



## Γλώσσες Προγραμματισμού II

Οι ασκήσεις πρέπει να παραδοθούν στους διδάσκοντες σε ηλεκτρονική μορφή μέσω του συνεργατικού συστήματος ηλεκτρονικής μάθησης [moodle.softlab.ntua.gr](http://moodle.softlab.ntua.gr). Η προθεσμία παράδοσης θα τηρείται αυστηρά. Έχετε δικαίωμα να καθυστερήσετε το πολύ μία άσκηση.

### Άσκηση 7 Αξιοματική σημασιολογία

Προθεσμία παράδοσης: 11/10/2015

Σε κάποιους φοιτητές ζητήθηκε να λύσουν το ακόλουθο αλγοριθμικό πρόβλημα:

Ο μικρός Λουκάς παίζει με το πατίνι του. Κουράζεται όμως εύκολα κι έτσι βασίζεται αποκλειστικά στην κλίση του δρόμου. Έστω ότι ο δρόμος όπου κάνει πατίνι ο Λουκάς χωρίζεται σε  $N$  μικρά τμήματα και ότι η κλίση καθενός από αυτά παριστάνεται με έναν ακέραιο αριθμό. Αν, για παράδειγμα, ο αριθμός που αντιστοιχεί σε κάποιο τμήμα είναι 3, τότε το τμήμα αυτό είναι κατηφορικό και η ταχύτητα του πατινιού θα αυξηθεί κατά 3 όταν περάσει από εκεί. Αντίθετα, αν ο αριθμός είναι  $-4$ , τότε το τμήμα αυτό είναι ανηφορικό και η ταχύτητα του πατινιού θα μειωθεί κατά 4 όταν περάσει από εκεί. Τα επίπεδα τμήματα παριστάνονται με μηδέν.

Ο Λουκάς μπορεί να διαλέξει από ποιο σημείο του δρόμου θα ξεκινήσει με το πατίνι του. Η αρχική του ταχύτητα είναι μηδενική και θέλει να φτάσει στο τέλος του δρόμου με τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα.

Να γράψετε ένα πρόγραμμα το οποίο θα βρίσκει τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα στο τέλος του δρόμου.

Περιορισμοί:

- $1 \leq N \leq 1.000.000$
- η απόλυτη τιμή της κλίσης σε κάθε σημείο του δρόμου δεν υπερβαίνει το 1.000

Παραδείγματα:

- $N = 8$ , κλίση:  $\{-1, 3, -4, 5, -1, 4, 0, -2\}$ , απάντηση: 6.
- $N = 10$ , κλίση:  $\{5, -6, 7, -8, 14, 12, -11, 9, -5, 4\}$ , απάντηση: 23.
- $N = 5$ , κλίση:  $\{1, 2, 1, 2, -10\}$ , απάντηση: 0.

Ένας φοιτητής έδωσε την εξής λύση, χρησιμοποιώντας έναν άπληστο (greedy) αλγόριθμο:

```
1 int skating (int n, int *x)
2 {
3     int i, sum = 0, best = 0;
4     for (i=0; i < n; i++) {
5         sum += x[n-1-i];
6         best = sum < best ? best : sum;
7     }
8     return best;
9 }
```

Αποδείξτε τη μερική ορθότητα της παραπάνω λύσης χρησιμοποιώντας αξιωματική σημασιολογία.

Μπορείτε να λύσετε αυτή την άσκηση με δύο (εναλλακτικούς) τρόπους:

1. Να γράψετε το σώμα των συναρτήσεων στην απλή προστακτική γλώσσα των διαφανειών. Υποθέστε ότι η γλώσσα υποστηρίζει όλες τις αριθμητικές πράξεις και πίνακες. Υποθέστε επίσης ότι όλες οι πράξεις υπολογίζουν πάντα το ιδεατό αποτέλεσμα, χωρίς το ενδεχόμενο υπερχείλισης ή αριθμητικού σφάλματος.
2. Να χρησιμοποιήσετε το εργαλείο επαλήθευσης προγραμμάτων Frama-C, που είναι διαθέσιμο από την ιστοσελίδα <http://frama-c.com/>. Αν το επιχειρήσετε, θα χρειαστεί να εγκαταστήσετε και κάποιο εργαλείο αυτόματης απόδειξης θεωρημάτων, όπως το Alt-Ergo, ή κάποιο σύστημα υποστήριξης αποδείξεων, όπως το Coq. Υπάρχουν σύνδεσμοι προς τέτοια εργαλεία από την ιστοσελίδα του Frama-C. Με μία από τις τελευταίες εκδόσεις του Frama-C (Neon ή Sodium) προτείνεται η χρήση του plugin WP αντί του Jessie.

```
$ frama-c -wp -wp-prover alt-ergo -wp-rte -wp-timeout 300 -wp-verbose 0 skating.c
  -then -report
[kernel] preprocessing with "gcc -C -E -I. skating.c"
[rte] annotating function skating
[report] Computing properties status...

-----
--- Properties of Function 'skating'
-----

[ Valid ] Post-condition (file skating.c, line 12)
          by wp.typed.
[ Valid ] Loop assigns (file skating.c, line 21)
          by wp.typed.
[ Valid ] Loop variant at loop (file skating.c, line 24)
          by wp.typed.
[ Valid ] Invariant (file skating.c, line 17)
          by wp.typed.
... (snip) ...
[ Valid ] Assertion 'rte,signed_overflow' (file skating.c, line 25)
          by wp.typed.
[ Valid ] Assertion 'rte,mem_access' (file skating.c, line 25)
          by wp.typed.
[ Valid ] Assertion 'rte,signed_overflow' (file skating.c, line 24)
          by wp.typed.
[ Valid ] Default behavior
          by Frama-C kernel.

-----
--- Status Report Summary
-----

  15 Completely validated
  15 Total
-----
```

Εναλλακτικά, μπορείτε να χρησιμοποιήσετε την παρακάτω εντολή που σας φέρνει στο GUI, και να ελέγξετε ότι όλα τα proof obligations είναι πράσινα.

```
$ frama-c-gui -wp -wp-prover alt-ergo -wp-rte -wp-timeout 300 skating.c
```