



## ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Όνοματεπώνυμο: \_\_\_\_\_

ΑΜ: \_\_\_\_\_

### ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

(τμήμα Λ - Ω)

Εξέταση: 6 Μαρτίου 2015

Διάρκεια 2,5 ώρες

Οι εξετάσεις θα πραγματοποιηθούν ΧΩΡΙΣ την παρουσία βιβλίων, βοηθημάτων ή άλλου είδους σημειώσεων. Το μόνο που επιτρέπεται να φέρετε είναι ένα φύλλο Α4 με προσωπικές σημειώσεις.

#### Θέμα 1<sup>ο</sup> (30%)

**A)** Χαρακτηρίστε ως σωστές ή λάθος τις ακόλουθες προτάσεις:

1. Η «επέκταση προσήμου» στην αρχιτεκτονική MIPS μπορεί να οδηγήσει σε υπερχειλίση.
2. Η αύξηση του πλήθους των ψηφίων του κλάσματος σε μία παράσταση κινητής υποδιαστολής οδηγεί αύξηση της ακρίβειας παράστασης.
3. Στο πρότυπο αριθμών κινητής υποδιαστολής είναι δυνατή η παράσταση και μη αριθμών.
4. Το σύστημα μνήμης επηρεάζει το πλήθος των εντολών που απαιτεί η εκτέλεση ενός προγράμματος
5. Στη multi-cycle υλοποίηση έχουμε γενικά μικρότερους κύκλους ρολογιού που καθορίζονται από τις καθυστερήσεις των επιμέρους μονάδων.
6. Στην εικονική μνήμη μόνο η ετερόχρονη πολιτική εγγραφής είναι εφικτή.
7. Η ευστοχία (hit) στον TLB μπορεί να συνδυαστεί με αστοχία (miss) στον πίνακα σελίδας και αστοχία (miss) στην κρυφή μνήμη.
8. Αύξηση του μεγέθους του μπλοκ σε μια κρυφή μνήμη οδηγεί σε μείωση των υποχρεωτικών αστοχιών.

**B)** Να απαντηθούν και αιτιολογηθούν οι παρακάτω ερωτήσεις:

1. Ποιοι αριθμοί κινητής υποδιαστολής κατά IEEE ονομάζονται μη κανονικοποιημένοι;
2. Αιτιολογήστε γιατί στην αρχιτεκτονική MIPS μοναδικός υπαρκτός κίνδυνος δεδομένων είναι ο RAW (Read After Write).

3. Η λειτουργία της ανάγνωσης σε ένα σύστημα RAID με κάποια βλάβη είναι πιο χρονοβόρα από ό,τι η ανάγνωση σε σύστημα χωρίς βλάβη;
4. Αιτιολογείστε εάν συμφωνείτε ή όχι με την παρακάτω πρόταση: «Όσο μεγαλύτερο είναι το ποσοστό των εγγραφών στη μνήμη τόσο αποδοτικότερη γίνεται η πολιτική της ετερόχρονης εγγραφής (write-back) σε σχέση με την πολιτική της ταυτόχρονης εγγραφής (write-through) στην κρυφή μνήμη»
5. Εάν ο ρυθμός αστοχίας στην κρυφή μνήμη εντολών (I-Cache) είναι 0,6% και στην μνήμη δεδομένων (D-Cache) είναι 11,4%, είναι δυνατόν ο σταθμισμένος μέσος ρυθμός αστοχίας να είναι 2,8% ή 3,2% ή 7,0%;

### Θέμα 2° (30%)

Δίνεται η ακόλουθη ρουτίνα assembly MIPS.

```
# the arguments are: ($a0 --> array[], $a1 --> size, $a2 --> array2[])
myFunction:
    add $t1, $zero, $zero    # int i = 0
loop:
    slt $t7, $t1, $a1
    beq $t7, $zero, exit    # i < size ?
    add $t2, $a0, $t1       # array[i]
    add $t3, $a2, $t1       # array2[i]
    lb $t4, 0($t2)          # array2[i] = array[i]
    sb $t4, 0($t3)
    addi $t1, $t1, 1
    j loop
exit:
    jr $ra                  # return
```

Υποθέτουμε εκτέλεση της παραπάνω ρουτίνας σε 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 στο δεύτερο μισό του ίδιου κύκλου. Υποθέτουμε επίσης, ότι όλες οι αναφορές στη μνήμη ικανοποιούνται σε 1 κύκλο (δεν υπάρχουν αστοχίες), ενώ η απόφαση για μια εντολή διακλάδωσης λαμβάνεται στο στάδιο MEM. Δίνονται ορίσματα \$a0 := 0xFF4304A0, \$a1:= 20, \$a2:= 0xFF4307A0.

1. Αρχικά υποθέτουμε έλλειψη σχήματος προώθησης. Συμπληρώστε το διάγραμμα χρονισμού για την πρώτη επανάληψη του βρόχου, επισημαίνοντας κάθε φορά το λόγο για τον οποίο προκαλείται η οποιαδήποτε καθυστέρηση. Υπολογίστε το συνολικό αριθμό κύκλων που απαιτούνται για την ολοκλήρωση της ρουτίνας.
2. Στη συνέχεια υποθέτουμε την ύπαρξη σχήματος προώθησης. Παρουσιάστε το διάγραμμα χρονισμού της πρώτης επανάληψης του βρόχου. Υπολογίστε το νέο συνολικό αριθμό κύκλων που απαιτούνται μέχρι το πέρας της ρουτίνας.
3. Είναι δυνατόν να επιτευχθεί καλύτερη απόδοση χωρίς να αλλάξει η σημασιολογία του προγράμματος, όταν παρέχεται σχήμα προώθησης; Αν ναι, υποδείξτε τον τρόπο και υπολογίστε το νέο πλήθος απαιτούμενων κύκλων για την ολοκλήρωση του βελτιστοποιημένου πλέον κώδικα.

### Θέμα 3<sup>ο</sup> (30%)

Να εκτιμήσετε την επίδοση ενός τμήματος προγράμματος συναρτήσεως της εσωτερικής οργάνωσης της κρυφής μνήμης (L1 cache). Διατίθεται μία μόνο cache μεγέθους δεδομένων 64 bytes εφοδιασμένη με write back (1 “dirty” bit) και write allocate πολιτικές, διευθύνσεις μεγέθους 32 bit και διευθυνσιοδότηση 1 byte. Υποθέτουμε τις ακόλουθες οργανώσεις:

1. Άμεση οργάνωση με μέγεθος μπλοκ 16 bytes
2. Οργάνωση συνόλου 2 δρόμων με μέγεθος μπλοκ 8 bytes και πολιτική LRU

**A)** Για κάθε μία από τις παραπάνω οργανώσεις ζητείται να βρεθεί το μέγεθος των πεδίων tag, index, byte\_offset σε bits, το συνολικό μέγεθος της κρυφής μνήμης, καθώς και το ποσοστό ωφέλιμου χώρου σε αυτήν.

**B)** Δίνεται το ακόλουθο τμήμα κώδικα σε C:

```
int A[14], B[14], C[4];  
  
int i;  
  
for (i = 0; i < 12; i++)  
    C[i%4] += A[i] + B[(i+2)%12];
```

Οι μονοδιάστατοι πίνακες A, B, C περιέχουν ακεραίους μεγέθους 4 byte ο καθένας. Βρίσκονται στη μνήμη RAM, ξεκινώντας από τις θέσεις **0xFF004F40**, **0xFF004F78**, **0xFF124FB0**, αντίστοιχα. Η L1 cache είναι αρχικά άδεια και η οποιαδήποτε αναφορά σε μεταβλητή πέραν των τριών πινάκων εξυπηρετείται από τους καταχωρητές του επεξεργαστή.

1. Για κάθε μία από τις παραπάνω οργανώσεις ζητείται το πλήθος των misses που θα συμβούν κατά την εκτέλεση του κώδικα, καθώς και το είδος αυτών.
2. Έστω ότι ο χρόνος πρόσβασης και στις δύο οργανώσεις μνήμης του προηγούμενου ερωτήματος είναι 1 nsec, ενώ σε περίπτωση αστοχίας η πρόσβαση στα επόμενα επίπεδα της ιεραρχίας απαιτεί 11 nsec. Να υπολογιστεί ο μέσος χρόνος προσπέλασης για την κάθε οργάνωση.

#### Θέμα 4<sup>ο</sup> (10%)

Το ακόλουθο τμήμα κώδικα C τρέχει σε έναν επεξεργαστή MIPS.

```
for (i = 0; i < 12; i++) {  
    A[i] = A[i] - B[i];  
    C[i%2]++;  
}
```

Διατίθεται οργάνωση **κρυφής μνήμης ενός επιπέδου** (L1 cache), αποτελούμενη από **8 μπλοκ**, η οποία είναι αρχικά **άδεια**. Οι πίνακες **A** και **B** διατηρούν 12 στοιχεία μεγέθους **4 bytes** (ακεραίους) και είναι αποθηκευμένοι στις διευθύνσεις **0xFF3414A0** και **0xFF520440** αντιστοίχως, ενώ ο **C** διατηρεί 2 ακεραίους και βρίσκεται στη διεύθυνση **0xFF5206E0** της κύριας μνήμης. Με το πέρας της εκτέλεσης του προγράμματος παρατηρείται το ακόλουθο μοτίβο επιτυχιών/αποτυχιών προσπέλασης:

i	A	B	A	C	C
0	M	M	H	M	H
1	H	M	H	M	H
2	M	M	H	H	H
3	H	H	H	H	H
4	M	M	H	H	H
5	H	H	H	H	H
6	M	M	H	H	H
7	H	H	H	H	H
8	M	M	H	M	H
9	H	M	H	M	H
10	M	M	H	H	H
11	H	H	H	H	H

1. Να βρεθεί το μέγεθος του μπλοκ της συγκεκριμένης κρυφής μνήμης.
2. Εντοπίστε την πιθανή οργάνωση αυτής της κρυφής μνήμης.

Απαιτείται δικαιολόγηση των απαντήσεών σας.