
ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

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

3η ΑΣΚΗΣΗ ΣΤΗΝ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ Ακ. έτος 2021-2022,
5ο Εξάμηνο, Σχολή ΗΜ&ΜΥ

Τσίπη Αργυρώ
el19950

ΜΕΡΟΣ Α

Για L1: Hit Rate $HR1 = 97,5\%$, άρα Miss Rate $MR1 = 1 - HR1 = 1 - 0,975 = 0,025$

χρόνος ευστοχίας1 = hits1 = 1 ns

Για L2: Hit Rate $HR2 = 88\%$, άρα Miss Rate $MR2 = 1 - HR2 = 1 - 0,88 = 0,12$

χρόνος ευστοχίας2 = hits2 = 5 ns

κόστος πρόσβασης Miss Penalty $MP1 = MP2$

$$\frac{AMAT(L1)}{AMAT(L1 + L2)} = 2.4$$

$$\frac{hits1 + MR1 * MP1}{hits1 + MR1 * (hits2 + MR2 * MP2)} = 2.4$$

$$\frac{1 + 0.025 * MP1}{1 + 0.025 * (5 + 0.12 * MP1)} = 2.4$$

Λύνω ως προς $MP1$ και βρίσκω:

$MP1 = 95.5$ είναι το κόστος πρόσβασης στην κύρια μνήμη.

ΜΕΡΟΣ Β

A)

32 bit επεξεργαστής, 512 B χωρητικότητα μνήμης, 32 B μέγεθος block

block offset = $\log_2(\text{block size}) = \log_2(32) = 5$ bits

$$\frac{512}{32 * 2} = 8 \text{ sets (\#blocks)}$$

κάθε block χωράει $\frac{32}{8} = 4$ στοιχεία του πίνακα, δηλαδή πχ. από array[][0] έως array[0][3]

index = $\log_2(\text{\#blocks}) = \log_2(8) = 3$ bits

tag = block size - offset - index = $32 - 5 - 3 = 24$ bits

data = $\text{\#blocks} * \text{blocksize} = 8 * 32 = 256$ bits

cache size = $(\text{tag} + \text{data}) * \text{\#blocks} = (24 + 256) * 8 = 2240$ bits

Τα στοιχεία που διαβάζουμε με τη σειρά, σύμφωνα με τον κώδικα, είναι τα εξής:

i = 0 & j = 0

B[0][0] A[0][0] C[0] A[0][0]

i = 0 & j = 2

B[0][2] A[0][2] C[2] A[0][2]

i = 0 & j = 4

B[0][4] A[0][4] C[4] A[0][4]

i = 0 & j = 6

B[0][6] A[0][6] C[6] A[0][6]

i = 1 & j = 0

B[1][0] A[1][0] C[0] A[1][0]

i = 1 & j = 2

B[1][2] A[1][2] C[2] A[1][2]

i = 1 & j = 4

B[1][4] A[1][4] C[4] A[1][4]

i = 1 & j = 6

B[1][6] A[1][6] C[6] A[1][6]

i = 2 & j = 0

B[2][0] A[2][0] C[0] A[2][0]

i = 2 & j = 2

B[2][2] A[2][2] C[2] A[2][2]

i = 2 & j = 4

B[2][4] A[2][4] C[4] A[2][4]

i = 2 & j = 6

B[2][6] A[2][6] C[6] A[2][6]

γ i = 3 & j = 0

B[3][0] A[0][0] C[0] A[0][0]

i = 3 & j = 2

B[3][2] A[0][2] C[2] A[0][2]

i = 3 & j = 4

B[3][4] A[0][4] C[4] A[0][4]

i = 3 & j = 6

B[3][6] A[0][6] C[6] A[0][6]

γ i = 4 & j = 0

B[0][0] A[1][0] C[0] A[1][0]

i = 4 & j = 2

B[0][2] A[1][2] C[2] A[1][2]

i = 4 & j = 4

B[0][4] A[1][4] C[4] A[1][4]

i = 4 & j = 6

B[0][6] A[1][6] C[6] A[1][6]

i = 5 & j = 0

B[1][0] A[2][0] C[0] A[2][0]

i = 5 & j = 2

B[1][2] A[2][2] C[2] A[2][2]

i = 5 & j = 4

B[1][4] A[2][4] C[4] A[2][4]

i = 5 & j = 6

B[1][6] A[2][6] C[6] A[2][6]

i = 0, j = 0

Τοποθετώ το πρώτο στοιχείο B[0][0-3] και είναι **compulsory miss** αφού δεν υπήρχε πριν στον πίνακα ούτε πήρε τη θέση άλλου στοιχείου.

| sets | way 1 | way 0 |
|------|-----------|-------|
| | B[0][0-3] | |

Τοποθετώ και το επόμενο A[0][0-3] που είναι επίσης **compulsory miss**. LRU στοιχείο τώρα είναι το B[0][0-3].

| sets | way 1 | way 0 |
|------|-----------|-----------|
| | B[0][0-3] | A[0][0-3] |

Το επόμενο στοιχείο C[0-3] δεν προυπάρχει στον πίνακα, παίρνει τη θέση του LRU στοιχείου B[0][0-3] και είναι **conflict miss**. LRU στοιχείο μετά την πρόσθεση του C[0-3] στον πίνακα είναι το A[0][0-3].

| sets | way 1 | way 0 |
|------|--------|-----------|
| | C[0-3] | A[0][0-3] |

Το επόμενο στοιχείο A[0][0] προυπάρχει στον πίνακα και γι'αυτό είναι **hit** και παραμένει LRU.

i = 0, j = 2

Επόμενο στοιχείο το B[0][2] δεν υπάρχει στον πίνακα και γι'αυτό παίρνει τη θέση του A[0][0-3] και είναι **conflict miss**. LRU το C[0-3].

| sets | way 1 | way 0 |
|------|--------|-----------|
| | C[0-3] | B[0][0-3] |

Επόμενο το A[0][2], δεν υπάρχει και παίρνει τη θέση του C[0-3], **conflict miss**.

| sets | way 1 | way 0 |
|------|-----------|-----------|
| | A[0][0-3] | B[0][0-3] |

Επόμενο το C[2], δεν υπάρχει και παίρνει τη θέση του B[0][0-3], άρα είναι **conflict miss**. LRU το A[0][0-3].

| sets | way 1 | way 0 |
|------|-----------|--------|
| | A[0][0-3] | C[0-3] |

Επόμενο το A[0][2], υπάρχει άρα **hit**.

Αντίστοιχα, για j = 4,5,6,7

| sets | way 1 | way 0 |
|-------------------|-----------|--------|
| i=0,4 & j=0,1,2,3 | A[0][0-3] | C[0-3] |
| i=0,4 & j=4,5,6,7 | A[0][4-7] | C[4-7] |

για j=4,5,6,7 παρατηρούμε ότι ακολουθεί το ίδιο μοτίβο με το j = 0,1,2,3

i = 1, j = 0

B[1][0] **compulsory miss**

A[1][0] **compulsory miss**

C[1] **hit**

A[1][0] **hit**

i = 1, j = 2

B[1][2] **hit**

A[1][2] **hit**

C[2] **hit**

A[1][2] **hit**

ίδιο μοτίβο για j=4,6.

| sets | way 1 | way 0 |
|-------------------|-----------|-----------|
| i=0,4 & j=0,1,2,3 | A[0][0-3] | C[0-3] |
| i=0,4 & j=4,5,6,7 | A[0][4-7] | C[4-7] |
| i=1,5 & j=0,1,2,3 | B[1][0-3] | A[1][0-3] |
| i=1,5 & j=4,5,6,7 | B[1][4-7] | A[1][4-7] |

i = 2, j = 0

B[2][0] **compulsory miss**

A[2][0] **compulsory miss**

C[0] **hit**

A[2][0] **hit**

i = 2, j = 2

B[2][2] **hit**

A[2][2] **hit**

C[2] **hit**

A[2][2] **hit**

ίδιο μοτίβο για j=4,6.

| sets | way 1 | way 0 |
|-------------------|-----------|-----------|
| i=0,4 & j=0,1,2,3 | A[0][0-3] | C[0-3] |
| i=0,4 & j=4,5,6,7 | A[0][4-7] | C[4-7] |
| i=1,5 & j=0,1,2,3 | B[1][0-3] | A[1][0-3] |
| i=1,5 & j=4,5,6,7 | B[1][4-7] | A[1][4-7] |
| i=2,6 & j=0,1,2,3 | B[2][0-3] | A[2][0-3] |
| i=2,6 & j=4,5,6,7 | B[2][4-7] | A[2][4-7] |

i = 3, j = 0

B[3][0] **compulsory miss**

A[0][0] **hit**

C[0] **hit**

A[0][0] **hit**

i = 3 & j = 2

B[3][2] **hit**

A[0][2] **hit**

C[2] **hit**

A[0][2] **hit**

ίδιο μοτίβο για j=4,6.

| sets | way 1 | way 0 |
|-------------------|-----------|-----------|
| i=0,4 & j=0,1,2,3 | A[0][0-3] | C[0-3] |
| i=0,4 & j=4,5,6,7 | A[0][4-7] | C[4-7] |
| i=1,5 & j=0,1,2,3 | B[1][0-3] | A[1][0-3] |
| i=1,5 & j=4,5,6,7 | B[1][4-7] | A[1][4-7] |
| i=2,6 & j=0,1,2,3 | B[2][0-3] | A[2][0-3] |
| i=2,6 & j=4,5,6,7 | B[2][4-7] | A[2][4-7] |
| i=3,7 & j=0,1,2,3 | B[3][0-3] | |
| i=3,7 & j=4,5,6,7 | B[3][4-7] | |

i = 4, j = 0

B[0][0] **conflict miss**

A[1][0] **hit**

C[0] **hit**

A[1][0] **hit**

i = 4, j = 2

B[0][2] **hit**

A[1][2] **hit**

C[2] **hit**

A[1][2] **hit**

i = 4, j = 4

B[0][4] **conflict miss**

A[1][4] **hit**

C[4] **hit**

A[1][4] **hit**

i = 4, j = 6

B[0][6] **hit**

A[1][6] **hit**

C[6] **hit**

A[1][6] **hit**

| sets | way 1 | way 0 |
|-------------------|-----------|-----------|
| i=0,4 & j=0,1,2,3 | B[0][0-3] | C[0-3] |
| i=0,4 & j=4,5,6,7 | B[0][4-7] | C[4-7] |
| i=1,5 & j=0,1,2,3 | B[1][0-3] | A[1][0-3] |
| i=1,5 & j=4,5,6,7 | B[1][4-7] | A[1][4-7] |
| i=2,6 & j=0,1,2,3 | B[2][0-3] | A[2][0-3] |
| i=2,6 & j=4,5,6,7 | B[2][4-7] | A[2][4-7] |
| i=3,7 & j=0,1,2,3 | B[3][0-3] | |
| i=3,7 & j=4,5,6,7 | B[3][4-7] | |

i = 5, j = 0

B[1][0] **hit**

A[2][0] **hit**

C[0] **hit**

A[2][0] **hit**

i = 5, j = 2

B[1][2] **hit**

A[2][2] **hit**

C[2] **hit**

A[2][2] **hit**

Άρα το τελικό πίνακάκι είναι:

| sets | way 1 | way 0 |
|-------------------|-----------|--------|
| i=0,4 & j=0,1,2,3 | B[0][0-3] | C[0-3] |
| i=0,4 & j=4,5,6,7 | B[0][4-7] | C[4-7] |

| sets | way 1 | way 0 |
|-------------------|-----------|-----------|
| i=1,5 & j=0,1,2,3 | B[1][0-3] | A[1][0-3] |
| i=1,5 & j=4,5,6,7 | B[1][4-7] | A[1][4-7] |
| i=2,6 & j=0,1,2,3 | B[2][0-3] | A[2][0-3] |
| i=2,6 & j=4,5,6,7 | B[2][4-7] | A[2][4-7] |
| i=3,7 & j=0,1,2,3 | B[3][0-3] | |
| i=3,7 & j=4,5,6,7 | B[3][4-7] | |

Συνολικά **24 misses** & **72 hits**.

miss rate = misses / (misses+hits) = 24/(24+72) = 0,25 = 25%

B)

Εάν αντικαταστήσουμε με 4 way, το πίνακάκι θα πηγαίνει ως εξής:

| i = 0,2,4,6 , j = 0,1,2,3 | A[2][0-3] | B[0][0-3] | C[0-3] | B[2][0-3] |
|------------------------------|------------------|-----------|---------------|-----------|
| i = 0,2,4,6 , j = 4,5,6,7 | A[2][4-7] | B[0][4-7] | C[4-7] | B[2][4-7] |
| i = 1,3,5,7 j = 0,1,2,3 | B[1][0-3] | A[1][0-3] | B[3][0-3] | |
| i = 1,3,5,7 j = 4,5,6,7 | B[1][4-7] | A[1][4-7] | B[3][4-7] | |

i=0:

m m m h

h h h h

m m m h

h h h h

i=1:

m m h h

h h h h

m m h h

h h h h

i=2:

m m h h

h h h h

m m h h

h h h h

i=3

m h h h

h h h h

m h h h

h h h h

i=4

m h h h

h h h h

m h h h

h h h h

i=5

h h h h

h h h h

h h h h

h h h h

Συνολικά 18 misses & 78 hits

miss rate = misses / (misses+hits) = 18/96 = 0,1875 = 18,75 %