

Άσκηση Διεύθυνσης Μνήμης με cache

Νεκτάριος Κοζύρης
Άρης Σωτηρόπουλος
Βάλια Αθανασάκη

Θέμα 4ο (15%):

Δίνεται μια σειρά αναφορών σε διευθύνσεις λέξεων στη μνήμη ενός υπολογιστή: 1, 4, 8, 5, 20, 17, 19, 56, 9, 11, 4, 43, 5, 6, 9, 17.

Υποθέτουμε ότι έχουμε κρυφή μνήμη με οργάνωση:

απευθείας απεικόνισης (direct mapped) με 16 blocks, όπου κάθε block έχει μέγεθος μια λέξη (word),

απευθείας απεικόνισης (direct mapped), με 16 λέξεις (words) συνολικό μέγεθος cache, όπου κάθε block έχει μέγεθος τέσσερις (4) λέξεις.

συνόλου συσχέτισης 2-δρόμων (2-way set associative) με συνολικό μέγεθος 16 λέξεις (words) όπου κάθε block έχει μέγεθος μια λέξη (Υποθέστε LRU αλγόριθμο αντικατάστασης).

Δείξτε για τις παραπάνω περιπτώσεις οργάνωσης της κρυφής μνήμης, για κάθε αναφορά, αν είναι **επιτυχής (hit)** ή **όχι (miss)** καθώς και την **τελικά περιεχόμενα της κρυφής μνήμης**.

Λύση 4ου θέματος (i)

Διαθέτουμε cache με 16 blocks = 2^4 blocks

$$\text{index} = (\text{mem address}) \bmod 16$$

ή αλλιώς

τα 4 τελευταία bits της διεύθυνσης
(σε 2-δική μορφή)

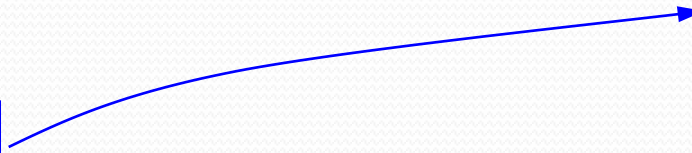
Αρχικά η cache είναι κενή
(όλα τα valid flags = 0)

	index	valid	tag	0x0-3
0	0			
1	0			
2	0			
3	0			
4	0			
5	0			
6	0			
7	0			
8	0			
9	0			
10	0			
11	0			
12	0			
13	0			
14	0			
15	0			

Λύση 4ου θέματος (i)

Κλήση της διεύθυνσης 1 :

1 = 00 0001



ή

$$\text{index} = 1 \bmod 16 = 1$$

	index	valid	tag	0x0-3
	0	0		
	1	0		
	2	0		
	3	0		
	4	0		
	5	0		
	6	0		
	7	0		
	8	0		
	9	0		
	10	0		
	11	0		
	12	0		
	13	0		
	14	0		
	15	0		

Λύση 4ου θέματος (i)

1 miss
4
8
5
20
17
19
56
9
11
4
43
5
6
9
17

$$1 = 00 \boxed{0001}$$

ή

$$\text{index} = 1 \bmod 16 = 1$$

index valid tag

0x0-3

0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15

index	valid	tag	0x0-3
0	0		
1	1	0	mem[1]
2	0		
3	0		
4	0		
5	0		
6	0		
7	0		
8	0		
9	0		
10	0		
11	0		
12	0		
13	0		
14	0		
15	0		

Λύση 4ου θέματος (i)

1 miss
 4
 8
 5
 20
 17
 19
 56
 9
 11
 4
 43
 5
 6
 9
 17

$$4 = 00 \boxed{0100}$$

ή

$$\text{index} = 4 \bmod 16 = 4$$

index valid tag

0x0-3

0	0		
1	1	0	mem[1]
2	0		
3	0		
4	0		
5	0		
6	0		
7	0		
8	0		
9	0		
10	0		
11	0		
12	0		
13	0		
14	0		
15	0		

Λύση 4ου θέματος (i)

1 miss
 4 miss
 8
 5
 20
 17
 19
 56
 9
 11
 4
 43
 5
 6
 9
 17

$$4 = 00 \boxed{0100}$$

ή

$$\text{index} = 4 \bmod 16 = 4$$

index valid tag

0x0-3

0	0		
1	1	0	mem[1]
2	0		
3	0		
4	1	0	mem[4]
5	0		
6	0		
7	0		
8	0		
9	0		
10	0		
11	0		
12	0		
13	0		
14	0		
15	0		

Λύση 4ου θέματος (i)

1	miss
4	miss
8	
5	
20	
17	
19	
56	
9	
11	
4	
43	
5	
6	
9	
17	

$$8 = 00 \boxed{1000}$$

ή

$$\text{index} = 8 \bmod 16 = 8$$

index valid tag

0x0-3

0	0		
1	1	0	mem[1]
2	0		
3	0		
4	1	0	mem[4]
5	0		
6	0		
7	0		
8	0		
9	0		
10	0		
11	0		
12	0		
13	0		
14	0		
15	0		

Λύση 4ου θέματος (i)

1 miss
4 miss
8 miss
5
20
17
19
56
9
11
4
43
5
6
9
17

$$8 = 001000$$

ή

$$\text{index} = 8 \bmod 16 = 8$$

index valid tag

0x0-3

0	0		
1	1	0	mem[1]
2	0		
3	0		
4	1	0	mem[4]
5	0		
6	0		
7	0		
8	1	0	mem[8]
9	0		
10	0		
11	0		
12	0		
13	0		
14	0		
15	0		

Λύση 4ου θέματος (i)

1 miss
4 miss
8 miss
5 miss
20
17
19
56
9
11
4
43
5
6
9
17

$$5 = 00 \boxed{0101}$$

ή

$$\text{index} = 5 \bmod 16 = 5$$

index valid tag

0x0-3

0	0		
1	1	0	mem[1]
2	0		
3	0		
4	1	0	mem[4]
5	1	0	mem[5]
6	0		
7	0		
8	1	0	mem[8]
9	0		
10	0		
11	0		
12	0		
13	0		
14	0		
15	0		

Λύση 4ου θέματος (i)

1 miss
 4 miss
 8 miss
 5 miss
 20 miss
 17
 19
 56
 9
 11
 4
 43
 5
 6
 9
 17

$$20 = 01\ 0100$$

ή

$$\text{index} = 20 \bmod 16 = 4$$

index valid tag

0x0-3

0	0		
1	1	0	mem[1]
2	0		
3	0		
4	1	0	mem[4]
5	1	0	mem[5]
6	0		
7	0		
8	1	0	mem[8]
9	0		
10	0		
11	0		
12	0		
13	0		
14	0		
15	0		

tags : 1 != 0

Λύση 4ου θέματος (i)

1 miss
 4 miss
 8 miss
 5 miss
 20 miss
 17
 19
 56
 9
 11
 4
 43
 5
 6
 9
 17

$$20 = 01\ 0100$$

ή

$$\text{index} = 20 \bmod 16 = 4$$

index valid tag

0x0-3

0	0		
1	1	0	mem[1]
2	0		
3	0		
4	1	1	mem[20]
5	1	0	mem[5]
6	0		
7	0		
8	1	0	mem[8]
9	0		
10	0		
11	0		
12	0		
13	0		
14	0		
15	0		

Λύση 4ου θέματος (i)

1 miss
 4 miss
 8 miss
 5 miss
 20 miss
 17 miss
 19
 56
 9
 11
 4
 43
 5
 6
 9
 17

$$17 = 01\ 0001$$

ή

$$\text{index} = 17 \bmod 16 = 1$$

index valid tag

0x0-3

0		
1	0	mem[1]
2		
3		
4	1	mem[20]
5	0	mem[5]
6		
7		
8	0	mem[8]
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		

Λύση 4ου θέματος (i)

1 miss
 4 miss
 8 miss
 5 miss
 20 miss
 17 miss
 19
 56
 9
 11
 4
 43
 5
 6
 9
 17

$$17 = 01\ 0001$$

ή

$$\text{index} = 17 \bmod 16 = 1$$

index valid tag

0x0-3

0		
1	1	mem[17]
2		
3		
4	1	mem[20]
5	0	mem[5]
6		
7		
8	0	mem[8]
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		

Λύση 4ου θέματος (i)

1 miss
 4 miss
 8 miss
 5 miss
 20 miss
 17 miss
 19 miss
 56
 9
 11
 4
 43
 5
 6
 9
 17

$$19 = 01\ 0011$$

ή

$$\text{index} = 19 \bmod 16 = 3$$

index valid tag

0x0-3

0	0		
1	1	1	mem[17]
2	0		
3	0		
4	1	1	mem[20]
5	1	0	mem[5]
6	0		
7	0		
8	1	0	mem[8]
9	0		
10	0		
11	0		
12	0		
13	0		
14	0		
15	0		

Λύση 4ου θέματος (i)

1	miss
4	miss
8	miss
5	miss
20	miss
17	miss
19	miss
56	
9	
11	
4	
43	
5	
6	
9	
17	

$$19 = 01\ 0011$$

ή

$$\text{index} = 19 \bmod 16 = 3$$

index valid tag

0x0-3

0	0		
1	1	1	mem[17]
2	0		
3	1	1	mem[19]
4	1	1	mem[20]
5	1	0	mem[5]
6	0		
7	0		
8	1	0	mem[8]
9	0		
10	0		
11	0		
12	0		
13	0		
14	0		
15	0		

Λύση 4ου θέματος (i)

1	miss
4	miss
8	miss
5	miss
20	miss
17	miss
19	miss
56	miss
9	
11	
4	
43	
5	
6	
9	
17	

$$56 = 11 \boxed{1000}$$

ή

$$\text{index} = 56 \bmod 16 = 8$$

index valid tag

0x0-3

0	0		
1	1	1	mem[17]
2	0		
3	1	1	mem[19]
4	1	1	mem[20]
5	1	0	mem[5]
6	0		
7	0		
8	1	0	mem[8]
9	0		
10	0		
11	0		
12	0		
13	0		
14	0		
15	0		

Λύση 4ου θέματος (i)

1	miss
4	miss
8	miss
5	miss
20	miss
17	miss
19	miss
56	miss
9	
11	
4	
43	
5	
6	
9	
17	

$$56 = 11 \text{ } \boxed{1000}$$

ή

$$\text{index} = 56 \bmod 16 = 8$$

index valid tag

0x0-3

0	0		
1	1	1	mem[17]
2	0		
3	1	1	mem[19]
4	1	1	mem[20]
5	1	0	mem[5]
6	0		
7	0		
8	1	11	mem[56]
9	0		
10	0		
11	0		
12	0		
13	0		
14	0		
15	0		

Λύση 4ου θέματος (i)

1	miss
4	miss
8	miss
5	miss
20	miss
17	miss
19	miss
56	miss
9	miss
11	
4	
43	
5	
6	
9	
17	

$$9 = 00 \boxed{1001}$$

ή

$$\text{index} = 9 \bmod 16 = 9$$

index valid tag

0x0-3

0	0		
1	1	1	mem[17]
2	0		
3	1	1	mem[19]
4	1	1	mem[20]
5	1	0	mem[5]
6	0		
7	0		
8	1	11	mem[56]
9	1	0	mem[9]
10	0		
11	0		
12	0		
13	0		
14	0		
15	0		

Λύση 4ου θέματος (i)

1	miss
4	miss
8	miss
5	miss
20	miss
17	miss
19	miss
56	miss
9	miss
11	miss
4	
43	
5	
6	
9	
17	

$$11 = 00 \boxed{1011}$$

ή

$$\text{index} = 11 \bmod 16 = 11$$

index valid tag

0x0-3

0	0		
1	1	1	mem[17]
2	0		
3	1	1	mem[19]
4	1	1	mem[20]
5	1	0	mem[5]
6	0		
7	0		
8	1	11	mem[56]
9	1	0	mem[9]
10	0		
11	1	0	mem[11]
12	0		
13	0		
14	0		
15	0		

Λύση 4ου θέματος (i)

1 miss
 4 miss
 8 miss
 5 miss
 20 miss
 17 miss
 19 miss
 56 miss
 9 miss
 11 miss
 4 miss
 43
 5
 6
 9
 17

$$4 = 00 \boxed{0100}$$

ή

$$\text{index} = 4 \bmod 16 = 4$$

index valid tag

0x0-3

0	0		
1	1	1	mem[17]
2	0		
3	1	1	mem[19]
4	1	1	mem[20]
5	1	0	mem[5]
6	0		
7	0		
8	1	11	mem[56]
9	1	0	mem[9]
10	0		
11	1	0	mem[11]
12	0		
13	0		
14	0		
15	0		

Λύση 4ου θέματος (i)

1	miss
4	miss
8	miss
5	miss
20	miss
17	miss
19	miss
56	miss
9	miss
11	miss
4	miss
43	miss
5	
6	
9	
17	

$$43 = 10 \boxed{1011}$$

ή

$$\text{index} = 43 \bmod 16 = 11$$

index valid tag

0x0-3

0	0		
1	1	1	mem[17]
2	0		
3	1	1	mem[19]
4	1	0	mem[4]
5	1	0	mem[5]
6	0		
7	0		
8	1	11	mem[56]
9	1	0	mem[9]
10	0		
11	1	0	mem[11]
12	0		
13	0		
14	0		
15	0		

Λύση 4ου θέματος (i)

1	miss
4	miss
8	miss
5	miss
20	miss
17	miss
19	miss
56	miss
9	miss
11	miss
4	miss
43	miss
5	
6	
9	
17	

$$43 = 10 \boxed{1011}$$

ή

$$\text{index} = 43 \bmod 16 = 11$$

index valid tag

0x0-3

0	0		
1	1	1	mem[17]
2	0		
3	1	1	mem[19]
4	1	0	mem[4]
5	1	0	mem[5]
6	0		
7	0		
8	1	11	mem[56]
9	1	0	mem[9]
10	0		
11	1	10	mem[43]
12	0		
13	0		
14	0		
15	0		

Λύση 4ου θέματος (i)

1 miss
 4 miss
 8 miss
 5 miss
 20 miss
 17 miss
 19 miss
 56 miss
 9 miss
 11 miss
 4 miss
 43 miss
 5 hit
 6
 9
 17

$$5 = 00 \boxed{0101}$$

ή

$$\text{index} = 5 \bmod 16 = 5$$

index valid tag

0x0-3

0	0		
1	1	1	mem[17]
2	0		
3	1	1	mem[19]
4	1	0	mem[4]
5	1	0	mem[5]
6	0		
7	0		
8	1	11	mem[56]
9	1	0	mem[9]
10	0		
11	1	10	mem[43]
12	0		
13	0		
14	0		
15	0		

Λύση 4ου θέματος (i)

1 miss
 4 miss
 8 miss
 5 miss
 20 miss
 17 miss
 19 miss
 56 miss
 9 miss
 11 miss
 4 miss
 43 miss
 5 hit
 6 miss
 9
 17

$$6 = 00 \boxed{0110}$$

ή

$$\text{index} = 6 \bmod 16 = 6$$

index valid tag

0x0-3

0	0		
1	1	1	mem[17]
2	0		
3	1	1	mem[19]
4	1	0	mem[4]
5	1	0	mem[5]
6	1	0	mem[6]
7	0		
8	1	11	mem[56]
9	1	0	mem[9]
10	0		
11	1	10	mem[43]
12	0		
13	0		
14	0		
15	0		

Λύση 4ου θέματος (i)

1 miss
 4 miss
 8 miss
 5 miss
 20 miss
 17 miss
 19 miss
 56 miss
 9 miss
 11 miss
 4 miss
 43 miss
 5 hit
 6 miss
 9 hit
 17

$$9 = 00 \boxed{1001}$$

ή

$$\text{index} = 9 \bmod 16 = 9$$

index valid tag

0x0-3

0	0		
1	1	1	mem[17]
2	0		
3	1	1	mem[19]
4	1	0	mem[4]
5	1	0	mem[5]
6	1	0	mem[6]
7	0		
8	1	11	mem[56]
9	1	0	mem[9]
10	0		
11	1	10	mem[43]
12	0		
13	0		
14	0		
15	0		

Λύση 4ου θέματος (i)

1 miss
 4 miss
 8 miss
 5 miss
 20 miss
 17 miss
 19 miss
 56 miss
 9 miss
 11 miss
 4 miss
 43 miss
 5 hit
 6 miss
 9 hit
 17 hit

$$17 = 01\ 0001$$

ή

$$\text{index} = 17 \bmod 16 = 1$$

index valid tag

0x0-3

0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15

index	valid	tag	0x0-3
0	0		
1	1	1	mem[17]
2	0		
3	1	1	mem[19]
4	1	0	mem[4]
5	1	0	mem[5]
6	1	0	mem[6]
7	0		
8	1	11	mem[56]
9	1	0	mem[9]
10	0		
11	1	10	mem[43]
12	0		
13	0		
14	0		
15	0		

Λύση 4ου θέματος (ii)

Διαθέτουμε cache με 16 blocks / 4 =
= 4 sets = 2^2 sets

$$\text{index} = ((\text{mem address}) \text{ div } 4) \text{ mod } 4$$

ή αλλιώς

τα **2 bits** της διεύθυνσης που βρίσκονται
στην 3-4 lsb θέση (σε 2-δική μορφή)

index	valid	tag	0x0-3	0x4-7	0x8-B	0xC-F
0	0					
1	0					
2	0					
3	0					

Αρχικά η cache είναι κενή
(όλα τα valid flags = 0)

Λύση 4ου θέματος (ii)

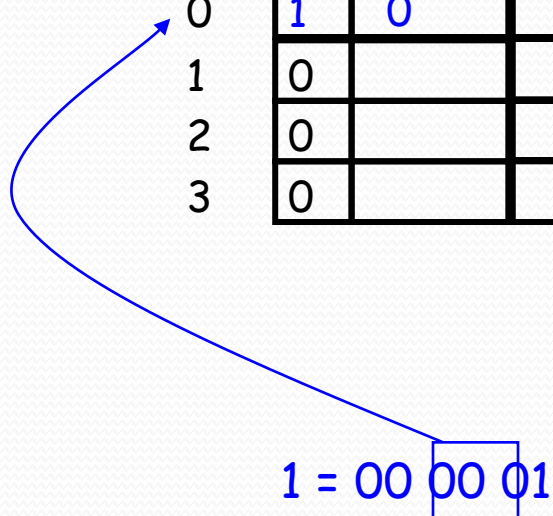
1
4
8
5
20
17
19
56
9
11
4
43
5
6
9
17

miss

index valid tag 0x0-3 0x4-7 0x8-B 0xC-F

index	valid	tag	0x0-3	0x4-7	0x8-B	0xC-F
0	1	0	mem[0]	mem[1]	mem[2]	mem[3]
1	0					
2	0					
3	0					

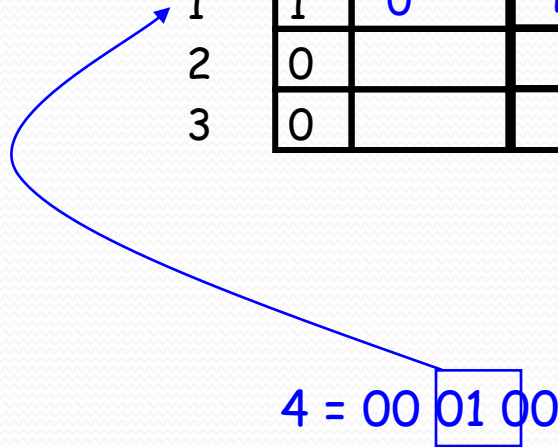
1 = 00 00 01



Λύση 4ου θέματος (ii)

1 miss
4 miss
8
5
20
17
19
56
9
11
4
43
5
6
9
17

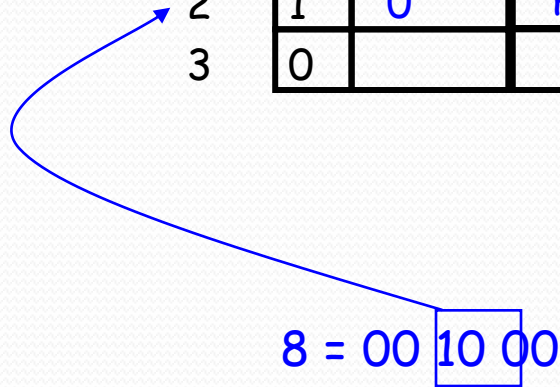
index	valid	tag	0x0-3	0x4-7	0x8-B	0xC-F
0	1	0	mem[0]	mem[1]	mem[2]	mem[3]
1	1	0	mem[4]	mem[5]	mem[6]	mem[7]
2	0					
3	0					



Λύση 4ου θέματος (ii)

1 miss
 4 miss
 8 miss
 5
 20
 17
 19
 56
 9
 11
 4
 43
 5
 6
 9
 17

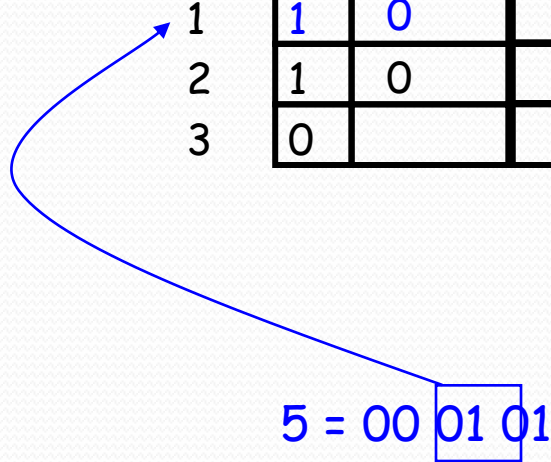
index	valid	tag	0x0-3	0x4-7	0x8-B	0xC-F
0	1	0	mem[0]	mem[1]	mem[2]	mem[3]
1	1	0	mem[4]	mem[5]	mem[6]	mem[7]
2	1	0	mem[8]	mem[9]	mem[10]	mem[11]
3	0					



Λύση 4ου θέματος (ii)

1 miss
4 miss
8 miss
5 hit
20
17
19
56
9
11
4
43
5
6
9
17

index	valid	tag	0x0-3	0x4-7	0x8-B	0xC-F
0	1	0	mem[0]	mem[1]	mem[2]	mem[3]
1	1	0	mem[4]	mem[5]	mem[6]	mem[7]
2	1	0	mem[8]	mem[9]	mem[10]	mem[11]
3	0					

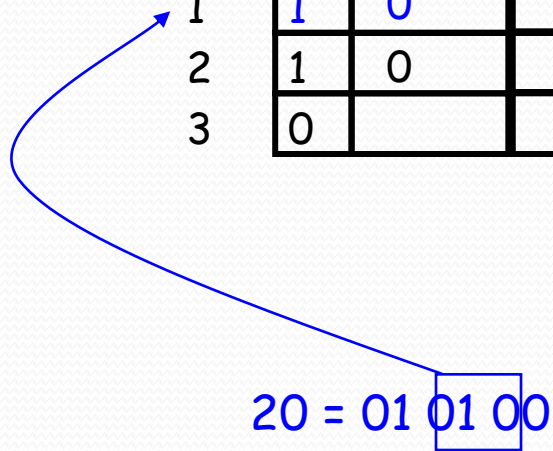


Λύση 4ου θέματος (ii)

1 miss
4 miss
8 miss
5 hit
20 miss

17
19
56
9
11
4
43
5
6
9
17

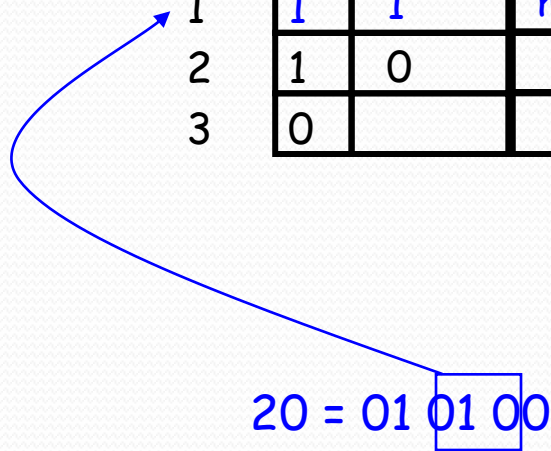
index	valid	tag	0x0-3	0x4-7	0x8-B	0xC-F
0	1	0	mem[0]	mem[1]	mem[2]	mem[3]
1	1	0	mem[4]	mem[5]	mem[6]	mem[7]
2	1	0	mem[8]	mem[9]	mem[10]	mem[11]
3	0					



Λύση 4ου θέματος (ii)

1 miss
4 miss
8 miss
5 hit
20 miss
17
19
56
9
11
4
43
5
6
9
17

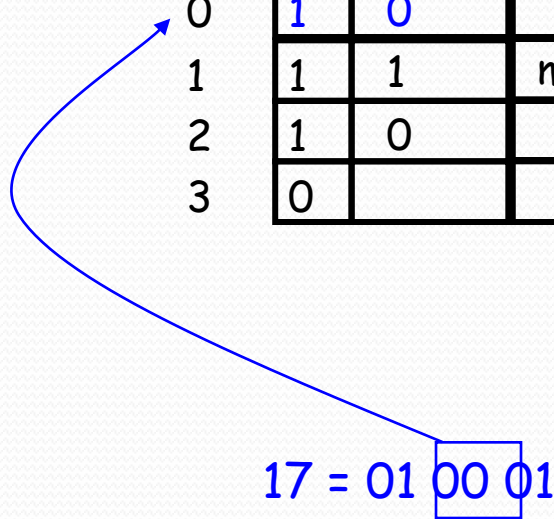
index	valid	tag	0x0-3	0x4-7	0x8-B	0xC-F
0	1	0	mem[0]	mem[1]	mem[2]	mem[3]
1	1	1	mem[20]	mem[21]	mem[22]	mem[23]
2	1	0	mem[8]	mem[9]	mem[10]	mem[11]
3	0					



Λύση 4ου θέματος (ii)

1 miss
4 miss
8 miss
5 hit
20 miss
17 miss
19
56
9
11
4
43
5
6
9
17

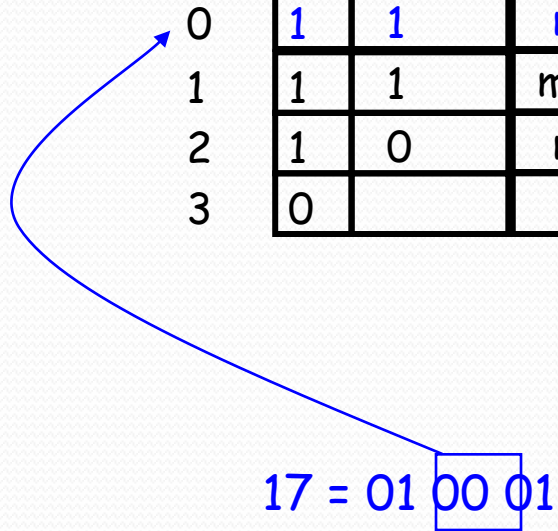
index	valid	tag	0x0-3	0x4-7	0x8-B	0xC-F
0	1	0	mem[0]	mem[1]	mem[2]	mem[3]
1	1	1	mem[20]	mem[21]	mem[22]	mem[23]
2	1	0	mem[8]	mem[9]	mem[10]	mem[11]
3	0					



Λύση 4ου θέματος (ii)

1 miss
 4 miss
 8 miss
 5 hit
 20 miss
 17 miss
 19
 56
 9
 11
 4
 43
 5
 6
 9
 17

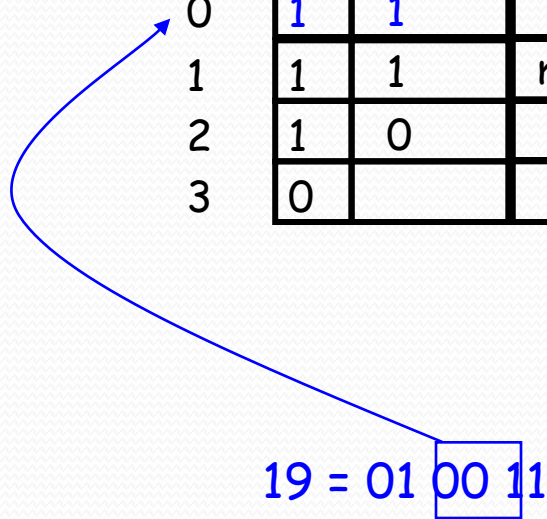
index	valid	tag	0x0-3	0x4-7	0x8-B	0xC-F
0	1	1	mem[16]	mem[17]	mem[18]	mem[19]
1	1	1	mem[20]	mem[21]	mem[22]	mem[23]
2	1	0	mem[8]	mem[9]	mem[10]	mem[11]
3	0					



Λύση 4ου θέματος (ii)

1 miss
4 miss
8 miss
5 hit
20 miss
17 miss
19 hit
56
9
11
4
43
5
6
9
17

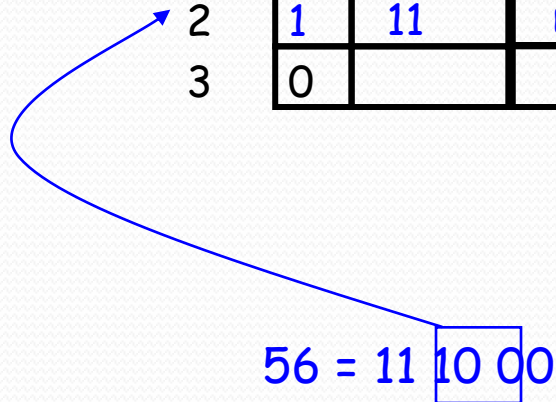
index	valid	tag	0x0-3	0x4-7	0x8-B	0xC-F
0	1	1	mem[16]	mem[17]	mem[18]	mem[19]
1	1	1	mem[20]	mem[21]	mem[22]	mem[23]
2	1	0	mem[8]	mem[9]	mem[10]	mem[11]
3	0					



Λύση 4ου θέματος (ii)

1 miss
 4 miss
 8 miss
 5 hit
 20 miss
 17 miss
 19 hit
 56 miss
 9
 11
 4
 43
 5
 6
 9
 17

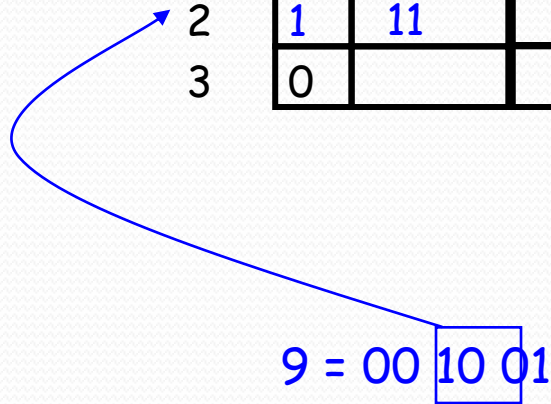
index	valid	tag	0x0-3	0x4-7	0x8-B	0xC-F
0	1	1	mem[16]	mem[17]	mem[18]	mem[19]
1	1	1	mem[20]	mem[21]	mem[22]	mem[23]
2	1	11	mem[56]	mem[57]	mem[58]	mem[59]
3	0					



Λύση 4ου θέματος (ii)

1 miss
 4 miss
 8 miss
 5 hit
 20 miss
 17 miss
 19 hit
 56 miss
 9 miss
 11
 4
 43
 5
 6
 9
 17

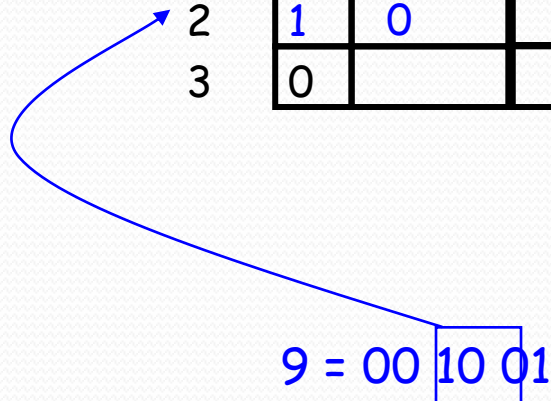
index	valid	tag	0x0-3	0x4-7	0x8-B	0xC-F
0	1	1	mem[16]	mem[17]	mem[18]	mem[19]
1	1	1	mem[20]	mem[21]	mem[22]	mem[23]
2	1	11	mem[56]	mem[57]	mem[58]	mem[59]
3	0					



Λύση 4ου θέματος (ii)

1 miss
4 miss
8 miss
5 hit
20 miss
17 miss
19 hit
56 miss
9 miss
11
4
43
5
6
9
17

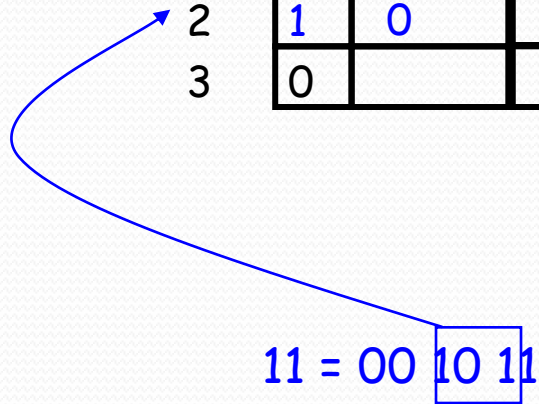
index	valid	tag	0x0-3	0x4-7	0x8-B	0xC-F
0	1	1	mem[16]	mem[17]	mem[18]	mem[19]
1	1	1	mem[20]	mem[21]	mem[22]	mem[23]
2	1	0	mem[8]	mem[9]	mem[10]	mem[11]
3	0					



Λύση 4ου θέματος (ii)

1 miss
 4 miss
 8 miss
 5 hit
 20 miss
 17 miss
 19 hit
 56 miss
 9 miss
 11 hit
 4
 43
 5
 6
 9
 17

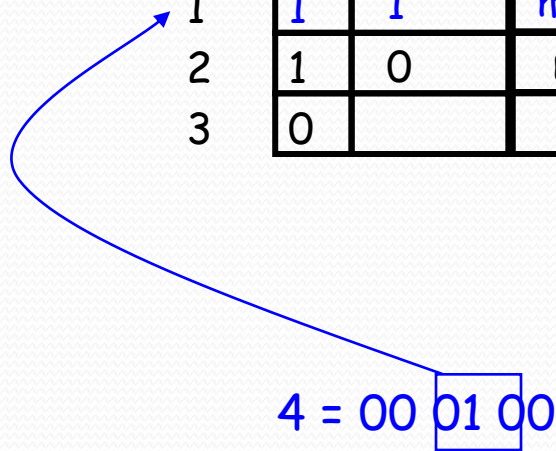
index	valid	tag	0x0-3	0x4-7	0x8-B	0xC-F
0	1	1	mem[16]	mem[17]	mem[18]	mem[19]
1	1	1	mem[20]	mem[21]	mem[22]	mem[23]
2	1	0	mem[8]	mem[9]	mem[10]	mem[11]
3	0					



Λύση 4ου θέματος (ii)

1 miss
 4 miss
 8 miss
 5 hit
 20 miss
 17 miss
 19 hit
 56 miss
 9 miss
 11 hit
 4 miss
 43
 5
 6
 9
 17

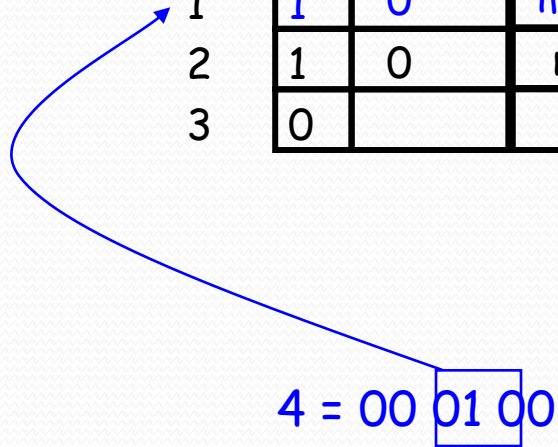
index	valid	tag	0x0-3	0x4-7	0x8-B	0xC-F
0	1	1	mem[16]	mem[17]	mem[18]	mem[19]
1	1	1	mem[20]	mem[21]	mem[22]	mem[23]
2	1	0	mem[8]	mem[9]	mem[10]	mem[11]
3	0					



Λύση 4ου θέματος (ii)

1 miss
4 miss
8 miss
5 hit
20 miss
17 miss
19 hit
56 miss
9 miss
11 hit
4 miss
43
5
6
9
17

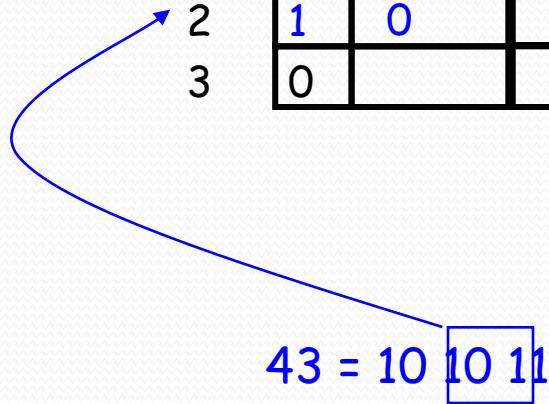
index	valid	tag	0x0-3	0x4-7	0x8-B	0xC-F
0	1	1	mem[16]	mem[17]	mem[18]	mem[19]
1	1	0	mem[4]	mem[5]	mem[6]	mem[7]
2	1	0	mem[8]	mem[9]	mem[10]	mem[11]
3	0					



Λύση 4ου θέματος (ii)

1 miss
 4 miss
 8 miss
 5 hit
 20 miss
 17 miss
 19 hit
 56 miss
 9 miss
 11 hit
 4 miss
 43 miss
 5
 6
 9
 17

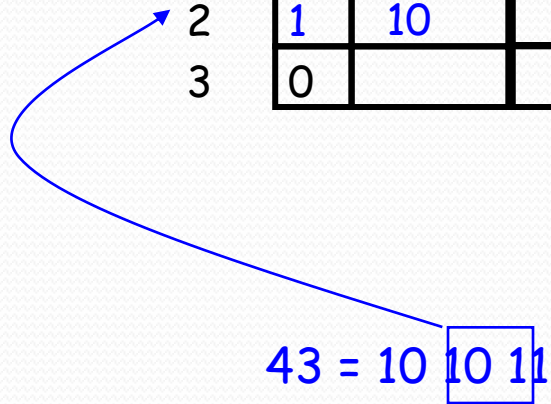
index	valid	tag	0x0-3	0x4-7	0x8-B	0xC-F
0	1	1	mem[16]	mem[17]	mem[18]	mem[19]
1	1	0	mem[4]	mem[5]	mem[6]	mem[7]
2	1	0	mem[8]	mem[9]	mem[10]	mem[11]
3	0					



Λύση 4ου θέματος (ii)

1 miss
 4 miss
 8 miss
 5 hit
 20 miss
 17 miss
 19 hit
 56 miss
 9 miss
 11 hit
 4 miss
 43 miss
 5
 6
 9
 17

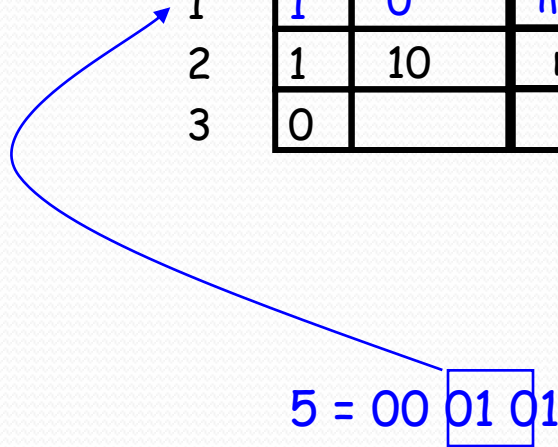
index	valid	tag	0x0-3	0x4-7	0x8-B	0xC-F
0	1	1	mem[16]	mem[17]	mem[18]	mem[19]
1	1	0	mem[4]	mem[5]	mem[6]	mem[7]
2	1	10	mem[40]	mem[41]	mem[42]	mem[43]
3	0					



Λύση 4ου θέματος (ii)

1 miss
 4 miss
 8 miss
 5 hit
 20 miss
 17 miss
 19 hit
 56 miss
 9 miss
 11 hit
 4 miss
 43 miss
 5 hit
 6
 9
 17

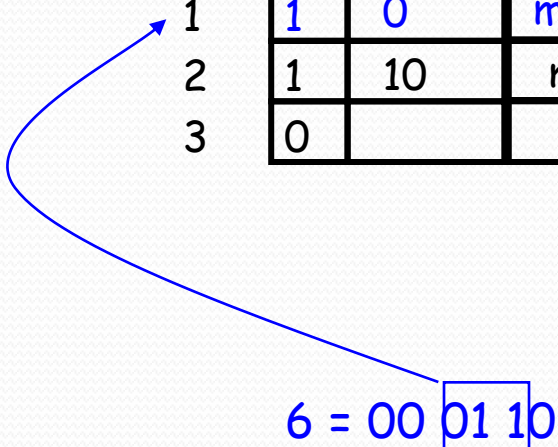
index	valid	tag	0x0-3	0x4-7	0x8-B	0xC-F
0	1	1	mem[16]	mem[17]	mem[18]	mem[19]
1	1	0	mem[4]	mem[5]	mem[6]	mem[7]
2	1	10	mem[40]	mem[41]	mem[42]	mem[43]
3	0					



Λύση 4ου θέματος (ii)

1 miss
4 miss
8 miss
5 hit
20 miss
17 miss
19 hit
56 miss
9 miss
11 hit
4 miss
43 miss
5 hit
6 hit
9
17

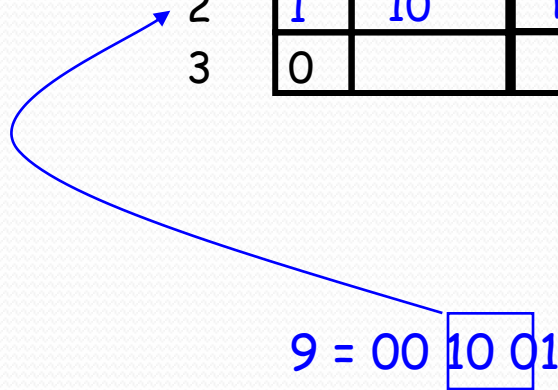
index	valid	tag	0x0-3	0x4-7	0x8-B	0xC-F
0	1	1	mem[16]	mem[17]	mem[18]	mem[19]
1	1	0	mem[4]	mem[5]	mem[6]	mem[7]
2	1	10	mem[40]	mem[41]	mem[42]	mem[43]
3	0					



Λύση 4ου θέματος (ii)

1 miss
 4 miss
 8 miss
 5 hit
 20 miss
 17 miss
 19 hit
 56 miss
 9 miss
 11 hit
 4 miss
 43 miss
 5 hit
 6 hit
 9 miss
 17

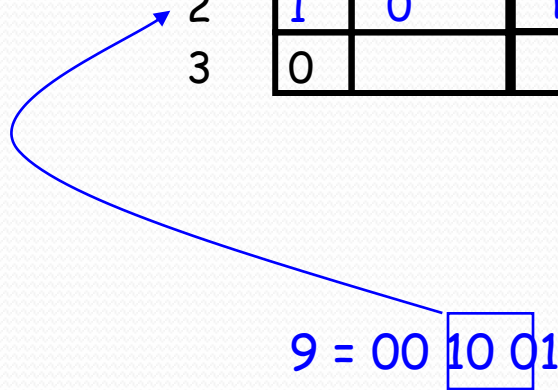
index	valid	tag	0x0-3	0x4-7	0x8-B	0xC-F
0	1	1	mem[16]	mem[17]	mem[18]	mem[19]
1	1	0	mem[4]	mem[5]	mem[6]	mem[7]
2	1	10	mem[40]	mem[41]	mem[42]	mem[43]
3	0					



Λύση 4ου θέματος (ii)

1 miss
 4 miss
 8 miss
 5 hit
 20 miss
 17 miss
 19 hit
 56 miss
 9 miss
 11 hit
 4 miss
 43 miss
 5 hit
 6 hit
 9 miss
 17

index	valid	tag	0x0-3	0x4-7	0x8-B	0xC-F
0	1	1	mem[16]	mem[17]	mem[18]	mem[19]
1	1	0	mem[4]	mem[5]	mem[6]	mem[7]
2	1	0	mem[8]	mem[9]	mem[10]	mem[11]
3	0					

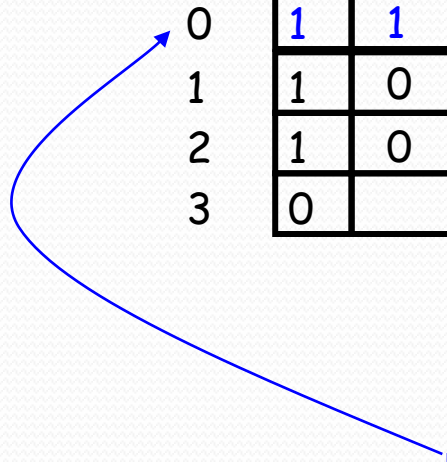


Λύση 4ου θέματος (ii)

1 miss
4 miss
8 miss
5 hit
20 miss
17 miss
19 hit
56 miss
9 miss
11 hit
4 miss
43 miss
5 hit
6 hit
9 miss
17 hit

index	valid	tag	0x0-3	0x4-7	0x8-B	0xC-F
0	1	1	mem[16]	mem[17]	mem[18]	mem[19]
1	1	0	mem[4]	mem[5]	mem[6]	mem[7]
2	1	0	mem[8]	mem[9]	mem[10]	mem[11]
3	0					

17 = 01 00 01



Λύση 4ου θέματος (iii)

Διαθέτουμε cache με 16 blocks / 2 =
 2^3 = 8 sets = sets

index = (mem address) mod 8

ή αλλιώς

τα **3 τελευταία bits** της διεύθυνσης
(σε 2-δική μορφή)

Αρχικά η cache είναι κενή
(όλα τα valid flags = 0)

	index	valid	tag	0x0-3
0	0			
	0			
1	0			
	0			
2	0			
	0			
3	0			
	0			
4	0			
	0			
5	0			
	0			
6	0			
	0			
7	0			
	0			

Λύση 4ου θέματος (iii)

1 miss
4
8
5
20
17
19
56
9
11
4
43
5
6
9
17

$$1 = 000 \boxed{001}$$

ή

$$\text{index} = 1 \bmod 8 = 1$$

index valid tag

0x0-3

index	valid	tag	0x0-3
0	0		
1	0		
2	0		
3	0		
4	0		
5	0		
6	0		
7	0		

Λύση 4ου θέματος (iii)

1 miss
 4
 8
 5
 20
 17
 19
 56
 9
 11
 4
 43
 5
 6
 9
 17

$$1 = 000 \boxed{001}$$

ή

$$\text{index} = 1 \bmod 8 = 1$$

index valid tag

0x0-3

0	0		
	0		
1	1	0	mem[1]
	0		
2	0		
	0		
3	0		
	0		
4	0		
	0		
5	0		
	0		
6	0		
	0		
7	0		
	0		

Λύση 4ου θέματος (iii)

1 miss
 4 miss
 8
 5
 20
 17
 19
 56
 9
 11
 4
 43
 5
 6
 9
 17

$$4 = 000 \boxed{100}$$

ή

$$\text{index} = 4 \bmod 8 = 4$$

index valid tag

0x0-3

0	0		
	0		
1	1	0	mem[1]
	0		
2	0		
	0		
3	0		
	0		
4	1	0	mem[4]
	0		
5	0		
	0		
6	0		
	0		
7	0		
	0		

Λύση 4ου θέματος (iii)

1	miss
4	miss
8	miss
5	miss
20	
17	
19	
56	
9	
11	
4	
43	
5	
6	
9	
17	

$$5 = 000 \boxed{101}$$

ή

$$\text{index} = 5 \bmod 8 = 5$$

index valid tag

0x0-3

0	1	1	mem[8]
	0		
1	1	0	mem[1]
	0		
2	0		
	0		
3	0		
	0		
4	1	0	mem[4]
	0		
5	1	0	mem[5]
	0		
6	0		
	0		
7	0		
	0		

Λύση 4ου θέματος (iii)

1	miss
4	miss
8	miss
5	miss
20	miss
17	
19	
56	
9	
11	
4	
43	
5	
6	
9	
17	

$$5 = 010 \boxed{100}$$

ή

$$\text{index} = 20 \bmod 8 = 4$$

index valid tag

0x0-3

0	1	1	mem[8]
	0		
1	1	0	mem[1]
	0		
2	0		
	0		
3	0		
	0		
4	1	0	mem[4]
	0		
5	1	0	mem[5]
	0		
6	0		
	0		
7	0		
	0		

Λύση 4ου θέματος (iii)

1	miss
4	miss
8	miss
5	miss
20	miss
17	
19	
56	
9	
11	
4	
43	
5	
6	
9	
17	

$$5 = 010 \boxed{100}$$

ή

$$\text{index} = 20 \bmod 8 = 4$$

index valid tag

0x0-3

0	1	1	mem[8]
	0		
1	1	0	mem[1]
	0		
2	0		
	0		
3	0		
	0		
4	1	10	mem[20]
	1	0	mem[4]
5	1	0	mem[5]
	0		
6	0		
	0		
7	0		
	0		

Λύση 4ου θέματος (iii)

1	miss
4	miss
8	miss
5	miss
20	miss
17	miss
19	
56	
9	
11	
4	
43	
5	
6	
9	
17	

$17 = 010\ 001$

ή

$index = 17 \bmod 8 = 1$

index valid tag

0x0-3

0	1	1	mem[8]
	0		
1	1	0	mem[1]
	0		
2	0		
	0		
3	0		
	0		
4	1	10	mem[20]
	1	0	mem[4]
5	1	0	mem[5]
	0		
6	0		
	0		
7	0		
	0		

Λύση 4ου θέματος (iii)

1	miss
4	miss
8	miss
5	miss
20	miss
17	miss
19	
56	
9	
11	
4	
43	
5	
6	
9	
17	

$17 = 010\ 001$

ή

$index = 17 \bmod 8 = 1$

index valid tag

0x0-3

0	1	1	mem[8]
	0		
1	1	10	mem[17]
	1	0	mem[1]
2	0		
	0		
3	0		
	0		
4	1	10	mem[20]
	1	0	mem[4]
5	1	0	mem[5]
	0		
6	0		
	0		
7	0		
	0		

Λύση 4ου θέματος (iii)

1	miss
4	miss
8	miss
5	miss
20	miss
17	miss
19	miss
56	
9	
11	
4	
43	
5	
6	
9	
17	

$$19 = 010 \boxed{011}$$

ή

$$\text{index} = 19 \bmod 8 = 3$$

index valid tag

0x0-3

0	1	1	mem[8]
	0		
1	1	10	mem[17]
	1	0	mem[1]
2	0		
	0		
3	1	10	mem[19]
	0		
4	1	10	mem[20]
	1	0	mem[4]
5	1	0	mem[5]
	0		
6	0		
	0		
7	0		
	0		

Λύση 4ου θέματος (iii)

1	miss
4	miss
8	miss
5	miss
20	miss
17	miss
19	miss
56	miss
9	
11	
4	
43	
5	
6	
9	
17	

$$56 = 111\ 000$$

ή

$$\text{index} = 56 \bmod 8 = 0$$

index valid tag

0x0-3

0
1
2
3
4
5
6
7

index	valid	tag	0x0-3
1	1		mem[8]
0			
1	1	10	mem[17]
1	1	0	mem[1]
2	0		
0			
3	1	10	mem[19]
0			
4	1	10	mem[20]
1	1	0	mem[4]
5	1	0	mem[5]
0			
6	0		
0			
7	0		
0			

Λύση 4ου θέματος (iii)

1	miss
4	miss
8	miss
5	miss
20	miss
17	miss
19	miss
56	miss
9	
11	
4	
43	
5	
6	
9	
17	

$56 = 111\ 000$

ή

$index = 56 \text{ mod } 8 = 0$

index	valid	tag	0x0-3
0	1	111	mem[56]
1	1	1	mem[8]
2	1	10	mem[17]
3	1	0	mem[1]
4	0		
5	0		
6	1	10	mem[19]
7	0		
8	1	10	mem[20]
9	1	0	mem[4]
10	1	0	mem[5]
11	0		
12	0		
13	0		
14	0		
15	0		
16	0		
17	0		
18	0		
19	0		
20	0		

Λύση 4ου θέματος (iii)

1 miss
 4 miss
 8 miss
 5 miss
 20 miss
 17 miss
 19 miss
 56 miss
 9 miss
 11
 4
 43
 5
 6
 9
 17

$$9 = 001\ 001$$

ή

$$\text{index} = 9 \bmod 8 = 1$$

index valid tag

0x0-3

index	valid	tag	0x0-3
0	1	111	mem[56]
	1	1	mem[8]
	1	10	mem[17]
	1	0	mem[1]
2	0		
	0		
3	1	10	mem[19]
	0		
4	1	10	mem[20]
	1	0	mem[4]
5	1	0	mem[5]
	0		
6	0		
	0		
7	0		
	0		

Λύση 4ου θέματος (iii)

1	miss
4	miss
8	miss
5	miss
20	miss
17	miss
19	miss
56	miss
9	miss
11	
4	
43	
5	
6	
9	
17	

$$9 = 001\ 001$$

ή

$$\text{index} = 9 \bmod 8 = 1$$

index valid tag

0x0-3

0	1	111	mem[56]
	1	1	mem[8]
1	1	1	mem[9]
	1	10	mem[17]
2	0		
	0		
3	1	10	mem[19]
	0		
4	1	10	mem[20]
	1	0	mem[4]
5	1	0	mem[5]
	0		
6	0		
	0		
7	0		
	0		

Λύση 4ου θέματος (iii)

1	miss
4	miss
8	miss
5	miss
20	miss
17	miss
19	miss
56	miss
9	miss
11	miss
4	
43	
5	
6	
9	
17	

$$11 = 001 \boxed{011}$$

ή

$$\text{index} = 11 \bmod 8 = 3$$

index valid tag

0x0-3

0	1	111	mem[56]
	1	1	mem[8]
1	1	1	mem[9]
	1	10	mem[17]
2	0		
	0		
3	1	10	mem[19]
	0		
4	1	10	mem[20]
	1	0	mem[4]
5	1	0	mem[5]
	0		
6	0		
	0		
7	0		
	0		

Λύση 4ου θέματος (iii)

1	miss
4	miss
8	miss
5	miss
20	miss
17	miss
19	miss
56	miss
9	miss
11	miss
4	
43	
5	
6	
9	
17	

$$11 = 001 \boxed{011}$$

ή

$$\text{index} = 11 \bmod 8 = 3$$

index valid tag

0x0-3

0	1	111	mem[56]
	1	1	mem[8]
1	1	1	mem[9]
	1	10	mem[17]
2	0		
	0		
3	1	1	mem[11]
	1	10	mem[19]
4	1	10	mem[20]
	1	0	mem[4]
5	1	0	mem[5]
	0		
6	0		
	0		
7	0		
	0		

Λύση 4ου θέματος (iii)

1 miss
 4 miss
 8 miss
 5 miss
 20 miss
 17 miss
 19 miss
 56 miss
 9 miss
 11 miss
 4 hit
 43
 5
 6
 9
 17

$$4 = 000 \boxed{100}$$

ή

$$\text{index} = 4 \bmod 8 = 4$$

index valid tag

0x0-3

0	1	111	mem[56]
	1	1	mem[8]
1	1	1	mem[9]
	1	10	mem[17]
2	0		
	0		
3	1	1	mem[11]
	1	10	mem[19]
4	1	0	mem[4]
	1	10	mem[20]
5	1	0	mem[5]
	0		
6	0		
	0		
7	0		
	0		

Λύση 4ου θέματος (iii)

1	miss
4	miss
8	miss
5	miss
20	miss
17	miss
19	miss
56	miss
9	miss
11	miss
4	hit
43	miss
5	
6	
9	
17	

$$43 = 101 \boxed{011}$$

ή

$$\text{index} = 43 \bmod 8 = 3$$

index valid tag

0x0-3

0	1	111	mem[56]
	1	1	mem[8]
1	1	1	mem[9]
	1	10	mem[17]
2	0		
	0		
3	1	1	mem[11]
	1	10	mem[19]
4	1	10	mem[20]
	1	0	mem[4]
5	1	0	mem[5]
	0		
6	0		
	0		
7	0		
	0		

Λύση 4ου θέματος (iii)

1	miss
4	miss
8	miss
5	miss
20	miss
17	miss
19	miss
56	miss
9	miss
11	miss
4	hit
43	miss
5	
6	
9	
17	

$$43 = 101 \boxed{011}$$

ή

$$\text{index} = 43 \bmod 8 = 3$$

index valid tag

0x0-3

0	1	111	mem[56]
	1	1	mem[8]
1	1	1	mem[9]
	1	10	mem[17]
2	0		
	0		
3	1	101	mem[43]
	1	1	mem[11]
4	1	10	mem[20]
	1	0	mem[4]
5	1	0	mem[5]
	0		
6	0		
	0		
7	0		
	0		

Λύση 4ου θέματος (iii)

1	miss
4	miss
8	miss
5	miss
20	miss
17	miss
19	miss
56	miss
9	miss
11	miss
4	hit
43	miss
5	hit
6	
9	
17	

$$5 = 000 \boxed{101}$$

ή

$$\text{index} = 5 \bmod 8 = 5$$

index valid tag

0x0-3

0	1	111	mem[56]
	1	1	mem[8]
1	1	1	mem[9]
	1	10	mem[17]
2	0		
	0		
3	1	101	mem[43]
	1	1	mem[11]
4	1	10	mem[20]
	1	0	mem[4]
5	1	0	mem[5]
	0		
6	0		
	0		
7	0		
	0		

Λύση 4ου θέματος (iii)

1	miss
4	miss
8	miss
5	miss
20	miss
17	miss
19	miss
56	miss
9	miss
11	miss
4	hit
43	miss
5	hit
6	miss
9	
17	

$$6 = 000 \boxed{110}$$

ή

$$\text{index} = 6 \bmod 8 = 6$$

index valid tag

0x0-3

0	1	111	mem[56]
	1	1	mem[8]
1	1	1	mem[9]
	1	10	mem[17]
2	0		
	0		
3	1	101	mem[43]
	1	1	mem[11]
4	1	10	mem[20]
	1	0	mem[4]
5	1	0	mem[5]
	0		
6	1	0	mem[6]
	0		
7	0		
	0		

Λύση 4ου θέματος (iii)

1 miss
 4 miss
 8 miss
 5 miss
 20 miss
 17 miss
 19 miss
 56 miss
 9 miss
 11 miss
 4 hit
 43 miss
 5 hit
 6 miss
 9 hit
 17

$$0 = 001 \boxed{001}$$

ή

$$\text{index} = 9 \bmod 8 = 1$$

index valid tag

0x0-3

0
1
2
3
4
5
6
7

index	valid	tag	0x0-3
0	1	111	mem[56]
1	1	1	mem[8]
2	1	1	mem[9]
3	1	10	mem[17]
4	0		
5	0		
6	1	101	mem[43]
7	1	1	mem[11]
8	1	10	mem[20]
9	1	0	mem[4]
10	1	0	mem[5]
11	0		
12	1	0	mem[6]
13	0		
14	0		
15	0		

Λύση 4ου θέματος (iii)

1 miss
 4 miss
 8 miss
 5 miss
 20 miss
 17 miss
 19 miss
 56 miss
 9 miss
 11 miss
 4 hit
 43 miss
 5 hit
 6 miss
 9 hit
 17 hit

$$0 = 010 \boxed{001}$$

ή

$$\text{index} = 17 \bmod 8 = 1$$

index valid tag

0x0-3

0
1
2
3
4
5
6
7

1	111	mem[56]
1	1	mem[8]
1	1	mem[9]
1	10	mem[17]
0		
0		
1	101	mem[43]
1	1	mem[11]
1	10	mem[20]
1	0	mem[4]
1	0	mem[5]
0		
1	0	mem[6]
0		
0		
0		