

ภาคผนวก A

การทดลองที่ 1 ข้อมูลและคณิตศาสตร์ในคอมพิวเตอร์

การทดลองนี้เป็นการทบทวนความเข้าใจและแบบฝึกหัดเสริมของเนื้อหาในบทที่ 2 เนื่องจากจำนวนบิตข้อมูลที่ยาวขึ้นจำเป็นต้องใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยคำนวณแทน โดยมีวัตถุประสงค์ ดังต่อไปนี้

- เพื่อให้เข้าใจการแปลงและคณิตศาสตร์สำหรับเลขจำนวนเต็มฐานสองชนิดไม่มีเครื่องหมายและมีเครื่องหมายแบบ 2-Complement
- เพื่อให้เข้าใจการแปลงและคณิตศาสตร์สำหรับเลขทศนิยมฐานสองมาตรฐาน IEEE754 ชนิด Single Precision
- เพื่อให้เข้าใจรหัส ASCII และ Unicode สำหรับข้อมูลตัวอักษร

นอกจากเนื้อหาในบทที่ 2 แล้ว ผู้อ่านสามารถศึกษาเว็บเพจเพิ่มเติม เพื่อทำความเข้าใจอย่างลึกซึ้ง ได้แก่

- https://www.tutorialspoint.com/cprogramming/c_data_types.htm
- <https://www.ntu.edu.sg/home/ehchua/programming/java/datarepresentation.html>

ผู้อ่านจะพบว่าเนื้อหาในเว็บของมหาวิทยาลัยนันทยาง ประเทศสิงคโปร์ เป็นการสอนพื้นฐานภาษา Java ใช้งานข้อมูลเป็นเลขฐานสองเหมือนกับภาษา C/C++ ในเว็บที่สอง การทดลองจะครอบคลุมเนื้อหาตามทฤษฎี โดยจะเริ่มจากเลขจำนวนเต็ม เลขทศนิยม และตัวอักษรตามลำดับ

A.1 การแปลงและคณิตศาสตร์สำหรับเลขฐานสองจำนวนเต็ม

A.1.1 การทดลอง

เนื่องจากการแปลงเลขฐานสิบเป็นฐานสองชนิดไม่มีเครื่องหมาย (unsigned) ผู้อ่านสามารถใช้เครื่องคิดเลขทางวิทยาศาสตร์ทั่วไป ดังนั้น การทดลองนี้จะเน้นที่การแปลงเป็นเลขฐานสองชนิดมีเครื่องหมายแบบ 2 Complement สอดคล้องกับเนื้อหาในหัวข้อที่ 2.2 โดยผ่านเว็บเบราว์เซอร์ที่ผู้อ่านกด กรอกหรือคลิกที่ ชื่อลิงค์ต่อไปนี http://www.free-test-online.com/binary/signed_converter.html ขอให้ผู้อ่านปฏิบัติตามการทดลอง ดังนี้

1. คลิกเลือกที่ปุ่ม Signed แล้วจึงกรอกเลข -123 ลงในกล่องข้อความ ดังรูปที่ A.1

The image shows a web-based signed binary converter interface. At the top, there is a text input field containing the number "-123". To the right of the input field is a label "Binary". Below the input field are two radio buttons: "Unsigned" and "Signed". The "Signed" radio button is selected. Underneath the radio buttons is a grid of buttons for various operations. The first row contains "Bin2Dec", "Dec2Hex", "Hex2Bin", and "CL". The second row contains "Dec2Bin", "Hex2Dec", "Bin2Hex", and "RoR". The third row contains "D", "E", "F", and "RoL". The fourth row contains "A", "B", "C", and "ShR". The fifth row contains "7", "8", "9", and "ShL". The sixth row contains "4", "5", "6". The seventh row contains "1", "2", "3". The eighth row contains "0", "2's C", and "+/-".

รูปที่ A.1: กรอกเลข -123 ลงในกล่องข้อความ และคลิกเลือกที่ปุ่ม Signed เพื่อให้โปรแกรมแปลงเลขจำนวนเต็ม -123 เป็นเลขฐานสองชนิด Signed ชนิด 2 Complement

หน้าต่างมีลักษณะคล้ายเครื่องคิดเลข ประกอบด้วยปุ่มต่างๆ ดังนี้

- 'Bin2Dec' 'Dec2Bin' สำหรับแปลงเลขฐานสองเป็นฐานสิบไปและกลับ
- 'Dec2Hex' 'Hex2Dec' สำหรับแปลงเลขฐานสิบเป็นฐานสิบหกไปและกลับ
- 'Hex2Bin' 'Bin2Hex' สำหรับแปลงเลขฐานสองเป็นฐานสิบหกไปและกลับ
- ปุ่ม 0-9 และ A-F สำหรับกรอกตัวเลขฐานสิบและฐานสิบหก
- CL (Clear) สำหรับล้างค่าในกล่องข้อความให้เป็น 0
- RoR (Rotate Right) และ RoL (Rotate Left) สำหรับเลื่อนวนเลขที่อยู่ในกล่องข้อความทางขวาและซ้าย ตามลำดับ
- ShR (Shift Right) และ ShL (Shift Left) โดยป้อนเลข 0 เข้ามาแทน
- 2's C (omplement) สำหรับแปลงเลขฐานสองให้เป็นค่า 2's Complement

- +/- สำหรับกลับเครื่องหมายของตัวเลขฐานสิบในกล่องข้อความ

2. กดปุ่มเครื่องหมาย 'Dec2Bin' เพื่อให้เป็นเลขฐานสองชนิด Signed ดังรูปที่ A.2

รูปที่ A.2: ผลลัพธ์จากการแปลงเลข -123 ให้เป็นเลขฐานสองชนิด Signed 2-Complement ความยาว 24 บิต

3. กดปุ่มเครื่องหมาย 'Bin2Hex' เพื่อแปลงเลขฐานสองที่ได้ให้เป็นเลขฐานสิบหกชนิด Signed ตามรูปที่ A.3

รูปที่ A.3: ผลลัพธ์จากการแปลงเลข -123 ให้เป็นเลขฐานสิบหก 6 หลักจากเลขฐานสองชนิด Signed 2-Complement ความยาว 24 บิต

4. กดปุ่ม Hex2Bin เพื่อแปลงผลลัพธ์เลขฐานสิบหกที่ได้กลับไปเป็นฐานสอง แล้วเลือกตัวเลขฐานสองทั้งหมด แล้วทำการคัดลอก (Copy) หรือกดปุ่ม Ctrl-C พร้อมกัน

5. คลิกบนชื่อลิงค์ต่อไปนี้ เพื่อเปิดหน้าเว็บสำหรับ บวก/ลบ/คูณ/หาร เลขจำนวนเต็ม ทั้งชนิด Unsigned และ Signed ต่อไปนี้

http://www.free-test-online.com/binary/binary_calculator.html

6. กดเลือกปุ่มออฟชั่น Signed ก่อนแล้วจึงทำการวาง (Paste) ลงในกล่องข้อความ เพื่อเปลี่ยนการทำงานให้อยู่ในโหมดตัวเลขฐานสองชนิดมีเครื่องหมายตามรูปที่ A.4

รูปที่ A.4: หน้าต่างวางเลขการแปลงเลข -123 ให้เป็นเลขฐานสองชนิด Signed 2-Complement ความยาว 24 บิต

7. กดปุ่ม '-' เพื่อทำการกระบวนกรลบเลข แล้ววาง (Paste) เลข -123 อีกรอบในกล่องข้อความที่ว่างลง
8. กดปุ่ม = เพื่อแสดงผลลัพธ์

รูปที่ A.5: ผลลัพธ์เลขการแปลงเลข (-123) - (-123) ให้เป็นเลขฐานสองชนิด Signed 2-Complement ความยาว 24 บิต

ในรูปที่ A.5 แสดงให้เห็นว่า $-123 - (-123) = 0$

A.1.2 กิจกรรมท้ายการทดลอง

จงทำการทดลองและตอบคำถามต่อไปนี้ โดยแสดงวิธีทำตามเนื้อหาในหัวข้อที่ 2.2.2 และตรวจคำตอบตามวิธีทำการทดลองที่ได้ทำไป

1. จงแปลงเลขฐานสิบชนิดไม่มีเครื่องหมายต่อไปนี้ให้เป็นเลขฐานสอง 24 บิตและฐานสิบหกจำนวน 6 หลัก และบันทึกผลลัพธ์ที่ได้ลงในตาราง

ฐานสิบ	ฐานสอง	ฐานสิบหก
7	000000000000000000000111 ₂	000007 ₁₆
8	000000000000000000001000 ₂	000008 ₁₆
15	0000000000000000000000001111 ₂	00000F ₁₆
16	0000000000000000000000010000 ₂	000010 ₁₆
255	00000000000000000000000011111111 ₂	0000FF ₁₆
256	00000000000000000000000100000000 ₂	000100 ₁₆
65535	00000000111111111111111111111111 ₂	FFFFF ₁₆
65536	00000001000000000000000000000000 ₂	010000 ₁₆

2. จงแปลงเลขฐานสิบต่อไปนี้ให้เป็นเลขฐานสองและฐานสิบหกชนิดมีเครื่องหมายแบบ 2-Complement และบันทึกผลลัพธ์ที่ได้ลงในตาราง

ฐานสิบ	ฐานสอง	ฐานสิบหก
+1	00000000000000000000000000000001 ₂	000001 ₁₆
-1	11111111111111111111111111111111 ₂	FFFFFF ₁₆
+15	0000000000000000000000000000001111 ₂	00000F ₁₆
-16	1111111111111111111111111111110000 ₂	FFFFFF0 ₁₆
+255	000000000000000000000000111111111111 ₂	0000FF ₁₆
-256	111111111111111111111111000000000000 ₂	FFFFFF00 ₁₆
+65535	00000000111111111111111111111111 ₂	0FFFFF ₁₆
-65536	11111111000000000000000000000000 ₂	FF0000 ₁₆

3. จงบวกเลข 2-Complement ต่อไปนี้ แล้วบันทึกผลลัพธ์เป็นฐานสอง ฐานสิบ ข้อผิดพลาดที่แจ้งเตือนและอธิบายเหตุผลว่าทำไมจึงไม่ตรงกัน

- $10000000000000000000000000000000 + 00000000000000000000000000000001$

- ผลลัพธ์ฐานสอง = 10000000000000000000000000000001₂

- ผลลัพธ์ฐานสิบ = -2147483647₁₀ ฐานสิบหก 8000001₁₆

- ข้อผิดพลาดที่แจ้งเตือน.....

- เหตุผล.....

- $10000000000000000000000000000000 + 10000000000000000000000000000000$

- ผลลัพธ์ฐานสอง = 10000000000000000000000000000000₂

- ผลลัพธ์ฐานสิบ = 587734592₁₀ ฐานสิบหก 10000000₁₆

- ข้อผิดพลาดที่แจ้งเตือน..... Overflow

- เหตุผล.....not enough binary digits to display the number.
- 10000000000000000000000000000000 - 00000000000000000000000000000001
- ผลลัพธ์ฐานสอง = 0_2
- ผลลัพธ์ฐานสิบ = -2147483649 10 ข้นเกิน 0 16
- ข้อผิดพลาดที่แจ้งเตือน.....Overflow
- เหตุผล.....not enough binary digits to display the number.
- 10000000000000000000000000000000 - 10000000000000000000000000000000
- ผลลัพธ์ฐานสอง = 0_2
- ผลลัพธ์ฐานสิบ =0 10 ข้นเกิน 0 16
- ข้อผิดพลาดที่แจ้งเตือน.....-
- เหตุผล.....-

A.2 การแปลงและคณิตศาสตร์สำหรับมาตรฐาน IEEE754

การทดลองเพื่อให้เข้าใจการแปลงเลขจำนวนจริงฐานสิบให้เป็นเลขฐานสองตามรูปแบบและฝึกการคำนวณโดยใช้คณิตศาสตร์มาตรฐาน IEEE754 Single Precision มีความสอดคล้องกับเนื้อหาในหัวข้อที่ 2.6

A.2.1 การทดลองสำหรับ Single-Precision

การทดลองนี้จะเน้นที่การแปลงเลขจำนวนจริงให้เป็นเลขฐานสองทศนิยมชนิดลอยตัว สอดคล้องกับเนื้อหาในหัวข้อที่ 2.6 ในรูปแบบ Single Precision โดยผ่านเว็บเบราว์เซอร์ที่ผู้อ่านถนัด กรอกหรือคลิกที่ชื่อลิงค์ต่อไปนี้

http://www.binaryconvert.com/convert_float.html

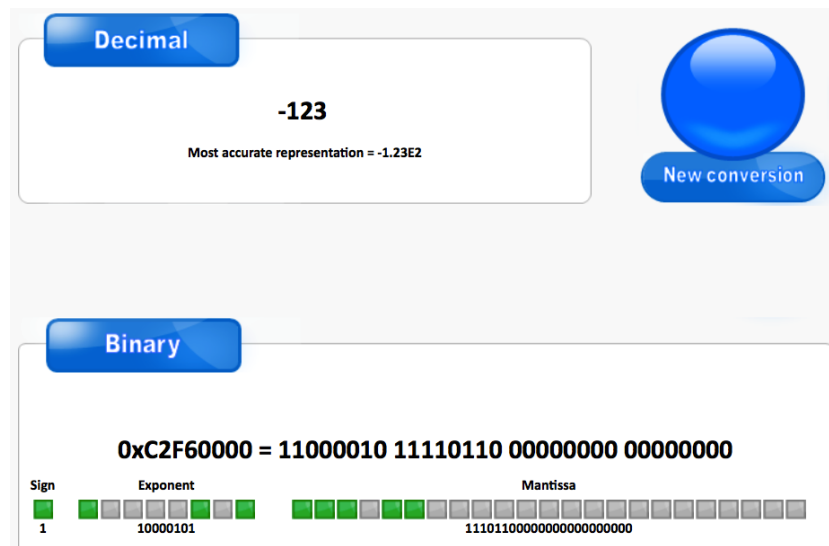
เมื่อเว็บเพจปรากฏขึ้น ขอให้ผู้อ่านปฏิบัติตามการทดลอง ดังนี้

1. กรอกเลข 123 ลงในกล่องข้อความ แล้วกดปุ่ม Convert to binary ได้รูปที่ A.6

รูปที่ A.6: ผลลัพธ์จากการแปลงเลข 123.0 ให้เป็นเลขฐานสองชนิด Single Precision

การเรียงตัวของผลลัพธ์เลขฐานสิบหกทางซ้ายมือมาจากเลขฐานสองทางขวามือ ซึ่งเกิดจากบิตข้อมูลทั้งหมด 32 บิตตามรูปแบบของมาตรฐาน IEEE754 ชนิด Single Precision โปรดสังเกต กล่องสี่เหลี่ยมสีเขียวตรงกับบิตที่เป็น '1' กล่องสีเทาตรงกับบิตที่เป็น '0' 0x หมายถึง เลขฐานสิบหก

2. กรอกเลข -123.0 ลงในกล่องข้อความ แล้วกดปุ่ม Convert to binary ได้รูปที่ A.7



รูปที่ A.7: ผลลัพธ์จากการแปลงเลข -123.0 ให้เป็นเลขฐานสองตามมาตรฐาน IEEE754 ชนิด Single Precision

โปรดสังเกตตำแหน่งของกล่องสี่เหลี่ยมหรือสี่เหลี่ยมที่ตรงกับบิต Sign Exponent และ Mantissa ดังนั้น เราจะเห็นได้ว่าเฉพาะ Sign ที่มีการเปลี่ยนแปลง

3. คลิกบนลิงค์นี้ เพื่อทดลองบวกและคูณเลขในรูปแบบ Single Precision ด้วยลิงค์ต่อไปนี้ <http://weitz.de/ieee/> เลื่อนหน้าเว็บลงไปที่ด้านล่างสุด เพื่อค้นหาแถบเมนูตามรูปที่ A.8

binary16 binary32 binary64 binary128

รูปที่ A.8: เมื่อด้านล่างสุดของหน้าเว็บ เพื่อเลือกเลขฐานสองชนิด Single Precision (Binary32) และ Double Precision (Binary64)

4. เลื่อนหน้าเว็บกลับไปด้านบนสุดเพื่อกรอกเลข -123.0 ลงในกล่องข้อความซ้ายบน และ กรอกเลข 123.0 ลงในกล่องข้อความถัดลงมา แล้วกดปุ่ม + แล้วจะได้ผลลัพธ์ดังรูปต่อไปนี้

IEEE 754 Calculator
(See info at bottom of page.)

	Sign	Significand	Exponent
-123.0	1 -	1 . 111011000000000000000000 1.921875 0xC2F60000 0b11000010111101100000000000000000	10000101 +6
123.0	0 +	1 . 111011000000000000000000 1.921875 0x42F60000 0b01000010111101100000000000000000	10000101 +6
<div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-bottom: 10px;"> + - × / </div>			
0.0	0 +	0 . 000000000000000000000000 0.0 0x00000000 0b00000000000000000000000000000000	00000000 +0

รูปที่ A.9: ผลลัพธ์จากการบวกเลข -123.0+123.0 ให้เป็นเลขฐานสองชนิด Single Precision

จะสังเกตเห็นว่า ผลลัพธ์ที่ได้เรียกว่า True Zero ตามตารางที่ 2.12

5. กดปุ่ม x (คูณ) แล้วจะได้ผลลัพธ์ของ -123×123 ดังรูปต่อไปนี้

IEEE 754 Calculator
(See info at bottom of page.)

	Sign	Significand	Exponent
-123.0	1 -	1 . 111011000000000000000000 1.921875 0xC2F60000 0b11000010111101100000000000000000	10000101 +6
123.0	0 +	1 . 111011000000000000000000 1.921875 0x42F60000 0b01000010111101100000000000000000	10000101 +6
<div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-bottom: 10px;"> + - × / </div>			
-15129.0	1 -	1 . 110110001100100000000000 1.8468018 0xC66C6400 0b11000110011011000110010000000000	10001100 +13

รูปที่ A.10: ผลลัพธ์จากการคูณเลข -123.0 x 123.0 ให้เป็นเลขฐานสองชนิด Single Precision

จงใช้เว็บเพจลิงค์ต่อไปนี้ในการตอบคำถาม

[illegible]

โดยแสดงวิธีทำตามเนื้อหาในหัวข้อที่ 2.6 และตรวจคำตอบตามวิธีการทดลองที่ได้ทำไป และกรอก
ผลลัพธ์ลงบนเส้นประที่จัดไว้ให้เท่านั้น ยกตัวอย่างเช่น

- จงสร้างเลข -0.0_{10} โดยการกดเลือกปุ่มสีเหลี่ยมในส่วน Sign เท่านั้น
เลขฐานสอง = 1 0 0 0 | 0 0 0 0 | 0 0 0 0 | 0 0 0 0 | 0 0 0 0 | 0 0 0 0 | 0 0 0 0 | 0 0 0 0 ₂
ฐานสิบหก = 8 0 0 0 0 0 0 0 ₁₆
- จงสร้างเลข -1.0_{10} โดยการกดเลือกปุ่มสีเหลี่ยมในส่วน Exponent เท่านั้น ต่อจากข้อที่แล้ว
เลขฐานสอง = 1 0 1 1 | 1 1 1 1 | 1 0 0 0 | 0 0 0 0 | 0 0 0 0 | 0 0 0 0 | 0 0 0 0 | 0 0 0 0 ₂
ฐานสิบหก = B F 8 0 0 0 0 0 ₁₆
- จงสร้างเลข -1.5_{10} โดยการกดเลือกปุ่มสีเหลี่ยมในส่วน Mantissa เท่านั้น ต่อจากข้อที่แล้ว
เลขฐานสอง = 1 0 1 1 | 1 1 1 1 | 1 0 0 0 | 0 0 0 0 | 0 0 0 0 | 0 0 0 0 | 0 0 0 0 | 0 0 0 0 ₂
ฐานสิบหก = B F C 0 0 0 0 0 ₁₆
- จงสร้างเลข $1.17549435082 \times 10^{-38}$ ซึ่งเป็นค่าอนัลไลซ์ที่น้อยที่สุด (Normalized)
เลขฐานสอง = 0 0 0 0 | 0 0 0 0 | 1 0 0 0 | 0 0 0 0 | 0 0 0 0 | 0 0 0 0 | 0 0 0 0 | 0 0 0 0 ₂
ฐานสิบหก = 0 0 8 0 0 0 0 0 ₁₆

- เลขฐานสอง = 00000001000000000000000000000000₂
 ฐานสิบหก = 0 0 4 0 0 0 0 0₁₆

- เลขฐานสอง = 0 1 1 1 | 1 1 1 1 | 0 1 1 1 | 1 1 1 1 | 1 1 1 1 | 1 1 1 1 | 1 1 1 1 | 1 1 1 1 2
ฐานสิบหก = 7 F 7 F F F F F 16

- เลขฐานสอง = 0 1 1 1 1 1 1 | 0 0 0 0 0 0 | 0 0 0 0 | 0 0 0 0 | 0 0 0 0 | 0 0 0 0 2
ฐานสิบหก = 7 F 8 9 0 0 0 C 16

- เลขฐานสอง = 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
ฐานสิบหก = 7 F F F F F F f₁₆
-
-
-

- ① - 2147483648

(2) - 1082130432

③ - 1077936128

④ 8388608

⑤ 4194304

(6) 2139095039

⑦ 2139095040

④ 2147483647

A.3 รหัสของข้อมูลตัวอักษร

A.3.1 การทดลอง

การทดลองในหัวข้อนี้จะเป็นการแปลงรหัสตัวอักษรภาษาอังกฤษและไทย เป็นรหัส ASCII และ Unicode ชนิด UCS-2 ตามเนื้อหาในหัวข้อ 2.7 ผ่านทางเว็บไซต์ <https://www.branah.com/ascii-converter> ที่มีการพัฒนาเพื่อเผยแพร่ความรู้เป็นวิทยาทานเช่นเดียวกับเว็บที่ได้ทดลองมา

1. เปิดเว็บตามลิงค์ต่อไปนี้ หรือ กดปุ่มซ้ายบนชื่อลิงค์
<https://www.branah.com/ascii-converter>

2. กรอกข้อความต่อไปนี้ ลงไปในกล่องข้อความ ASCII

ไ ท ย ก ข ค a b c

โปรดสังเกต ระหว่างตัวอักษรมี ช่องว่าง 1 ตัวอักษรเสมอ

3. กดปุ่ม Convert ซ้ายบนสุด จะได้ผลลัพธ์ดังรูปต่อไปนี้

ASCII Converter - Hex, decimal, binary, base64, and ASCII converter

Convert

ASCII (Example: a b c)

ไ ท ย ก ข ค a b c

Add spaces

Remove spaces

☐ Convert white space characters

Convert

Hex (Example: 0x61 0x62 0x63)

☒ Remove 0x

e44 e17 e22 e01 e02 e04 61 62 63

Convert

Decimal (Example: 97 98 99)

3652 3607 3618 3585 3586 3588 097 098 099

Convert

Binary (Example: 01100001 01100010 01100011)

111001000100 111000010111 111000100010 111000000001 111000000010 111000000100 01100001 01100010 01100011

Convert

Base64 (Example: YSBiIGM=)

RCAXIClgASACIAQgYSBiIGM=

รูปที่ A.12: ผลลัพธ์จากการกรอกและแปลงตัวอักษร ไ ท ย ก ข ค a b c เป็นรหัสต่างๆ

4. กล่องข้อความ Hex จะแสดงค่า Unicode สำหรับภาษาไทย และ ASCII สำหรับภาษาอังกฤษ ในรูปผู้เขียนได้กดเลือก Remove 0x เพื่อความสะดวกในการอ่านค่า

A.3.2 กิจกรรมท้ายการทดลอง

1. จงอธิบายวิธีการหาค่าฐานสิบ 0 - 9 จากรหัส ASCII ของตัวอักษร 0 - 9
2. จงอธิบายวิธีการหาค่าฐานสิบ 0 - 9 จากรหัส Unicode ของตัวอักษร ๐ - ๙
3. จงเปิดเว็บที่มีข้อความภาษาไทย เช่น เว็บข่าว แล้วทดลองเปลี่ยนการนำเสนอบนจอเพื่อ View source เช่น Google Chrome ใช้เมนู Tool-> View Source แล้ว Find หรือกดปุ่ม CTRL-F คำว่า charset ว่ามีค่าเท่ากับ utf-8 หรือไม่ เพราะเหตุใด