



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ & ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

www.cslab.ece.ntua.gr

2η ΑΣΚΗΣΗ ΣΤΗΝ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Ακ. έτος 2018-2019, 5ο Εξάμηνο, Σχολή ΗΜ&ΜΥ

Τελική Ημερομηνία Παράδοσης: **16/12/2018**

Δίνεται ο παρακάτω κώδικας :

```
1. LOOP: LW    $t1, 0($t0)
2.          ADD  $t2, $t1, $t4
3.          SW   $t2, 0($t3)
4.          ADD  $t3, $t2, $t6
5.          ADDI $t0, $t0, 4
6.          LW   $t5, 0($t0)
7.          ADD  $t7, $t7, $t2
8.          LW   $t6, 0($t5)
9.          ADD  $t4, $t7, $t3
10.         ADDI $t9, $t9, -4
11.         BNEZ $t9, LOOP
```

Υποθέτουμε η αρχική τιμή του καταχωρητή \$t9 είναι ίση με 64. Ο κώδικας εκτελείται σε έναν επεξεργαστή MIPS με αρχιτεκτονική σωλήνωσης (pipeline) 6 σταδίων, όπου το στάδιο MEM της κλασσικής σωλήνωσης των 5 σταδίων έχει σπάσει σε 2 στάδια M1 και M2 σε μια προσπάθεια να μειωθεί η διάρκεια του κύκλου. Η εγγραφή σε ένα καταχωρητή γίνεται στο πρώτο μισό ενός κύκλου, ενώ η ανάγνωση από τον ίδιον καταχωρητή στο δεύτερο μισό του ίδιου κύκλου. Υποθέτουμε επίσης ότι όλες οι αναφορές στη μνήμη ικανοποιούνται από την κρυφή μνήμη σε 1 κύκλο (δεν υπάρχουν δηλαδή αστοχίες), ενώ κατά τον εντοπισμό μιας εντολής άλματος υπό συνθήκη, ο επεξεργαστής κάνει stall τη σωλήνωση μέχρι την επίλυση, η οποία πραγματοποιείται στο στάδιο M2.

1) Αρχικά, υποθέτουμε ότι η αρχιτεκτονική σωλήνωσης δε διαθέτει σχήμα προώθησης (forwarding). Για την 1^η επανάληψη του παραπάνω βρόχου (μέχρι και την πρώτη εντολή της 2^{ης} επανάληψης), συμπληρώστε ένα διάγραμμα χρονισμού όπως αυτό που παρουσιάζεται στη συνέχεια, για να δείξετε τα διάφορα στάδια του pipeline από τα οποία διέρχονται οι εντολές σε αυτό το διάστημα εκτέλεσης. Υποδείξτε και εξηγήστε τους πιθανούς κινδύνους (hazards) που μπορούν να προκύψουν κατά την εκτέλεση, καθώς και τον τρόπο με τον οποίον αυτοί αντιμετωπίζονται.

Κύκλος	1	2	3	4	5	6	...
Εντολή 1	IF	ID	EX	MEM	WB		
Εντολή 2		IF	ID	EX	MEM	WB	
Εντολή 3		

Πόσοι κύκλοι απαιτούνται συνολικά για να ολοκληρωθεί ο παραπάνω βρόχος (για όλες τις επαναλήψεις του, όχι μόνο για την 1^η);

2) Υποθέστε τώρα ότι υπάρχουν όλα τα δυνατά σχήματα προώθησης. Δείξτε όπως και πριν το διάγραμμα χρονισμού για την 1^η επανάληψη του βρόχου, υποδεικνύοντας τις προωθήσεις που γίνονται. Πόσοι κύκλοι απαιτούνται τώρα για την εκτέλεση του κώδικα;

3) Σας δίνονται οι εξής 2 επιλογές:

- i) Η χρήση ενός compiler ο οποίος αναδιατάσσει κατάλληλα τον κώδικα (με τις απαραίτητες βέβαια μετατροπές για να μην αλλάξει την σημασιολογία του προγράμματος) προκειμένου να επιτύχει βέλτιστη επίδοση.
- ii) Η επανένωση των σταδίων M1 και M2 και η δημιουργία σωλήνωσης 5 σταδίων.

Ποια θα ήταν η επιλογή σας προκειμένου να πετύχετε την καλύτερη επίδοση; Δικαιολογήστε την απάντησή σας δίνοντας τα κατάλληλα διαγράμματα χρονισμού και υποδεικνύοντας πάντα τις προωθήσεις που γίνονται.

Παραδοτέο της άσκησης θα είναι ένα ηλεκτρονικό κείμενο (**pdf**, **docx** ή **odt**) που θα περιέχει τα διαγράμματα χρονισμού και των 3 μερών της άσκησης.

Στο ηλεκτρονικό κείμενο να αναφέρετε στην αρχή τα στοιχεία σας (Όνομα, Επώνυμο, ΑΜ).

Η άσκηση θα παραδοθεί ηλεκτρονικά στην ιστοσελίδα:

<http://www.cslab.ece.ntua.gr/courses/comparch/submit-tmima1>

Δουλέψτε ατομικά. Έχει ιδιαίτερη αξία για την κατανόηση του μαθήματος να κάνετε μόνοι σας την εργασία. Μην προσπαθήσετε να την αντιγράψετε από άλλους συμφοιτητές σας.