

# Μεταγλωττιστές

Γιώργος Δημητρίου

Μάθημα 9<sup>ο</sup>

# Ενδιάμεσος Κώδικας

- 
- 
- Απεικόνιση ανάμεσα στον αρχικό και στον τελικό κώδικα
- Γραμμικές αναπαραστάσεις: Ενδιάμεσος κώδικας πλησιέστερα στον τελικό
  - ευκολότερη παραγωγή τελικού κώδικα
- Αναπαραστάσεις γραφημάτων: Ενδιάμεσος κώδικας πλησιέστερα στον αρχικό
  - περισσότερη πληροφορία, καλή βελτιστοποίηση

# Γραμμικές Αναπαραστάσεις

- Κώδικες τριών διευθύνσεων
  - Κώδικας τετράδων (quadruples): τελεστής, δύο τελούμενα εισόδου και ένα τελούμενο εξόδου

$b*b-4*a*c$

1: \*, b, b, \$1

2: \*, 4, a, \$2

3: \*, \$2, c, \$3

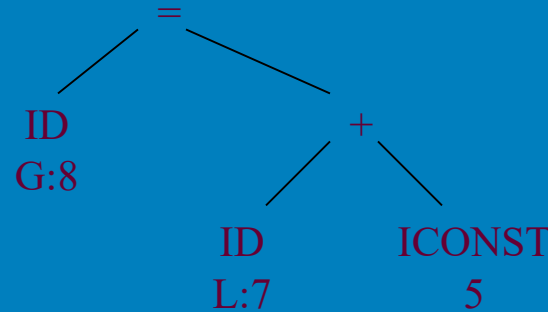
4: -, \$1, \$3, \$4

- Κώδικας τριάδων (triples): ο αριθμός τριάδας χρησιμοποιείται ως τελούμενο εξόδου

# Αναπαραστάσεις Γραφημάτων

- Αφηρημένα συντακτικά δέντρα (ΑΣΔ)

$x = a+5$



- κατευθυνόμενα ακυκλικά γραφήματα
- Ιεραρχικά γραφήματα
  - ακολουθούν φωλιάσματα δομημένων εντολών
  - καλά για βελτιστοποιήσεις

# Τι Πρέπει να Περιέχει ο Ενδιάμεσος Κώδικας

- Πληροφορίες για προσπέλαση δεδομένων
  - τύποι δεδομένων
  - οργάνωση χώρου δεδομένων (ΧΔ)
- Πληροφορίες αποτίμησης εκφράσεων
  - τελεστές και τελούμενα
- Πληροφορίες εκτέλεσης εντολών
  - σημασιολογία εντολών
- Πληροφορίες ελέγχου ροής
  - σειρά εκτέλεσης εντολών

# Σχεδίαση ΧΔ

- Διαφορετικός χώρος για κάθε κατηγορία αποθήκευσης
- Υλοποίηση με τη βοήθεια Πίνακα Δέσμευσης
  - Για κάθε μεταβλητή δεσμεύεται μία θέση και αναγράφεται ο τύπος της
    - απλοί/σύνθετοι τύποι
  - Ενημερώνεται ο ΠΣ
  - Κάθε αναφορά στη μεταβλητή αναφέρεται σε αυτή τη θέση

# Ανάλυση Εντολών

- 
- 
- Αποτίμηση εκφράσεων
  - Τιμές αριστερής / δεξιάς προσπέλασης
- Εντολές
  - Αναθέσεις
  - Εντολές ελέγχου ροής
  - Εντολές βρόχων
  - Κλήσεις υποπρογραμμάτων
  - Μπλοκ εντολών (Σύνθετες εντολές)

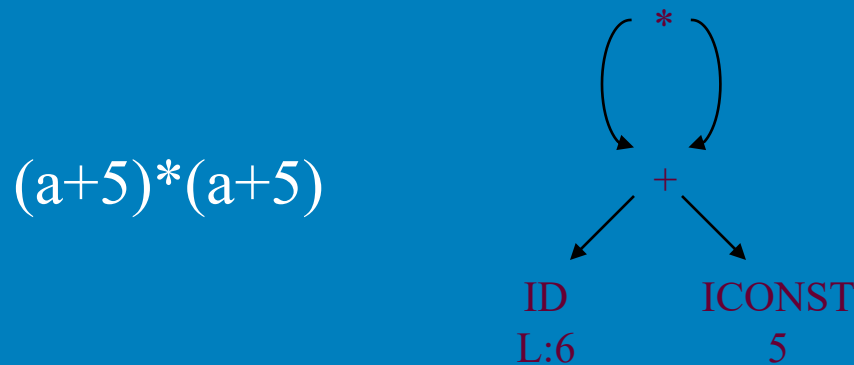
# Αριστερή / Δεξιά Προσπέλαση

- Τιμή αριστερής προσπέλασης (l-value): Διεύθυνση στην οποία μπορεί να γίνει ανάθεση, όπως καθορίζει η σημασιολογία της γλώσσας
  - Βαθμωτές μεταβλητές ή μεταβλητές πίνακα/εγγραφής
  - Παράμετροι κατ' αναφορά
- Τιμή δεξιάς προσπέλασης (r-value): Τιμή έκφρασης ή αποτίμηση αριστερής προσπέλασης
  - Τιμές που ανατίθενται
  - Παράμετροι κατ' αξία



# Απεικόνιση Εκφράσεων

- Δέντρα εκφράσεων
  - Κατευθυνόμενα ακυκλικά γραφήματα



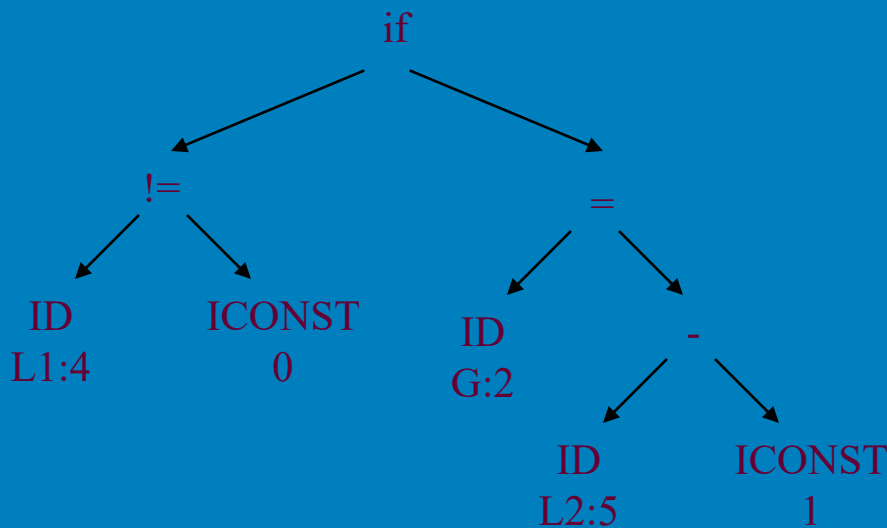
- Γραμμικές αναπαραστάσεις εκφράσεων
    - Προθεματικός / Επιθεματικός κώδικας:
- $* + a 5 + a 5$ 
 $a 5 + a 5 + *$

# Παράδειγμα: Κατασκευή Δέντρου Έκφρασης

- $E \rightarrow E \text{ op } E$   
{  $$$\text{.code} = \text{make\_node}(\$2, \$1, \$3);$  }
- $E \rightarrow ( E )$   
{  $$$\text{.code} = \$2.\text{code};$  }
- $E \rightarrow \text{id}$   
{  $$$\text{.code} = \text{make\_leaf}(\text{ID}, \$1);$  }
- $E \rightarrow \text{const}$   
{  $$$\text{.code} = \text{make\_leaf}(\text{CONST}, \$1);$  }

# Απεικόνιση Εντολών

- Δέντρα εντολών ή γραμμικές αναπαραστάσεις  
 $\text{if } (i \neq 0) \ y = x - 1;$



==,i,0,3

-,x,1,\$1

= \$1,-,y

# Παράδειγμα: Κατασκευή Δέντρου Εντολών

- $S \rightarrow \text{if} ( E ) S \text{ else } S$   
  {  $$$\text{.code} = \text{make\_if\_stmt}(\$3, \$5, \$7);$  }
- $S \rightarrow \text{while} ( E ) S$   
  {  $$$\text{.code} = \text{make\_while\_stmt}(\$3, \$5);$  }
- $S \rightarrow \text{goto ID}$   
  {  $$$\text{.code} = \text{make\_goto\_stmt}(\$2);$  }
- $S \rightarrow \{ SL \}$   
  {  $$$\text{.code} = \text{make\_compound}(\$2);$  }

# Παράδειγμα: Κατασκευή Δέντρου Εντολών

- Μη ομοιόμορφη κατασκευή
  - Κάθε τύπος εντολής δίνει διαφορετικό δέντρο
  - Όχι απαραίτητα δυαδικό
- Απεικόνιση διαδοχικών εντολών (Statement List – SL)
  - Γραμμική λίστα
  - Δυαδικό δέντρο, όπως προκύπτει άμεσα από τη συντακτική ανάλυση:  
$$SL \rightarrow SL S \mid S$$

# Απεικόνιση Ροής Ελέγχου

- Γράφημα Ροής: Απεικόνιση της διαδοχής των εντολών σε μορφή γραφήματος
  - Συνδέσεις μεταξύ κόμβων του συντακτικού δέντρου, των οποίων η εκτέλεση μπορεί να είναι διαδοχική
  - Κυκλικές δομές για απεικόνιση βρόχων
- Χρήσιμο για μετάφραση εντολών ροής ελέγχου, βελτιστοποίηση κώδικα και διερμηνεία

# Κατασκευή Γραφήματος Ροής

- 
- 
- Κατασκευή συνδέσεων μεταξύ των κόμβων του συντακτικού δέντρου
  - Απλή για εκφράσεις και εντολές με μία επόμενη εντολή
  - Πιο πολύπλοκη για εντολές ελέγχου ροής, εντολές δηλαδή που έχουν πολλαπλές επόμενες εντολές
  - Πιθανή υλοποίηση με πεδία next, true και false. (Επέκταση για εντολές πολλαπλών επιλογών!)

# Μπάλωμα (backpatching)

- Προγραμματιστική τεχνική για εκ των υστέρων συμπλήρωση του ενδιάμεσου κώδικα
  - Κλήσεις μη δηλωμένων υποπρογραμμάτων (FORTRAN, C)
  - Επίλυση διευθύνσεων ετικετών
  - Άλλες εφαρμογές



# Ενδιάμεσος Κώδικας και Βελτιστοποίηση

- Η αναπαράσταση γραφημάτων διατηρεί όλη την πληροφορία που παράγεται από τη συντακτική και σημασιολογική ανάλυση και είναι πιο ευέλικτη στη βελτιστοποίηση
- Η γραμμική αναπαράσταση χάνει τη δισδιάστατη πληροφορία του δέντρου συντακτικής ανάλυσης κάνοντας κάποιους βελτιστοποιητικούς μετασχηματισμούς πιο δύσκολους

# Ενδιάμεσος Κώδικας και Παραγωγή Τελικού Κώδικα

- Η γραμμική αναπαράσταση είναι πολύ κοντά στον τελικό κώδικα, ο οποίος μπορεί να παραχθεί διαδοχικά για κάθε εντολή του ενδιάμεσου κώδικα
- Η αναπαράσταση γραφημάτων απαιτεί περισσότερη δουλειά στην παραγωγή τελικού κώδικα, αλλά μπορεί να δώσει καλύτερο κώδικα

# Διερμηνεία

- 
- 
- Απ' ευθείας στην αρχική γλώσσα:
  - Λεκτική και συντακτική ανάλυση, στη συνέχεια εκτέλεση μέσα από σημασιολογικές ρουτίνες
  - Τιμές μεταβλητών μέσα από κατηγορήματα
- Διερμηνεία στον ενδιάμεσο κώδικα:
  - Διαπέραση του ενδιάμεσου κώδικα με εκτέλεση των εντολών, ακολουθώντας το γράφημα ροής
  - Πραγματική αποτίμηση εκφράσεων
  - Προσομοίωση του συνολικού χώρου δεδομένων, συμπεριλαμβανομένης της στοίβας