



Σχεδίαση Γλωσσών & Μεταγλωττιστές

Ενότητα 10: Σημασιολογική Ανάλυση

Επ. Καθ. Π. Κατσαρός
Τμήμα Πληροφορικής



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδεια χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Σημασιολογική ανάλυση I

Εκτός από τη συντακτική ορθότητα ενός προγράμματος μας ενδιαφέρει και η εκτέλεση κάποιων άλλων ελέγχων, που δυστυχώς δεν είναι δυνατό να περιγραφούν από μια γραμματική χωρίς συμφραζόμενα:

```

fie(a,b,c,d)
  int a, b, c, d;
  { ... }

fee()
  {
    int f[3], g[0], h, i, j, k;
    char *p;
    call fie(h, i, "ab", j, k);
    k = f * i + j;
    h = g[17];
    printf("<%s,%s>.\n",p,q);
    p = 10;
  }

```

Τι λάθη έχει το συγκεκριμένο πρόγραμμα;

- δηλώθηκε **g[0]**, χρησιμοποιήθηκε **g[17]**
- λάθος αριθμός παραμέτρων στη **fie()**
- η παράμετρος "**ab**" δεν είναι **int**
- λάθος στη χρήση της μεταβλητής **f**
- δεν έχει δηλωθεί η **q**
- το **10** δεν είναι συμβολοσειρά

Όλοι αυτοί οι έλεγχοι δεν μπορούν να γίνουν από τη συντακτική ανάλυση.



Σημασιολογική ανάλυση ΙΙ

Γενικά για τη δημιουργία κώδικα πρέπει να απαντηθούν τα ακόλουθα:

- Είναι το "x" βαθμωτού τύπου, πίνακας ή συνάρτηση; Έχει δηλωθεί η "x";
- Υπάρχουν ονόματα που έχουν δηλωθεί αλλά δεν χρησιμοποιούνται;
- Ποια από τις δηλώσεις του "x" χρησιμοποιείται όταν γίνεται αναφορά σε αυτό;
- Είναι η έκφραση "x * y + z" σωστή σε ότι αφορά τον έλεγχο τύπων των ονομάτων;
- Στην "a[i,j,k]", έχει πράγματι δηλωθεί το a ως πίνακας τριών διαστάσεων;
- Τη μεταβλητή είναι η "z"; *(ολική, τοπική, static)*
- Πόσες παραμέτρους δέχεται η συνάρτηση "fie()";
- Η "*p" αναφέρεται πράγματι στο αποτέλεσμα μιας "malloc()";
- Αναφέρονται οι "p" και "q" στην ίδια διεύθυνση μνήμης ή όχι;
- Η "x" έχει δηλωθεί πριν από τη χρήση της ή όχι;



Σημασιολογική ανάλυση III

- Όταν οι προαναφερόμενοι έλεγχοι βασίζονται σε πληροφορίες που γίνονται διαθέσιμες κατά τη μεταγλώττιση, τότε λέμε ότι σχετίζονται με τη **στατική σημασία** του προγράμματος.
- Όταν βασίζονται σε πληροφορίες που γίνονται διαθέσιμες κατά την εκτέλεση, τότε λέμε ότι σχετίζονται με τη **δυναμική σημασία** του προγράμματος.
- Γλώσσες όπως η Lisp και η Smalltalk διεξάγουν σχεδόν το σύνολο της σημασιολογικής ανάλυσης κατά την εκτέλεση του προγράμματος. Γλώσσες όπως η Ada έχουν ιδιαίτερα αυξημένες απαιτήσεις στατικού σημασιολογικού ελέγχου. Η Pascal και η C θα μπορούσαν να ενταχθούν κάπου μεταξύ των δύο προαναφερόμενων περιπτώσεων.
- Στη συνέχεια θα ασχοληθούμε με τεχνικές που έχουν εφαρμοσθεί με επιτυχία στον έλεγχο της στατικής σημασίας των γλωσσών.
- Τα αποτελέσματα των ελέγχων αυτών εξαρτώνται
 - από συγκεκριμένες **ιδιότητες των λεξικών μονάδων**, όπως π.χ. ο τύπος και η τιμή ενός ονόματος κ.α.
 - από πληροφορίες που δε συνοδεύουν τη λεξική μονάδα στο σημείο της εμφάνισής της (π.χ. δηλώσεις μεταβλητών, συναρτήσεων κ.α.)
 - από υπολογισμούς που ίσως χρειάζεται να γίνουν



Σημασιολογική ανάλυση IV

- Για τη σημασιολογική ανάλυση δεν υπάρχουν τυποποιημένες τεχνικές όπως στη συντακτική ανάλυση που να εφαρμόζονται σε όλες τις περιπτώσεις.
- Εναλλακτικές προσεγγίσεις:
 - Περιγραφή της σημασιολογικής ανάλυσης με **γραμματική ιδιοτήτων**
 - Περιγραφή της σημασιολογικής ανάλυσης με ένα **σχήμα μετάφρασης**
 - Απευθείας υλοποίηση της σημασιολογικής ανάλυσης με αξιοποίηση των δυνατοτήτων του yacc (εκτέλεση ενεργειών κάθε φορά που γίνεται απλοποίηση σύμφωνα με συγκεκριμένο κανόνα) και του **πίνακα συμβόλων**
- Στην υλοποίηση της γλώσσας YAPL του βιβλίου σας χρησιμοποιήσαμε την τελευταία προσέγγιση και ορίσαμε κάποιες σύνθετες δομές δεδομένων, που σε συνδυασμό με μία στοίβα ανάλυσης (που συντηρούμε) και τον πίνακα συμβόλων διεξάγουν τους επιθυμητούς ελέγχους.
- Όλες οι προαναφερόμενες τεχνικές λέμε ότι αποδίδουν μία **μετάφραση με βάση τη σύνταξη**.
- Όταν γίνεται χρήση γραμματικής ιδιοτήτων πρέπει να υπολογισθεί η **σειρά εκτέλεσης των ενεργειών** της μετάφρασης. Αυτή καθορίζεται από την τοπολογική ταξινόμηση ενός **γράφου εξάρτησης ιδιοτήτων**.



Σημασιολογική ανάλυση V

- Στη δεύτερη και στην τρίτη προσέγγιση η σειρά εκτέλεσης των ενεργειών της μετάφρασης καθορίζεται αυστηρά από τον αλγόριθμο της συντακτικής ανάλυσης που χρησιμοποιείται.
- Όταν ο μεταγλωττιστής είναι μιας μόνο σάρωσης, τότε η σημασιολογική ανάλυση γίνεται ταυτόχρονα με τη συντακτική ανάλυση.
- Όταν χρειάζεται να γίνουν περίπλοκοι σημασιολογικοί έλεγχοι τότε είναι δύσκολη η κατασκευή μεταγλωττιστή μιας μόνο σάρωσης, λόγω των σύνθετων εξαρτήσεων μεταξύ των ιδιοτήτων.
- Έτσι, οι μεταγλωττιστές πολλαπλής σάρωσης αν και δε μπορούν να αποδώσουν το ίδιο γρήγορη μεταγλώττιση, έχουν περιθώρια διενέργειας πιο περίπλοκων σημασιολογικών ελέγχων.



Γραμματικές ιδιοτήτων I

Τι είναι μία γραμματική ιδιοτήτων;

- Γραμματική ιδιοτήτων είναι μία γραμματική χωρίς συμφραζόμενα, που συνοδεύεται από *σημασιολογικούς κανόνες* ή αλλιώς *εξισώσεις ιδιοτήτων*
- Κάθε σύμβολο σε κανόνα παραγωγής συνοδεύεται από ένα σύνολο τιμών, τις αποκαλούμενες *ιδιότητες*.
- Οι εξισώσεις ιδιοτήτων περιγράφουν το πως υπολογίζονται οι τιμές των ιδιοτήτων των συμβόλων.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ:

S	→	E
E	→	E + T
		E - T
		T
T	→	T * F
		T / F
		F
F	→	num

Έστω ότι θέλουμε να κατασκευάσουμε ένα διερμηνευτή αριθμητικών εκφράσεων.

Ένας τρόπος είναι να επισυνάψουμε στη γραμματική του σχήματος εξισώσεις ιδιοτήτων που περιγράφουν το πως γίνεται ο υπολογισμός της τιμής των συντακτικά ορθών εκφράσεων.



Γραμματικές ιδιοτήτων II

Παραγωγές	Εξισώσεις ιδιοτήτων
$S \rightarrow E$	$S.val \leftarrow E.val$
$E_0 \rightarrow E_1 + T$	$E_0.val \leftarrow E_1.val + T.val$
$\quad \quad \quad $	$E_0.val \leftarrow E_1.val - T.val$
$\quad \quad \quad $	$E_0.val \leftarrow T.val$
$T_0 \rightarrow T_1 * F$	$T_0.val \leftarrow T_1.val * F.val$
$\quad \quad \quad $	$T_0.val \leftarrow T_1.val / F.val$
$\quad \quad \quad $	$T_0.val \leftarrow F.val$
$F \rightarrow num$	$F.val \leftarrow num.val$

Παρατηρούμε ότι:

- Οι εξισώσεις ιδιοτήτων χρησιμοποιούν πληροφορίες από τα συμφραζόμενα
- Στη συγκεκριμένη γραμματική ιδιοτήτων οι ιδιότητες των συμβόλων του αριστερού μέρους υπολογίζονται με βάση τις ιδιότητες των συμβόλων του δεξιού μέρους (ονομάζονται **συνθέσιμες ιδιότητες**)
- Το τερματικό σύμβολο **num** παίρνει τιμή από το λεξικό αναλυτή



Γραμματικές ιδιοτήτων IV

- Οι ιδιότητες «συνοδεύουν» τους αντίστοιχους κόμβους στο παράγωγο δένδρο (τερματικά και μη τερματικά)
- Οι κανόνες παραγωγής συνοδεύονται από εξισώσεις που καθορίζουν τον τρόπο υπολογισμού των τιμών των ιδιοτήτων
- Όταν σε ένα κανόνα το ίδιο σύμβολο εμφανίζεται περισσότερες από μία φορές, τότε για να ξεχωρίσουμε την κάθε εμφάνιση χρησιμοποιούμε δείκτες, δηλ.
 - ο $E \rightarrow E + T$ γίνεται $E_0 \rightarrow E_1 + T$
- Οι εξισώσεις μαζί με το παράγωγο δένδρο ορίζουν ένα γράφο εξάρτησης τιμών
 - Ο γράφος αυτός για να έχει νόημα πρέπει να είναι μη κυκλικός

Συνθέσιμες ιδιότητες

- Η τιμή τους εξαρτάται μόνο από απογόνους

Κληρονομήσιμες ιδιότητες

- Η τιμή τους εξαρτάται από αδελφούς κόμβους ή προγόνους



Γραμματικές ιδιοτήτων VI

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ:

<i>Number</i>	→	<i>Sign List</i>
<i>Sign</i>	→	+
		-
<i>List</i>	→	<i>List Bit</i>
		<i>Bit</i>
<i>Bit</i>	→	0
		1

Η γραμματική αυτή περιγράφει τη σύνταξη δυαδικών αριθμών με πρόσημο

Θέλουμε να ορίσουμε τις κατάλληλες εξισώσεις ιδιοτήτων για τον υπολογισμό της δεκαδικής τιμής των συντακτικά ορθών συμβολοσειρών

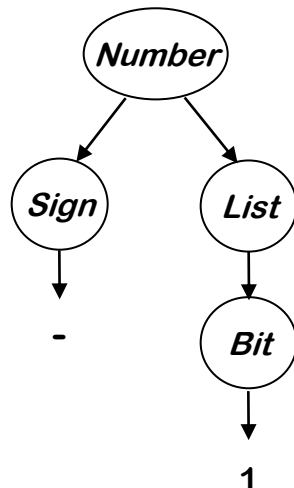


Γραμματικές ιδιοτήτων VII

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ:

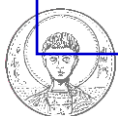
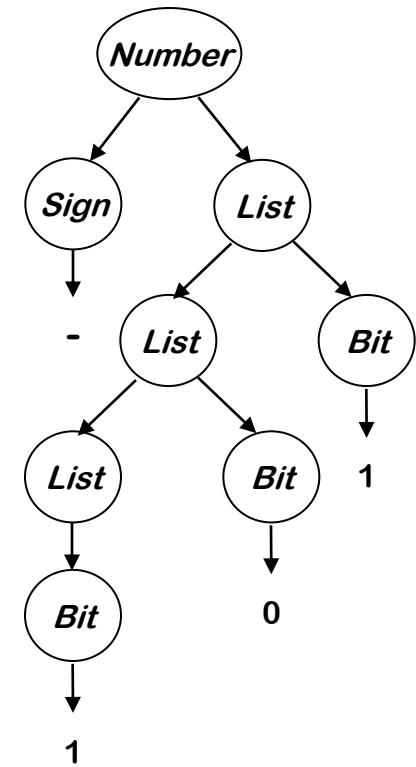
για τη "-1"

Number → *Sign List*
 → *Sign Bit*
 → *Sign 1*
 → - 1



για τη "-101"

Number → *Sign List*
 → *Sign List Bit*
 → *Sign List 1*
 → *Sign List Bit 1*
 → *Sign List 1 1*
 → *Sign Bit 0 1*
 → *Sign 1 0 1*
 → - 101



Γραμματικές ιδιοτήτων VIII

Σημασιολογικοί κανόνες (εξισώσεις ιδιοτήτων) για τον υπολογισμό της δεκαδικής τιμής ενός δυαδικού αριθμού με πρόσημο

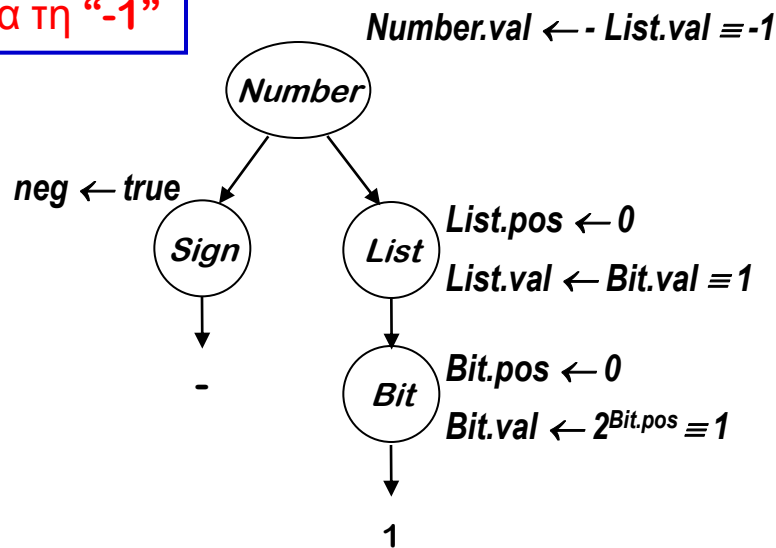
Παραγωγές	Κανόνες
$Number \rightarrow Sign List$	$List.pos \leftarrow 0$ If Sign.neg then Number.val $\leftarrow - List.val$ else Number.val $\leftarrow List.val$
$Sign \rightarrow +$	$Sign.neg \leftarrow false$
$\quad \quad \quad -$	$Sign.neg \leftarrow true$
$List_0 \rightarrow List_1 Bit$	$List_1.pos \leftarrow List_0.pos + 1$ $Bit.pos \leftarrow List_0.pos$ $List_0.val \leftarrow List_1.val + Bit.val$
$\quad \quad \quad Bit$	$Bit.pos \leftarrow List.pos$ $List.val \leftarrow Bit.val$
$Bit \rightarrow 0$	$Bit.val \leftarrow 0$
$\quad \quad \quad 1$	$Bit.val \leftarrow 2^{Bit.pos}$

Σύμβολο	Ιδιότητες
$Number$	val
$Sign$	neg
$List$	pos, val
Bit	pos, val



Γραμματικές ιδιοτήτων IX

για τη "-1"



Μία πιθανή σειρά εκτέλεσης των υπολογισμών:

- 1 List.pos
- 2 Sign.neg
- 3 Bit.pos
- 4 Bit.val
- 5 List.val
- 6 Number.val

Όχι εφικτός ο υπολογισμός με μία μόνο διάσχιση του δένδρου.

Θα μπορούσαν να υπάρξουν και άλλες περιπτώσεις εκτέλεσης των υπολογισμών

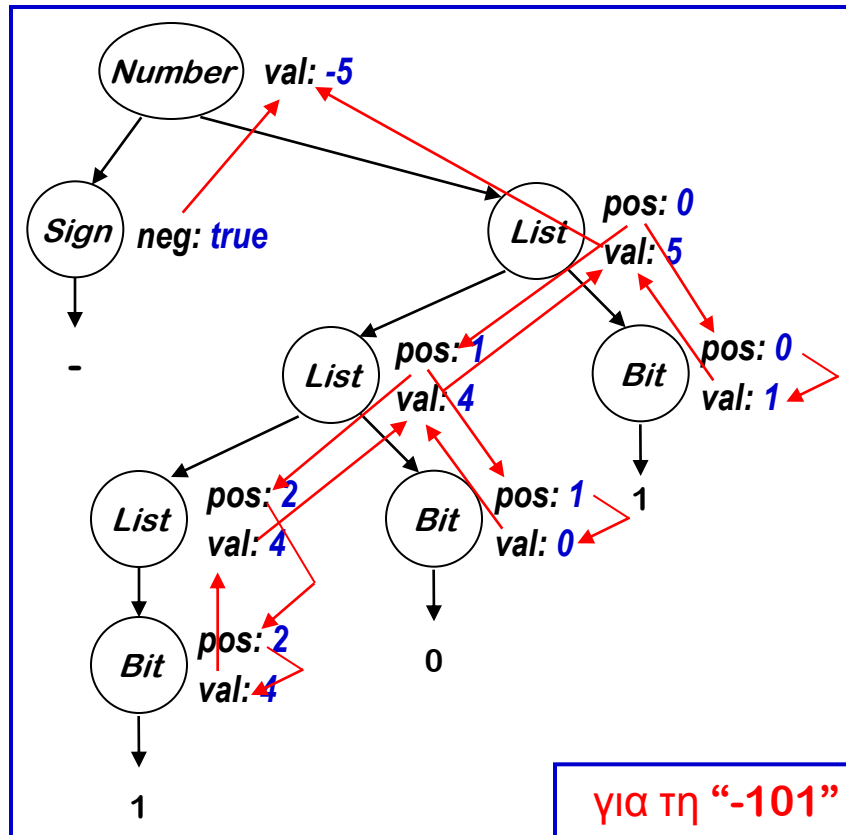
Σειρά υπολογισμού τιμών:

- Πρώτα υπολογίζονται αυτές που δεν εξαρτώνται από άλλες
- Υπολογίζονται οι υπόλοιπες με τη σειρά που οι τιμές από τις οποίες εξαρτώνται γίνονται διαθέσιμες



Η σειρά εκτέλεσης των υπολογισμών πρέπει να είναι συμβατή με το γράφο εξάρτησης

Γραμματικές ιδιοτήτων X



Στο σχήμα απεικονίζεται ο γράφος εξάρτησης τιμών για τη “-101”..... μαζί με το παράγωγο δένδρο.

Μερικές εξαρτήσεις έχουν διεύθυνση από πάνω προς τα κάτω (ή από το πλάι)

→ κληρονομήσιμες ιδιότητες

Μερικές εξαρτήσεις έχουν διεύθυνση από κάτω προς τα πάνω
→ συνθέσιμες ιδιότητες





Τέλος ενότητας

Επεξεργασία: Εμμανουέλα Στάχτιαρη
Θεσσαλονίκη, 21/07/2014



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ