



# 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 2016-2017, 5ο Εξάμηνο, Σχολή ΗΜ&ΜΥ

Τελική Ημερομηνία Παράδοσης: **18/12/2016**

Δίνεται ο παρακάτω κώδικας :

```
1. LOOP: LW    $t0, 0($t3)
2.         LW    $t1, 0($t0)
3.         LW    $t2, 8($t0)
4.         ADD   $t2, $t2, $t1
5.         ADD   $t2, $t2, $t0
6.         SW    $t2, 0($t3)
7.         ADDI  $t3, $t3, -4
8.         BNE  $t9, $t3, LOOP
```

Δίνονται οι αρχικές τιμές των καταχωρητών  $\$t9=0x800$  και  $\$t3=0x1000$  και ότι ο κώδικας εκτελείται σε έναν επεξεργαστή MIPS με αρχιτεκτονική σωλήνωσης (pipeline) 5 σταδίων (IF, ID, EX, MEM, WB), όπου η εγγραφή σε κάποιον 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 EX.

**1)** Αρχικά, υποθέτουμε ότι η αρχιτεκτονική σωλήνωσης δε διαθέτει σχήμα προώθησης (forwarding). Για την 1<sup>η</sup> επανάληψη του παραπάνω βρόχου (μέχρι και την πρώτη εντολή της 2<sup>ης</sup> 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<sup>η</sup>);

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

3) Θεωρώντας την ίδια σωλήνωση με το ερώτημα Β, μπορείτε να επιτύχετε τη βέλτιστη επίδοση αναδιατάσσοντας τον κώδικα (με τις απαραίτητες βέβαια μετατροπές για να μην αλλάξετε την σημασιολογία του προγράμματος); Δείξτε όπως και πριν το διάγραμμα χρονισμού για την 1<sup>η</sup> επανάληψη του βρόχου, υποδεικνύοντας τις προωθήσεις που γίνονται. Πόσοι κύκλοι απαιτούνται τώρα για την εκτέλεση του βρόχου;

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.*