

63010524 ໜ້າສັກໂນໂຮງ ພິມວິດ ສັນຕະລາງ SEC 2
63010666 ໜ້າສັກພິມວິດ ສົງລົງພິມວິດ SEC 2

ภาคผนวก A

การทดลองที่ 1 ข้อมูลและคณิตศาสตร์ในคอมพิวเตอร์

การทดลองนี้เป็นการทบทวนความเข้าใจและแบบฝึกหัดเสริมของเนื้อหาในบทที่ 2 เนื่องจากจำนวนบิตรข้อมูลที่崖วันนี้จำเป็นต้องใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยคำนวณแทน โดยมีวัตถุประสงค์ ดังต่อไปนี้

- เพื่อให้เข้าใจ การแปลง และ คณิตศาสตร์ สำหรับ เลขจำนวนเต็มฐานสอง ชนิด ไม่มีเครื่องหมาย และ มีเครื่องหมายแบบ 2's 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://www3.ntu.edu.sg/home/ehchua/programming/java/datarepresentation.html>

ผู้อ่านจะพบว่าเนื้อหาในเว็บของมหาวิทยาลัยนันยาง ประเทศสิงคโปร์ เป็นการสอนพื้นภาษา Java ใช้งานข้อมูลเป็นเลขฐานสองเหมือนกับภาษา C/C++ ในเว็บที่สอง การทดลองจะครอบคลุมเนื้อหาตามทฤษฎี โดยจะเริ่มจากเลขจำนวนเต็ม เลขทศนิยม และตัวอักษรตามลำดับ

A.1 การแปลงและคณิตศาสตร์สำหรับเลขจำนวนเต็มฐานสอง

A.1.1 การทดลองแปลงเลขฐานสอง

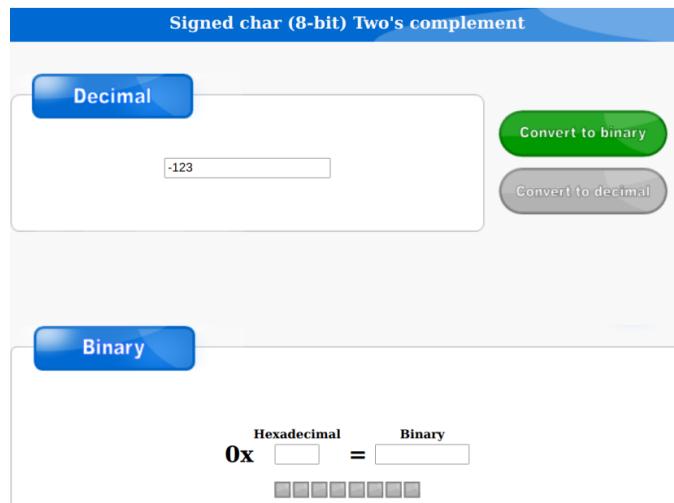
เนื่องจากการแปลงเลขฐานสิบเป็นฐานสองชนิดไม่มีเครื่องหมาย (unsigned) ผู้อ่านสามารถใช้เครื่องคิดเลขทางวิทยาศาสตร์ทั่วไป ดังนั้น การทดลองนี้จะเน้นที่การแปลงเป็นเลขจำนวนเต็มฐานสองชนิดมีเครื่องหมายแบบ 2's Complement สอดคล้องกับเนื้อหาในหัวข้อที่ 2.2 โดยผ่านเว็บเบราว์เซอร์ที่ผู้อ่านสนใจ คลิกที่ชื่อลิงก์ต่อไปนี้ <https://www.binaryconvert.com/> ขอให้ผู้อ่านปฏิบัติตามการทดลอง ดังนี้

The screenshot shows a web-based binary converter. At the top, there is a horizontal menu bar with buttons for Unsigned char, Signed char, Unsigned short, Signed short, Unsigned int, Signed int, Float, and Double. Below the menu is a large input field containing binary code. To the right of the input field is a table titled "Online Binary-Deciml Converter". The table has columns for TYPE, BITS, MINIMUM, MAXIMUM, and DECIMAL FORMAT. It lists five data types: Unsigned char (8 bits, 0-255, Integer), Signed char (8 bits, -128-127, Integer), Unsigned short (16 bits, 0-65535, Integer), Signed short (16 bits, -32768-32767, Integer), and Unsigned int (32 bits, 0-4294967295, Integer). Each row contains a green "Convert" button.

TYPE	BITS	MINIMUM	MAXIMUM	DECIMAL FORMAT	
Convert	Unsigned char	8	0	255	Integer
Convert	Signed char	8	-128	127	Integer
Convert	Unsigned short	16	0	65535	Integer
Convert	Signed short	16	-32768	32767	Integer
Convert	Unsigned int	32	0	4294967295	Integer

รูปที่ A.1: หน้าเว็บสำหรับแปลงเลขจำนวนเต็มฐานสองเป็นฐานสิบหรือฐานสิบเป็นฐานสองหลายชนิด

- คลิกที่หัวข้อ Signed Char เพื่อทดลองการแปลงเลขจำนวนเต็มมีเครื่องหมายชนิด 2's Complement ขนาด 8 บิต
- กรอกเลข -123 ลงในกล่องข้อความ Decimal เพื่อให้โปรแกรมแปลงเลขจำนวนเต็ม -123 เป็นเลขฐานสองมีเครื่องหมายชนิด 2's Complement ดังรูปที่ A.2



รูปที่ A.2: กรอกเลข -123 ลงในกล่องข้อความ Decimal เพื่อให้โปรแกรมแปลงเลขจำนวนเต็ม -123 เป็นเลขจำนวนเต็มฐานสองมีเครื่องหมายชนิด 2's Complement

กดปุ่ม Convert to binary เพื่อดำเนินการ บันทึกผลลัพธ์ที่ได้จากการแปลงดังต่อไปนี้

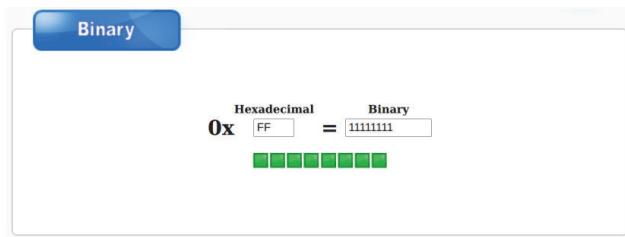


รูปที่ A.3: ผลลัพธ์การแปลงเลข -123 เป็นเลขจำนวนเต็มฐานสองมีเครื่องหมายชนิด 2's Complement

- Binary (2's Complement) 10000101
- Hexadecimal (0x) 85
- แสดงวิธีทำตามสมการที่ (2.16) ที่ $n=8$ บิตเพื่อแปลงเลขให้ตรงตามรูป

$$\begin{aligned}
 \text{จากสูตร } X_{10,S} &= -X_{n-1} \times 2^{n-1} + X_{n-2} \times 2^{n-2} + \dots + X_1 \times 2^1 + X_0 \times 2^0 \\
 &= -1 \times 2^7 + 0 \times 2^6 + 0 \times 2^5 + 0 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 \\
 &= -128 + 4 + 1 \\
 &\approx -123_{10} \quad \text{กับ } -123 \#
 \end{aligned}$$

3. กรอกเลขฐานสองมีเครื่องหมายชนิด 2's Complement 11111111 ขนาด 8 บิตลงในกล่องข้อความ Binary เพื่อให้โปรแกรมแปลงเลขจำนวนเต็มฐานสิบ ดังรูปที่



รูปที่ A.4: การแปลงเลขฐานสองมีเครื่องหมายชนิด 2's Complement 11111111 หรือเท่ากับฐานสิบหาก 0xFF

กดปุ่ม Convert to decimal ทางด้านขวาเพื่อดำเนินการ อ่านค่าผลลัพธ์ที่ได้จากการแปลงดังต่อไปนี้



รูปที่ A.5: ผลลัพธ์การแปลงเลขฐานสองมีเครื่องหมายชนิด 2's Complement 11111111 หรือเท่ากับฐานสิบ หาก 0xFF

4. กดปุ่ม Signed short บนเมนูด้านบนสุด เพื่อเปลี่ยนความยาวเป็น 16 บิต กรอกเลข -123 ลงในกล่องข้อความ Decimal กดปุ่ม Convert to binary เพื่อดำเนินการ บันทึกผลลัพธ์ที่ได้จากการแปลงดังต่อไปนี้

- Binary (2's Complement) 11111111|0000101

- Hexadecimal (0x)FF85

- แสดงวิธีทำตามสมการที่ (2.16) ที่ $n=16$ บิตเพื่อแปลงเลขให้ตรงตามรูป

$$x_{10,\$} = -1 \times 2^{15} \times 1 + 2^{14} + \dots + 1 \times 2^7 + 0 \times 2^6 + \dots + 0 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0$$

$$= -32,768 + \dots + 128 + 4 + 1$$

$$= -123_{10}$$

5. กดปุ่ม Signed int บนเมนูด้านบนสุด เพื่อเปลี่ยนความยาวเป็น 32 บิต กรอกเลข -123 ลงในกล่อง ข้อความ Decimal กดปุ่ม Convert to binary เพื่อคำนวณ การบันทึกผลลัพธ์ที่ได้จากการแปลงดังต่อไปนี้

- Binary 111111111111111111111111110000101

- Hexadecimal (0x) FFFFEFFF85

- แสดงวิธีทำตามสมการที่ (2.16) ที่ $n=32$ บิตเพื่อแปลงเลขให้ตรงตามรูป

$$\begin{aligned}
 X_{10(S)} &= -1 \times 2^{31} + 1 \times 2^{30} + 1 \times 2^{29} + 1 \times 2^{28} + 1 \times 2^{27} + 1 \times 2^{26} + 1 \times 2^{25} + 1 \times 2^{24} + 1 \times 2^{23} + \\
 &\quad 1 \times 2^{22} + 1 \times 2^{21} + 1 \times 2^{20} + 1 \times 2^{19} + 1 \times 2^{18} + 1 \times 2^{17} + 1 \times 2^{16} + 1 \times 2^{15} + 1 \times 2^{14} + \\
 &\quad 1 \times 2^{13} + 1 \times 2^{12} + 1 \times 2^{11} + 1 \times 2^{10} + 1 \times 2^9 + 1 \times 2^8 + 1 \times 2^7 + 1 \times 2^6 + 0 \times 2^5 + 0 \times 2^4 + \\
 &\quad 0 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0 + 1 \times 2^0 \\
 &= -2147483648 + 1073741824 + 536870912 + 268435456 + 134217728 + \\
 &\quad 67108864 + 37554432 + 16777216 + 8386608 + 4194304 + 2097152 + 1048576 + 524288 + \\
 &\quad 262144 + 131072 + 65536 + 32768 + 16384 + 8192 + 4096 + 2048 + 1024 + \\
 &\quad 512 + 256 + 128 + 4 + 1 \\
 &= -123_{10} \xrightarrow{\text{ANS}} -123 \#
 \end{aligned}$$

A.1.2 คณิตศาสตร์เลขจำนวนเต็มฐานสอง

1. กรอกเลขที่ได้จากการแปลงลงในช่องว่างที่จัดไว้ แสดงวิธีทำการบวกเลขจำนวนเต็มฐานสองมีเครื่องหมาย ชนิด 2's Complement ขนาด 8 บิตและคำนวนค่าโอลูร์ฟล์ว์ V

	c_8	c_7	c_6	c_5	c_4	c_3	c_2	c_1	c_0	$V=c_8 \oplus c_7$
	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	0	$V= \underline{1} \oplus \underline{1}$
X	-123									
$+Y$	+ -1									
Z	<u>-124</u>	<u>1</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>0</u>	0	

ซอฟต์แวร์สามารถนำผลลัพธ์ Z ไปใช้งานต่อได้หรือไม่ เพราะเหตุใด ใช่ได้ เนื่องจากตัวต่อสุดท้ายของผลลัพธ์เป็น 0 ดังนั้นจึงไม่เกิด Overflow

2. กรอกเลขที่ได้จากการแปลงลงในช่องว่างที่จัดไว้ แสดงวิธีทำการบวกเลขจำนวนเต็มฐานสองมีเครื่องหมาย ชนิด 2's Complement ขนาด 8 บิตและคำนวนค่าโอลูร์ฟล์ว์ V

	c_8	c_7	c_6	c_5	c_4	c_3	c_2	c_1	c_0	$V=c_8 \oplus c_7$
	<u>1</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>0</u>	<u>1</u>	0	$V= \underline{1} \oplus \underline{0}$
X	-123									
$+Y$	+ -123									
Z	<u>-246</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>0</u>	<u>1</u>	0	

ซอฟต์แวร์สามารถนำผลลัพธ์ Z ไปใช้งานต่อได้หรือไม่ เพราะเหตุใด ใช่ได้ เนื่องจากตัวต่อสุดท้ายของผลลัพธ์เป็น 1 ดังนั้นจึงเกิด Overflow

3. กรอกเลขที่ได้จากการแปลงลงในช่องว่างที่จัดไว้ แสดงวิธีทำการบวกเลขจำนวนเต็มฐานสองมีเครื่องหมาย ชนิด 2's Complement ขนาด 8 บิตและคำนวนค่าโอลูร์ฟล์ว์ V

	c_8	c_7	c_6	c_5	c_4	c_3	c_2	c_1	c_0	$V=c_8 \oplus c_7$
	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>1</u>	0	$V= \underline{0} \oplus \underline{0}$
X	-123									
$+Y$	+ 1									
Z	<u>-122</u>	<u>1</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	0	

ซอฟต์แวร์สามารถนำผลลัพธ์ Z ไปใช้งานต่อได้หรือไม่ เพราะเหตุใด ใช่ได้ เนื่องจากตัวต่อสุดท้ายของผลลัพธ์เป็น 0 ดังนั้นจึงไม่เกิด Overflow

4. กรอกเลขที่ได้จากการแปลงลงในช่องว่างที่จัดไว้ แสดงวิธีทำการบวกเลขจำนวนเต็มฐานสองมีเครื่องหมาย ชนิด 2's Complement ขนาด 8 บิตและคำนวนค่าโอลูร์ฟล์ว์ V

	c_8	c_7	c_6	c_5	c_4	c_3	c_2	c_1	c_0	$V=c_8 \oplus c_7$
	<u>1</u>	0	$V= \underline{1} \oplus \underline{1}$							
X	-123									
$+Y$	+ 123									
Z	<u>0</u>	0								

ซอฟต์แวร์สามารถนำผลลัพธ์ Z ไปใช้งานต่อได้หรือไม่ เพราะเหตุใด ใช่ได้ เนื่องจากตัวต่อสุดท้ายของผลลัพธ์เป็น 1 ดังนั้นจึงเกิด Overflow

A.1.3 กิจกรรมท้ายการทดลอง

จงทำการทดลองและตอบคำถามต่อไปนี้ โดยแสดงวิธีทำตามเนื้อหาในหัวข้อที่ 2.2.2 และตรวจคำตอบตามวิธีทำการทดลองที่ได้ทำไป

unsigned int [16 บิต] แรก, ห้าสิบสุดท้าย = 0

- จงแปลงเลขจำนวนเต็มฐานสิบชนิดไม่มีเครื่องหมายต่อไปนี้ให้เป็นเลขจำนวนเต็มฐานสอง 16 บิตและฐานสิบหกจำนวน 4 หลัก และบันทึกผลลัพธ์ที่ได้ลงในตาราง

ฐานสิบ	ฐานสอง	ฐานสิบหก
7	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 ₂	— 0 0 0 7 ₁₆
8	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 ₂	— 0 0 0 8 ₁₆
15	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 ₂	— 0 0 0 F ₁₆
16	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 ₂	— 0 0 1 0 ₁₆
255	0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 ₂	— 0 0 F E ₁₆
256	0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 ₂	— 0 1 0 0 ₁₆
65535	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 ₂	— F F F F ₁₆
65536	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 ₂	— E F F F ₁₆

$2^{16} - 1 = 65536 - 1 \rightarrow$ ค่ามากสุด คือ 65535
(สำหรับ 16 บิต)

- จงแปลงเลขจำนวนเต็มฐานสิบต่อไปนี้ให้เป็นเลขจำนวนเต็มฐานสองและฐานสิบหกชนิดมีเครื่องหมายแบบ 2's Complement ความยาว 16 บิตแล้วบันทึกผลลัพธ์ที่ได้ลงในตาราง **เป็น int [16 บิต]**

ฐานสิบ	ฐานสอง	ฐานสิบหก
+1	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 ₂	— 0 0 0 1 ₁₆
-1	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 ₂	— F F F F ₁₆
+15	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 ₂	— 0 0 0 F ₁₆
-16	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 ₂	— F F F 0 ₁₆
+255	0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 ₂	— 0 0 F E ₁₆
-256	1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 ₂	— F E 0 0 ₁₆
* +65535	0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 ₂	— 7 F F F ₁₆
* -65536	1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 ₂	— 8 0 0 0 ₁₆

ค่านeg. สูง = -32768
ค่านeg. ต่ำ = 32767

- จงบวกเลข 2's Complement ต่อไปนี้ แล้วบันทึกผลลัพธ์เป็นฐานสองความยาว 16 บิต ฐานสิบหก ฐานสิบ โอลูมินาเรียล์หรือไม่ และอธิบายเหตุผลว่าทำไมจึงไม่ตรงกัน

- 1000000000000000 + 0000000000000001

- ผลลัพธ์ = $1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1_2 \rightarrow -1 \times 2^{15} + 0 \times 2^{14} + 0 \times 2^{13} + 0 \times 2^{12} + 0 \times 2^{11} + 0 \times 2^{10} + 0 \times 2^9 + 0 \times 2^8 + 0 \times 2^7 + 0 \times 2^6 + 0 \times 2^5 + 0 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0$
 - ผลลัพธ์ = $8 0 0 1_{16}$
 - ผลลัพธ์ = -32767_{10}
 - โอลูมินาเรียล์ไม่เกิด overflow
 - เหตุผล... เพราะ หาก $V = C_{16} \oplus C_{15} = 0 \oplus 0 = 0$ จะต้องเกิด overflow

- 1000000000000000 + 1000000000000000

- ผลลัพธ์ = $1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0_2$
 - ผลลัพธ์ = $1 0 0 0 0 0_{16}$

- ผลลัพธ์ = 00000₁₀

- โอเวอร์เฟล์วหรือไม่.....เกิด Overflow

- เหตุผล..... $C_{16} \oplus C_{15} = 1 \oplus 0 = 1$ หมายความว่าจังหวะการคำนวณปีก็

- 1000000000000000 - 0000000000000001

- ผลลัพธ์ = 01111111111111111111₂

- ผลลัพธ์ = 3FFF₁₆

- ผลลัพธ์ = 32767₁₀

- โอเวอร์เฟล์วหรือไม่.....เกิด Overflow

- เหตุผล..... $C_{16} \oplus C_{15} = 1 \oplus 0 = 1$ หมายความว่าจังหวะการคำนวณปีก็

- 1000000000000000 - 1000000000000000

- ผลลัพธ์ = 00000000000000000000₂

- ผลลัพธ์ = 0000₁₆

- ผลลัพธ์ = 0000₁₀

- โอเวอร์เฟล์วหรือไม่.....เกิด Overflow

- เหตุผล..... $C_{16} \oplus C_{15} = 1 \oplus 0 = 0$ หมายความว่าจังหวะการคำนวณปีก็

A.2 การแปลงและคณิตศาสตร์เลขทศนิยมฐานสองมาตรฐาน IEEE754

การทดลองเพื่อให้เข้าใจการแปลงเลขทศนิยมฐานสิบให้เป็นเลขฐานสองตามรูปแบบและฝึกการคำนวณโดยใช้คณิตศาสตร์มาตรฐาน IEEE754 Single Precision มีความสอดคล้องกับเนื้อหาในหัวข้อที่ 2.6

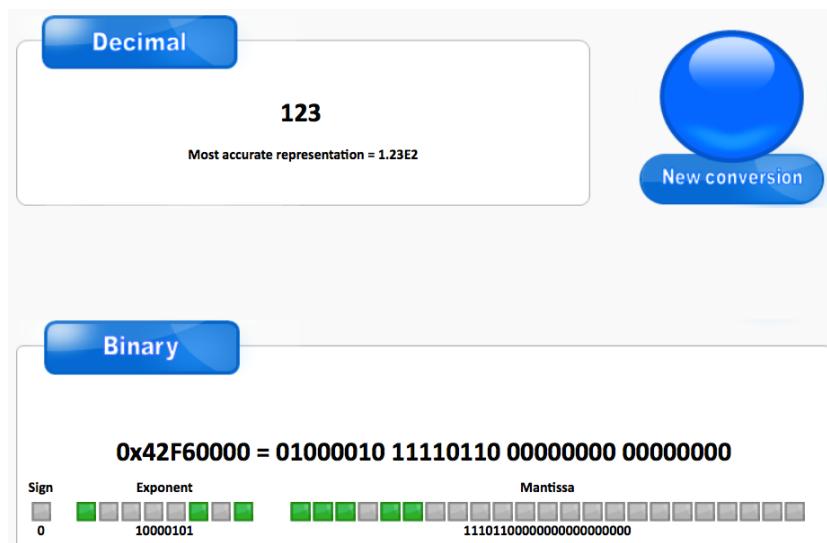
A.2.1 เลขทศนิยมชนิดจุดลอยตัวมาตรฐาน IEEE754 Single-Precision

การทดลองนี้จะเน้นที่การแปลงเลขทศนิยมฐานสิบให้เป็นเลขทศนิยมฐานสองชนิดจุดลอยตัว สอดคล้องกับเนื้อหาในหัวข้อที่ 2.6 ในรูปแบบ Single Precision โดยผ่านเว็บเบราว์เซอร์ที่ผู้อ่านสนใจ คลิกที่ชื่อลิงก์ต่อไปนี้

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

เมื่อเว็บเพจปรากฏขึ้น ขอให้ผู้อ่านปฏิบัติตามการทดลอง ดังนี้

- กรอกเลข 123 ลงในกล่องข้อความ และกดปุ่ม Convert to binary ได้รูปที่ A.6



รูปที่ A.6: ผลลัพธ์จากการแปลงเลข 123.0 ให้เป็นเลขทศนิยมฐานสองชนิด Single Precision

การเรียงตัวของผลลัพธ์เลขฐานสิบหากทางซ้ายมีมาจากการเลขอctalฐานสองทางขวาเมื่อ ซึ่งเกิดจากบิตข้อมูลทั้งหมด 32 บิตตามรูปแบบของมาตรฐาน IEEE754 ชนิด Single Precision โปรดสังเกต กล่องสีเหลืองสีเขียวตรงกับบิตที่เป็น '1' กล่องสีเทาตรงกับบิตที่เป็น '0' 0x หมายถึง เลขฐานสิบหาก

แสดงวิธีทำตามสมการที่ (2.67) เพื่อแปลงเลขให้ตรงตามรูป

$$42F60000_16 = [0100 \quad 0010 \quad 111 \quad 0110 \quad 0000 \quad 0000 \quad 0000 \quad 0000]_2$$

$$S = [0] \left[E_{2, \text{IEEE}} \right] = [100 \quad 0010 \quad 1] \left[Y_2 \right] = [111 \quad 0110 \quad 0000 \quad 0000 \quad 0000 \quad 0000]_2$$

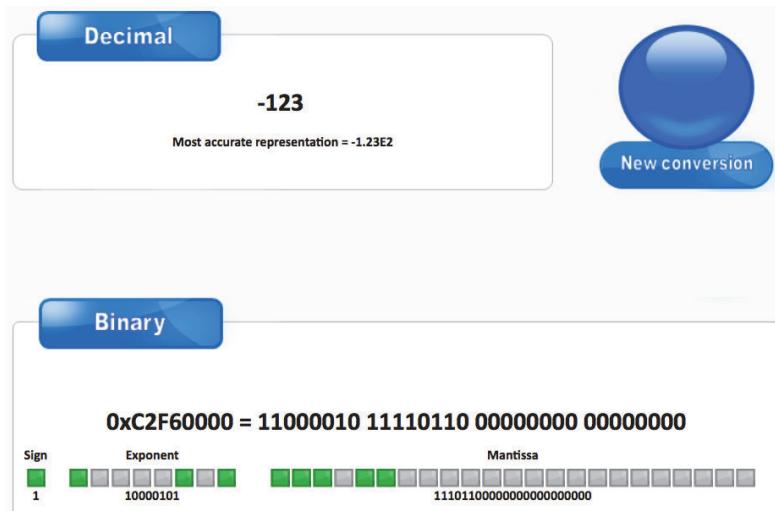
$$E_{\text{true}} = 1000 \quad 0101_2 - E_{\text{bias}} = 111 - 127 = 6$$

$$Y_2 = 111 \quad 0110 \quad 0000 \quad 0000 \quad 0000_2$$

$$\begin{aligned} F_{10, \text{IEEE}} &= (-1)^0 \times (1 + .111011_2) \times 2^6 \\ &= 1 \times (1.111011_2) \times 2^6 \end{aligned}$$

$$= 64 + 32 + 16 + 8 + 2 + 1 = 123.0_{10}$$

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



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

โปรดสังเกตตำแหน่งของกล่องสีเหลี่ยมหรือสีเทาที่ตรงกับบิต Sign Exponent และ Mantissa ดังนั้น เราจะเห็นได้ว่าเฉพาะ Sign ที่มีการเปลี่ยนแปลง แสดงวิธีทำการคำนวณตามสมการที่ (2.67) เพื่อแปลงเลขให้ตรงตามรูป

$$11F60000_{16} = [1100 \ 0010 \ 1111 \ 0110 \ 0000 \ 0000 \ 0000 \ 0000]_2$$

$$\$ = [1][E_{2, \text{IEEE}} = 100 \ 0010 \ 1][Y_2 = 111 \ 0110 \ 0000 \ 0000 \ 0000 \ 0000]_2$$

$$E_{\text{true}} = 1000 \ 0101_2 - E_{\text{bias}} = 133 - 127 = 6$$

$$Y_2 = 111 \ 0110 \ 0000 \ 0000 \ 0000 \ 00000$$

$$\begin{aligned} F_{10, \text{IEEE}} &= (-1)^1 \times (1 + .111011_2) \times 2^6 \\ &= (-1) \times (1.111011_2) \times 2^6 \\ &= (-1) \times (1111011_2) \end{aligned}$$

$$= -123.0_1$$

3. คลิกบนลิงก์นี้ เพื่อทดลองบวกและคูณเลขในรูปแบบ Single Precision ด้วยลิงก์ต่อไปนี้
<http://weitz.de/ieee/> เลื่อนหน้าเว็บลงไปด้านล่างสุด เพื่อค้นหาแถบเมนูตามรูปที่ A.8 แล้วกดเลือกปุ่ม binary32 เพื่อทดลองการบวกและคูณเลข IEEE754 Single Precision

[binary16](#) [binary32](#) [binary64](#) [binary128](#)

รูปที่ A.8: เมนูด้านล่างสุดของหน้าเว็บ เพื่อเลือกเลขทศนิยมฐานสองชนิด IEEE754 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	<input type="text" value="1"/> <input type="text" value="-"/> 1.921875 0xC2F6000 0b11000010111011000000000000000000	<input type="text" value="10000101"/> +6
123.0	<input type="text" value="0"/> <input type="text" value="+"/> 1.921875 0x42F6000 0b01000010111011000000000000000000	<input type="text" value="10000101"/> +6
	<input style="width: 25px; height: 25px; border: none; border-radius: 50%; margin-right: 10px;" type="button" value="+"/> <input style="width: 25px; height: 25px; border: none; border-radius: 50%; margin-right: 10px;" type="button" value="-"/> <input style="width: 25px; height: 25px; border: none; border-radius: 50%; margin-right: 10px;" type="button" value="x"/> <input style="width: 25px; height: 25px; border: none; border-radius: 50%;" type="button" value="/"/>	
0.0	<input type="text" value="0"/> <input type="text" value="+"/> 0.0 0x00000000 0b00000000000000000000000000000000	<input type="text" value="00000000"/> +0

รูปที่ A.9: ผลลัพธ์จากการบวกเลข -123.0+123.0 ให้เป็นเลขทศนิยมฐานสองชนิด IEEE754 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 - 1.921875 0xC2F6000 0b11000010111101100000000000000000	10000101 +6
123.0	0 + 1.921875 0x42F6000 0b01000010111101100000000000000000	10000101 +6
	+ - × /	
-15129.0	1 - 1.8468018 0xC66C6400 0b11000110011011000110010000000000	10001100 +13

รูปที่ A.10: ผลลัพธ์จากการคูณเลข -123.0 × 123.0 ให้เป็นเลขทศนิยมฐานสองชนิด IEEE754 Single Precision

แสดงวิธีทำตามสมการที่ (2.67) เพื่อแปลงเลขให้ตรงตามผลคูณในรูปที่ A.10

$$S = 1$$

$$E_{\text{true}} = 10001100 - E_{\text{bias}} = 140 - 127 = 13$$

$$y_2 = 1101100011001$$

$$F_{10, \text{IEEE}} = (-1)^1 \times (1 + .1101100011001_2) \times 2^{13}$$

$$= (-1) \times (11101100011001_2)$$

$$= -15129.0_{10}$$

A.2.2 กิจกรรมท้ายการทดลอง

จงใช้ลิงก์ของเว็บเพจต่อไปนี้ในการตอบคำถาม

<https://www.h-schmidt.net/FloatConverter/IEEE754.html>

รูปที่ A.11: เว็บสำหรับการตอบคำถามเพื่อสร้างเลขหรือแปลงเลขฐานสิบด้วยมาตรฐาน IEEE754 Single Precision การกดเลือกคือทำให้บิตนั้นเท่ากับ '1'

โดยแสดงวิธีทำตามเนื้อหาในหัวข้อที่ 2.6 และตรวจคำตอบตามวิธีทำการทดลองที่ได้ทำไป และบันทึกผลลัพธ์ลงบนสีน้ำเงินที่จัดไว้ให้เท่านั้น ผู้อ่านสามารถกดเปลี่ยนเครื่องหมายถูก ซึ่งแทนล็อกจิก 1 หากไม่มีเครื่องหมายถูกแทนล็อกจิก 0 ยกตัวอย่างเช่น

1. จงสร้างเลขทศนิยมฐานสอง IEEE754 ที่มีค่าเท่ากับ -0.0_{10} โดยการกดเลือกปุ่มสีเหลืองในส่วน 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

$$\text{ฐานสิบหก} = 8 \quad 0 \quad 0_{16}$$

ค่าฐานสิบที่จัดเก็บ (Value actually stored in float)..... -0

ความผิดพลาด (Error due to conversion)..... 0

2. จงสร้างเลขทศนิยมฐานสอง IEEE754 ที่มีค่าเท่ากับ -1.0_{10} โดยการกดเลือกปุ่มสี่เหลี่ยมในส่วน Exponent เท่านั้น ต่อจากข้อที่แล้ว

$$\text{លេខ្ទានសង់} = 1\ 0\ 1\ 1|1\ 1\ 1\ 1|1\ 0\ 0\ 0|0\ 0\ 0\ 0|0\ 0\ 0\ 0|0\ 0\ 0\ 0|0\ 0\ 0\ 0|0\ 0\ 0\ 0_2$$

ฐานสิบหก = B F 8 0 0 0 0 0 0 16

ค่าฐานสิบที่จัดเก็บ (Value actually stored in float).....-1

ความผิดพลาด (Error due to conversion).....

3. จงสร้างเลขทศนิยมฐานสอง IEEE754 ที่มีค่าเท่ากับ -1.55_{10} หรือ $1.55\text{e}0$ โดยการกดเลือกปุ่มสีเหลือง ในส่วน Mantissa เท่านั้น ต่อจากข้อที่แล้ว

ฐานสิบหก = B F C b b b b b 16

ค่าฐานสิบที่จัดเก็บ (Value actually stored in float).-1.5499995231628.

ความผิดพลาด (Error due to conversion) $4.76837158203125 \times 10^{-8}$

4. จงสร้างเลขศนิยมฐานสอง IEEE754 ที่มีค่าเท่ากับ $1.17549435082 \times 10^{-38}$ หรือ $1.17549435082e-38$ ซึ่งเป็นค่าอร์มัลไลร์ที่น้อยที่สุด (Normalize)

จำนวนสิบหก = ๐ ๐ ๘ ๐ ๐ ๐ ๐ ๐ ๐ ๑๖

ค่าฐานสิบที่จัดเก็บ (Value actually stored in float).1.1794943508228750

ความผิดพลาด (Error due to conversion). $2.287507968736537212245677819 \times 10^{-30}$

11.00000000 (Error due to conversion)..... 100

5. จงสร้างเลขเทคนิคฐานสอง IEEE754 ที่มีค่าเท่ากับ $1.17549421069 \times 10^{-38}$ หรือ $1.17549421069e-38$ ซึ่งอยู่ในรูป ดินอร์มัลไลร์ (Denormalize) เพราะมีค่าน้อยกว่าค่าอนอร์มัลไลร์ที่ตั้งที่สุด

ຈຳນວດສະບັບທີ່ = 0 0 7 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 16

ค่าฐานสิบที่จัดเก็บ (Value actually stored in float) 1.174414210694441075487

ความผิดพลาด (Error due to conversion) $1.441075467029444849287348827 \times 10^{-10}$

6. จงสร้างเลขศนิยมฐานสอง IEEE754 ที่มีค่าเท่ากับ $1.40129846432 \times 10^{-45}$ หรือ $1.40129846432e-45$ ซึ่งอยู่ในรูป ดินอร์มัลไลซ์ (Denormalize) และตໍาที่สุด

ฐานสิบหก = ๐ ๐ ๐ ๐ ๐ ๐ ๐ ๑ 16

ค่าฐานสิบที่จัดเก็บ (Value actually stored in float) 1.4012984643248170709237

ความผิดพลาด (Error due to conversion) $4.817070923729583289916131280 \times 10^{-57}$

7. จงสร้างเลขคณิตมฐานะส่อง IEEE754 ที่มีค่าเทกบ 1.0 \times 10 $^{-40}$ หรือ 1e-46 ของในรูป ดันรอบเลข (Denormalize) และจัดเก็บด้วยค่า 0.0 แทน

กิจกรรมสเปหก = ๑ ๒ ๓ ๔ ๕ ๖ ๗ ๘ ๙ ๑๐ ๑๑ ๑๒ ๑๓ ๑๔ ๑๕ ๑๖

ค่าฐานสบทดสอบ (Value actually stored in float).....1.5e-4

ความผิดพลาด (Error due to conversion).....

8. จงสร้างเลขทศนิยมฐานสอง IEEE754 ที่มีค่าเท่ากับ $3.40282346640 \times 10^{38}$ หรือ $3.40282346640e38$ ซึ่งเป็นค่าอนอร์มัลไลต์ที่มากที่สุด

ค่าฐานสิบที่จัดเก็บ (Value actually stored in float): 340283466385268598117041834

ความผิดพลาด (Error due to conversion). -1471140188295816515483044560

9. จงสร้างเลขทศนิยมฐานสอง IEEE754 ที่มีค่าเท่ากับ 3.5×10^{38} หรือ $3.5\text{e}+38$ ซึ่งมากกว่าค่านอร์มัลไลเซชัน มากที่สุด ซึ่งหมายถึงค่าอนันต์ (∞ : Infinity) ตามตารางที่ 2.12

ค่าฐานสิบที่จัดเก็บ (Value actually stored in float).....

ความผิดพลาด (Error due to conversion).....

10. จงสร้างเลขทศนิยมฐานสอง IEEE754 ที่มีค่าเท่ากับ NaN (Not a Number) ตามตารางที่ 2.12

$$\text{เลขฐานสอง} = 0111111111111111111111111111_2$$

ฐานสิบหก = ๗ ๘ ๙ ๑ ๒ ๓ ๔ ๕ ๖ ๗ ๘ ๙ ๑๖

ค่าฐานสิบที่จัดเก็บ (Value actually stored in float).....**Nan**.....

ความผิดพลาด (Error due to conversion).....

A.3 รหัสของข้อมูลตัวอักษร

A.3.1 การทดสอบ

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

1. เปิดเว็บตามลิงก์ต่อไปนี้ หรือ กดปุ่มซ้ายบนชื่อลิงก์
<https://www.branah.com/ascii-converter>
 2. กรอกข้อความต่อไปนี้ ลงไปในกล่องข้อความ ASCII
ไทย กข ค a b c
โปรดสังเกต ระหว่างตัวอักษรเมื่อ ของว่าง 1 ตัวอักษรเสมอ
 3. กดปุ่ม Convert ซ้ายบนสุด จะได้ผลลัพธ์ดังรูปต่อไปนี้

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

The screenshot shows a web-based ASCII converter tool with five tabs: Convert, ASCII (Example: a b c), Hex (Example: 0x61 0x62 0x63), Decimal (Example: 97 98 99), and Base64 (Example: YSBiIGM=). The ASCII tab shows input 'ไทย ก ข ค a b c' and output 'e44 e17 e22 e01 e04 61 62 63'. The Hex tab shows input 'e44 e17 e22 e01 e04 61 62 63' and output '3652 3607 3618 3585 3586 3588 097 098 099'. The Decimal tab shows input '3652 3607 3618 3585 3586 3588 097 098 099' and output '111001000100 111000010111 111000100010 111000000001 111000000010 111000000100 01100001 01100010 01100011'. The Base64 tab shows input 'RCAXIClgASACIAQgYSBiGM=' and output 'ไทย ก ข ค a b c'.

รูปที่ A.12: ผลลัพธ์จากการกรอกและแปลงตัวอักษร ไทย 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 แล้วทดลองเปลี่ยนการนำเสนอหน้าเพื่อ View source เช่น Google Chrome ใช้เมนู Tool->View Source แล้ว Find หรือกดปุ่ม CTRL-F คำว่า charset ว่า มีค่าเท่ากับ utf-8 หรือไม่ เพราะเหตุใด

1. ဂາກຫ୍ରାଙ୍ଗ ASCII ଜ୍ୟୋତିଷୀ

ຫັດກ່ຽວຂ້ອງສົບຈາກນັ້ນ ASCII ດີ່ມ ຮ່າງວ່າ 48 - 57 ລັບຄໍ່າວ່າ 48

② Unicode រៀងចាំ នៃក្រុង លេខ '០' = ៣៦៦៤
នៃក្រុង លេខ '១' = ៣៦៦៥
នៃក្រុង លេខ '២' = ៣៦៦៦
នៃក្រុង លេខ '៣' = ៣៦៧៣

បាត់រាងសែប ១០នៅ ASCII ដើម្បីនាំ ៣៦៦៤ - ៣៦៧៣ លុក ៣៦៦៤