ממס תרגיל 3

משה בר 305567182 bezangeloo@gmail.com

איתי איליהגוייב 201300662 itaibar1111@gmail.com

בבקשה להחזיר לתא 00.

הטכניון – מכון טכנולוגי לישראל

הפקולטה למדעי המחשב

תאריך הגשה: 08/01/2016

הוראות הגשה: ההגשה בזוגות . הוסיפו שמות, ת.ז., אי-מייל, תא אליו יש להחזיר את התרגיל ואת תשובותיכם לתרגיל, הדפיסו והגישו לתא הקורס בקומה 1. עבור הגשות באיחור יש להגיש לתא של אנדריי בקומה 2 .

ממס – תרגיל 3

שאלה 1 – Two level Branch Prediction (40 נק')

נתון מעבד בעל מבנה ה-pipeline הבא:

Inst fetch	Dec 1	Dec 2	Exe 1	Exe 2	Mem	Write back

- חיזוי הקפיצה נמשך שני מחזורי שעון, כך שהוא מבוצע בסוף שלב dec1 .
- במעבד קיים branch predictor מסוג Local, שבו לכל branch היסטוריה באורך 3 המצביעה על מערך של 8 מונים (bimodal counters). ההיסטוריה מאותחלת ל-0 והמונים מאותחלים ל-2 (weakly taken).
- בסוף שלב ה-mem ידוע האם יש לקפוץ או לא.

1. (5 נק') כמה penalty (במחזורי שעון) נשלם עבור חיזוי בכל אחד מהמקרים הבאים?

חיזוי taken \ בפועל taken

ה'קנס' יהיה מחזור שעון אחד.

בסוף שלב D1 כבר חוזים את הקפיצה, ואכן תהיה קפיצה, ולכן יהיה צורך לנקות רק את הפקודה שהספיקה להכנס לIF.

חיזוי taken \ בפועל not taken

קנס של 5 מחזורי שעון.

בסוף שלב D1 חוזים קפיצה, ולכן מנקים את הפקודה שהספיקה להכנס לIF, בגלל שהיא לא מתאימה לפי החיזוי. לאחר מכן כאשר פקודת הקפיצה מגיעה לסוף שלב MEM מתברר שלא היה צורך לקפוץ. כעת יש בPL 4 פקודות לא מתאימות כי הן נטענו על סמך חיזוי קפיצה ונצטרך לשטוף גם אותן. סה"כ נשלם קנס של 5 מחזורי שעון.

חיזוי not taken \ בפועל taken

קנס של 5 מחזורי שעון.

כל הפקודות שנטענו עד שפקודת הקפיצה הגיעה לסוף שלב הMEM לא טובות לנו, ולכן נצטרך לנקות אותם מהPL. יש 5 כאלו (אחת בכל שלב של הPL) ולכן נשלם קנס של 5 מחזורי שעון.

חיזוי not taken \ בפועל not taken

במקרה זה לא נשלם קנס כלל, כי כל הפקודות שנכנסו לPL תקינות.

2. (20 נק') המעבד מריץ תוכנית ובה פקודת קפיצה בודדת בעלת סידרת הקפיצות הבאה: ... 10011 10011
(החל משמאל). השלם את הטבלה הבאה בהנחה שההיסטוריה והמונים מתעדכנים בסוף שלב ה-Mem ושבין קפיצה לקפיצה עובר מספיק זמן, כך שההיסטוריה והמונים מתעדכנים עוד לפני שנדרש לבצע חיזוי נוסף.

Taken/ not-taken	ערך ההיסטוריה לפני הקפיצה	ערך המונה לפני הקפיצה	החיזוי (0/1)	החיזוי נכון\ שגוי
1	000	10	1	נכון
0	001	10	1	**שגוי**
0	010	10	1	**שגוי**
1	100	10	1	נכון
1	001	01	0	**שגוי**
1	011	10	1	נכון
0	111	10	1	**שגוי**
0	110	10	1	**שגוי**
1	100	11	1	נכון
1	001	10	1	נכון
1	011	11	1	נכון
0	111	01	0	נכון
0	110	01	0	נכון
1	100	11	1	נכון
1	001	11	1	נכון
1	011	11	1	נכון
0	111	00	0	נכון
0	110	00	0	נכון

3. (15 נק') עבור כל אחת מהסדרות הבאות ענו האם החזאי בשאלה מסוגל לאחר מספיק חזרות לחזות אותן בצורה מושלמת. אם לדעתך החזאי אינו מסוגל לחזות את הדפוס בצורה מושלמת, נמק מדוע, וקבע מה אורך ההיסטוריה **המינימאלי** הנדרש על מנת לתת תשובה נכונה.

The general rule for a two-level adaptive predictor with an n-bit history is that it can predict any repetitive sequence with any period if all n-bit sub-sequences are different.

א. ..01011 01011 01011

החזאי לא יוכל לחזות את הסדרה 01011 עם היסטוריה של 3 ביטים, מכיוון שתתי הסדרות שלה הן: 010,**101**,011,110,**101**. ויש תתי סדרות זהות, למשל אלו שמודגשות. תתי הסדרות באורך 4 הן : 0101,1011,0110,1101,1010, וכולן שונות. לכן היסטוריה באורך 4 תספיק כדי לחזות את הדפוס הזה בצורה מושלמת.

ב. ... 00111 00111 00111

החזאי יוכל לחזות את הסדרה 00111 עם היסטוריה של 3 ביטים, מכיוון שתתי הסדרות שלה הן: 001,011,111,110,100. ואין תתי סדרות זהות. לכן היסטוריה באורך 3 תספיק כדי לחזות את הדפוס הזה בצורה מושלמת.

ג. 0101111 0101111 0101111

החזאי לא יוכל לחזות את הסדרה 01011 עם היסטוריה של 3 ביטים, מכיוון שתתי הסדרות שלה הן: 010,101,011,**111**,**111**,110,101. ויש תתי סדרות זהות, למשל אלו שמודגשות. תתי הסדרות באורך 4 הן : 0101,1011,0111,1111,1110,1101,1010, וכולן שונות. לכן היסטוריה באורך 4 תספיק כדי לחזות את הדפוס הזה בצורה מושלמת.

ד. ...1011001 1011001 1011001

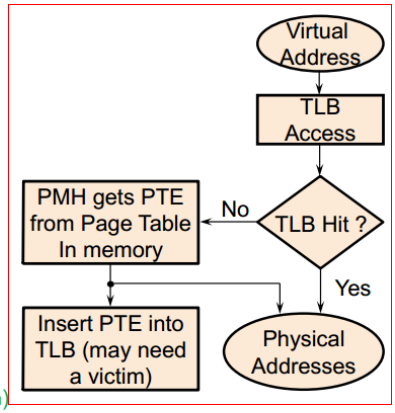
החזאי לא יוכל לחזות את הסדרה 01011 עם היסטוריה של 3 ביטים, מכיוון שתתי הסדרות שלה הן: 101,011,**110**,100,001,011,**110**. ויש תתי סדרות זהות, למשל אלו שמודגשות. תתי הסדרות באורך 4 הן: 1011,**0110**,1100,1001,0011,**0110**,1101, וגם פה יש זהות. תתי הסדרות באורך 5 הן: 10110,01100,11001,10011,00110,01101,11011. פה, כולן שונות.
לכן היסטוריה באורך 5 תספיק כדי לחזות את הדפוס הזה בצורה מושלמת.

ה. ... 01101 01101 01101

החזאי לא יוכל לחזות את הסדרה 01011 עם היסטוריה של 3 ביטים, מכיוון שתתי הסדרות שלה הן: 011,110,**101**,010,**101**. ויש תתי סדרות זהות, למשל אלו שמודגשות. תתי הסדרות באורך 4 הן: 0110,1101,1010,0101,1011, וכולן שונות. לכן היסטוריה באורך 4 תספיק כדי לחזות את הדפוס הזה בצורה מושלמת.

<u>שאלה 2 – זיכרון וירטואלי</u> (20 נק')

א. מדוע בדר"כ ניגש למטמון רק אחרי שניגש ל TLB ?



(הרצאה 7-8 שקף 10)

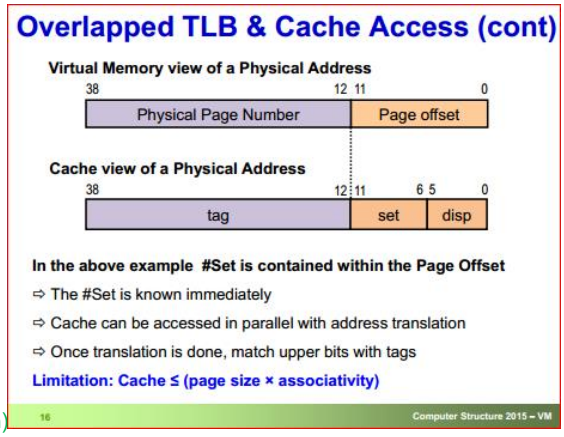
המטמון במעבד שומר מידע לפי כתובות פיזיות. התהליכים שרצים במערכת מכירים רק את מרחב הזיכרון הוירטואלי שהם מקבלים, ולכן נצטרך לבצע את התרגום של הכתובת הוירטואלית לכתובת פיזית. **עוד לפני התרגום**, יכול להיות שהכתובת הפיזית לדף המבוקש שמורה בTLB ולכן ניגש אליו ונבדוק. אם לא נקבל 'פגיעה' נצטרך לגשת לטבלת התרגום (שככל הנראה שמורה במטמון... כמו כל נתון רגיל, כדי לקצר זמני גישה) ולתרגם את הכתובת הוירטואלית לכתובת הפיזית.

ב. באיזו מקרה ניגש ל TLB רק אחרי שניגש למטמון ?

במקרה בו יש במערכת (גם) מטמון אשר שומר מידע לפי כתובות וירטואליות. במקרה כזה כאשר יש צורך לגשת לכתובת וירטואלית כלשהי, קודם נבדוק האם תוכנה כבר במטמון, אם כן, מה טוב. אם לא, ניגש לTLB כדי לבדוק האם הכתובת הפיזית המתאימה כבר נמצאת בו (ואם לא, נצטרך לגשת לטבלת התרגום כדי לדעת מה הכתובת הפיזית המתאימה)

ג. כיצד אפשר לתכנן TLB ומטמון שיאפשרו גישה במקביל ?

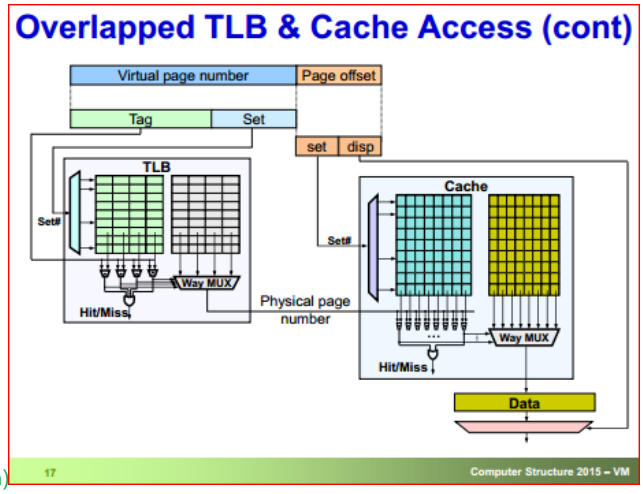
נצטרך לשנות את מבנה הכתובת כמו ש"רואה אותה" המטמון, כך שהset יהיה מוכל בPage offset בצורת הכתובת כמו שהיא מפורשת כזיכרון וירטואלי כמו שמוסבר בשקף הבא:



(הרצאה 7-8 שקף 16)

כך נוכל לדעת בצורה מיידית את הset עבור המטמון, ולכן נוכל לגשת למטמון במקבלית לגישה לTLB. נשים לב שבצורת המימוש הזו אנחנו מוגבלים בגודל המטמון, שחייב להיות קטן או שווה

למכפלת גודל דף באסוציאטיביות של המטמון. שרטוט הממחיש את הגישה המקבילית מובא בשקף הבא:



(הרצאה 8-7 שקף 17)

<u>שאלה 3- זיכרון וירטואלי</u> (40 נק')

נתון מעבד <u>דמוי</u> x86 העובד במוד של 64 ביט ומבנה הכתובת הבא:

63 48	47 40	39 32	31 24	23 12	11 0
Sign ext	PML4	PDP	DIR	PTE	offset

המעבד תומך הן בדפים בגודל קטן (המוצבעים ע"י כניסות ב-PTE) והן בדפים בגודל גדול (המוצבעים ע"י כניסות ב-DIR). גודל כל כניסה בטבלאות הדפים בכל אחת מהרמות היא 8 bytes.

במעבד זה, טבלאות התרגום אינן בהכרח בגודל של דף קטן. במעבד קיימים TLB וכן PMH caches עבור כל הרמות PML4,PDP,DIR. בכל אחד מהם 4 כניסות, direct mapped. למעבד אין STLB .

א. (5 נק') מהם הגדלים של דף קטן ודף גדול במעבד?

גודל דף קטן הינו $2^{12} = 4{,}096$ בתים (PTE) במונחים של זיכרון מדובר ב4 קילו בייט.

גודל דף גדול הינו $2^{24} = 16{,}777{,}216$ בתים (DIR) במונחים של זיכרון מדובר ב16 מגה בייט.

ב. (5 נק') כמה סיביות אנו שומרים עבור שדה ה-tag ב- TLB וב PMH caches: PML4, PDP וDIR?

TLB – 34

PML – 6

PDP – 14

DIR – 22

לכל אחד ניקח את מספר הסיביות החל מ sign ext עד סופו פחות 2

ג. (10 נק') נתונה סדרת פניות לזיכרון וירטואלי (בבסיס הקסדצימאלי) . עבור כל גישה , רשמו האם הייתה החטאה או פגיעה ב- TLB וב-PMH caches . הוסיפו הסבר מתאים. הניחו שמשתמשים בדפים קטנים בלבד, שהטבלאות התרגום כבר קימות בזיכרון ושה- TLB וה- PMH caches ריקים בתחילת התוכנית.

הסבר	TLBs(H/M)	כתובות
נתון שהכל ריק. החטאה ב-TLB.	miss: all	FFFF123456789ABC
נשים לב כי FFFF1234XXXXXXXX ללא התייחסות ל-Xים כבר היינו, ולכן PML4 ו – PDF נקבל פגיעה, נראה שאמנם לאחר מכן ב56 היינו אבל הכתובת שונתה ל57 ולכן החל מנקודה זו נקבל החטאה בכל השאר (PTE & DIR). החטאה ב-TLB, הכתובת לא נמצאת.	hit: PML4 & PDP miss: DIR & PTE	FFFF123457789ABC
כתובת שכבר היינו בה חוץ מחוצץ offset (12 ביטים אחרונים) שהשתנה ל-BCD. החטאה ב-TLB, הכתובת נדרסת.	hit: PML4 & PDP & DIR & PTE	FFFF123456789BCD
נשים לב כי FFFF12XXXXXXXXXX ללא התייחסות ל-Xים כבר היינו, ולכן PML4 נקבל פגיעה, נראה שאמנם לאחר מכן ב34 היינו אבל הכתובת שונתה ל33 ולכן החל מנקודה זו נקבל החטאה בכל השאר (PTE & PDP & DIR). החטאה ב-TLB.	hit: PML4 miss: PDP & DIR & PTE	FFFF123322788BCD
כתובת שכבר היינו בה. פגיעה ב-TLB.	hit: PML4 & PDP & DIR & PTE	FFFF123456789BCD

ד. (20 נק') זמן הגישה לזיכרון הוא 100 מ"ש(מחזורי שעון). זמן הגישה ל-TLB הוא 2 מ"ש (להחטאה או קבלת הנתון). לאחר TLB miss מתבצעת פנייה ל-PMH כדי שיבצע page walk להשגת התרגום. זמן הגישה ב- PMH בכל הרמות הוא 3 מ"ש עד לקבלת הנתון או זיהוי החטאה. למעבד יש זיכרון מטמון : גודלו 32 kb, גודל שורה 64 בתים וארגון 8-way set associative עם מדיניות פינו LRU. זמן הגישה למטמון (לקבלת נתון או החטאה) הוא 4 מ"ש.

עבור כל אחת מהגישות לזיכרון שהוזכרו בסעיף ב', תוך כמה מ"ש התקבל תרגום לכתובת?

יש לחשב את הזמן הנדרש לקבלת תרגום עבור כל אחת מהכתובות, ולפרט את הגישות השונות שבוצעו לקבלת התרגום, את תוצאת כל גישה (hit או miss) ואת הזמן שהגישה ארכה.

הסבר	מספר cycles	כתובות
החטאה בכל הרמות.	421	FFFF123456789ABC
גישה לtlb = 2, גישה בpmh = 3 ולאחר מכן גישה לזיכרון = 100, בנוסף יש לנו שתי פגיעות ולכן = 2*4.	113	FFFF123457789ABC
גישה לtlb =2 , בנוסף יש לנו גישה למטמון = 4, וגישה לpmh = 3.	9	FFFF123456789BCD
גישה לtlb = 2, יש לנו גישה לpmh עם פגיעה = 3 , ועוד 2 החטאות ולכן ניגש פעמיים לזיכרון = 2*100, בנוסף 3 גישות למטמון = 3*4.	217	FFFF123322788BCD
פגיעה ב-TLB וסיום.	2	FFFF123456789BCD