



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

4η ΑΣΚΗΣΗ ΣΤΗΝ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Ακ. έτος 2010-2011, 5ο Εξάμηνο Σχολή ΗΜ&ΜΥ

Τελική Ημερομηνία Παράδοσης: 13/02/2011

ΜΕΡΟΣ Α

Θεωρήστε ένα σύστημα μνήμης με μία cache χωρητικότητας 256 KB δεδομένων, με cache line 8 λέξεων. Το μέγεθος της λέξης είναι 32 bits. Η μικρότερη μονάδα δεδομένων που μπορεί να διευθυνσιοδοτηθεί είναι το 1 byte, ενώ οι διευθύνσεις μνήμης έχουν εύρος 32 bit. Για κάθε μία από τις ακόλουθες περιπτώσεις οργάνωσης της cache:

- (i) ευθείας αντιστοίχισης (direct mapped),
- (ii) συσχέτισης 4 δρόμων (4-way set associative) με πολιτική αντικατάστασης LRU,
- (iii) πλήρως συσχετιστική (fully associative) με πολιτική αντικατάστασης LRU

A1. Υπολογίστε τον αριθμό των bits καθενός από τα επιμέρους πεδία στα οποία χωρίζεται μία διεύθυνση μνήμης. Παρουσιάστε ένα διάγραμμα που να δείχνει πώς διαχωρίζεται η διεύθυνση στα πεδία αυτά, και εξηγήστε τη σημασία του καθενός. Τι ποσοστό του συνολικού μεγέθους της cache αφιερώνεται για τα bits του tag σε κάθε μία από τις περιπτώσεις;

A2. Δίνονται οι παρακάτω διευθύνσεις bytes στη μνήμη:

800A31, 30FC05, 601B50, 601B58, 551028, 000A2E, 30FC0A, 29E000, 200A22, 151023, 601B53, 200A2B, 551027, 601B53, 800A2D, 551025.

Βρείτε σε ποιες θέσεις της cache απεικονίζονται. Αν οι προσβάσεις στις διευθύνσεις αυτές πραγματοποιηθούν με τη σειρά που δίνεται, η αναζήτηση τους στη cache καταλήγει σε hit ή σε miss;

ΜΕΡΟΣ Β

Δίνεται ο παρακάτω κώδικας σε C:

```
int i, j;
float tmp, x[11][8];

for(i=0; i<8; i++)
    for(j=0; j<10; j++)
        tmp += x[j][i] * x[j+1][i];
```

Ο πίνακας x περιέχει στοιχεία κινητής υποδιαστολής μονής ακρίβειας μεγέθους 4 bytes. Υποθέστε τα εξής:

- Το πρόγραμμα εκτελείται σε έναν επεξεργαστή με μόνο ένα επίπεδο κρυφής μνήμης δεδομένων.

- Η κρυφή μνήμη είναι πλήρως συσχετιστική (fully associative), αποτελείται από 10 cache lines δεδομένων και χρησιμοποιεί LRU πολιτική αντικατάστασης. Το μέγεθος του cache line είναι 32 bytes.
- Υποθέτουμε ότι όλες οι μεταβλητές πλην των στοιχείων του πίνακα x μπορούν να αποθηκευτούν σε καταχωρητές του επεξεργαστή. Επομένως οποιαδήποτε αναφορά σε αυτές δεν συνεπάγεται προσπέλαση της κρυφής μνήμης.
- Ο επεξεργαστής στέλνει προς εκτέλεση τα loads του προγράμματος με τη σειρά που αυτά εμφανίζονται στο πρόγραμμα. Δηλαδή πρώτα εκτελείται η ανάγνωση του στοιχείου $x[j][i]$ και μετά του $x[j+1][i]$.
- Ο πίνακας είναι αποθηκευμένος στην κύρια μνήμη κατά γραμμές. Επιπλέον είναι ευθυγραμμισμένος, ώστε το πρώτο του στοιχείο να απεικονίζεται στην αρχή μιας γραμμής της κρυφής μνήμης.
- Αρχικά η κρυφή μνήμη είναι άδεια.

B1. Βρείτε ποιες από τις αναφορές καταλήγουν σε misses κατά την εκτέλεση του παραπάνω κώδικα. Υποδείξτε ποια misses είναι compulsory, ποια capacity και ποια είναι conflict. Υπολογίστε το τελικό ποσοστό αστοχίας (miss rate).

B2. Πώς θα ξαναγράφατε τον κώδικα ώστε να μειωθούν τα misses; Υπολογίστε τον νέο αριθμό των misses.

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 απλά από άλλους συμφοιτητές σας.