

Οργάνωση και Σχεδίαση Υπολογιστών (ECE 232)

Χειμερινό Εξάμηνο 2023-2024

Εργαστήριο 9

Το εργαστήριο είναι το 10% του συνολικού βαθμού των εργαστηρίων

1. Εικονική Μνήμη (6 μονάδες)

Η εικονική μνήμη χρησιμοποιεί τον πίνακα σελίδων (page table) για να μεταφράσει εικονικές σε φυσικές διευθύνσεις και το TLB σαν cache για γρήγορη προσπέλαση του πίνακα σελίδων. Σε αυτήν την άσκηση θα δείξετε πως γίνεται η ενημέρωση του πίνακα σελίδων και του TLB για μια σειρά εικονικών διευθύνσεων όπως αυτές παράγονται από έναν επεξεργαστή. Υποθέστε ότι το σύστημα εικονικής μνήμης έχει σελίδες των 4 KB, μία fully associative TLB με 4 εισόδους και LRU πολιτική αντικατάστασης στο TLB.

Η παρακάτω σειρά από εικονικές διευθύνσεις (στο δεκαδικό σύστημα) θα χρησιμοποιηθεί στα επόμενα ερωτήματα της άσκησης.

9452, 30964, 19136, 46502, 38110, 16653, 48480.

Η αρχική κατάσταση του TLB:

Valid Bit	Tag	PP number
1	11	12
1	7	4
1	3	6
0	4	9

Η αρχική κατάσταση του πίνακα σελίδων:

Valid Bit	PP number
1	5
0	Δίσκος
0	Δίσκος
1	6
1	9
1	11
0	Δίσκος
1	4
0	Δίσκος
0	Δίσκος
1	3
1	12

Για τον αλγόριθμο LRU στο TLB, θεωρείστε ότι αρχικά οι λιγότερο πρόσφατες εισόδους είναι κατά σειρά οι #0, #1, και #2.

- Να δείξετε τι ακριβώς συμβαίνει στον πίνακα σελίδων και στο TLB για κάθε προσπέλαση στις παραπάνω διευθύνσεις. Ποιά είναι η τελική κατάσταση του πίνακα σελίδων και του TLB;
- Επαναλάβετε την άσκηση (a) χρησιμοποιώντας σελίδες μεγέθους 16 KB (αντί για 4 KB). Να εξηγήσετε ποιά τα πλεονεκτήματα και ποιά τα μειονεκτήματα του μεγαλύτερου μεγέθους σελίδας.

- c) Επαναλάβετε την άσκηση (a) χρησιμοποιώντας direct mapped TLB (4 KB σελίδας). Να συζητήσετε την σημασία ύπαρξης ενός TLB υψηλής απόδοσης. Πως θα γινόταν ο χειρισμός της εικονικής μνήμης χωρίς την ύπαρξη του TLB;

Υπάρχουν διάφορες παράμετροι που επηρεάζουν το συνολικό μέγεθος του πίνακα σελίδων. Έστω ότι στο σύστημα μας, υπάρχουν οι παρακάτω παράμετροι:

Μέγεθος Εικονικής Διεύθυνσης : 64 bits

Μέγεθος Σελίδας : 16 KB

Μέγεθος κάθε entry (εισόδου) στον πίνακα σελίδων : 8 bytes

- d) Με βάση τις παραπάνω παραμέτρους να υπολογίσετε το συνολικό μέγεθος του πίνακα σελίδων (σε bytes) σε ένα σύστημα που εκτελεί ταυτόχρονα 5 εφαρμογές.
- e) Να υπολογίσετε το συνολικό μέγεθος του πίνακα σελίδων (σε bytes) σε ένα σύστημα που χρησιμοποιεί πίνακα σελίδων δύο επιπέδων και που εκτελεί ταυτόχρονα 5 εφαρμογές. Το πρώτο επίπεδο έχει 256 entries και κάθε entry του έχει μέγεθος 8 bytes. Για να καταλάβετε τι εννοώ με τον όρο “πίνακας σελίδας δύο επιπέδων”, κοιτάξτε τις διαφάνειες #22, #23 της διάλεξης για την εικονική μνήμη.
- f) Θέλουμε να σχεδιάσουμε μία μνήμη cache που χρησιμοποιεί την τεχνική virtually indexed and physically tagged. Με το μέγεθος σελίδας που δείχνουν οι παραπάνω παράμετροι, μπορούμε να κατασκευάσουμε μία direct mapped 16 KB cache, υποθέτοντας 2 words σε κάθε cache block. Επίσης, πως μπορούμε να αυξήσουμε το μέγεθος της cache πάνω από 16 KB;

2. Τoy program (4 μονάδες)

Να αναλύσετε την απόδοση των δύο loops του προγράμματος που σας δίδεται (*lab9_program.c*) και να εξηγήσετε τα αποτελέσματα του χρόνου εκτέλεσης. Θα πρέπει να δημιουργήσετε δύο εκτελέσιμους κώδικες, έναν για κάθε ενεργοποίηση του αντίστοιχου loop. Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε στην ανάλυσή σας και τους performance counters όπως έχουμε δει στο προηγούμενο εργαστήριο. Για τις δύο εκδοχές του κώδικα χρησιμοποιήστε τις παρακάτω εντολές του gcc. Προσοχή στο να απενεργοποιήσετε κάθε optimization του gcc (δηλ. χρησιμοποιήστε `-O0`). Το flag `-DLOOP1` κάνει define την μεταβλητή LOOP1 για την εκτέλεση του LOOP1 και undefine την μεταβλητή LOOP2 για την αποφυγή του LOOP2.

```
% gcc -O0 -std=c99 -Wall -DLOOP1 -ULOOP2 -o ./loop1 ./lab9_program.c
% gcc -O0 -std=c99 -Wall -ULOOP1 -DLOOP2 -o ./loop2 ./lab9_program.c
```

Τι θα γίνει εαν βάλετε το flag `-O3` για fully optimized code και πως το εξηγήτε;