

תרגול 14

Cache Memory

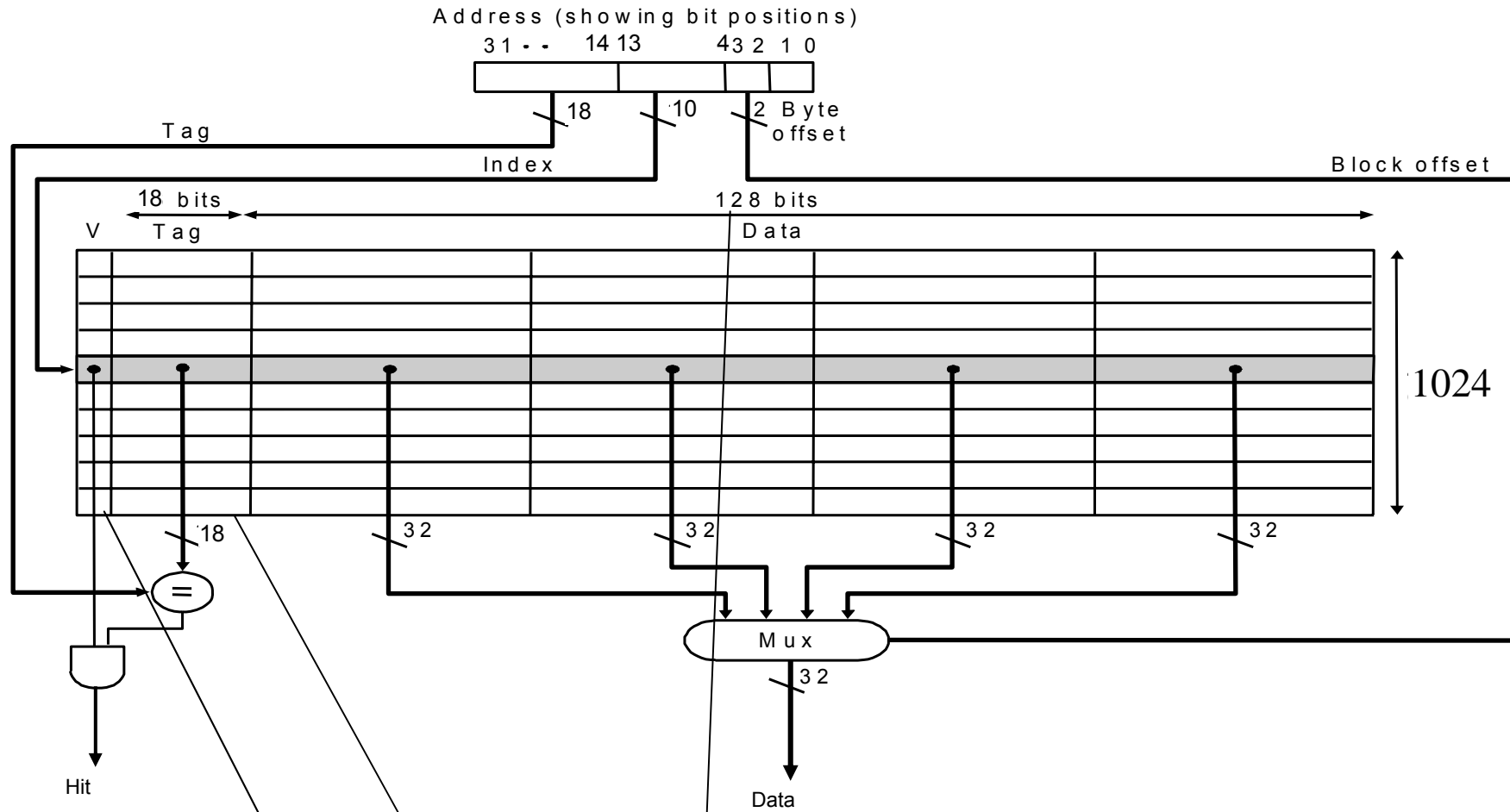
למה זיכרון מטמון ?

- גישה לזיכרון ה-RAM צורכת מחזורי שעון רבים.
- זיכרון מטמון
 - מכיל את הנתונים שבשימוש השוטף ביותר של ה-CPU
 - מהיר יותר מהזיכרון ה-RAM
 - נמצא סמוך ל-CPU

שאלה ממבחן

- נתון cache שבתוכו שמורים 1024 בלוקים בגודל 4 מילים. חשב את כמות הזיכרון שתופס ה-cache (כולל ה-tag וה-valid) בכל אחד מסוגי ה-cache הבאים (גודל הזיכרון הלוגי 2^{32} בתים) (חשב הסבר ונמק):
 - Direct Map associative cache
 - 4-way associative cache
 - Full associative cache

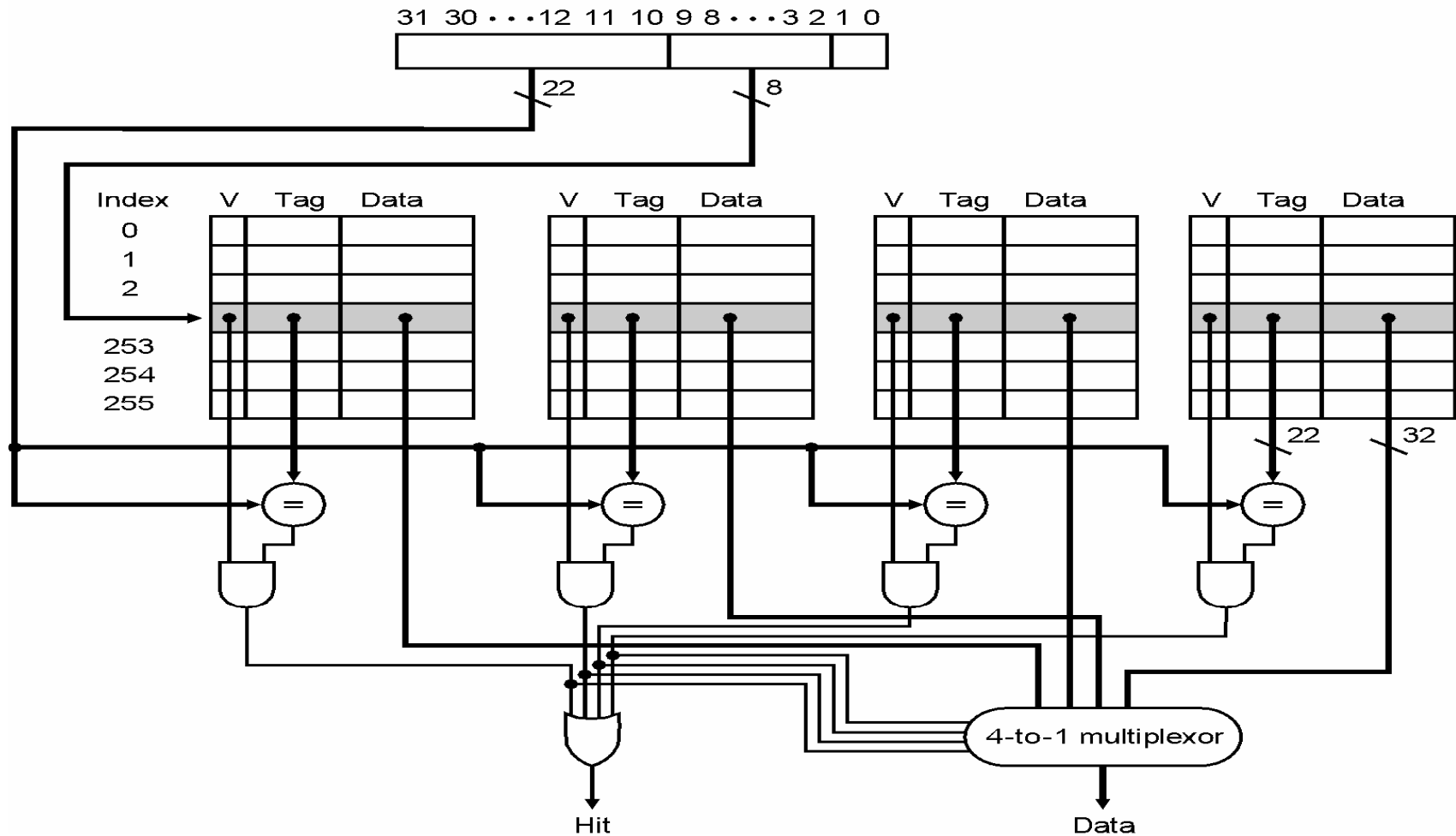
Direct Map associative cache



$$1024 * (1 + (32 - 2 - 2 - 10) + 4 * 32) = 1024 * (1 + 18 + 128) = 150,528 \text{ bits}$$

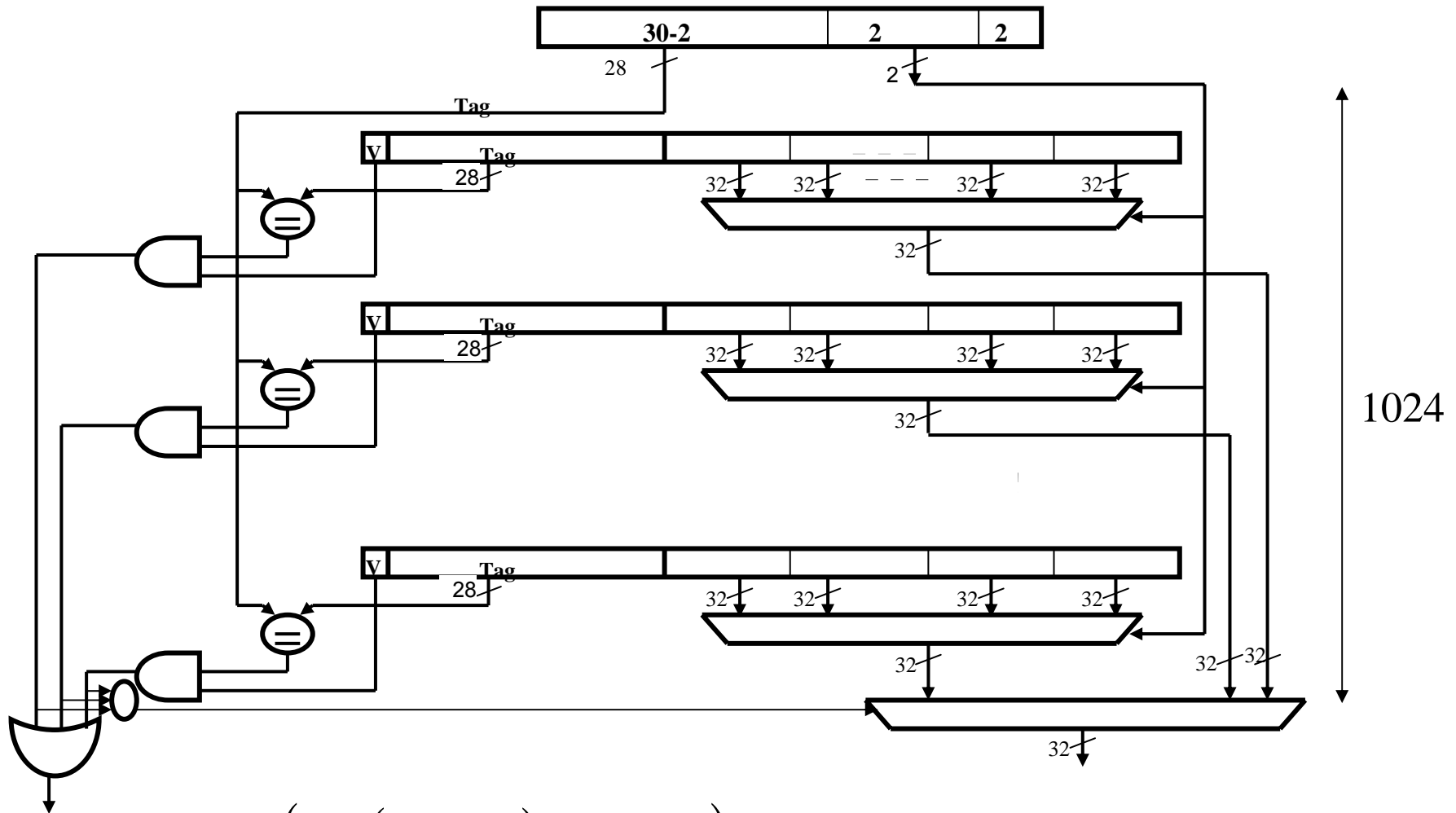
אלון שקלר – אוניברסיטת תל אביב

4-way associative cache



$$256 * 4 * (1 + (30 - 2 - 8) + 4 * 32) = 256 * 4 * 149 = 152,576 \text{ bits}$$

Full associative cache



$$1024 * (1 + (30 - 2) + 4 * 32) = 1024 * 151 = 154,624 \text{ bits}$$

אלון שקלר - אוניברסיטת תל אביב

שאלה

- נתונה סדרת הגישות לכתובות הזיכרון הבאות:
1,4,8,5,20,17,19,56,9,11 (הכתובות נתונות במילים)
- ברשותנו זיכרון cache מסוג direct map אשר גודלו הכולל 16 מילים. בלוק מכיל 4 מילים.
- יש לפרט לכל גישה האם הכתובת נמצאה ב-cache ואת תוכנו בכל גישה.
- פתרון:
ראשית נראה מה הנוסחא לכניסה לטבלה כפונקציה של הכתובת – 2-ה-lsb מייצגים את ההיסט של הבית המבוקש לכן יש לחלק את הכתובת ב-4 ולמצוא את שארית החלוקה ב-4 של התוצאה.

פתרון

$$\left\lfloor \frac{1}{4} \right\rfloor \bmod 4 = 0$$

Valid=0 -> miss

index	Valid	Block content			
0	0				
1	0				
2	0				
3	0				



index	Valid	Block content			
0	1	0	1	2	3
1	0				
2	0				
3	0				

פתרון

$$\left\lfloor \frac{4}{4} \right\rfloor \bmod 4 = 1 \rightarrow$$

Valid=0 -> miss

index	Valid	Block content			
0	1	0	1	2	3
1	0				
2	0				
3	0				



index	Valid	Block content			
0	1	0	1	2	3
1	1	4	5	6	7
2	0				
3	0				

אלון שקלר – אוניברסיטת תל אביב

פתרון

$$\left\lfloor \frac{8}{4} \right\rfloor \bmod 4 = 2$$

Valid=0 -> miss



index	Valid	Block content			
0	1	0	1	2	3
1	1	4	5	6	7
2	0				
3	0				



index	Valid	Block content			
0	1	0	1	2	3
1	1	4	5	6	7
2	1	8	9	10	11
3	0				

פתרון

$$\left\lfloor \frac{5}{4} \right\rfloor \bmod 4 = 1 \longrightarrow$$

index	Valid	Block content			
0	1	0	1	2	3
1	1	4	5	6	7
2	1	8	9	10	11
3	0				

HIT

פתרון

$$\left\lfloor \frac{20}{4} \right\rfloor \bmod 4 = 1$$

5
MISS

index	Valid	Block content			
0	1	0	1	2	3
1	1	4	5	6	7
2	1	8	9	10	11
3	0				



index	Valid	Block content			
0	1	0	1	2	3
1	1	20	21	22	23
2	1	8	9	10	11
3	0				

פתרון

$$\left\lfloor \frac{17}{4} \right\rfloor \bmod 4 = 0 \longrightarrow$$

MISS

index	Valid	Block content			
0	1	0	1	2	3
1	1	20	21	22	23
2	1	8	9	10	11
3	0				



index	Valid	Block content			
0	1	16	17	18	19
1	1	20	21	22	23
2	1	8	9	10	11
3	0				

פתרון

$$\left\lfloor \frac{19}{4} \right\rfloor \bmod 4 = 0 \rightarrow$$

index	Valid	Block content			
0	1	16	17	18	19
1	1	20	21	22	23
2	1	8	9	10	11
3	0				

HIT

פתרון

$$\left\lfloor \frac{56}{4} \right\rfloor \bmod 4 = 2 \rightarrow$$

MISS

index	Valid	Block content			
0	1	16	17	18	19
1	1	20	21	22	23
2	1	8	9	10	11
3	0				



index	Valid	Block content			
0	1	16	17	18	19
1	1	20	21	22	23
2	1	56	57	58	59
3	0				

פתרון

$$\left\lfloor \frac{9}{4} \right\rfloor \bmod 4 = 2 \longrightarrow$$

MISS

index	Valid	Block content			
0	0	16	17	18	19
1	0	20	21	22	23
2	0	56	57	58	59
3	0				



index	Valid	Block content			
0	1	16	17	18	19
1	1	20	21	22	23
2	1	8	9	10	11
3	0				

פתרון

$$\left\lfloor \frac{11}{4} \right\rfloor \bmod 4 = 2 \rightarrow$$

index	Valid	Block content			
0	1	16	17	18	19
1	1	20	21	22	23
2	1	8	9	10	11
3	0				

HIT

שאלה

- נתונה סדרת גישות לכתובות הזיכרון הבאות:
1,4,8,5,20,17,19,56,9,11 (הכתובות נתונות במילים)
- ברשותנו זיכרון cache מסוג fully associative אשר
גודלו הכולל 16 מילים. בלוק מכיל 4 מילים.
- יש לפרט לכל גישה האם הכתובת נמצאה ב-cache ואת
תוכנו בכל גישה.
- בפתרון נשתמש בגישת LRU לפינוי מקום ב-cache.
- בכל בלוק נשמרת נקודת הזמן האחרונה בה הייתה גישה
לבלוק – ה-LRU block הוא זה עם נקודת הזמן הקטנה
ביותר.

פתרון

כתובת	HIT/MISS	בלוק 1	בלוק 2	בלוק 3	בלוק 4
מצב התחלתי		(0)	(0)	(0)	(0)
1	MISS	0-3 (1)	(0)	(0)	(0)
4	MISS	0-3 (1)	4-7 (2)	(0)	(0)
8	MISS	0-3 (1)	4-7 (2)	8-11 (3)	(0)
5	HIT	0-3 (1)	4-7 (4)	8-11 (3)	(0)
20	MISS	0-3 (1)	4-7 (4)	8-11 (3)	20-23 (5)
17	MISS	16-19 (6)	4-7 (4)	8-11 (3)	20-23 (5)
19	HIT	16-19 (7)	4-7 (4)	8-11 (3)	20-23 (5)
56	MISS	16-19 (7)	4-7 (4)	56-59 (8)	20-23 (5)
9	MISS	16-19 (7)	8-11 (9)	56-59 (8)	20-23 (5)
11	HIT	16-19 (7)	8-11 (10)	56-59 (8)	20-23 (5)

שאלה

- נתון זיכרון וירטואלי בעל התכונות הבאות:
 - כתובת וירטואלית מכילה 40 ביטים
 - גודל דף 16KB
 - כתובת פיזית מכילה 36 ביטים
- מה הגודל של טבלת הדפים של כל תהליך בהנחה שהביטים עבור `valid, protection, dirty, use` מהווים 4 ביטים ושכל הדפים הוירטואליים בשימוש.
- הנחה: כתובות דיסק אינן מאוחסנות בטבלת הדפים.

פתרון

- גודל הטבלה מתקבל מהכפלת מספר הכניסות בגודל כניסה.
- מספר הכניסות שווה למספר הבתים האפשריים בכתובת הוירטואלית ששווה ל:

$$\frac{2^{40} \text{ bytes}}{16 \text{ KB}} = \frac{2^{40} \text{ bytes}}{2^4 2^{10} \text{ bytes}} = 2^{26} \text{ entries}$$

- גודל כניסה שווה ל: $4 + (36 - 14) = 26 \xrightarrow{\text{rounding}} 32$

- גודל הטבלה שווה ל:

$$2^{26} * 32 \text{ bits} = 2^{26} * 4 \text{ Bytes} = 2^{26} * 2^2 = 2^{28} = 256 \text{ MB}$$