i<n; i++) a[i] = READ_INT();  
i=0;  
while (i < n AND a[i] != x) i=i+1;  
if (i < n)  
    WRITELN("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)

◆ Εναλλακτική συγκεκριμενοποίηση #1

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


◆ 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)  
    WRITELN("Το βρήκα στη θέση", i);  
else  
    WRITELN("Δεν το βρήκα");
```


◆ 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)
    WRITELN("Το βρήκα στη θέση", i);
else
    WRITELN("Δεν το βρήκα");
```


◆ Εναλλακτική συγκεκριμενοποίηση #4

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

◆ 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; i<n; i++)
```

```
    a[i] = READ_INT();
```

```
x = READ_INT();
```

Αναζήτηση και εμφάνιση αποτελέσματος

```
}
```


◆ 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)
    WRITELN("Το βρήκα στη θέση", mid);
else
    WRITELN("Δεν το βρήκα");
```


Πολυδιάστατοι πίνακες

◆ Παράδειγμα

```
int a[10][16];
```

```
...
```

```
a[1][13] = 42;
```

```
...
```

```
for (i=0; i<10; i++)
```

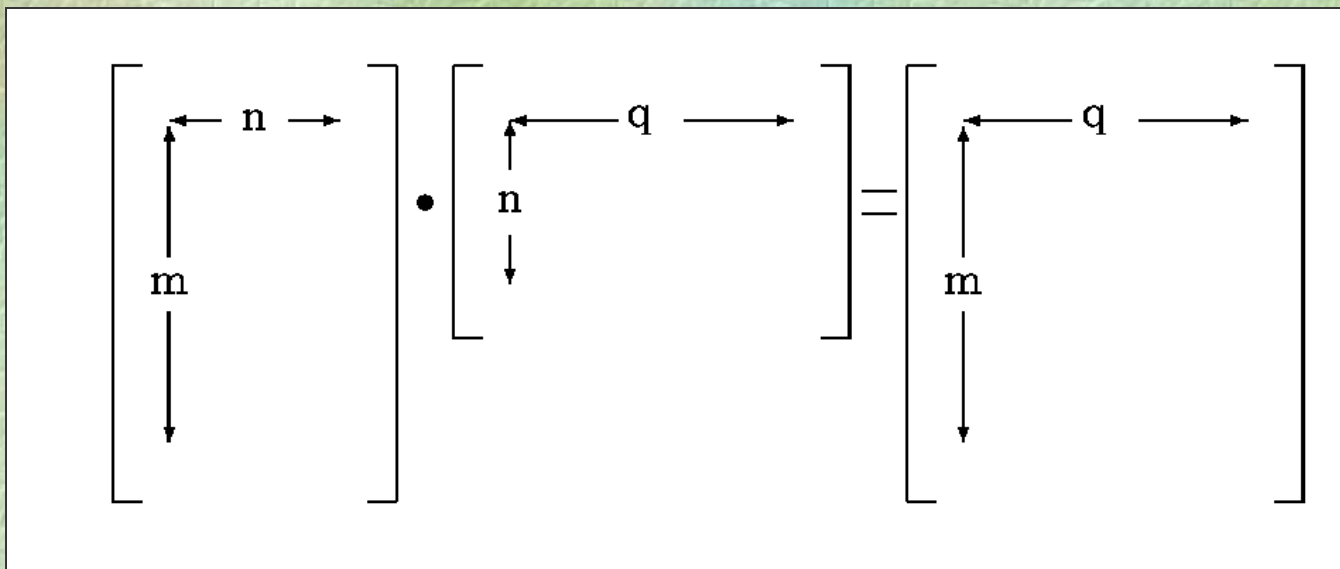
```
    for (j=0; j<15; j++)
```

```
        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; i<m; i++)
```

```
    for (j=0; j<q; j++) {
```

```
        c[i][j] = 0;
```

```
        for (k=0; k<n; k++)
```

```
            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

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

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

Μαγικά τετράγωνα

(ii)

				0

				0
1				

				0
1				
	2			

		3		
				0
1				
	2			

		3		
			4	
				0
1				
	2			

		3		
		5	4	
				0
1				
	2			

		3		
		5	4	
			6	0
1				
	2			

		3		
		5	4	
			6	0
1				7
	2			

		3		
		5	4	
			6	0
1				7
8	2			

	9	3		
		5	4	
			6	0
1				7
8	2			

10	9	3		
		5	4	
			6	0
1				7
8	2			

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

◆ Κατασκευή για περιττό n

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

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

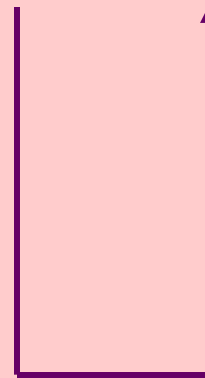
for (i = 0; i < n; i++) {
    for (j = 0; j < n; j++)
        WRITE(FORM(a[i][j], 4));
    WRITELN();
}
```


- ◆ 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**
 $0! = 1 \quad (n+1)! = (n+1) * n!$

◆ Παράδειγμα: παραγοντικό (συνέχεια)

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

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



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

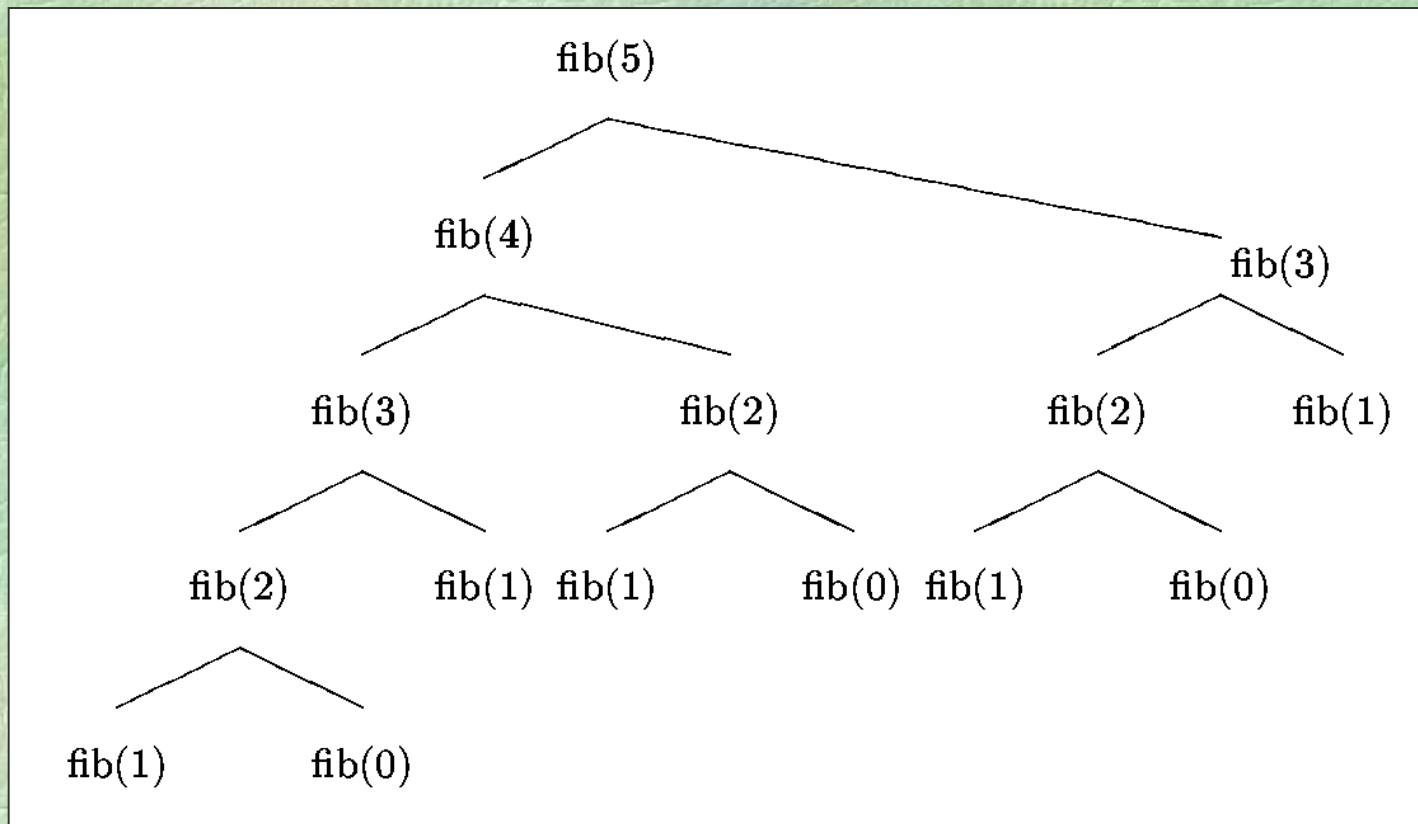
◆ Αριθμοί Fibonacci

- $F_0 = 0$, $F_1 = 1$
- $F_{n+2} = F_n + F_{n+1}$, $\forall n \in \mathbb{N}$

◆ Αναδρομική συνάρτηση υπολογισμού

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


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



◆ 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);  
}
```


◆ Συνάρτηση παρόμοια με του Ackermann

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

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

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

```
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);  
}
```


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

Αριθμητικοί υπολογισμοί (ii)

◆ Αριθμητικά σφάλματα

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

◆ Αναπαράσταση των αριθμών

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

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

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

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

Εύρεση τετραγωνικής ρίζας (i)

- ◆ Χωρίς χρήση της συνάρτησης **sqrt**
- ◆ Μέθοδος Βαβυλωνίων
- ◆ Καταγράφεται για πρώτη φορά από τον Έρωνα τον Αλεξανδρεύ
- ◆ Ειδική περίπτωση της γενικότερης μεθόδου του **Newton**, για την εύρεση της ρίζας οποιασδήποτε συνεχούς συναρτήσεως $f(y) = 0$ εδώ: $f(y) = y^2 - x$ για κάποιο δοθέν x

Εύρεση τετραγωνικής ρίζας (ii)

◆ Περιγραφή της μεθόδου

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

Εύρεση τετραγωνικής ρίζας (iii)

- ◆ 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

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

- Σχετική σύγκλιση

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

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;  
}
```