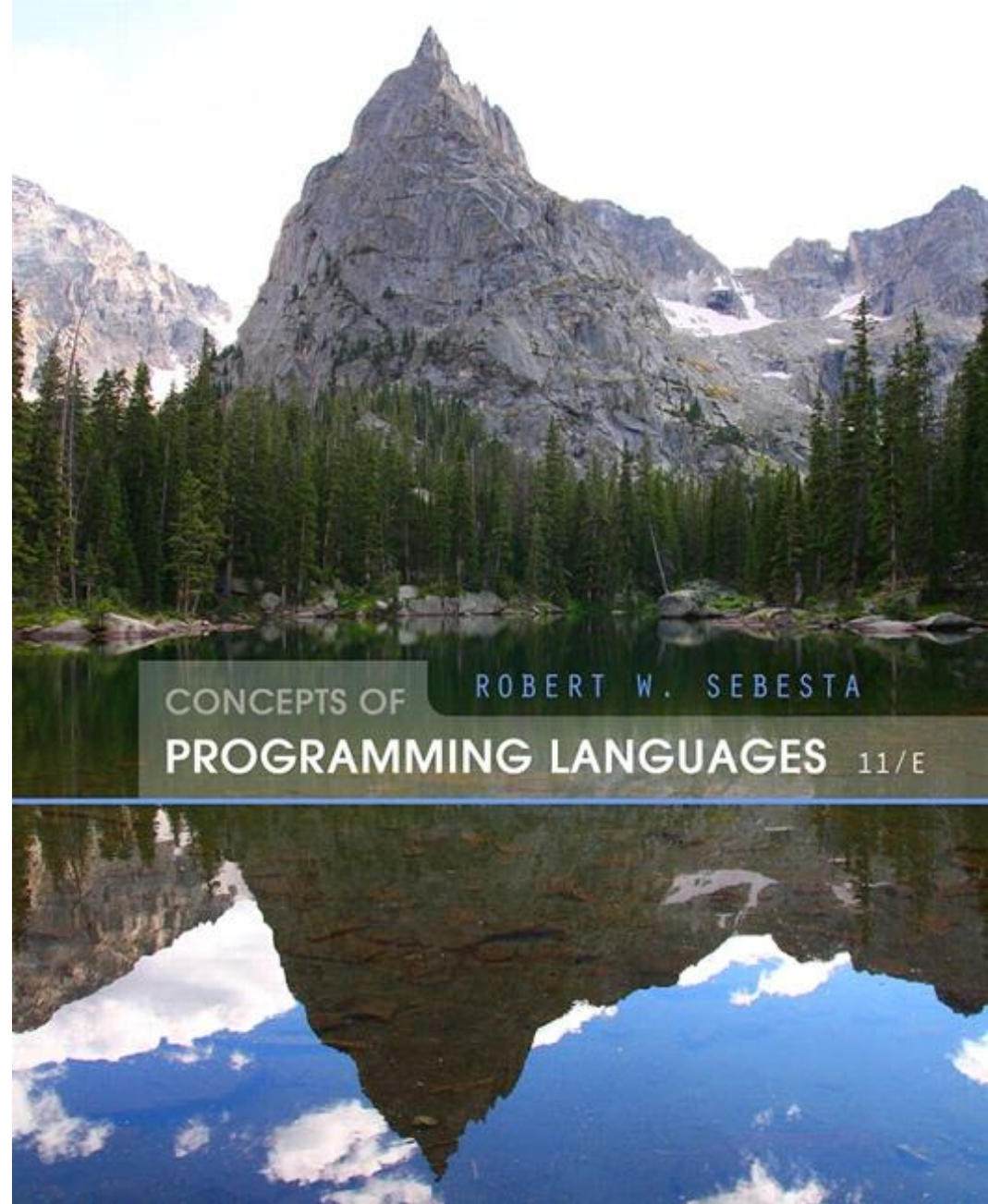


Κεφάλαιο 5

Ονόματα, Προσδέσεις, και Εμβέλεις

Γκόγκος Χρήστος
Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών (Αρτα)
Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων



ISBN 0-321-49362-1

Θέματα κεφαλαίου 5

- Εισαγωγή
- Ονόματα
- Μεταβλητές
- Η έννοια της πρόσδεσης
- Εμβέλεια
- Εμβέλεια και διάρκεια ζωής
- Περιβάλλοντα αναφοράς
- Επώνυμες σταθερές

Εισαγωγή

- Οι προστακτικές γλώσσες αποτελούν αφαιρέσεις της αρχιτεκτονικής von Neumann
 - Μνήμη
 - Επεξεργαστής
- Οι μεταβλητές χαρακτηρίζονται από ιδιότητες
 - Η σχεδίαση ενός τύπου, πρέπει να εξετάζει θέματα εμβέλειας, διάρκεια ζωής, ελέγχου τύπων, αρχικοποίησης και συμβατότητας τύπων

Ονόματα

- Θέματα σχεδίασης ονομάτων:
 - Υπάρχει διάκριση πεζών κεφαλαίων;
 - Οι ειδικές λέξεις είναι δεσμευμένες λέξεις ή μόνο λέξεις κλειδιά;

Ονόματα (συνέχεια)

- Μήκος

- Αν είναι πολύ μικρό, μπορεί να μην είναι σε θέση να περιγράψει καλά την επιδιωκόμενη έννοια
- Παραδείγματα γλωσσών:
 - C99: δεν υπάρχει όριο μήκους, αλλά μόνο οι πρώτοι 63 χαρακτήρες είναι σημαντικοί, επίσης, τα εξωτερικά ονόματα έχουν μέγιστο μήκος 31 χαρακτήρων
 - C# και Java: δεν υπάρχει όριο, και όλοι οι χαρακτήρες είναι σημαντικοί
 - C++: χωρίς όριο, αλλά οι διάφορες υλοποιήσεις συχνά επιβάλλουν κάποιο όριο

Ονόματα (συνέχεια)

- Ειδικοί χαρακτήρες
 - PHP: όλα τα ονόματα μεταβλητών πρέπει να ξεκινούν με το σύμβολο του δολαρίου
 - Perl: Όλες τα ονόματα μεταβλητών ξεκινούν με ειδικούς χαρακτήρες που καθορίζουν τον τύπο της μεταβλητής
 - Ruby: Τα ονόματα μεταβλητών που ξεκινούν με @ είναι μεταβλητές στιγμιοτύπων, τα ονόματα μεταβλητών που ξεκινούν με @@ είναι μεταβλητές κλάσεων

Ονόματα (συνέχεια)

- Διάκριση πεζών κεφαλαίων
 - Μειονέκτημα: αναγνωσιμότητα (ονόματα που μοιάζουν είναι διαφορετικά)
 - Τα ονόματα στις C-based γλώσσες έχουν διάκριση πεζών κεφαλαίων (case sensitive)
 - Σε άλλες γλώσσες μπορεί να μην υπάρχει διάκριση πεζών κεφαλαίων
 - Σε γλώσσες όπως η C++, Java, και η C# το πρόβλημα της μειωμένης αναγνωσιμότητας μπορεί να είναι χειρότερο καθώς προκαθορισμένα ονόματα είναι mixed case (π.χ. `IndexOutOfBoundsException`)

Ονόματα (συνέχεια)

- Ειδικές λέξεις

- Ενισχύουν την αναγνωσιμότητα, χρησιμοποιούνται για το διαχωρισμό των συντακτικών τμημάτων των προτάσεων
- Μια λέξη κλειδί *keyword* είναι μια λέξη που είναι ειδική μόνο σε συγκεκριμένα contexts
- Μια δεσμευμένη λέξη (*reserved word*) είναι μια ειδική λέξη που δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως όνομα ορισμένο από το χρήστη
- Πιθανό πρόβλημα με δεσμευμένες λέξεις: Αν είναι πάρα πολλές, συμβαίνουν πολλές συγκρούσεις (π.χ., η COBOL διαθέτει 300 δεσμευμένες λέξεις!)

Μεταβλητές

- Μια μεταβλητή (variable) αποτελεί αφαίρεση ενός κελιού μνήμης
- Οι μεταβλητές μπορούν να περιγραφούν ως μια εξάδα χαρακτηριστικών:
 - Όνομα
 - Διεύθυνση
 - Τιμή
 - Τύπος
 - Διάρκεια ζωής
 - Εμβέλεια

Χαρακτηριστικά Μεταβλητών

- Όνομα – δεν έχουν όλες οι μεταβλητές
- Διεύθυνση – Η διεύθυνση μνήμης με την οποία συσχετίζεται
 - Μια μεταβλητή μπορεί να έχει διαφορετικές διευθύνσεις σε διαφορετικά χρονικά σημεία εκτέλεσης του προγράμματος
 - Αν δύο ονόματα μεταβλητών μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να προσπελάσουν την ίδια θέση μνήμης, τότε ονομάζονται **ψευδώνυμα (aliases)**
 - Τα ψευδώνυμα δημιουργούνται μέσω δεικτών, μεταβλητών αναφοράς καθώς και με unions στη C και C++
 - Τα ψευδώνυμα μπορούν να είναι έχουν αρνητική επίδραση στην αναγνωσιμότητα (οι προγραμματιστές πρέπει να τα θυμούνται όλα)

Χαρακτηριστικά Μεταβλητών (συνέχεια)

- *Τύπος* – καθορίζει το εύρος τιμών των μεταβλητών και το σύνολο των λειτουργιών που ορίζονται για το συγκεκριμένο τύπο, στην περίπτωση της κινητής υποδιαστολής, ο τύπος καθορίζει επίσης και την ακρίβεια
- *Τιμή* – τα περιεχόμενα της θέσης μνήμης με την αντιστοιχείται η μεταβλητή
 - Η I-τιμή μιας μεταβλητής είναι η διεύθυνση της
 - Η r-τιμή μιας μεταβλητής είναι η τιμή της
- *Αφηρημένο κελί μνήμης*– το φυσικό κελί μνήμης ή η συλλογή κελιών μνήμης που αντιστοιχούνται με μια μεταβλητή

Η έννοια της πρόσδεσης

Πρόσδεση (*binding*) είναι η αντιστοίχιση ανάμεσα σε μια οντότητα και σε ένα χαρακτηριστικό, όπως η αντιστοίχιση μεταξύ μια μεταβλητής και του τύπου της ή της τιμής της, ή ακόμα και μεταξύ μιας λειτουργίας και ενός συμβόλου

- *Χρόνος πρόσδεσης (binding time)* είναι ο χρόνος κατά τον οποίο συμβαίνει η πρόσδεση

Πιθανοί χρόνοι πρόσδεσης

- Κατά τη σχεδίαση της γλώσσας -- πρόσδεση τελεστών σε λειτουργίες
- Κατά την υλοποίηση της γλώσσας - πρόσδεση του τύπου κινητής υποδιαστολής σε μια αναπαράσταση
- Κατά το χρόνο μεταγλώττισης - πρόσδεση μιας μεταβλητής σε ένα τύπο στη C ή στη Java
- Κατά το χρόνο φόρτωσης - πρόσδεση μιας C ή C++ `static` μεταβλητής σε ένα κελί μνήμης
- Κατά το χρόνο εκτέλεσης - πρόσδεση μιας μη-στατικής, τοπικής μεταβλητής σε ένα κελί μνήμης

Στατική και Δυναμική Πρόσδεση

- Η πρόσδεση είναι στατική (*static*) εάν συμβαίνει πριν την εκτέλεση και παραμένει αναλλοίωτη κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης του προγράμματος.
- Η πρόσδεση είναι δυναμική (*dynamic*) αν συμβαίνει κατά την εκτέλεση ή αν μπορεί να αλλάζει κατά την εκτέλεση του προγράμματος

Πρόσδεση Τύπων

- Πως ορίζεται ένας τύπος;
- Πότε πραγματοποιείται η πρόσδεση;
- Αν είναι στατική, ο τύπος μπορεί να καθορίζεται είτε μέσω άμεσης (explicit) δήλωσης είτε μέσω έμμεσης (implicit) δήλωσης

Άμεση / Έμμεση Δήλωση

- Μια άμεση δήλωση *explicit declaration* είναι μια εντολή προγράμματος που χρησιμοποιείται για να δηλώσει τον τύπο μεταβλητών
- Μια έμμεση δήλωση *implicit declaration* είναι ένας μηχανισμός για προκαθορισμένη συμπεριφορά για καθορισμό τύπων μεταβλητών μέσω προκαθορισμένων μετατροπών αντί για εντολές δήλωσης
- Οι Basic, Perl, Ruby, JavaScript, PHP παρέχουν έμμεσες δηλώσεις
 - Πλεονέκτημα: Ευκολία συγγραφής (μια μικρή ευκολία)
 - Μειονέκτημα: Αξιοπιστία (αποτελεί λιγότερο πρόβλημα στην Perl)

Άμεση / Έμμεση Δήλωση (συνέχεια)

- Ορισμένες γλώσσες χρησιμοποιούν `type inferencing` για να καθορίσουν τον τύπο των μεταβλητών
 - C# – μια μεταβλητή μπορεί να δηλωθεί με το `var` και με μια αρχική τιμή. Η αρχική τιμή θέτει τον τύπο
 - Οι Visual Basic 9.0+, ML, Haskell, και F# χρησιμοποιούν `type inferencing`. Το πλαίσιο της εμφάνισης μιας μεταβλητής καθορίζει και τον τύπο της

Δυναμική πρόσδεση τύπων

- Δυναμική πρόσδεση τύπων (JavaScript, Python, Ruby, PHP, C# (περιορισμένο))
- Καθορισμός μέσω μιας εντολής ανάθεσης π.χ., JavaScript

```
list = [2, 4.33, 6, 8];
```

```
list = 17.3;
```

- Πλεονέκτημα: ευελιξία (generic προγραμματιστικές μονάδες)
- Μειονεκτήματα:
 - Υψηλό κόστος (έλεγχος δυναμικών τύπων και ερμηνεία)
 - Η ανίχνευση λαθών σε τύπους από τον μεταγλωττιστή γίνεται δύσκολη

Χαρακτηριστικά μεταβλητών (συνέχεια)

- Προσδέσεις αποθήκευσης & διάρκεια ζωής
 - Κατανομή (allocation) – λήψη ενός κελιού από μια δεξαμενή διαθέσιμων κελιών
 - Κατάργηση κατανομής (deallocation) – τοποθέτηση ενός κελιού πίσω στη δεξαμενή διαθέσιμων κελιών
- Η διάρκεια ζωής (lifetime) μιας μεταβλητής είναι ο χρόνος κατά τον οποίο η μεταβλητή είναι προσδεμένη σε ένα συγκεκριμένο κελί δεδομένων

Κατηγορίες μεταβλητών με βάση το χρόνο ζωής

- Στατικές–Προσδένονται σε κελιά μνήμης πριν ξεκινήσει η εκτέλεση και παραμένουν προσδεμένες στα ίδια κελιά μνήμης κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης, π.χ., C και C++ `static` μεταβλητές συναρτήσεων
 - Πλεονεκτήματα: αποδοτικότητα (απευθείας διευθυνσιοδότηση), δυνατότητα συγγραφής υποπρογραμμάτων που είναι ευαίσθητα στο ιστορικό κλήσεών τους
 - Μειονέκτημα: έλλειψη ευελιξίας (δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί με αναδρομή)

Κατηγορίες μεταβλητών με βάση το χρόνο ζωής

- Δυναμική δέσμευση σποίβας – Οι προσδέσεις αποθήκευσης δημιουργούνται για τις μεταβλητές όταν οι εντολές δήλωσής τους επεξεργαστούν.
(Μια δήλωση επεξεργάζεται όταν ο εκτελέσιμος κώδικας που σχετίζεται με αυτή εκτελείται)
- Αν πρόκειται για βαθμωτή τιμή, όλα τα χαρακτηριστικά εκτός από τις διευθύνσεις είναι στατικά προσδεμένα
 - Οι τοπικές μεταβλητές στα C υποπρογράμματα (που δεν έχουν δηλωθεί `static`) και οι Java μέθοδοι
- Πλεονέκτημα: επιτρέπουν την αναδρομή, εξοικονομούν αποθηκευτικό χώρο
- Μειονεκτήματα:
 - Επιβάρυνση δέσμευσης και αποδέσμευσης
 - Τα υποπρογράμματα μπορεί να είναι ευαίσθητα στο ιστορικό κλήσεων τους
 - Λιγότερο αποδοτικές αναφορές στη μνήμη λόγω της έμμεσης διευθυνσιοδότησης που χρησιμοποιείται

Κατηγορίες μεταβλητών με βάση το χρόνο ζωής

- *Δυναμική άμεση δέσμευση σωρού* – Η δέσμευση και η αποδέσμευση γίνεται με άμεσες οδηγίες, που ορίζονται από τον προγραμματιστή, και συμβαίνουν κατά την εκτέλεση
- Μπορούν να προσπελαστούν μόνο μέσω δεικτών ή αναφορών, π.χ. δυναμικά αντικείμενα στη C++ (μέσω `new` και `delete`), όλα τα αντικείμενα στη Java
- **Πλεονέκτημα:** παρέχει δυναμική διαχείριση της μνήμης
- **Μειονέκτημα:** Μη αποδοτικό και αναξιόπιστο

Κατηγορίες μεταβλητών με βάση το χρόνο ζωής

- *Δυναμική έμμεση δέσμευση-σρωού* -- Η δέσμευση και η αποδέσμευση προκαλείται από εντολές ανάθεσης
 - Όλες οι μεταβλητές στην APL, όλα τα λεκτικά και οι διατάξεις στην Perl, JavaScript, και PHP
- Πλεονέκτημα: ευελιξία (γενικός κώδικας)
- Μειονεκτήματα:
 - Μη-αποδοτικό, καθώς όλες οι μεταβλητές είναι δυναμικές
 - Απώλεια ανίχνευσης λαθών

Χαρακτηριστικά μεταβλητών: Εμβέλεια

- Η εμβέλεια (scope) μιας μεταβλητής είναι το εύρος των εντολών στις οποίες η μεταβλητή είναι ορατή
- Οι τοπικές μεταβλητές (local variables) μιας ενότητας προγράμματος είναι εκείνες οι μεταβλητές που δηλώνονται μέσα στη μονάδα
- Οι μη-τοπικές (nonlocal variables) μεταβλητές μιας ενότητας προγράμματος είναι εκείνες που είναι ορατές στη μονάδα αλλά δεν έχουν δηλωθεί σε αυτή
- *Οι καθολικές μεταβλητές (global variables)* είναι μια ειδική κατηγορία μη-τοπικών μεταβλητών
- Οι κανόνες εμβέλειας μιας γλώσσας καθορίζουν το πως οι αναφορές σε ονόματα σχετίζονται με τις μεταβλητές

Στατική εμβέλεια

- Βασίζεται στον κώδικα του προγράμματος ως κείμενο
- Για να συνδεθεί μια αναφορά ονόματος σε μια μεταβλητή, θα πρέπει ο προγραμματιστής (ή ο μεταγλωττιστής) να εντοπίσει τη δήλωση
- *Διαδικασία αναζήτησης*: αναζήτηση στις δηλώσεις, πρώτα τοπικά, στη συνέχεια σε αυξανόμενα μεγαλύτερες περικλείουσες εμβέλειες, μέχρι να βρεθεί μια δήλωση για το δεδομένο όνομα
- Περικλείουσες στατικές εμβέλειες (σε μια συγκεκριμένη εμβέλεια) είναι οι *στατικοί πρόγονοι του*, ο δε πλησιέστερος στατικός πρόγονος ονομάζεται *στατικός γονέας*
- Ορισμένες γλώσσες επιτρέπουν ένθετες δηλώσεις υποπρογραμμάτων, που δημιουργούν φωλιασμένες στατικές εμβέλειες (π.χ., Ada, JavaScript, Common Lisp, Scheme, Fortran 2003+, F#, και Python)

Εμβέλεια (συνέχεια)

- Οι μεταβλητές μπορεί να κρύβονται από μια ενότητα έχοντας μια «πλησιέστερη» μεταβλητή με το ίδιο όνομα

Μπλοκς

- Μια μέθοδος για τη δημιουργία στατικών εμβελειών μέσα σε προγραμματιστικές μονάδες – από την ALGOL 60
- Παράδειγμα σε C:

```
void sub() {  
    int count;  
    while (...) {  
        int count;  
        count++;  
        ...  
    }  
    ...  
}
```

- Σημείωση: έγκυρο σε C και C++, αλλά όχι σε Java και C# – πολύ επιρρεπές σε λάθη

Η δομή LET

- Οι περισσότερες συναρτησιακές γλώσσες περιέχουν κάποια μορφή της δομής `let`
- Η δομή `let` έχει δύο μέρη
 - Το πρώτο μέρος προσδένει ονόματα σε τιμές
 - Το δεύτερο μέρος χρησιμοποιεί τα ονόματα που έχουν οριστεί στο πρώτο μέρος

- Στη Scheme:

```
(LET (  
  (name1 expression1)  
  ...  
  (namen expressionn)  
  expression  
)
```

Η δομή LET (συνέχεια)

- Στην ML:

```
let
  val name1 = expression1
  ...
  val namen = expressionn
in
  expression
end;
```

- Στην F#:

- Πρώτο μέρος: `let left_side = expression`
- (left_side είναι είτε ένα όνομα είτε ένα πρότυπο πλειάδας)
- Όλο όσο ακολουθεί αποτελεί το δεύτερο μέρος

Σειρά Δήλωσης

- Η C99, C++, Java, και η C# επιτρέπουν την εμφάνιση δηλώσεων μεταβλητών να εμφανίζονται σε οποιοδήποτε θέση μπορεί να εμφανίζεται κάποια εντολή
 - Στην C99, C++, και Java, η εμβέλεια όλων των τοπικών μεταβλητών είναι από τη δήλωση και μέχρι το τέλος του μπλοκ
 - Στην C#, η εμβέλεια οποιασδήποτε μεταβλητής σε ένα μπλοκ είναι όλο το μπλοκ, άσχετα με τη θέση της δήλωσης μέσα στο μπλοκ
 - Ωστόσο, μια μεταβλητή εξακολουθεί να πρέπει να έχει δηλωθεί πριν χρησιμοποιηθεί

Σειρά Δήλωσης (συνέχεια)

- Στις C++, Java, και C#, οι μεταβλητές μπορούν να δηλωθούν μέσα σε `for` εντολές
 - Η εμβέλεια αυτών των εντολών είναι περιορισμένη στη δομή `for`

Καθολική Εμβέλεια

- Οι C, C++, PHP, και Python επιτρέπουν τη συγγραφή προγραμμάτων που αποτελούνται από μια σειρά ορισμών συναρτήσεων
 - Οι γλώσσες αυτές επιτρέπουν την εμφάνιση δηλώσεων μεταβλητών έξω από τις δηλώσεις των συναρτήσεων
- Η C και η C++ διαθέτουν δηλώσεις και ορισμούς
 - Μια δήλωση έξω από τον ορισμό μιας συνάρτησης καθορίζει ότι ο ορισμός γίνεται σε άλλο αρχείο

Καθολική Εμβέλεια (συνέχεια)

- ΡΗΡ

- Τα προγράμματα είναι ενσωματωμένα σε έγγραφα HTML markup, σε οποιοδήποτε αριθμό τμημάτων, με κάποια να είναι εντολές και κάποια να είναι ορισμοί συναρτήσεων
- Η εμβέλεια των μεταβλητών που δηλώνονται σε μια συνάρτηση είναι (υπονοούμενα) τοπική
- Η εμβέλεια των μεταβλητών που δηλώνονται εκτός συναρτήσεων είναι από τη δήλωσή τους μέχρι το τέλος του προγράμματος, παρακάμπτοντας όμως τις συναρτήσεις που παρεμβάλλονται
 - Οι καθολικές μεταβλητές μπορούν να προσπελαστούν σε μια συνάρτηση μέσω του πίνακα `$GLOBALS` ή με δήλωσή τους ως `global`

Καθολική Εμβέλεια (συνέχεια)

- Python

- Μπορεί να γίνει αναφορά σε μια καθολική μεταβλητή από μια συνάρτηση, αλλά δεν μπορεί να της ανατεθεί τιμή παρά μόνο αν δηλωθεί ως `global` στην ίδια συνάρτηση

Αποτίμηση Στατικής Εμβέλειας

- Λειτουργεί καλά σε πολλές περιπτώσεις
- Προβλήματα:
 - Στις περισσότερες περιπτώσεις, δίνεται υπερβολική πρόσβαση
 - Καθώς ένα πρόγραμμα αλλάζει, η αρχική δομή καταστρέφεται και οι τοπικές μεταβλητές γίνονται καθολικές, τα υποπρογράμματα επίσης τείνουν να γίνονται καθολικά, αντί να είναι φωλιασμένα

Δυναμική εμβέλεια

- Βασίζεται στην ακολουθία κλήσεων των προγραμματιστικών μονάδων, και όχι στη διαμόρφωση του ίδιου του κώδικα (χρονική έναντι χωρική σχέση)
- Οι αναφορές σε μεταβλητές συνδέονται με τις δηλώσεις εξετάζοντας την αλυσίδα κλήσεων υποπρογραμμάτων που οδήγησαν την εκτέλεση σε αυτό το σημείο

Παράδειγμα εμβέλειας

```
function big() {  
    function sub1() {  
        var x = 7;  
        sub2();  
    }  
    function sub2() {  
        var y = x;  
    }  
    var x = 3;  
    sub1();  
}  
big();
```

Η big καλεί
τη sub1 που καλεί
τη sub2 που
χρησιμοποιεί τη x

- Στατική εμβέλεια

- Η αναφορά του x στο sub2 είναι στο x του big

- Δυναμική εμβέλεια

- Η αναφορά του x στο sub2 είναι στο x ΤΟΥ sub1

Παράδειγμα εμβέλειας

- Αποτίμηση της δυναμικής εμβέλειας:
 - Πλεονέκτημα: ευκολία
 - *Μειονεκτήματα:*
 1. Καθώς εκτελείται ένα υποπρόγραμμα, οι μεταβλητές του είναι ορατές σε όλα τα υποπρογράμματα που καλεί
 2. Δεν είναι δυνατός ο στατικός έλεγχος τύπων
 3. Φτωχή αναγνωσιμότητα – δεν είναι δυνατό να προσδιοριστεί στατικά ο τύπος των μεταβλητών

Εμβέλεια και χρόνος ζωής

- Η εμβέλεια και η διάρκεια ζωής μερικές φορές είναι στενά συνδεδεμένες, αλλά είναι διαφορετικές έννοιες
- Θεωρίστε μια `static` μεταβλητή σε μια συνάρτηση της C ή της C++
 - Προσδένεται με στατικό τρόπο με την εμβέλεια της συνάρτησης, αλλά η μεταβλητή υπάρχει για όλη τη διάρκεια εκτέλεσης του προγράμματος.

Περιβάλλοντα αναφοράς

- Το περιβάλλον αναφοράς μιας εντολής είναι η συλλογή όλων των ονομάτων που είναι ορατά σε αυτή την εντολή
- Σε μια γλώσσα στατικής-εμβέλειας, το περιβάλλον αναφοράς είναι οι τοπικές μεταβλητές και όλες οι ορατές μεταβλητές σε όλες τις περικλείουσες εμβέλειες
- Ένα υποπρόγραμμα είναι **ενεργό** αν η εκτέλεσή του έχει ξεκινήσει αλλά δεν έχει ακόμα τερματιστεί
- Σε μια γλώσσα δυναμικής-εμβέλειας, το περιβάλλον αναφοράς είναι οι τοπικές μεταβλητές συν όλες οι ορατές μεταβλητές σε όλα τα ενεργά υποπρογράμματα

Επώνυμες Σταθερές

- Μια επώνυμη σταθερά είναι μια μεταβλητή που προσδένεται με μια τιμή μόνο μια φορά
- Πλεονεκτήματα: αναγνωσιμότητα και ευκολία τροποποίησης
- Χρησιμοποιούνται για την παραμετροποίηση προγραμμάτων
- Η πρόσδεση τιμών σε επώνυμες σταθερές μπορεί να είναι είτε στατική (ονομάζονται *manifest constants*) ή δυναμική
- Γλώσσες:
 - C++ και Java: εκφράσεις οποιουδήποτε τύπου, με δυναμική πρόσδεση
 - Η C# διαθέτει δύο τύπους, `readonly` και `const`
 - οι τιμές των `const` επώνυμων σταθερών προσδένονται κατά το χρόνο μεταγλώττισης
 - οι τιμές των `readonly` επώνυμων σταθερών προσδένονται δυναμικά

Σύνοψη

- Η διάκριση πεζών-κεφαλαίων και η σχέση ονομάτων με ειδικές λέξεις αποτελούν θέματα σχεδίασης μιας γλώσσας προγραμματισμού
- Οι μεταβλητές χαρακτηρίζονται από την εξάδα: όνομα, διεύθυνση, τιμή, τύπος, διάρκεια ζωής, εμβέλεια
- Πρόσδεση είναι η συσχέτιση ιδιοτήτων με οντότητες του προγράμματος
- Οι βαθμωτές μεταβλητές κατηγοριοποιούνται ως: στατικές, δυναμικές στοίβας, άμεσα δυναμικές σωρού, έμμεσα δυναμικές σωρού
- Ισχυρή τυποποίηση (strong typing) σημαίνει ανίχνευση όλων των λαθών σχετικά με τους τύπους