Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών
Τομέας Τεχνολογίας Πληροφορικής & Υπολογιστών
http://courses.softlab.ntua.gr/pl2/

Γλώσσες Προγραμματισμού II

Αν δεν αναφέρεται διαφορετικά, οι ασκήσεις πρέπει να παραδίδονται στους διδάσκοντες σε ηλεκτρονική μορφή μέσω του συνεργατικού συστήματος ηλεκτρονικής μάθησης `moodle.softlab.ntua.gr`. Η προθεσμία παράδοσης θα τηρείται αυστηρά. Έχετε δικαίωμα να καθυστερήσετε το πολύ μία άσκηση.

Άσκηση 5 Δηλωτική σημασιολογία

Προθεσμία παράδοσης: 9/1/2012

Υλοποιήστε ένα διερμηνέα για τη γραμμική γραφή Λ μεταφράζοντας πιστά σε κώδικα τους κανόνες της δηλωτικής σημασιολογίας της. Υποβάλετε τη λύση σας στο σύστημα αυτόματης υποβολής και ελέγχου προγραμμάτων `grader.softlab.ntua.gr`, σε όποια γλώσσα προγραμματισμού θέλετε (από αυτές που υποστηρίζει ο `grader` — αν θέλετε άλλη, μιλήστε με τους διδάσκοντες). Για δική σας διευκόλυνση, σας προτείνουμε να επιλέξετε μια συναρτησιακή γλώσσα: Haskell, Standard ML (MLton), OCaml ή F#.

Περιγραφή του προβλήματος. Η νέα ταινία της γνωστής σειράς με τίτλο "Tomb Raider III: Robbing a Church once more" είναι το φετινό Χριστουγεννιάτικο blockbuster. Η γνωστή αρχαιολόγος (ε-χεμ) Lara Croft βρίσκεται στο Πανεπιστήμιο Princeton, στα ερείπια μίας αγγλικανικής εκκλησίας που καταστράφηκε γύρω στο 1930 από άγνωστα αίτια. Κάτω από την εκκλησία βρίσκει την είσοδο ενός συστήματος κατακόμβων που την οδηγεί (άκουσον-άκουσον) σε ένα θαμένο ναό των Maya. Εκεί βρίσκει αποδείξεις ότι η περιοχή κατοικήθηκε περίπου χίλια χρόνια πριν τους Maya από απογόνους των αρχαίων Κρητών (απίστευτο, ε;), που διέσχισαν τον Ατλαντικό αμέσως μετά την έκρηξη του ηφαιστείου της Θήρας για να δούν ξανά άσπρη μέρα και να ζήσουν κι αυτοί το αμερικανικό όνειρο. Μαζί τους έφεραν τη γραμμική γραφή Α, η οποία στο εύφορο έδαφος της Νέας Υερσέης σύντομα μετεξελίχθηκε στη γραμμική γραφή Λ, που θα μας απασχολήσει σε αυτή την άσκηση. Η γραφή αυτή μοιάζει κάπως έτσι:

Μαζί με τις κλασικές νεκροκεφαλές, τα ξιφομάχα ζόμπι και τα απομεινάρια ενός ιπτάμενου δίσκου (που δε διερευνήθηκαν περαιτέρω σε αυτήν την ταινία και θα μείνουν για το sequel), η Lara βρίσκει μία αρχαία Αιγυπτιακή περγαμηνή που θα είναι το κλειδί για την αποκρυπτογράφηση της γραφής. Οι σύγχρονοι αρχαιολόγοι του Princeton δεν την παλεύουν με την αποκρυπτογράφηση, όμως δίπλα, στο CS department, ο Andrew Appel και ο David Walker διαβεβαιώνουν τη Lara ότι πρόκειται για τη σύνταξη και τη δηλωτική σημασιολογία της γραμμικής γραφής Λ και της γράφουν σε ένα χαρτί τα παρακάτω:

$$
\begin{array}{l}
e \;::=\; n \mid op\ e\ e \mid ?\ e\ e\ e \\
\qquad \mid\; x \mid \backslash\, x\ e \mid \$\ e\ e \\
op \;::=\; + \mid - \mid * \mid / \mid \% \\
\qquad \mid\; = \mid <
\end{array}
$$

$$
\begin{array}{lcl}
D & = & \mathbb{Z} + (D \to D) \\
Env & = & Var \to D \\
[\![e]\!] & : & Env \to D
\end{array}
$$

$$
\begin{array}{lcl}
[\![n]\!]\,\rho & = & n \\
[\![+\,e_1\,e_2]\!]\,\rho & = & [\![e_1]\!]\,\rho + [\![e_2]\!]\,\rho \\
[\![-\,e_1\,e_2]\!]\,\rho & = & [\![e_1]\!]\,\rho - [\![e_2]\!]\,\rho \\
[\![*\,e_1\,e_2]\!]\,\rho & = & [\![e_1]\!]\,\rho \times [\![e_2]\!]\,\rho \\
[\![/\,e_1\,e_2]\!]\,\rho & = & [\![e_1]\!]\,\rho \text{ div } [\![e_2]\!]\,\rho \\
[\![\%\,e_1\,e_2]\!]\,\rho & = & [\![e_1]\!]\,\rho \bmod [\![e_2]\!]\,\rho \\
[\![=\,e_1\,e_2]\!]\,\rho & = & \text{if } [\![e_1]\!]\,\rho = [\![e_2]\!]\,\rho \in \mathbb{Z} \text{ then } 1 \text{ else } 0 \\
[\![<\,e_1\,e_2]\!]\,\rho & = & \text{if } [\![e_1]\!]\,\rho < [\![e_2]\!]\,\rho \in \mathbb{Z} \text{ then } 1 \text{ else } 0 \\
[\![?\,e\,e_1\,e_2]\!]\,\rho & = & \text{if } [\![e_1]\!]\,\rho \neq 0 \text{ then } [\![e_1]\!]\,\rho \text{ else } [\![e_2]\!]\,\rho \\
[\![x]\!]\,\rho & = & \rho\,x \\
[\![\backslash\, x\,e]\!]\,\rho & = & f \text{ where } f(d) = [\![e]\!]\,\rho\{x \mapsto d\} \\
[\![\$\,e_1\,e_2]\!]\,\rho & = & [\![e_1]\!]\,\rho\,([\![e_2]\!]\,\rho)
\end{array}
$$

Της λένε ακόμη ότι, σύμφωνα με την περγαμηνή, το n είναι ένα ψηφίο του δεκαδικού συστήματος αρίθμησης (ποιανού;) και το $x \in \mathit{Var}$ είναι πεζό γράμμα του λατινικού αλφαβήτου (παρντόν;). Επίσης, ότι οι αρχαίοι Αιγύπτιοι ήταν λίγο τσαπατσούληδες και δεν έγραφαν ρητά τις συναρτήσεις μετατροπής για τα πεδία αθροίσματος, π.χ. $\mathit{inj}_Z : \mathbb{Z} \to D$ ή $\mathit{out}_Z : D \to \mathbb{Z}$.

Η Lara δεν είναι καλή στις γλώσσες προγραμματισμού (έχει όμως άλλα χαρίσματα, γκουχ γκουχ). Βοηθήστε τη να κατασκευάσει μία υλοποίηση για τη γραμμική γραφή Λ.

Είσοδος και έξοδος. Το πρόγραμμά σας θα διαβάζει τα δεδομένα από την τυπική είσοδο (stdin) και θα τυπώνει τα αποτελέσματα στην τυπική έξοδο (stdout).

Η πρώτη γραμμή της εισόδου θα περιέχει ένα φυσικό αριθμό N. Κάθε μία από τις επόμενες N γραμμές θα περιέχει μία πρόταση στη γραμμική γραφή Λ.

Το πρόγραμμά σας πρέπει να τυπώνει N γραμμές, κάθε μία από τις οποίες θα περιέχει τη σημασία της αντίστοιχης πρότασης (αποτιμημένης στο κενό περιβάλλον). Υποθέστε ότι όλες οι προτάσεις που θα δίνονται θα είναι έγκυρες και ότι η αποτίμησή τους θα δίνει αριθμητικό αποτέλεσμα: ένα στοιχείο $d \in Z$ (οσοδήποτε μεγάλο ή μικρό).

Παράδειγμα εισόδου.

```
4
7
+11
$\x+1x8
$\x*x+x1$$\f$\x$f$xx\x$f$xx\f\x?<1x*$f-x1x13
```

Παράδειγμα εξόδου.

```
7
2
9
42
```