

การทดลองที่ B

การทำางานของ Virtual Memory และ TLB

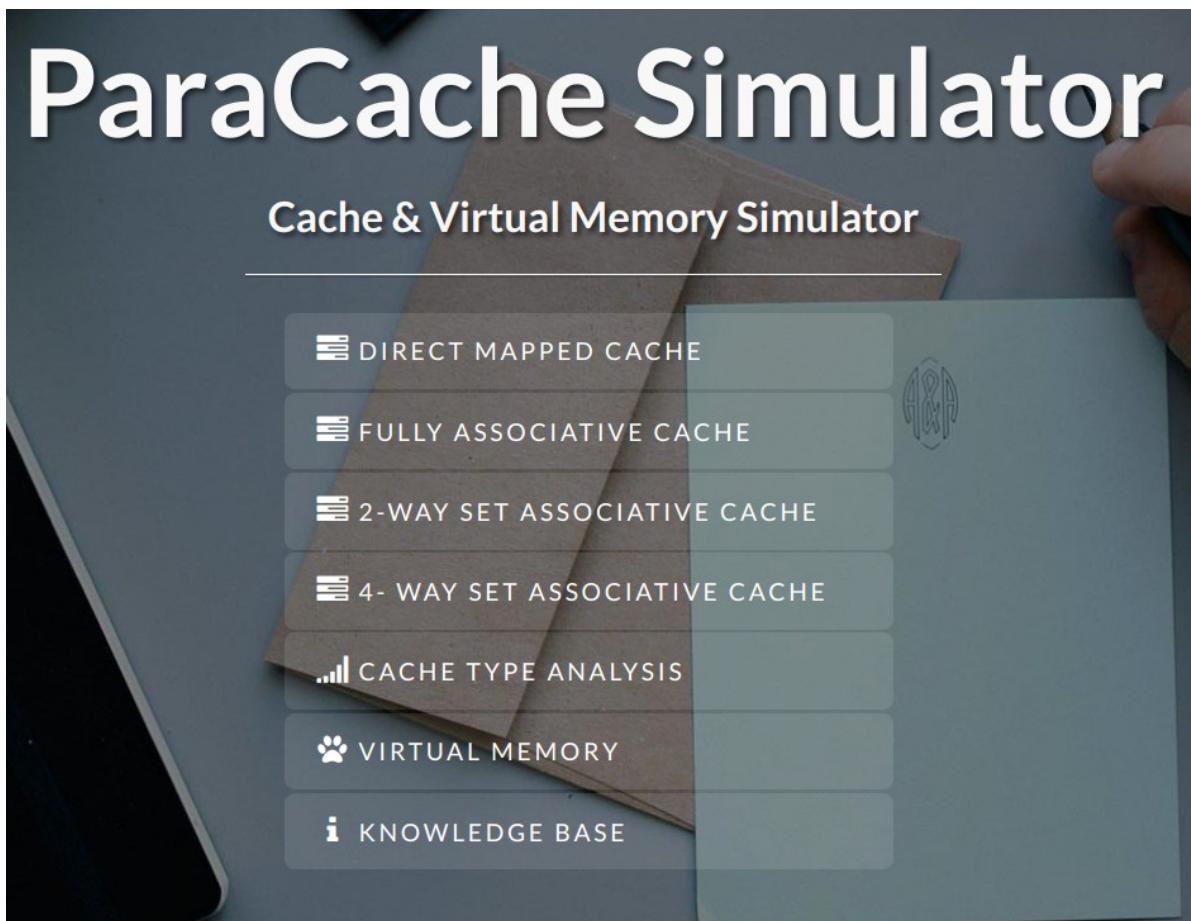
วิชา Computer Organization and Assembly Language

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใช้เว็บเบราว์เซอร์เปิดใช้งานชิมูเลเตอร์ ชื่อ Para Cache

<https://www3.ntu.edu.sg/home/smitha/ParaCache/Paracache/start.html>



เอกสารอธิบาย

<https://www3.ntu.edu.sg/home/smitha/ParaCache/Paracache/kb.pdf>

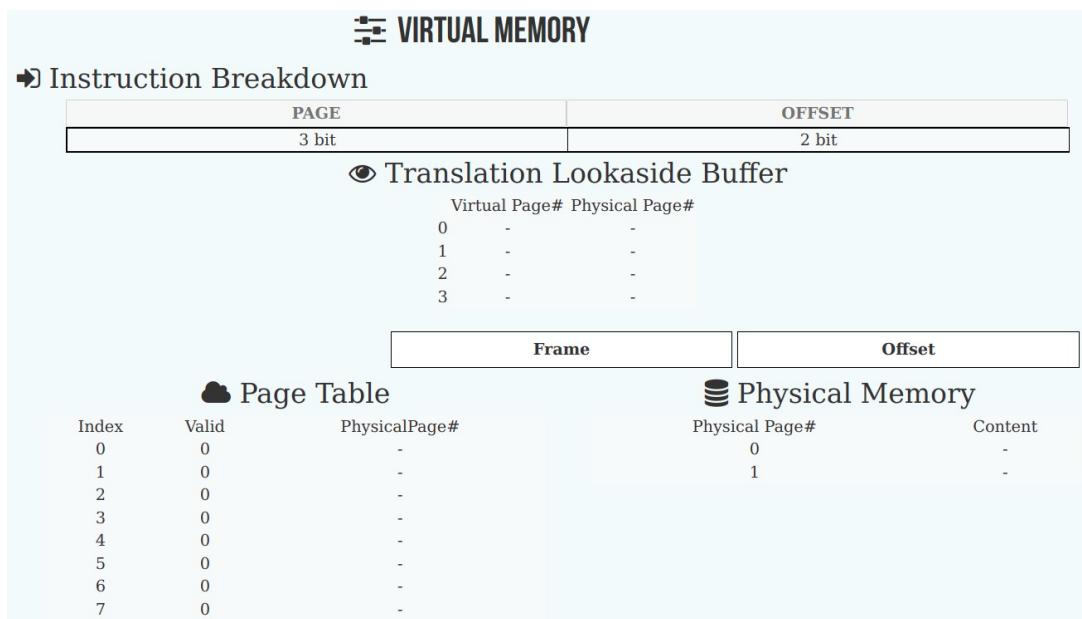
ทำการทดลอง ตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. กดเมนู เลือก Virtual Memory ตั้งขนาดของระบบ ดังรูป

Physical Page Size (power of 2)	8
Offset Bits	2
Virtual Memory Size (power of 2)	32
TLB Entries	4
Reset	Submit

2. กด Submit และสังเกตรายละเอียดดังนี้

- Virtual Memory ที่อยู่ด้านขวา Instruction Breakdown แบ่งเป็น (Virtual) Page(#index) และ Offset
- Translation Lookaside Buffer (TLB) ประกอบด้วย Virtual Page# และ Physical Page# เป็นแคชชนิด Fully Associative ของ Page Table
- Page Table ประกอบด้วย Index (Virtual Page#), Valid และ Physical Page# เป็นตารางเก็บการแมปปิ้งระหว่าง Virtual Page# และ Physical Page# ใน RAM เครื่องเนล้มีหน้าที่บริหารจัดการตาราง Page Table นี้
- Physical Memory หมายถึง RAM แบ่งเป็น Physical Page# ขนาดที่ผู้ใช้กำหนดและ Content ซึ่งอาศัยอยู่ในเพจนั้นๆ



อธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง Index ของ Page Table และ Page ของ Instruction Breakdown

Page Instruction Breakdown ถูก 3 bit ที่อยู่ด้านขวา Index ของ Page Table ถูก 8 (2³) ตัวต่อมา 0-7

อธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง Offset ของ Instruction Breakdown Physical Memory Size และ Physical Page#

Page = Instruction Length - offset และ Physical Page Rows = Physical Page Size / 2^{offset Bits}

3. กรอกแอดเดรสที่ต้องการจะใช้คำสั่ง Load หรือ ให้โปรแกรมสุ่มหมายเลขแอดเดรสให้

- กรอก 0 ลงในหมายเลขฐานสิบหกที่มีอยู่ในกล่องข้อความด้านขวา
- กรอกหมายเลข 1 ในกล่องข้อความดังรูป

Load Instruction	
LOAD(in hex) #	<input type="text" value="0"/>
<input type="text" value="1"/>	
Gen. Random	Submit

Information	
Offset = 2 bits	
Instruction Length = $\log_2(32) = 5$ bits	
Physical Page Rows = $8 / 2^2 = 2$ rows	
Next	Fast Forward

อธิบาย information ในรูปว่า Offset, Instruction Length และ Rows สัมพันธ์กับ Page Size และ Physical Memory Size ที่กรอกก่อนหน้านี้อย่างไร

$$\text{offset} = 2 \text{ bits}$$

, Instruction Length มาจาก $\log_2(\text{Virtual Memory Size})$

$$\text{Physical Page Rows} = \text{Physical Page Size} / 2^{\text{offset Bits}} \quad \text{และ} \quad \text{Page Table Rows} = \text{Virtual Memory Size} / 2^{\text{offset Bits}}$$

4. กดปุ่ม Submit หมายเลข 0 ที่กรอก โปรดสังเกต Instruction Breakdown และเครื่องหมายสีน้ำเงินบนตำแหน่งหมายเลข 0 ของ Translation Lookaside Buffer (TLB) ดังรูป อธิบายตามความเข้าใจ

000 3 bit	00 2 bit
---------------------	--------------------

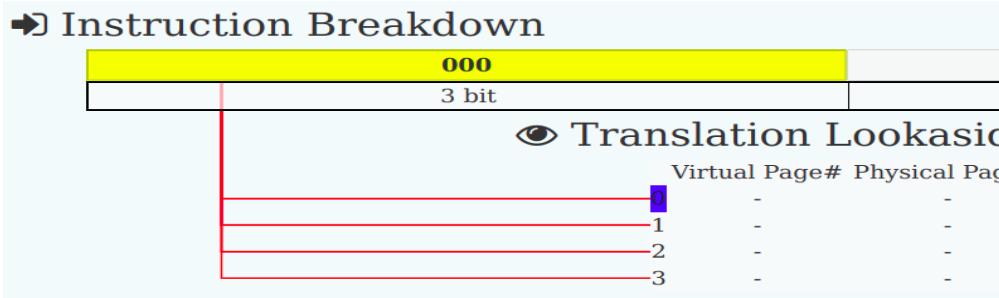
Translation Lookaside Buffer

	Virtual Page#	Physical Page#
0	-	-
1	-	-
2	-	-
3	-	-

Instruction Breakdown คือ 00000 เนื่องจากแปลง 0₁₀ เป็นเลขฐาน 2

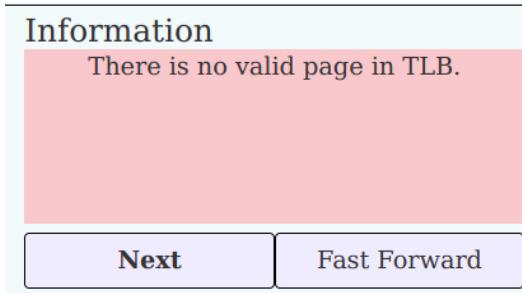
และเครื่องหมายสีน้ำเงินบนตำแหน่งเลข 0 ของ TLB คือ การปอกตำแหน่งว่า TLB 有没有 TLB Row ที่เกี่ยวข้อง

5. กดปุ่ม Next และสังเกตพื้นที่สีเหลืองว่าเกี่ยวข้องกับหมายเลข 0 ที่ Submit ไปก่อนหน้านี้อย่างไร อธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง Instruction Breakdown 000 และสีแดงที่เขียนไปยัง TLB สัญลักษณ์ ‘-’ หมายเลข Virtual Page#, Physical Page# หมายถึงอะไร



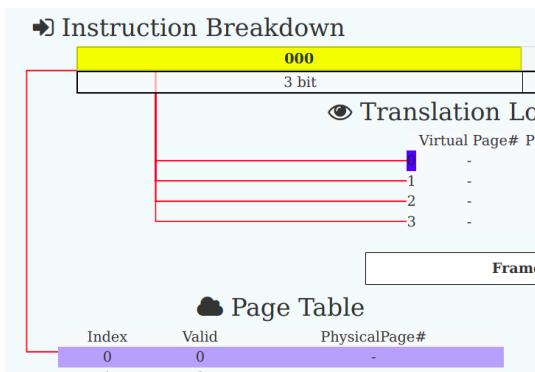
สีเหลืองที่ระบุไปยัง TLB สัญลักษณ์ ‘-’ หมายถึง การที่ตำแหน่งที่ระบุมาใน指令 breakdown 000 ไม่ตรงกับตำแหน่งใน TLB Row ที่ 0

6. กดปุ่ม Next และสังเกตกล่องข้อความที่เปลี่ยนเป็นสีชมพู อธิบายความหมาย



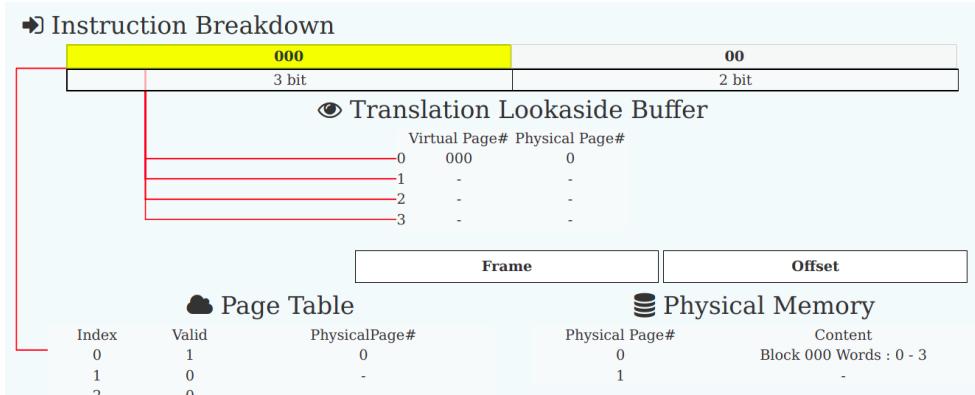
หมายความว่าไม่มีค่าที่จะลงใน TLB Row ที่ 0

7. กดปุ่ม Next และสังเกตเส้นสีแดงที่เขียนไปยัง Index 0 ของ Page Table อธิบายว่าสัมพันธ์กับ TLB อย่างไร



หมายความว่า เมื่อไม่มีค่าที่จะลงใน TLB จะนำค่าที่มีอยู่ใน Page Table

8. กดปุ่ม Next ต่อเพื่อดำเนินการต่อ โปรดสังเกตการเปลี่ยนแปลงของแควหมายเลข 0 ใน TLB ใน Page Table และ Physical Memory

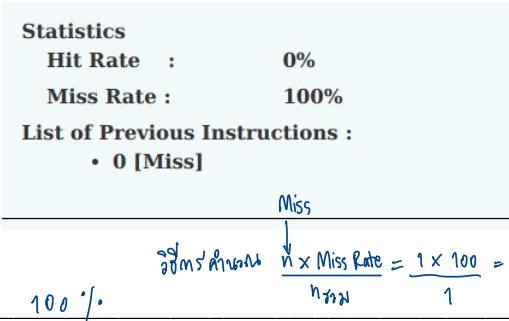


อธิบายบิต Valid และ Physical Page# และ Content ว่าเหตุใดจึงเปลี่ยนเป็นรูปนี้

เมื่อกดที่ TLB แล้วที่หน้า ระบบจะหานิตหนึ่งใน page table และ Physical Memory ซึ่งอันดับตามลำดับ Page Table = 1 (เขียนๆ)

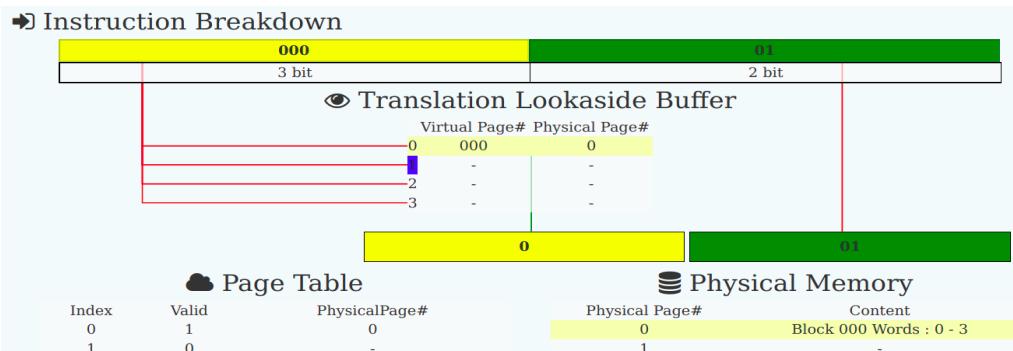
ที่ Physical Page# 0 กับ Content block <Virtual Page> words:offset < 0 ถึง offset 1 >

9. เลื่อนหน้าต่างลงไปด้านล่าง โปรดสังเกตข้อมูล Statistics ดังรูป อธิบายข้อมูลที่ได้ว่าคำนวณอย่างไร



คำนวณทั้งหมด มี 1 ครั้ง คิดเป็น 100 %.

10. กดปุ่ม Submit หมายเลขแอดเดรส 1 ถัดไป แล้วจึงกดปุ่ม Fast Forward เพื่อเร่งการทำงานของคำสั่งให้รวดเร็วขึ้น โปรดสังเกตการเปลี่ยนแปลงใน Instruction Breakdown, TLB, Page Table, Physical Memory, Information และ Statistics ดังนี้



Information

Valid page is found in the TLB.
Frame and Offset is updated.

Next **Fast Forward**

Statistics

Hit Rate : 50%
Miss Rate : 50%

List of Previous Instructions :

- 0 [Miss]
- 1 [TLB Hit]

อธิบายข้อมูลที่ได้ว่า Hit Rate และ Miss Rate คำนวณอย่างไร

11. กรอก แอดเดรสหมายเลข 4 และ 5 ตามรูป และจึงกดปุ่ม Submit

Load Instruction

LOAD(in hex) #

Gen. Random **Submit**

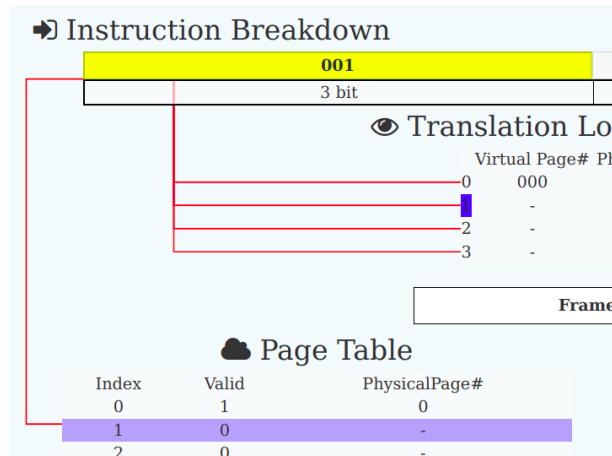
สังเกตเลขฐานสองของ Instruction Breakdown และ TLB ดังรูป

001	00
3 bit	2 bit

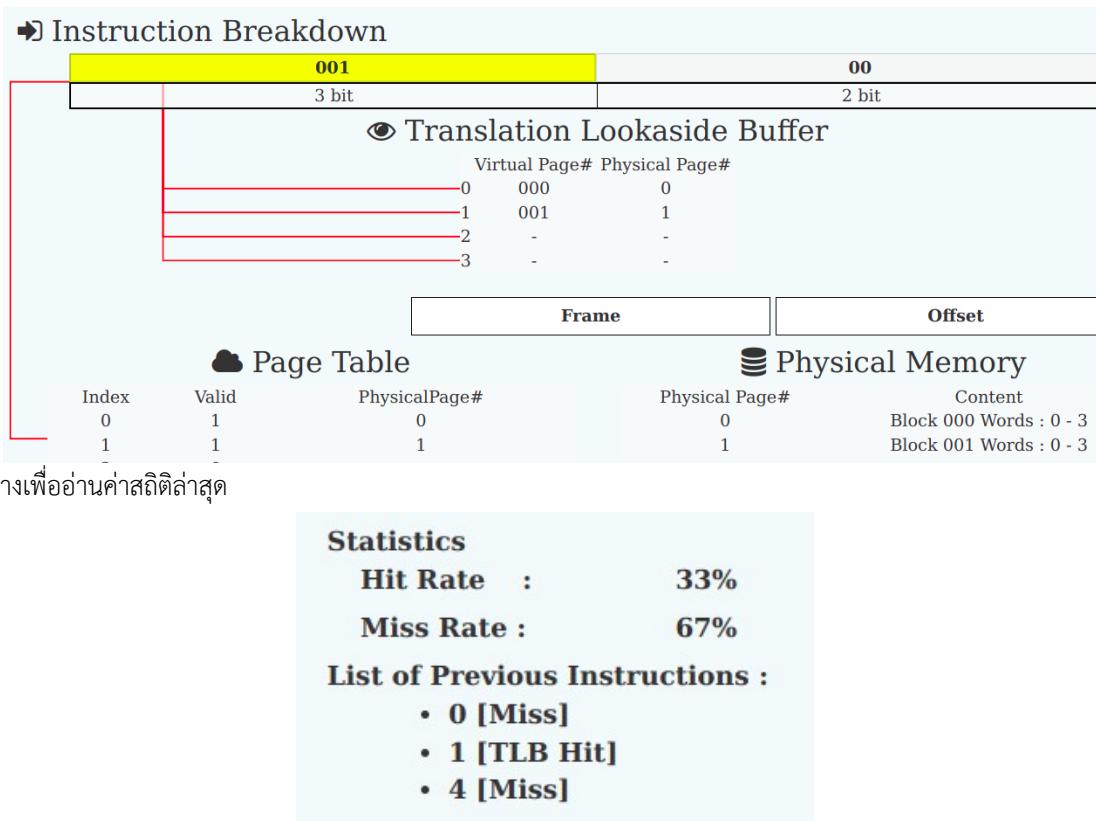
Translation Lookaside Buffer

	Virtual Page#	Physical Page#
0	000	0
2	-	-
3	-	-

กด Next เพื่อดำเนินการต่อจนสังเกตเห็นเส้นสีแดงที่มาระหว่าง TLB & Page Table

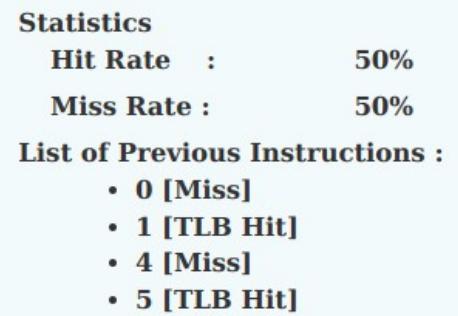


12. กด Next เพื่อดำเนินการต่อ โปรดสังเกตการเปลี่ยนใน TLB, Page Table และ Physical Memory ที่ตำแหน่ง Physical Page# หมายเลข 1 รวมถึงคอลัมน์ Content



อธิบายข้อมูลที่ได้ว่าคำนวณอย่างไร

13. กดปุ่ม Submit หมายเลข 5 แล้วกดปุ่ม Fast Forward จะได้สถิติดังนี้ จงอธิบายว่าหมายเลข 5 จึงเป็น TLB Hit



อธิบายข้อมูลที่ได้ว่า Hit Rate และ Miss Rate คำนวณอย่างไร

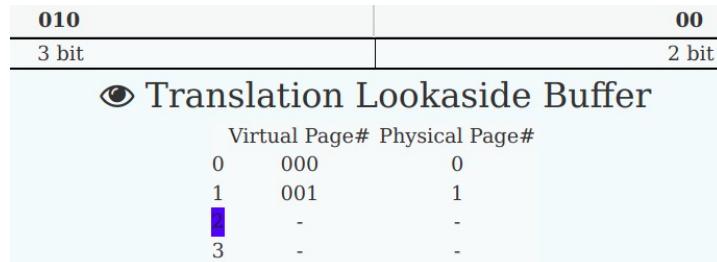
รหัสนักศึกษา 63010524 รหัสนักศึกษา 63010665

14. กรอกหมายเลข 8 และ 9 ดังรูป แล้วกด Submit

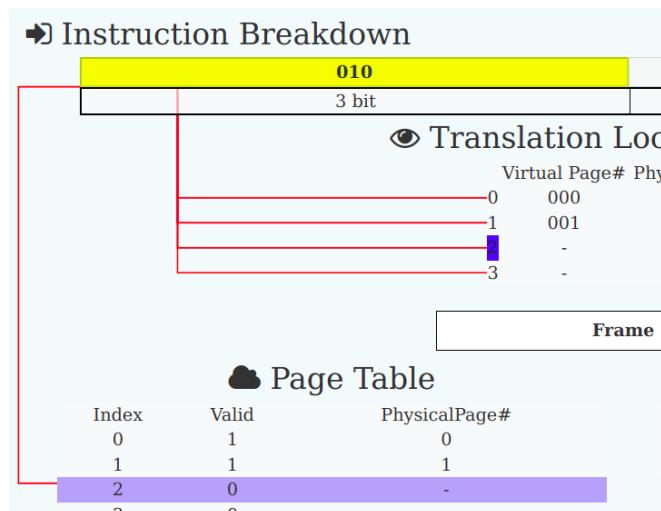
Load Instruction

LOAD(in hex) #	8
9	
Gen. Random	Submit

อธิบายเลขฐานสองที่ได้ตามรูปนี้



15. กด Next เพื่อดำเนินการต่อ



โปรดสังเกตการเปลี่ยนใน TLB, Page Table และ Physical Memory ที่ตำแหน่ง Physical Page# หมายเลข 0 รวมถึงหมายเลข Block ใน Content

Page Table			Physical Memory	
Index	Valid	PhysicalPage#	Physical Page#	Content
0	1	0	0	Block 010 Words : 0 - 3
1	1	1	1	Block 001 Words : 0 - 3
2	1	0		
3	0	-		

รหัสนักศึกษา _____

รหัสนักศึกษา _____

Statistics
Hit Rate : 40%
Miss Rate : 60%
List of Previous Instructions :

- 0 [Miss]
- 1 [TLB Hit]
- 4 [Miss]
- 5 [TLB Hit]
- 8 [Miss]

อธิบายข้อมูลที่ได้ว่า Hit Rate และ Miss Rate คำนวณอย่างไร

16. กด Submit แล้วตรวจสอบหมายเลขอีกครั้ง

Load Instruction

LOAD(in hex) #

เลื่อนหน้าต่างลงไปด้านล่าง โปรดสังเกตข้อมูล Statistics ดังรูป

Statistics
Hit Rate : 50%
Miss Rate : 50%
List of Previous Instructions :

- 0 [Miss]
- 1 [TLB Hit]
- 4 [Miss]
- 5 [TLB Hit]
- 8 [Miss]
- 9 [TLB Hit]

อธิบายข้อมูลที่ได้ว่า Hit Rate และ Miss Rate คำนวณอย่างไร

โปรดสังเกตหมายเลขอีกครั้ง Virtual Page# ใน TLB, Page Table และ Block 010 ใน Physical Memory

Instruction Breakdown

010	01
3 bit	2 bit

Translation Lookaside Buffer

	Virtual Page#	Physical Page#
0	000	0
1	001	1
2	010	0
	-	-

Frame	Offset
--------------	---------------

Page Table

Index	Valid	PhysicalPage#	Physical Page#	Content
0	1	0	0	Block 010 Words : 0 - 3
1	1	1	1	Block 001 Words : 0 - 3
2	1	0		

Physical Memory

นักศึกษาควรจะได้ผลการทดลองใน Cache Table ตรงกับรูปนี้ จงวิเคราะห์ว่าชิ้นเลื่อนอร์ทำงานถูกต้องตามหลักการหรือไม่ เพราะเหตุใด

กิจกรรมท้ายการทดลอง

1. ตั้งขนาดของ Physical Memory Size เท่ากับ 8 ดังรูป และเปรียบเทียบด้วยหมายเลขแอดเดรสเดิม คือ 0, 1, 4, 5, 8, 9

Physical Page Size (power of 2) 16

Offset Bits 2

Virtual Memory Size (power of 2) 32

TLB Entries 4

2. ตั้งขนาดของ TLB Entries เท่ากับ 2 ดังรูป และเปรียบเทียบด้วยหมายเลขแอดเดรสเดิม คือ 0, 1, 4, 5, 8, 9

Physical Page Size (power of 2) 8

Offset Bits 2

Virtual Memory Size (power of 2) 32

TLB Entries 2

3. ตั้งขนาดของ Virtual Memory Size เท่ากับ 16 ดังรูป แล้วเปรียบเทียบด้วยหมายเลขแอดเดรสเดิม คือ 0, 1, 4, 5, 8, 9

Physical Page Size (power of 2)	8
Offset Bits	2
Virtual Memory Size (power of 2)	16
TLB Entries	4

4. ศึกษาขนาดของ Offset โดยตั้งเท่ากับ 1 ดังรูป แล้วเปรียบเทียบด้วยหมายเลขแอดเดรสเดิม คือ 0, 1, 4, 5, 8,

Physical Page Size (power of 2)	8
Offset Bits	1
Virtual Memory Size (power of 2)	32
TLB Entries	4

5. ค้นคว้าเพิ่มเติมเรื่อง Virtual Memory ว่าชิปเลตอร์ขาดองค์ประกอบและมีความสำคัญอย่างไร
6. เหตุใดการเปลี่ยนเทคโนโลยีของอุปกรณ์เก็บรักษาข้อมูลจากชาร์ดติสก์ไดรฟ์เป็นโซลิดสเตทไดรฟ์ จึงทำให้คอมพิวเตอร์ทำงานได้เร็วขึ้น