

Κεφάλαιο 4: Μεταβλητές, Εκφράσεις, Εντολές

Αρχές Γλωσσών Προγραμματισμού και Μεταφραστών

Γιάννης Γαροφαλάκης, Σπύρος Σιούτας, Παναγιώτης Χατζηδούκας

Μεταβλητές (1)

- **Μεταβλητή**: Αφαιρετική αναπαράσταση διεύθυνσης μνήμης, ή συλλογής διευθύνσεων μνήμης του Η/Υ.
- **Αναγνωριστικό ή Όνομα (id)**: Συνδυασμός από αλφαριθμητικούς χαρακτήρες. Είναι ένα μόνο από τα συστατικά μιας μεταβλητής.

Το **id** είναι συστατικό και άλλων δομών:

□ Υποπρογράμματα, παράμετροι, labels*, ...

- Σχεδιαστικά θέματα για τα ονόματα:
 - Μορφή. Διάκριση πεζών/κεφαλαίων γραμμάτων, άλλοι περιορισμοί.
 - Δεσμευμένες Λέξεις **vs** Λέξεις Κλειδιά.

Μεταβλητές (2)

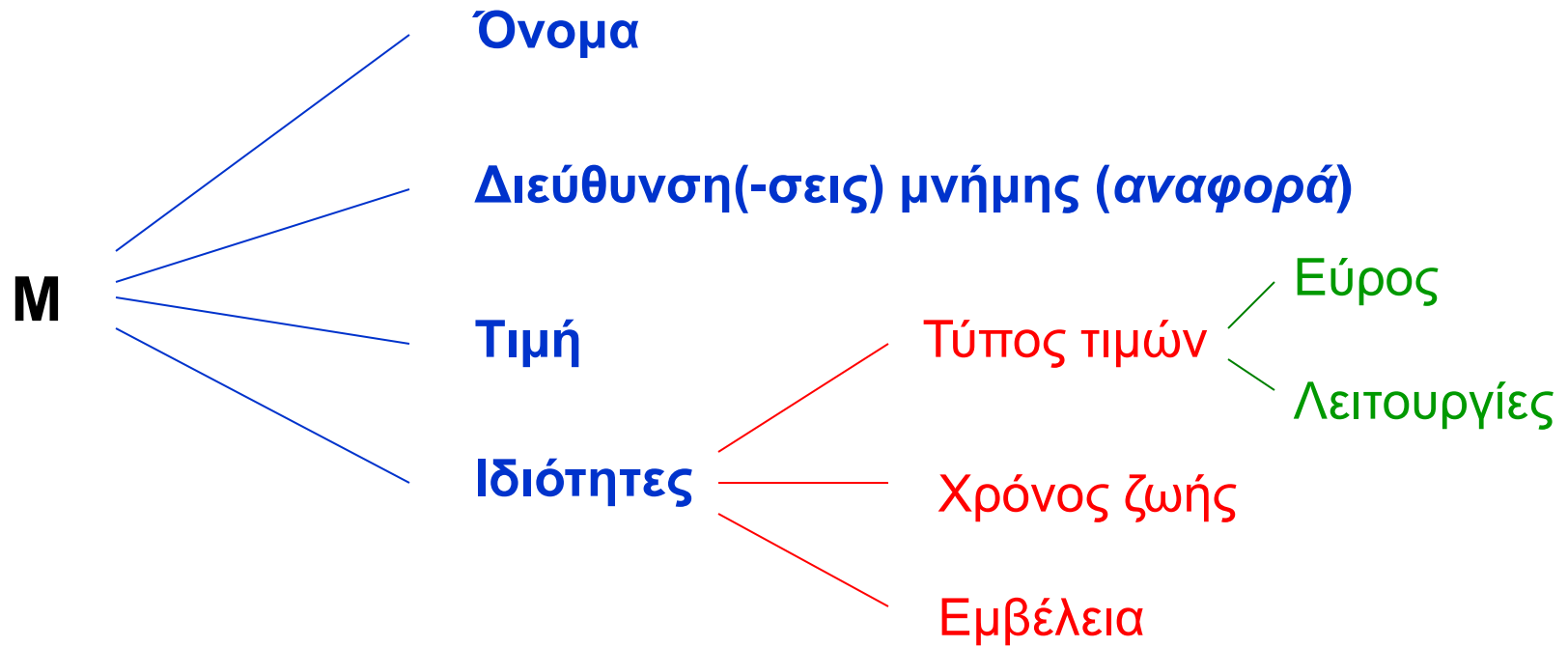
- $X = 2.5;$

«X είναι το όνομα (id) μιας θέσης (ή θέσεων) μνήμης που περιέχει(-ουν) πλέον τον αριθμό 2.5»

Και η πρόταση αυτή δεν είναι πλήρης...

- Μία μεταβλητή **M** αποτελείται από 4 στοιχεία:

Μεταβλητές (3)



Μεταβλητές (4)

- Η σχέση **ονόματος – διεύθυνσης** δεν είναι αμφιμονοσήμαντη.
- *A. Ίδιο όνομα – Διαφορετικές διευθύνσεις (δηλαδή, διαφορετικές μεταβλητές)*
 - Σε ένα πρόγραμμα, σε κάθε μία από δύο συναρτήσεις f_1 , f_2 , μπορεί να ορίζεται μία μεταβλητή (τοπική) με το όνομα X .
 - Όταν μία συνάρτηση f καλείται αναδρομικά, κάθε κλήση της f ορίζει διαφορετικές θέσεις μνήμης (και άρα μεταβλητές), για τα ονόματα που είναι τοπικές μεταβλητές της f .
 - Αν η συνάρτηση f με τοπική μεταβλητή την Y , κληθεί από τις συναρτήσεις f_1 , f_2 , η Y θα έχει συνδεθεί με διαφορετικές μνήμες στις f_1 , f_2

Μεταβλητές (5)

- Β. Διαφορετικά ονόματα – Ίδια διεύθυνση
Ψευδωνυμία (κακό για αναγνωσιμότητα...)

Μπορεί να δημιουργηθεί με διάφορους τρόπους:

- Άμεσα

- Στη **FORTRAN** με την εντολή **EQUIVALENCE**
- ΣΤΙΣ **C, C++** με **union variables**:

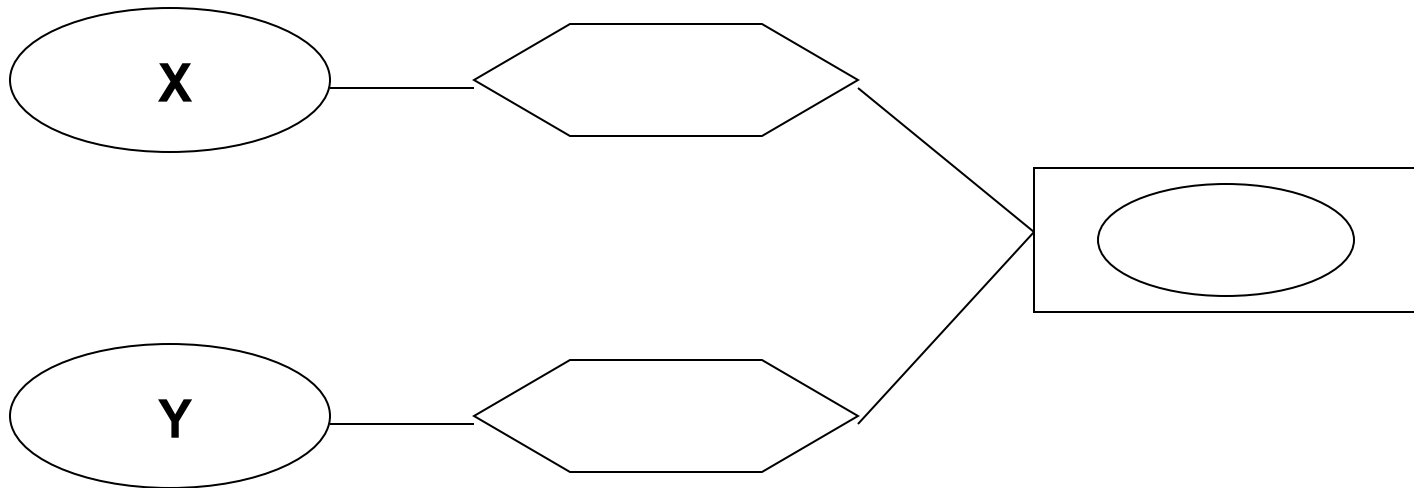
```
union Data {  
    int i;  
    float f;  
    char str[20];  
} data;
```

- Έμμεσα

- Με την κλήση υποπρογραμμάτων (by reference)
- Με τη χρήση pointers

Μεταβλητές (6)

Ψευδωνυμία

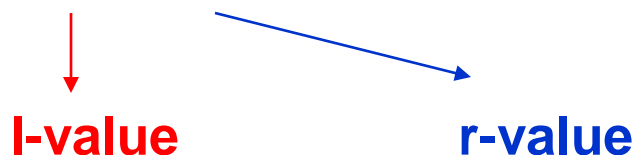


Μεταβλητές (7)

- Μία μεταβλητή **X** έχει 2 χρήσεις.

Στην εντολή ανάθεσης:

X = **X** + 1



- **l-value** (left value): Αναφορά στη θέση μνήμης
- **r-value** (right value): Αποαναφοροποίηση για να πάρουμε την τιμή

Ουσιαστικά ο τελεστής = της εντολής ανάθεσης, είναι ένας τελεστής που δέχεται 2 ορίσματα: **τιμή** (r-value) και **αναφορά** (l-value)

Μεταβλητές (8)

- **Αποαναφοροποίηση** (dereferencing): Πρόσβαση στη θέση μνήμης, και λήψη της υπάρχουσας τιμής.
- Στις περισσότερες γλώσσες, ο **r-value** ρόλος μιας μεταβλητής, συνάγεται *εμμέσως* από τη θέση της μεταβλητής, δηλαδή όταν βρίσκεται δεξιά από τον τελεστή ανάθεσης =
- Υπάρχουν γλώσσες, στις οποίες υπάρχει *ρητή* δήλωση του **r-value** ρόλου.

Π.χ. στην **BLISS** (system language πριν την C...):

X = **.X** + 1

(Το $X + 1$ θα επέστρεφε τη διεύθυνση του X αυξημένη κατά 1...)

Δέσμευση (1)

- **Δέσμευση (Binding):** Συσχέτιση δύο οντοτήτων. Π.χ. *ιδιότητας με μεταβλητή, operation με σύμβολο.*
- **Χρόνος Δέσμευσης (Binding Time):** Ο χρόνος που γίνεται η δέσμευση.
- Έχουμε τους εξής Χρόνους Δέσμευσης:
 - 1) Χρόνος Σχεδιασμού της Γλώσσας
 - 2) Χρόνος Υλοποίησης της Γλώσσας
 - 3) Χρόνος Γραφής του Προγράμματος
 - 4) Χρόνος Μετάφρασης του Προγράμματος
 - 5) Χρόνος Σύνδεσης του Προγράμματος
 - 6) Χρόνος Φόρτωσης του Προγράμματος
 - 7) Χρόνος Εκτέλεσης του Προγράμματος

Δέσμευση (2)

- 1) Χρόνος Σχεδιασμού της Γλώσσας
- 2) Χρόνος Υλοποίησης της Γλώσσας
- 3) Χρόνος Γραφής του Προγράμματος
- 4) Χρόνος Μετάφρασης του Προγράμματος
- 5) Χρόνος Σύνδεσης του Προγράμματος
- 6) Χρόνος Φόρτωσης του Προγράμματος
- 7) Χρόνος Εκτέλεσης του Προγράμματος

■ Διάφορες οντότητες δεσμεύονται σε διάφορους χρόνους:

- Ένα **σύμβολο** (π.χ. *****) με μία **λειτουργία**, στο χρόνο (1)
- Ένας **Τύπος Δεδομένων** (π.χ. **int**) με **εύρος τιμών**, στο (2)
- Ένα **όνομα** (π.χ. **A**) με μία **έννοια**, στο (3)
- Μία **μεταβλητή** με ένα **Τύπο Δεδομένων**, στο (4)
- Μία **Συνάρτηση** βιβλιοθήκης με τον **κώδικα** χρήστη, στο (5)
- Μία **μεταβλητή** με θέση(-εις) **μνήμης**, στο (6)
- Μία **μεταβλητή** με **τιμή**, στο (7)

Δέσμευση (3)

■ Παράδειγμα: Στον κώδικα

```
int count;  
count = count + 5;
```

- 1) Χρόνος Σχεδιασμού της Γλώσσας
- 2) Χρόνος Υλοποίησης της Γλώσσας
- 3) Χρόνος Γραφής του Προγράμματος
- 4) Χρόνος Μετάφρασης του Προγράμματος
- 5) Χρόνος Σύνδεσης του Προγράμματος
- 6) Χρόνος Φόρτωσης του Προγράμματος
- 7) Χρόνος Εκτέλεσης του Προγράμματος

υπάρχουν (μεταξύ άλλων) οι δεσμεύσεις:

- Το σύνολο των πιθανών Τύπων Δεδομένων του `count`, (1)
- Ο Τύπος Δεδομένων του `count` στο πρόγραμμά μας, (4)
- Το σύνολο των πιθανών τιμών του `count`, (2)
- Η τιμή του `count` στο πρόγραμμά μας, (7)
- Το σύνολο των πιθανών εννοιών του `+`, (1)
- Η έννοια του `+` στο πρόγραμμά μας, (4)
- Η εσωτερική αναπαράσταση του `5`, (2)

Δέσμευση (4)

- **Διάρκεια Ζωής της δέσμευσης:** Η χρονική περίοδος μεταξύ της δημιουργίας και της καταστροφής μιας δέσμευσης (π.χ. ενός ονόματος με μια μεταβλητή)
- **Διάρκεια Ζωής αντικειμένου:** Η χρονική περίοδος μεταξύ της δημιουργίας και της καταστροφής του αντικειμένου (π.χ. τοπικής μεταβλητής)
- Δεν συμπίπτουν απαραίτητα:
 - Ένα αντικείμενο μπορεί να έχει μεγαλύτερη διάρκεια από αυτήν της δέσμευσης. Π.χ. όταν μια μεταβλητή μεταβιβάζεται με αναφορά σε μια υπορουτίνα, η δέσμευση του ονόματος της παραμέτρου και της μεταβλητής έχει μικρότερη διάρκεια από αυτήν της μεταβλητής.
 - Μία δέσμευση μπορεί να έχει μεγαλύτερη διάρκεια από αυτήν του αντικειμένου. Π.χ. αν ένα αντικείμενο που έχει δημιουργηθεί με `new` στην `C++`, μεταβιβαστεί ως παράμετρος με `&` και μετά καταστραφεί με `delete` πριν επιστρέψει η υπορουτίνα, έχουμε **αιωρούμενη αναφορά** (dangling reference).

Δέσμευση (5)

- **Στατική Δέσμευση:** Όταν γίνεται πριν το χρόνο εκτέλεσης του προγράμματος (6) και δεν αλλάζει κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης.
- **Δυναμική Δέσμευση:** Αλλιώς.

Α. Δέσμευση Μεταβλητής με Τύπο Δεδομένων (ΤΔ)

- Στατική Δέσμευση
 - Με **Ρητή** (explicit) δήλωση
 - Π.χ. στη **C**: `int A;`
 - Με **Έμμεση** (implicit) δήλωση
 - Π.χ. στη συναρτησιακή γλώσσα **ML** (Meta Language):
(*Hindley–Milner type system*)

Δέσμευση (6)

Οι ΤΔ των εκφράσεων συνάγονται από τα συστατικά (π.χ. σταθερές):

Στην εντολή `fun circ(r) = 3.14 * r * r;`, το `circ` θεωρείται **real**

Στην εντολή `fun times(x) = 10 * x;`, το `times` θεωρείται **integer**

Αν δεν συνάγεται ο ΤΔ, συντακτικό λάθος. Π.χ στο `fun sq(x) = x * x;` χρειάζεται να γίνει ρητή δήλωση:

`fun sq(x): int = x * x;` ή `fun sq(x: int) = x * x;` ή `fun sq(x) = (x: int) * x;`

Τώρα, όλες οι γλώσσες (εκτός **ML**, **Perl**) έχουν ρητή δήλωση.

Perl: `$a` (βαθμωτός ΤΔ), `@a` (array ΤΔ), διαφορετικές μεταβ/τές.

Ορισμένες αρχικές γλώσσες είχαν ένα είδος έμμεσης δήλωσης.

Π.χ. στην **FORTRAN** αν υπήρχε `id` που δεν είχε δηλωθεί ρητά, συναγόταν έμμεσα ο ΤΔ ως εξής:

- Αν το όνομα αρχίζει από **I, J, K, L, M, N** είναι **INTEGER**
- Αλλιώς είναι **REAL**

Δέσμευση (7)

■ Δυναμική Δέσμευση

- Η μεταβλητή δεσμεύεται με ΤΔ κάθε φορά που παίρνει τιμή, δηλαδή όταν είναι **l-value**.
- Δεσμεύεται με τον ΤΔ που έχει η τιμή της μεταβλητής **r-value**, ή της έκφρασης που είναι δεξιά του =
- Γλώσσες: **APL, SNOBOL, PHP, JavaScript, Python**
- ΘΕΤΙΚΑ:
 - Ευελιξία
 - Δυνατότητα για generic συναρτήσεις
- ΑΡΝΗΤΙΚΑ:
 - Δεν υπάρχει δυνατότητα εντοπισμού λαθών στη μετάφραση
 - Μεγάλο κόστος για έλεγχο των ΤΔ κατά την εκτέλεση

Δέσμευση (8)

B. Δέσμευση Μεταβλητής με Διεύθυνση(-εις) Μνήμης

- **Εκχώρηση** (allocation): Η διαδικασία δέσμευσης της μεταβλητής με Δ/νση Μνήμης από τις διαθέσιμες.
- **Αποδέσμευση** (de-allocation): Η διαδικασία αποδέσμευσης και επιστροφής της μνήμης στις διαθέσιμες.
- **Διάρκεια Ζωής**: Ο χρόνος κατά τον οποίο η μεταβλητή είναι δεσμευμένη με διεύθυνση(-εις) μνήμης. Δηλαδή:

$$\text{Διάρκεια Ζωής} = (\text{Χρόνος Αποδέσμευσης}) - (\text{Χρόνος Εκχώρησης})$$

Δέσμευση (9)

Με βάση τον τρόπο δέσμευσης και τους χρόνους εκχώρησης και αποδέσμευσης, έχουμε διαφορετικού τύπου μεταβλητές:

■ **Static Variables**

- Η εκχώρηση γίνεται πριν την εκτέλεση του προγράμματος και δεν αλλάζει στη διάρκειά της.
- Global μεταβλητές.
- Στις **C**, **C++**, **Java** με **static**. Η **Pascal** όχι. Στις αρχικές **FORTRAN** (από **I** ως και **IV**), όλες οι μεταβλητές **static**.
- Πολλές φορές είναι history sensitive.
- ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑ: Αποδοτικές (μικρό overhead)
- ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑ: Μικρή ευελιξία (όχι αναδρομικότητα)

Δέσμευση (10)

■ Stack – Dynamic Variables

- Η εκχώρηση γίνεται όταν «εκτελείται» η εντολή δήλωσης της μεταβλητής (ο ΤΔ είναι στατικά συνδεδεμένος)
- Στη **C** και στη **C++** είναι τέτοιες οι μεταβλητές
- Στην αρχή εκτέλεσης του υποπρογράμματος γίνεται εκχώρηση της τοπικής μεταβλητής, αποδέσμευση μόλις λήξει η εκτέλεση.
- Εκχώρηση από την **run-time stack** μνήμη (οργανωμένη)
- Εκχώρηση και Αποδέσμευση με τρόπο *Last-In First-Out* (LIFO), συνήθως σε συνδυασμό με κλήση υπ/τος.
- ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑ: Δεν μπορούν να είναι history sensitive.
- ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑ: Αναδρομή

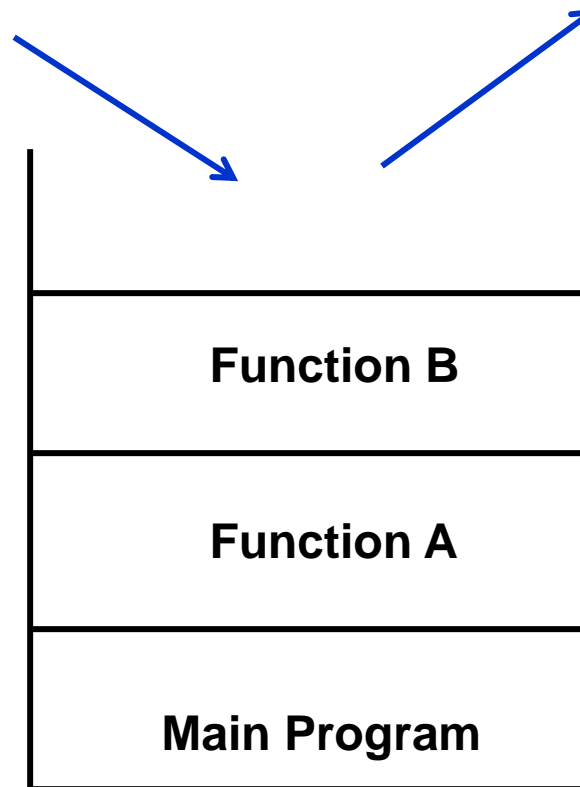
Δέσμευση (11)

Εκχώρηση

Αποδέσμευση

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ:

Η *run-time stack*, ενός προγράμματος στο οποίο το **Main** καλεί τη συνάρτηση **A**, η οποία με τη σειρά της καλεί τη συνάρτηση **B**



Δέσμευση (12)

■ Explicit Heap – Dynamic Variables

- Είναι ανώνυμα αντικείμενα των οποίων οι διευθύνσεις εκχωρούνται και αποδεσμεύονται με εντολές που εκτελούνται κατά την εκτέλεση του προγράμματος.
- Χρησιμοποιούν τη **heap storage**: Ανοργάνωτη συλλογή θέσεων μνήμης με «απρόβλεπτη» χρήση.
- Οι μεταβλητές αυτές μπορούν να προσπελασθούν μόνο από pointers ή objects.
- Εκχώρηση και Αποδέσμευση σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή.
- Στην **Java** όλα τα objects είναι explicit heap – dynamic variables

Δέσμευση (13)

■ Implicit Heap – Dynamic Variables

- Γίνεται εκχώρηση από την heap storage μόνο όταν η μεταβλητή παίρνει τιμή με εντολή ανάθεσης (**I-value**).
- Μαζί δεσμεύονται με τη μεταβλητή όλες οι ιδιότητες του ΤΔ της τιμής (δυναμική δέσμευση της μεταβλητής με ΤΔ)
- Ουσιαστικά είναι μόνο ονόματα που δεσμεύονται με ότι θέλουμε.
- **APL, ALGOL-68**
- ΘΕΤΙΚΑ:
 - Ευελιξία
 - Δυνατότητα για generic συναρτήσεις
- ΑΡΝΗΤΙΚΑ:
 - Μεγάλο κόστος για συντήρηση των δυναμικών ιδιοτήτων κατά την εκτέλεση

Σταθερές (1)

- Είναι «μεταβλητές» που δεσμεύονται με τιμή, **μόνο** όταν δεσμεύονται με μνήμη.
- Η τιμή δεν μπορεί να αλλάξει με εντολή ανάθεσης.
- **C, C++** : `const int s = 100;` **Pascal** : `const s = 100;`
- Η αρχική **C** δεν είχε σταθερές. Όμως ο **C** preprocessor περιλαμβάνει macro:
`#define LEN 100` : αντικαθίστανται όλες οι εμφανίσεις του `LEN` με το 100 (named literal)

Σταθερές (2)

- Οι σταθερές βοηθούν την αναγνωσιμότητα και την αξιοπιστία του προγράμματος.
- Εύκολη αλλαγή μεγέθους arrays και άλλων δομών.
- Στην **Ada** υπάρχει μεγάλη ευελιξία:
`MAX: constant integer := 2 * WIDTH + 1; (dynamic)`

Αρχικές Τιμές Μεταβλητών

- **Αρχικοποίηση:** Δέσμευση μεταβλητής με τιμή, τη στιγμή που δεσμεύεται με μνήμη (όπως η σταθερά).
- Διαφορά από σταθερά: Η σταθερά δεν αλλάζει τιμή.
- **FORTRAN:** `REAL PI, DATA PI /3.14159/`
- **C:** `int i = 0; float e = 1.0e-5;`
- **Pascal:** Όχι...
- **Ada:** `SUM: integer := 0;`
(Σταθερά: `SUM: constant integer := 0;`)
- **ALGOL 68:** `int first := 10;`
(Σταθερά: `int first = 10;`)
Κακή αναγνωσιμότητα...

Εκφράσεις (1)

- Βασικός τρόπος προσδιορισμού υπολογισμών σε μια ΓΠ
- Τρεις κατηγορίες Εκφράσεων:
 1. Αριθμητικές
 2. Σχεσιακές
 3. Λογικές

Εκφράσεις (2)

1. Αριθμητικές Εκφράσεις

Κατασκευές από:

- Τελεστές (operators)
- Τελεστέους (operands)
- Παρενθέσεις
- Κλήσεις Συναρτήσεων

Π.χ. $A + (B * C - D) - SYN(X)$

Τελεστές:

- Μοναδιαίοι (unary) π.χ. $- X$
- Δυαδικοί (binary) π.χ. $X + Y$
- Τριαδικοί (ternary) π.χ. $A ? B : C$

Εκφράσεις (3)

Η σειρά υπολογισμών σε μια αριθμητική έκφραση καθορίζεται από τα εξής:

A. Ιεραρχία Τελεστών

| FORTRAN | Pascal | C | Ada |
|----------------|---------------|---------------|------------|
| ** | * / div mod | Postfix ++ -- | ** abs |
| * / | + - | Prefix ++ -- | * / mod |
| + - | | Unary - | Unary + - |
| | | * / % | Binary + - |
| | | Binary + - | |

Εκφράσεις (4)

B. Associativity (Σειρά υπολογισμών στο ίδιο επίπεδο ιεραρχίας)

ΓΕΝΙΚΑ: Από αριστερά προς τα δεξιά

Εκτός από την ύψωση σε δύναμη:

$A^{**}B^{**}C$

- **FORTRAN**: από δεξιά προς αριστερά
- **Ada**: δεν υπάρχει κανόνας, χρειάζονται παρενθέσεις

Εκφράσεις (5)

| | |
|----------------|---|
| FORTRAN | Αριστερά: * / + - Δεξιά: ** |
| Pascal | Αριστερά: Όλα |
| C | Αριστερά: postfix (++ --) * / % binary (+ -) Δεξιά: prefix (++ --) unary - |
| C++ | Αριστερά: * / % binary (+ -) Δεξιά: ++ -- unary - |
| Ada | Αριστερά: Όλα εκτός ** Χωρίς κανόνα: ** |

Γ. Παρενθέσεις

Αλλάζουν τη σειρά υπολογισμού των A και B

Εκφράσεις (6)

Εκφράσεις υπό συνθήκη

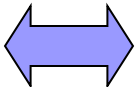
Μπορούν να χρησιμοποιηθούν όπως κάθε έκφραση

Π.χ. ο τριαδικός τελεστής των **C**, **C++**, **Java**:

<έκφραση_1> ? <έκφραση_2> : <έκφραση_3>

(αν <έκφραση_1> = TRUE , τότε <έκφραση_2> , αλλιώς <έκφραση_3>)

μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε εντολή ανάθεσης:

`av = (c==0) ? 0 : sum/count`  `if (c == 0)
then av = 0
else av = sum/count`

Εκφράσεις (7)

- Παράδειγμα:

$$M = (Vg < Va) ? Vg : Va$$

$$B = (M < 5) ? M : 0.7 * Vg + 0.3 * Va$$

Ο βαθμός σας στο μάθημα...

Vg = Βαθμός γραπτού

Va = Βαθμός άσκησης

$$B = (((Vg < Va) ? Vg : Va) < 5) ? ((Vg < Va) ? Vg : Va) : 0.7 * Vg + 0.3 * Va$$

Εκφράσεις (8)

2. Σχισιακές Εκφράσεις (Relational Expressions)

Αποτελούνται από:

- Σχισιακούς Τελεστέους (Αριθμητικές ή Λογικές Εκφράσεις)
- Σχισιακούς Τελεστές

- Η τιμή τους είναι *Boolean* (εκτός από τη **C**)
- Σχισιακός Τελεστής: Συγκρίνει τις τιμές δύο τελεστέων.

Εκφράσεις (9)

Σχεσιακοί Τελεστές

| Λειτουργία | Pascal | Ada | C | FORTRAN 77 |
|-------------------|---------------|------------|----------|-------------------|
| Μεγαλύτερο από | > | > | > | .GT. |
| Μικρότερο από | < | < | < | .LT. |
| Μεγαλύτερο ή ίσο | >= | >= | >= | .GE. |
| Μικρότερο ή ίσο | <= | <= | <= | .LE. |
| Ίσο | = | = | == | .EQ. |
| Άνισο | <> | /= | != | .NE. |

Εκφράσεις (10)

- Η **FORTRAN** αρχικά χρησιμοποιούσε τα παραπάνω σύμβολα, διότι οι διατρητικές μηχανές δεν είχαν τα σύμβολα $< >$
- Από τη **FORTRAN 90** και μετά, χρησιμοποιεί τα σύμβολα της **Pascal**, με $==$ για το «ίσο»
- Με ποια σειρά θα εκτελεστεί το παρακάτω;

$$A + 1 > B * 2$$



$$(A + 1) > (B * 2)$$

Σειρά: 2 3 1

Οι σχεσιακοί τελεστές έχουν χαμηλότερη προτεραιότητα από τους αριθμητικούς.

Εκφράσεις (11)

- Οι **JavaScript** και **PHP** έχουν δύο ακόμα σχεσιακούς τελεστές: **===** και **!==**
- Διαφέρουν από τα **==** και **!=** ως προς το ότι δεν κάνουν μετατροπή τύπου κατά τη σύγκριση. Π.χ.
 - **"7" == 7** και **"" == 0** είναι **true**
δηλαδή, μετατροπή του **"7"** σε **7** και του **""** σε **0** (!)
 - **"7" === 7** και **"" === 0** είναι **false**
- Αντίστοιχα η **Ruby** έχει το **eql?** για έλεγχο ισότητας χωρίς μετατροπή τύπου. Χρησιμοποιεί και το **===** αλλά μόνο στο **when** της εντολής **case** (...)

Εκφράσεις (12)

3. Λογικές Εκφράσεις (Boolean Expressions)

Αποτελούνται από:

- *Boolean Τελεστές*, δηλαδή:
 - *Boolean Μεταβλητές*
 - *Boolean Σταθερές* (π.χ. **TRUE**, **FALSE**)
 - *Σχεσιακές Εκφράσεις* (έχουν Boolean τιμή)
- *Boolean Τελεστές*
- Η τιμή τους είναι *Boolean* (εκτός από τη **C**)
- Boolean Τελεστής: Εκτελεί Boolean πράξη (**AND**, **OR**, **NOT**) στις τιμές δύο Boolean τελεστών.

Εκφράσεις (13)

Ιεραρχία Boolean Τελεστών

| Pascal | Ada | C | FORTRAN 77 |
|---------------|------------|----------|-------------------|
| NOT | NOT | ! | .NOT. |
| AND | AND, OR | && | .AND. |
| OR | | | .OR. |

- Οι αριθμητικές εκφράσεις είναι τελεστέοι σε σχεσιακές εκφράσεις, οι σχεσιακές εκφράσεις σε λογικές, και οι λογικές σε σχεσιακές.
- Συνεπώς χρειαζόμαστε ιεράρχηση όλων των τελεστών και των τριών τύπων εκφράσεων.

Εκφράσεις (14)

Ιεραρχία όλων των Τελεστών

| FORTRAN 77 | C | Pascal |
|-------------------------------|-----------------|-----------------|
| ** | ! | NOT |
| * / | Postfix ++, -- | * / div mod AND |
| + - | Prefix ++, -- | + - OR |
| .EQ. .NE. .GT. .LT. .LE. .GE. | Unary - | = <> < <= > >= |
| .NOT. | * / % | |
| .AND. | Binary + - | |
| .OR. | < <= > >= | |
| | == != | |
| | Bitwise (& ^) | |
| | && | |
| | | |
| | = | |

Εκφράσεις (15)

- Παράδειγμα στη **FORTRAN 77**:

`A+B.GT.2*C.AND.K.NE.0`

Σειρά: 2 3 1 5 4

`[(A+B).GT.(2*C)].AND.(K.NE.0)`

- Στην **Pascal**, οι Boolean τελεστές έχουν υψηλότερη προτεραιότητα από τους σχεσιακούς. Έτσι, η έκφραση

`A > 5 OR A < 0` είναι μη απαράδεκτη.

Πρέπει να γραφεί: `(A > 5) OR (A < 0)`

Εκφράσεις (16)

■ Boolean τιμές

- Στις περισσότερες γλώσσες: **TRUE, FALSE**
- **Java**: Οι *boolean* τιμές είναι 1 bit (αρκεί). Δεν συνδέεται με int Τύπο Δεδομένων
- **C++** : Έχει Τύπο Δεδομένων *bool*. Συνδέεται με int.
- **C** : Δεν έχει Boolean Τύπο Δεδομένων.
Χρησιμοποιούνται αριθμητικές τιμές:

0 → FALSE

άλλο → TRUE (παράγει το 1 για TRUE)

Η έκφραση $A > B > 4$ είναι νόμιμη στις **C**, **C++**

1 2

Εκφράσεις (17)

■ Υπολογισμός Περιορισμένης Έκτασης (Short – Circuit Evaluation)

Υπολογισμός μιας έκφρασης, χωρίς να χρειάζεται να υπολογιστούν όλοι οι τελεστές.

A. Σε αριθμητικές εκφράσεις:

$(4 * A) * (B / 3 - 1)$ Τι επίπτωση υπάρχει εδώ;

Αν $A = 0$, δεν χρειάζεται να υπολογιστεί το $(B / 3 - 1)$.

- Δύσκολο να εντοπιστεί
- Χρησιμοποιείται σπάνια

Εκφράσεις (18)

B. Σε λογικές εκφράσεις:

$(A \geq 0) \text{ AND } (B < 10)$

Αν $A < 0$, τότε $(A \geq 0) = \text{FALSE}$ και δεν χρειάζεται να υπολογιστεί το $(B < 10)$

- Πιθανές Παράπλευρες Συνέπειες (Side Effects):

$(A > B) \ \&\& \ (B++/2)$

Το B θα αλλάζει τιμή (B++), μόνο όταν $A > B$

- **C**, **C++**, **Java** χρησιμοποιούν υπολογισμό περιορισμένης έκτασης

Εντολές Ανάθεσης (1)

Μηχανισμοί με τους οποίους ο χρήστης αλλάζει δυναμικά τη σύνδεση μεταβλητών με τιμές.

1. Απλή Ανάθεση

Γενική σύνταξη:

<μεταβλητή-στόχος> <τελεστής ανάθεσης> <έκφραση>

- Οι **FORTRAN**, **BASIC**, **PL/1**, **C**, **C++** χρησιμοποιούν ως τελεστή ανάθεσης το **=**
- Μπορεί να δημιουργηθεί σύγχυση αν χρησιμοποιείται και ως σχεσιακός τελεστής (**PL/1**, **BASIC**). Π.χ. στην PL/1:
A = B = C : Βάζει ως τιμή του A, την Boolean τιμή της σχεσιακής έκφρασης **B = C**

Εντολές Ανάθεσης (2)

- Η **ALGOL** και στη συνέχεια οι **Pascal, Ada** χρησιμοποίησαν το **:=**
- Οι **FORTTRAN, Pascal, Ada** χρησιμοποιούν την εντολή ανάθεσης, μόνο ως κανονική εντολή ανάθεσης.
- Στις **C, C++, Java**, χρησιμοποιείται και ως *δυναμικός τελεστής*: Μπορεί να χρησιμοποιηθεί μέσα σε εκφράσεις.

2. Πολλαπλές μεταβλητές – στόχος

PL/1: SUM, TOTAL = 0

C, C++ : SUM = COUNT = 0

(πρώτα **COUNT = 0**, μετά **SUM = COUNT**)

Εντολές Ανάθεσης (3)

3. Μεταβλητές – στόχος υπό συνθήκη

C, C++ : `FLAG ? (COUNT1=10):(COUNT2=20)`

(if FLAG then COUNT1=10 else COUNT2=20)

4. Περιληπτικές εντολές ανάθεσης

Πρώτη η `ALGOL 68`, ακολούθησε η `C`:

`A+=B` \leftrightarrow `A = A + B`

Εντολές Ανάθεσης (4)

5. Μοναδιαίος τελεστής ανάθεσης

□ $SUM = ++COUNT \iff COUNT = COUNT + 1$
 $SUM = COUNT$

□ $SUM = COUNT++ \iff SUM = COUNT$
 $COUNT = COUNT + 1$

□ $COUNT++ \iff COUNT = COUNT + 1$

Όταν εφαρμόζονται δύο μοναδιαίοι τελεστές ανάθεσης στον ίδιο τελεστέο, η σειρά είναι από δεξιά προς αριστερά:

-- $COUNT++ \iff -- (COUNT++)$

Εντολές Ανάθεσης (5)

6. Εντολή ανάθεσης ως έκφραση (C, C++, Java)

Η εντολή ανάθεσης δημιουργεί ένα αποτέλεσμα (η τιμή που παίρνει η μεταβλητή – στόχος). Συνεπώς, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως έκφραση, ή ως τελεστέος σε μια άλλη έκφραση.

```
while (CH = getchar() != EOF) {...}
```

Σύγκριση νέου χαρακτήρα με EOF, και το αποτέλεσμα (0 ή 1) δίνεται ως τιμή στο CH. Ο τελεστής ανάθεσης είναι χαμηλότερης προτεραιότητας από σχεσιακούς τελεστές.

Αλλιώς:

```
while ((CH = getchar()) != EOF) {...}
```

Τώρα, πρώτα θα πάρει τιμή το CH, μετά θα συγκριθεί η τιμή αυτή με το EOF.

Εντολές Ανάθεσης (6)

- Μειονέκτημα χρήσης εντολής ανάθεσης ως δυαδικός τελεστής: Ένα είδος side effect.
- Αποτέλεσμα, δύσκολες στην ανάγνωση εκφράσεις. Π.χ.

$$a = b + (c = d / b) - 1$$

Σειρά εκτέλεσης:

$$c = d / b$$

$$\text{temp} = b + c$$

$$a = \text{temp} - 1$$

Εντολές Ανάθεσης (7)

Στη **C** είναι αποδεκτές οι δύο παρακάτω εντολές; Τι αποτέλεσμα θα έχουν;

1. `if (X == Y) then A = 1 else A = 0;`
2. `if (X = Y) then A = 1 else A = 0;`

Αποτέλεσμα:

1. Θα ελεγχθεί η ισότητα των X , Y . Αν $X = Y$ τότε $A=1$.
2. Θα ελεγχθεί η τιμή που θα πάρει το X . Αν δεν είναι 0, τότε $A=1$. Αν είναι 0, τότε $A=0$.

Η **Java** επιτρέπει μόνο Boolean εκφράσεις στην εντολή `if`, οπότε δεν επιτρέπεται η 2.

Δομές και Εντολές Ελέγχου Ροής Προγράμματος (1)

Ο έλεγχος ροής προγράμματος μπορεί να γίνει σε **τρία διαφορετικά επίπεδα**:

A. Μέσα σε μια **έκφραση**, με βάση την ιεραρχία των τελεστών και τους κανόνες προτεραιότητας.

B. Μεταξύ εντολών.

Γ. Μεταξύ των **τμημάτων** του προγράμματος

Το A (το έχουμε εξετάσει) είναι το «χαμηλότερο» επίπεδο. Τώρα θα δούμε το B.

Δομές και Εντολές Ελέγχου Ροής (2)

Σε ένα πρόγραμμα, εκτός από:

- Υπολογισμό εκφράσεων
- Ανάθεση τιμών

χρειάζονται:

1. Τρόποι επιλογής μεταξύ **εναλλακτικών** επιλογών
2. Τρόποι **επαναληπτικής** εκτέλεσης ομάδων εντολών

Για τα 1, 2 χρειαζόμαστε **Εντολές Ελέγχου**

ΔΟΜΗ ΕΛΕΓΧΟΥ:

Εντολή Ελέγχου + Ομάδα εντολών που ελέγχει

Δομές και Εντολές Ελέγχου Ροής (3)

Έχει αποδειχθεί θεωρητικά, ότι μια Γλώσσα Προγραμματισμού χρειάζεται **μόνο**:

- Είτε εντολή GOTO με επιλογή
- Είτε εντολή επιλογής 1 από 2, και λογικά ελεγχόμενη εντολή επανάληψης

A. ΣΥΝΘΕΤΕΣ ΕΝΤΟΛΕΣ

- ALGOL, Pascal: **begin** <εντολή_1>
..... <εντολή_κ> **end**
- C, C++, Java: { <εντολή_1>
..... <εντολή_κ> }

Δομές και Εντολές Ελέγχου Ροής (4)

B. ΕΝΤΟΛΕΣ ΕΠΙΛΟΓΗΣ

I. Δύο Επιλογών

Σχεδιαστικά Θέματα:

- Μορφή και τύπος της έκφρασης που ελέγχει την επιλογή.
- Επιλογή απλής εντολής, ακολουθίας εντολών, ή σύνθετης εντολής;
- Τρόπος υλοποίησης φωλιασμένων (nested) επιλογών.

Αρχικά στη **FORTRAN**: **IF** <Boolean expression> <εντολή>

Για πολλαπλές εντολές:

```
IF (FLAG .NE. 1) GO TO 20
I = 1
J = 2
20 CONTINUE
```

(Αρνητική λογική, δύσκολη ανάγνωση)

Δομές και Εντολές Ελέγχου Ροής (5)

Στη συνέχεια, η **ALGOL**:

```
if <Boolean expression> then <εντολή_1>  
    else <εντολή_2>
```

- Οι <εντολή_1> και <εντολή_2> μπορούν να είναι και Σύνθετες Εντολές
- Όλες οι γλώσσες στη συνέχεια, ακολουθούν την ίδια λογική

Δομές και Εντολές Ελέγχου Ροής (6)

II. Πολλαπλών Επιλογών

- Μπορεί να κατασκευαστεί από 2 επιλογών, αλλά
- Βοηθάει αναγνωσιμότητα και ευκολία γραφής

Αρχικά **FORTRAN**: **IF** <αριθμ_έκφραση> **L1, L2, L3**
αν <0 =0 >0

Η **ALGOL-W** εισήγαγε την εντολή **case**

C, C++, Java: **switch** (<έκφραση_int>) {
 case <const_expres_int_1> : <εντολή_1> ;
 ...
 case <const_expres_int_n> : <εντολή_n> ;
 break;
 [**default** : <εντολή_n+1>]
}

Δομές και Εντολές Ελέγχου Ροής (7)

C:

```
switch (index) {  
    case 1:  
        case 3: d+=1;  
            s+=index;  
            break;  
    case 2 :  
        case 4: e+=1;  
            v+=index;  
            break;  
    default: printf("Error");  
}
```

Pascal:

```
case index of  
    1, 3: begin  
        d:=d+1;  
        s:=s+index  
    end;  
    2, 4: begin  
        e:=e+1;  
        v:=v+index  
    end  
else writeln('Error')  
end
```

Δομές και Εντολές Ελέγχου Ροής (8)

C. ΕΝΤΟΛΕΣ ΕΠΑΝΑΛΗΨΗΣ

- Βασική λειτουργία των γλωσσών προγ/σμού.
- Κάνουν μια εντολή (ή ομάδα εντολών) να εκτελεστεί 0, 1 ή περισσότερες φορές.
- Οι Συναρτησιακές γλώσσες χρησιμοποιούν την αναδρομή για επανάληψη.
- Οι βασικές κατηγορίες εντολών επανάληψης, καθορίστηκαν από τις απαντήσεις των σχεδιαστών σε δύο βασικά ερωτήματα:

Δομές και Εντολές Ελέγχου Ροής (9)

- Πως ελέγχεται η επανάληψη;
 - Λογικά ελεγχόμενη (logically controlled)
 - Με μέτρηση (counter controlled)
- Που θα εμφανίζεται ο μηχανισμός ελέγχου στο βρόχο;
 - Στην αρχή (pre-test)
 - Στο τέλος (post-test)

Δομές και Εντολές Ελέγχου Ροής (10)

I. Επανάληψη με Μέτρηση

Μεταβλητή Βρόχου (MB) : Συντηρεί την τιμή μέτρησης.

Περιλαμβάνει επίσης:

- Αρχική Τιμή
 - Τελική Τιμή
 - Διαφορά Διαδοχικών Τιμών
- } *Παράμετροι βρόχου (ΠΒ)*

Σχεδιαστικά Θέματα:

- Τύπος και εύρος τιμών της MB.
- Η τιμή της MB στο τέλος της επανάληψης.
- Μπορεί η MB και οι ΠΒ να αλλάξουν μέσα στο βρόχο, και πως επηρεάζεται ο έλεγχος;
- Οι ΠΒ υπολογίζονται 1 φορά, ή σε κάθε επανάληψη;

Δομές και Εντολές Ελέγχου Ροής (11)

- C: Γενική μορφή:

```
for (<έκφραση_1> ; <έκφραση_2> ; <έκφραση_3>)  
    <Σώμα_Βρόχου>
```

<έκφραση_1> : Ορίζεται η ΜΒ και η Αρχική τιμή της.
Υπολογίζεται 1 φορά στην αρχή.

<έκφραση_2> : Έλεγχος βρόχου. Υπολογίζεται πριν από κάθε εκτέλεση του βρόχου. Σχεσιακή έκφραση (αν = 0, τότε τέλος).

<έκφραση_3> : Διαφορά διαδοχικών τιμών. Εκτελείται μετά από κάθε εκτέλεση. Αυξάνει τη Μεταβλητή Βρόχου.

Π.χ.

```
for (index=0; index<=10; index++)  
    sum = sum + list[index];
```

Δομές και Εντολές Ελέγχου Ροής (12)

- Οι **<έκφραση_2>** και **<έκφραση_3>** μπορούν να είναι εντολές, ή πολλαπλές εντολές (χωρίζονται με ,).
- Όλες οι <εκφράσεις> είναι προαιρετικές. Η default τιμή της **<έκφραση_2>** είναι TRUE (δηλαδή, 1). Των άλλων, τίποτα.
- Οι MB, PB μπορούν να αλλάξουν μέσα στο σώμα του βρόχου.
- Μπορεί να γίνει «είσοδος» στο σώμα του βρόχου.
- Ουσιαστικά είναι λογικά ελεγχόμενη επανάληψη.

C++ : Η **<έκφραση_2>** μπορεί να είναι και Boolean. Η **<έκφραση_1>** μπορεί να περιλαμβάνει ορισμούς μεταβλητών [π.χ. `for (int count = 0 ; ...)`], με εμβέλεια το *σώμα του βρόχου* (σε παλιότερες υλοποιήσεις της C++, η εμβέλεια ήταν ως το τέλος της *περιβάλλουσας συνάρτησης*).

Java : Η **<έκφραση_2>** είναι μόνο Boolean. Η **<έκφραση_1>** μπορεί να περιλαμβάνει ορισμούς μεταβλητών, με εμβέλεια το *σώμα του βρόχου*.

Δομές και Εντολές Ελέγχου Ροής (13)

II. Λογικά Ελεγχόμενη Επανάληψη

- Είναι πιο γενικές εντολές επανάληψης από τις εντολές επανάληψης με μέτρηση.
- **C, C++, Java:** Έχουν και *pre-test* και *post-test* λογικά ελεγχόμενες επαναλήψεις:

Pre-test: `while (i >= 0) { ...
... }`

Post-test: `do { ...
... } while (value > 0)`

Διαφορά: Η *post-test* θα εκτελεστεί τουλάχιστον 1 φορά.

Java: Η έκφραση ελέγχου πρέπει να είναι Boolean.

Δεν έχει `goto`, οπότε δεν γίνεται «είσοδος» στο σώμα του βρόχου.

Δομές και Εντολές Ελέγχου Ροής (14)

III. Μηχανισμοί Ελέγχου του Χρήστη

Ορισμένες γλώσσες, όπως η **Ada**, έχουν βρόχους χωρίς έλεγχο της επανάληψης με μέτρηση ή λογικό:

```
loop
```

```
...
```

```
if sum >= 100 then exit;           (ή exit when sum >= 100)
```

```
...
```

```
end loop
```

Υπό-Συνθήκη (conditional), ή Χωρίς Συνθήκη (unconditional) exit:

```
exit [<label>] [when <συνθήκη>]
```


Δομές και Εντολές Ελέγχου Ροής (15)

C, C++, Java: Unconditional unlabeled **break**

C, C++, Java: Παράλειψη εντολών που ακολουθούν: **continue**

Java: Unconditional labeled **break** και **continue**

Παράδειγμα:

```
while (sum < 1000) {
```

```
    getNext(value);
```

```
    if (value < 0) continue;
```

(αν $value < 0$, στην αρχή του βρόχου)

```
        break;
```

(αν $value \geq 0$, έξοδος από το βρόχο)

```
    sum += value;
```

(δεν εκτελείται ποτέ...)

```
}
```

Δομές και Εντολές Ελέγχου Ροής (16)

D. ΔΙΑΚΛΑΔΩΣΗ ΧΩΡΙΣ ΣΥΝΘΗΚΗ

(unconditional branching)

- Εντολή `goto` : Μεγάλη συζήτηση για τη χρησιμότητά της.
- Η `Java` δεν έχει...