



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ
www.cslab.ece.ntua.gr

2η ΑΣΚΗΣΗ ΣΤΗΝ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
Ακ. έτος 2011-2012, 5ο Εξάμηνο Σχολή ΗΜ&ΜΥ

Τελική Ημερομηνία Παράδοσης: 08/01/2012

Δίνεται ο παρακάτω κώδικας :

```
Loop:    lw     $1, 0($2)
         addi  $1, $1, 1
         lw     $5, 4($2)
         add   $1, $1, $5
         sw     $1, 0($2)
         addi  $2, $2, 4
         sub   $4, $3, $2
         bne   $4, $0, Loop
```

Exit:

Υποθέτουμε ότι η αρχική τιμή του \$3 είναι \$2+220 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 η απόφαση για μια εντολή διακλάδωσης λαμβάνεται στο στάδιο MEM.

A) Αρχικά, υποθέτουμε ότι η αρχιτεκτονική σωλήνωσης *δε διαθέτει σχήμα προώθησης* (forwarding). Για την 1η επανάληψη του παραπάνω βρόχου (μέχρι και το load της 2ης επανάληψης), χρησιμοποιείστε 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 1η);

B) Για την ίδια ακολουθία εντολών, δείξτε και εξηγήστε όπως και πριν, τον χρονισμό του pipeline, θεωρώντας όμως τώρα ότι υπάρχουν όλα τα δυνατά σχήματα προώθησης που είδαμε στο μάθημα. Πόσοι κύκλοι απαιτούνται τώρα για να ολοκληρωθεί ο βρόχος;

Γ) Θεωρώντας την ίδια σωλήνωση με το ερώτημα Β, μπορείτε να επιτύχετε ακόμα καλύτερη επίδοση τροποποιώντας τον κώδικα (χωρίς όμως να αλλάξει η σημασιολογία του προγράμματος); Πόσοι κύκλοι απαιτούνται τώρα για να ολοκληρωθεί ο βρόχος;

Παραδοτέο της άσκησης θα είναι ένα ηλεκτρονικό κείμενο (pdf, doc ή odt). 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>.

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.