



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

4η ΣΕΙΡΑ ΑΣΚΗΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Ακ. έτος 2016-2017, 5ο Εξάμηνο, Σχολή ΗΜΜΥ

(τμήμα Μ – Ω)

Ημερομηνία Παράδοσης: 12/2/2017

Απορίες στο: ca2016-2017-tmima2@cslab.ece.ntua.gr

Εξετάζουμε την εκτέλεση του ακόλουθου κώδικα C:

```
#define N 16

double a[N*N], b[N][N], c[N][N];
int i, j;

for (i = 0; i < N; i++) {
    for (j = 0; j < N; j++) {
        a[i*N+j] = b[j][i] + c[i][j];
    }
}
```

- Οι πίνακες περιέχουν **αριθμούς κινητής υποδιαστολής διπλής ακρίβειας**, μεγέθους **8 bytes**.
- Το πρόγραμμα εκτελείται σε επεξεργαστή με μόνο ένα επίπεδο κρυφής μνήμης δεδομένων, η οποία είναι αρχικά άδεια. Η κρυφή μνήμη είναι **άμεσης απεικόνισης (direct-mapped)**, με **κατανομή εγγραφών (write-allocate)**, **ετερόχρονη εγγραφή (write-back)** και αποτελείται από **128 blocks** δεδομένων, μεγέθους **32 bytes** έκαστο.
- Η ελάχιστη ποσότητα δεδομένων που μπορεί να διευθυνσιοδοτηθεί είναι το **1 byte**, ενώ γίνεται χρήση **32-bit** διευθύνσεων.
- Όλες οι **μεταβλητές, πλην των στοιχείων των πινάκων**, αποθηκεύονται σε καταχωρητές του επεξεργαστή, οπότε οποιαδήποτε αναφορά σε αυτές **δεν** συνεπάγεται προσπέλαση στη μνήμη. Επίσης, σε επίπεδο εντολών assembly, οι **αναγνώσεις** γίνονται **με τη σειρά** που εμφανίζονται στον κώδικα.

- Οι πίνακες είναι αποθηκευμένοι στην κύρια μνήμη κατά γραμμές, και **διαδοχικά**, δηλαδή ο ένας αμέσως μετά τον άλλο, όπως αυτοί έχουν δηλωθεί στον κώδικα. Το πρώτο στοιχείο του πίνακα **a** βρίσκεται στη διεύθυνση **0x000A0000**.

A. Να υπολογιστούν τα μεγέθη των **TAG**, **INDEX** και **OFFSET** της κρυφής μνήμης.

B. Να βρεθεί ο **συνολικός αριθμός ευστοχιών (hits) και αστοχιών (misses)** για όλη την εκτέλεση του παραπάνω κώδικα. Υποδείξτε το **είδος** των αστοχιών. Ποιο είναι το παρατηρούμενο **ποσοστό ευστοχίας (hit rate)**;

Γ. Έστω τώρα ότι εξετάζουμε τη χρήση μιας **συσχετιστικής κρυφής μνήμης 4 δρόμων (4-way set associative cache)**, με τα ίδια χαρακτηριστικά με την άμεσης απεικόνισης της εκφώνησης. Υπολογίστε το νέο αριθμό **ευστοχιών** και **αστοχιών**, υποδεικνύοντας παράλληλα το **είδος** των τελευταίων. Επέρχεται κάποια βελτίωση στο παρατηρούμενο **ποσοστό ευστοχίας**;

Δ. Έστω ότι ο χρόνος πρόσβασης στην αρχική **κρυφή μνήμη άμεσης απεικόνισης** είναι **2 ns**, ενώ σε περίπτωση αστοχίας, η πρόσβαση στα επόμενα επίπεδα της ιεραρχίας απαιτεί **10 ns**. Ποιος είναι ο μέγιστος επιτρεπόμενος χρόνος πρόσβασης για τη **συσχετιστική κρυφή μνήμη 4 δρόμων** του ερωτήματος Γ, ώστε να συμφέρει η επιλογή της από άποψη χρόνου εκτέλεσης (ο χρόνος πρόσβασης στα επόμενα επίπεδα της ιεραρχίας μνήμης παραμένει σταθερός);

* * *

Παραδοτέο της άσκησης θα είναι ηλεκτρονικό κείμενο (pdf, doc/docx ή odt) που θα περιέχει τις απαντήσεις των τριών μερών. Το έγγραφο πρέπει να φέρει τα στοιχεία σας (όνομα, επώνυμο και αριθμό μητρώου).