

ภาคผนวก A

การทดลองที่ 1 ข้อมูลและคณิตศาสตร์ในคอมพิวเตอร์

การทดลองนี้เป็นการบททวนความเข้าใจและแบบฝึกหัดเสริมของเนื้อหาในบทที่ 2 เนื่องจากจำนวนบิตข้อมูลที่ยาวขึ้นจำเป็นต้องใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยคำนวณแทน โดยมีวัตถุประสงค์ ดังต่อไปนี้

- เพื่อให้เข้าใจ การ แปลง และ คณิตศาสตร์ สำหรับ เลขจำนวนเต็ม ฐานสอง ชนิด ไม่มี เครื่องหมาย และ มี เครื่องหมายแบบ 2's Complement
- เพื่อให้เข้าใจการแปลงและคณิตศาสตร์สำหรับเลขศนนิยมฐานสองมาตรฐาน 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 ใช้งาน ข้อมูลเป็นเลขฐานสองเหมือนกับภาษา C/C++ ในเว็บที่สอง การทดลองจะครอบคลุมเนื้อหาตามทฤษฎี โดยจะ เริ่มจากเลขจำนวนเต็ม เลขศนนิยม และตัวอักษรตามลำดับ

A.1 การแปลงและคณิตศาสตร์สำหรับเลขจำนวนเต็มฐานสอง

A.1.1 การทดลองแปลงเลขฐานสอง

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

The screenshot shows the header of the website with tabs for Unsigned char, Signed char, Unsigned short, Signed short, Unsigned int, Signed int, Float, and Double. Below the tabs, there is a section titled "Online Binary-Deciml Converter" with a brief description of its purpose: "This converter allows you to convert numbers from decimal format to binary format and from binary format to decimal format. It supports the main variable data types used in most programming languages. It also floating point numbers (single and double precision) according to the standard IEEE754. Supported types are shown in the following table." A table below lists the supported data types with their bit sizes, minimum and maximum values, and decimal formats.

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

Signed char (8-bit) Two's complement

Decimal

Convert to binary

Convert to decimal

Binary

Hexadecimal =

Binary

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

กดปุ่ม Convert to binary เพื่อดำเนินการ บันทึกผลลัพธ์ที่ได้จากการแปลงดังต่อไปนี้

Signed char (8-bit) Two's complement

Decimal

-123

Most accurate representation = -123

New conversion

Binary

0x85 = 10000101

Binary

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

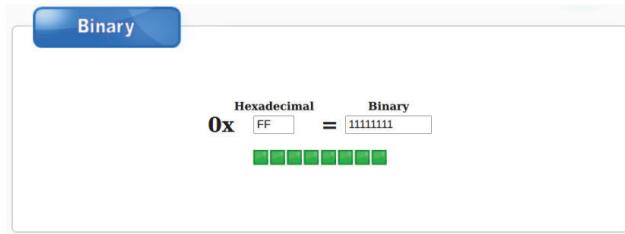
- Binary (2's Complement) 10000101
- Hexadecimal (0x) 85
- แสดงวิธีทำตามสมการที่ (2.16) ที่ $n=8$ บิตเพื่อแปลงเลขให้ตรงตามรูป

$x_{2,s}$

1000 0101

$$\begin{aligned}
 x_{10,s} &= (-1 \times 2^7) + (0 \times 2^6) + (0 \times 2^5) + (0 \times 2^4) + (0 \times 2^3) + \\
 &\quad (1 \times 2^2) + (0 \times 2^1) + (1 \times 2^0) \\
 &= -128 + 0 + 0 + 0 + 0 + 4 + 0 + 1 = -123_{10}
 \end{aligned}$$

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) 1111111100000101

- Hexadecimal (0x) FF85

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

$$\begin{aligned}
 X_{2,s} & ; 1111\ 1111\ 1000\ 0101 \\
 X_{10,s} & ; (-1 \times 2^{15}) + (1 \times 2^{14}) + (1 \times 2^{13}) + (1 \times 2^{12}) + (1 \times 2^{11}) + (1 \times 2^{10}) + (1 \times 2^9) + \\
 & (1 \times 2^8) + (1 \times 2^7) + (0 \times 2^6) + (0 \times 2^5) + (0 \times 2^4) + (0 \times 2^3) + (1 \times 2^2) + \\
 & (0 \times 2^1) + (1 \times 2^0) \\
 & = -32768 + 16384 + 8192 + 4096 + 2048 + 1024 + 512 + 256 + \\
 & 128 + 0 + 0 + 0 + 0 + 4 + 0 + 1 \\
 & = -123_{10}
 \end{aligned}$$

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

- Binary 11111111|11111111|11111111|10000101

- Hexadecimal (0x) FF FF FF 85

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

$$X_{2,s} = 11111111 \ 11111111 \ 11111111 \ 10000101$$

$$X_{10,s} = -2,147,483,648 + \dots + 128 + 4 + 1$$

$$= -123_{10}$$

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	$V = c_8 \oplus c_7$
	1	1	1	1	1	1	1	1	0	$V = \underline{1} \oplus \underline{1} = 0$
X	-123	1	0	0	0	0	1	0	1	
$+Y$	+ -1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Z	<u>-124</u>	1	0	0	0	0	1	0	0	

ซอฟต์แวร์สามารถนำผลลัพธ์ Z ไปใช้งานต่อได้หรือไม่ เพราะเหตุใด $\text{จังหวะ} = \text{ตัวอย่าง} \text{ } V = 0$

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	$V = c_8 \oplus c_7$
	1	0	0	0	0	1	0	1	0	$V = \underline{1} \oplus \underline{0} = 1$
X	-123	1	0	0	0	0	1	0	1	
$+Y$	+ -123	1	0	0	0	0	1	0	1	
Z	<u>-246</u>	0	0	0	0	1	0	1	0	

ซอฟต์แวร์สามารถนำผลลัพธ์ Z ไปใช้งานต่อได้หรือไม่ เพราะเหตุใด $\text{จังหวะ} = \text{ตัวอย่าง} \text{ } V = 1$

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	$V = c_8 \oplus c_7$
	0	0	0	0	0	0	0	1	0	$V = \underline{0} \oplus \underline{0} = 0$
X	-123	1	0	0	0	0	1	0	1	
$+Y$	+ 1	0	0	0	0	0	0	0	1	
Z	<u>-122</u>	1	0	0	0	0	1	1	0	

ซอฟต์แวร์สามารถนำผลลัพธ์ Z ไปใช้งานต่อได้หรือไม่ เพราะเหตุใด $\text{จังหวะ} = \text{ตัวอย่าง} \text{ } V = 0$

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	$V = c_8 \oplus c_7$
	1	1	1	1	1	1	1	1	0	$V = \underline{1} \oplus \underline{1} = 0$
X	-123	1	0	0	0	0	1	0	1	
$+Y$	+ 123	0	1	1	1	1	0	1	1	
Z	<u>0</u>	0	0	0	0	0	0	0	0	

ซอฟต์แวร์สามารถนำผลลัพธ์ Z ไปใช้งานต่อได้หรือไม่ เพราะเหตุใด $\text{จังหวะ} = \text{ตัวอย่าง} \text{ } V = 0$

A.1.3 กิจกรรมท้ายการทดลอง

จงทำการทดลองและตอบคำถามต่อไปนี้ โดยแสดงวิธีทำตามเนื้อหาในหัวข้อที่ 2.2.2 และตรวจคำตอบตามวิธีทำการทดลองที่ได้ทำไป

- จงแปลงเลขจำนวนเต็มฐานสิบชนิดไม่มีเครื่องหมายต่อไปนี้ให้เป็นเลขจำนวนเต็มฐานสอง 16 บิตและฐานสิบหกจำนวน 4 หลัก และบันทึกผลลัพธ์ที่ได้ลงในตาราง

ฐานสิบ	ฐานสอง	ฐานสิบหก
7	00000000000000000111 ₂	0007 ₁₆
8	00000000000000000100 ₂	0008 ₁₆
15	00000000000000001111 ₂	000F ₁₆
16	00000000000000001000 ₂	0010 ₁₆
255	00000000000111111111 ₂	00FF ₁₆
256	0000000100000000 ₂	0100 ₁₆
65535	11111111111111111111 ₂	FFFF ₁₆
65536	11111111111111111111 ₂	FFFF ₁₆

→ ค่ามากสุดตั้ง 65535
(ใช้บีบ 16 บิต)

- จงแปลงเลขจำนวนเต็มฐานสิบต่อไปนี้ให้เป็นเลขจำนวนเต็มฐานสองและฐานสิบหกชนิดมีเครื่องหมายแบบ 2's Complement ความยาว 16 บิตแล้วบันทึกผลลัพธ์ที่ได้ลงในตาราง

ฐานสิบ	ฐานสอง	ฐานสิบหก
+1	000000000000000001 ₂	0001 ₁₆
-1	111111111111111111 ₂	FFFF ₁₆
+15	00000000000000001111 ₂	000F ₁₆
-16	111111111111110000 ₂	FFF0 ₁₆
+255	000000001111111111 ₂	00FF ₁₆
-256	1111111100000000 ₂	FF00 ₁₆
+65535	011111111111111111 ₂	7FFF ₁₆
-65536	1000000000000000 ₂	8000 ₁₆

→ ค่ามากที่สุด 32767
→ ค่าน้อยที่สุด -32768

- จงบวกเลข 2's Complement ต่อไปนี้ แล้วบันทึกผลลัพธ์เป็นฐานสองความยาว 16 บิต ฐานสิบหกฐานสิบ โอลูมินาล์หรือไม่ และอธิบายเหตุผลว่าทำไมจึงไม่ตรงกัน

1000 0000 0000 0000
0000 1111 0000 0000
1000 0000 0000 0000

- $1000|0000|0000|0000 + 0000|0000|0000|0001$

- ผลลัพธ์ = 1 0000000000000001₂

- ผลลัพธ์ = 8001₁₆

- ผลลัพธ์ = -32767₁₀

- โอลูมินาล์

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

- $1000000000000000 + 1000000000000000$

- ผลลัพธ์ = 0000000000000000₂

- ผลลัพธ์ = 0000₁₆

- ผลลัพธ์ = 0 0 0 0 0 ₁₀

- โอเวอร์เฟล์วหรือไม่..... To ဟองโน่ง

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

• 1000000000000000 - 00000000000000001

+ 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1

- ผลลัพธ์ = 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 ₂

- ผลลัพธ์ = 3 F F F ₁₆

- ผลลัพธ์ = 3 2 7 6 7 ₁₀ To ဟองโน่ง

- โอเวอร์เฟล์วหรือไม่..... To ဟองโน่ง

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

• 1000000000000000 - 1000000000000000

+ 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

- ผลลัพธ์ = 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 ₂

- ผลลัพธ์ = 0 0 0 0 ₁₆

- ผลลัพธ์ = 0 0 0 0 0 ₁₀ To ဟองโน่ง

- โอเวอร์เฟล์วหรือไม่..... To ဟองโน่ง

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

A.2 การแปลงและคณิตศาสตร์เลขทศนิยมฐานสองมาตรฐาน IEEE754

การทดลองเพื่อให้เข้าใจการแปลงเลขทศนิยมฐานสิบให้เป็นเลขฐานสองตามรูปแบบและฝึกการคำนวณโดยใช้คณิตศาสตร์มาตรฐาน IEEE754 Single Precision มีความสอดคล้องกับเนื้อหาในหัวข้อที่ 2.6

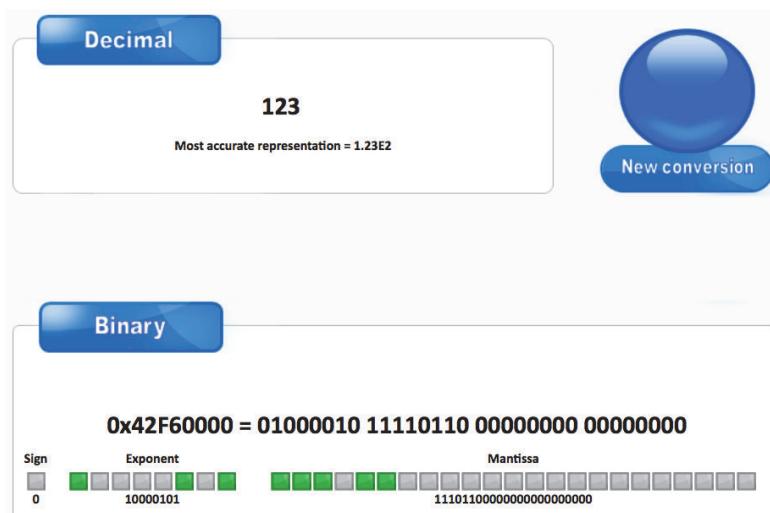
A.2.1 เลขทศนิยมชนิดจุดลอยตัวมาตรฐาน IEEE754 Single-Precision

การทดลองนี้จะเน้นที่การแปลงเลขทศนิยมฐานสิบให้เป็นเลขทศนิยมฐานสองชนิดจุดลอยตัว สอดคล้องกับเนื้อหาในหัวข้อที่ 2.6 ในรูปแบบ Single Precision โดยผ่านเว็บเบราว์เซอร์ที่ผู้อ่านนัด 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

การเรียงตัวของผลลัพธ์เลขฐานสิบหากทางซ้ายมีมาจากเลขฐานสองทางขวาเมื่อ ซึ่งเกิดจากบิตข้อมูลทั้งหมด 32 บิตตามรูปแบบของมาตรฐาน IEEE754 ชนิด Single Precision โปรดสังเกต กล่องสี่เหลี่ยมสีเขียวตรงกับบิตที่เป็น '1' กล่องสีเทาตรงกับบิตที่เป็น '0' 0x หมายถึง เลขฐานสิบหกแสดงวิธีทำตามสมการที่ (2.67) เพื่อแปลงเลขให้ตรงตามรูป

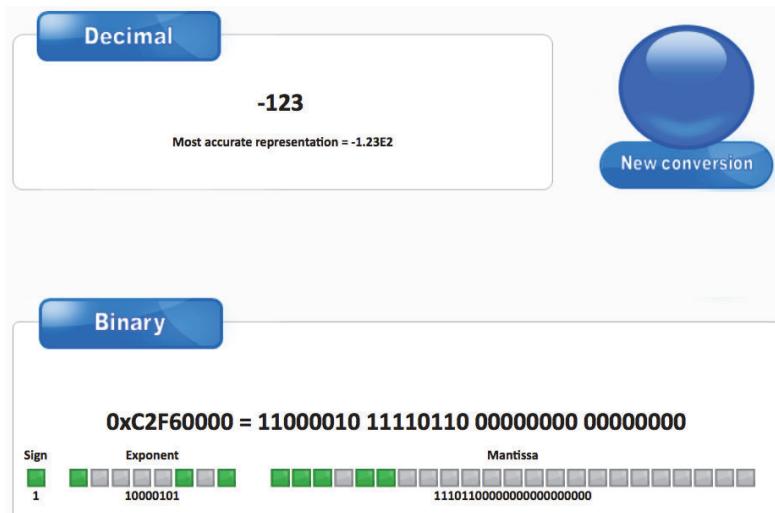
$$S=0$$

$$E_{true} = 1000\ 0101 - E_{bias} = 133 - 127 = b$$

$$y = 111011$$

$$\begin{aligned} x_{10, \text{IEEE}} &= (-1)^0 \times (1 + .111011_2) \times 2^b \\ &= 1 \times (1.111011_2) \times 2^b \\ &= 1111011_2 = 64 + 32 + 16 + 8 + 2 + 1 \\ &= 123.0_{10} \end{aligned}$$

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



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

โปรดสังเกตตำแหน่งของก้อนสีเหลี่ยมหรือสีเทาที่ตรงกับบิต Sign Exponent และ Mantissa ดังนั้น เราจะเห็นได้ว่าเฉพาะ Sign ที่มีการเปลี่ยนแปลงแสดงวิธีทำการคำนวณตามสมการที่ (2.67) เพื่อแปลงเลขให้ตรงตามรูป

$$S = 1$$

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

$$y = 111011$$

$$\begin{aligned}
 x_{10, \text{IEEE}} &= (-1)^1 \times (1 + .111011_2) \times 2^6 \\
 &= (-1) \times (1.111011_2) \times 2^6 \\
 &= (-1) \times 1111011_2 = (-1)(64 + 32 + 16 + 8 + 2 + 1) \\
 &= -123.0_{10} \quad \text{※}
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 S &= 1 \\
 E_{\text{true}} &= 10001100 - E_{b.2s} = 140 - 127 = 13 \\
 y &= 1101100011001 \\
 x_{10, \text{IEEE}} &= (-1)^1 \times (1 + .1101100011001_2) \times 2^{13} \\
 &= (-1) \times (1.1101100011001_2) \times 2^{13} \\
 &= (-1) \times (11101100011001_2) \\
 &= (-1) \times (15129.0_{10}) \\
 &= -15129.0_{10} \quad *
 \end{aligned}$$

A.2.2 กิจกรรมท้ายการทดลอง

จงใช้ลิงก์ของเว็บเพจต่อไปนี้ในการตอบคำถาม

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

The screenshot shows the 'Tools & Thoughts' section with the title 'IEEE-754 Floating Point Converter'. It includes a note about translations to German ('Translations: de'). Below this, a detailed IEEE 754 Converter (JavaScript) interface is shown. The 'Value:' field is set to '+1'. The 'Encoded as:' field shows the binary representation of +1 in IEEE754 format: Sign=0, Exponent=0, and Mantissa=0.0 (denormalized). The 'Binary' field shows the raw binary digits. Below the converter, there are fields for 'You entered' (0), 'Value actually stored in float' (0), 'Error due to conversion' (0), 'Binary Representation' (00000000000000000000000000000000), and 'Hexadecimal Representation' (0x00000000).

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

โดยแสดงวิธีทำการทดลองในหัวข้อที่ 2.6 และตรวจสอบตามวิธีทำการทดลองที่ได้ทำไป และบันทึกผลลัพธ์ลงบนseen ประจำที่จัดไว้ให้เท่านั้น ผู้อ่านสามารถกดเปลี่ยนเครื่องหมายถูก ซึ่งแทนลอจิก 1 หากไม่มีเครื่องหมายถูกแทนลอจิก 0 ยกตัวอย่างเช่น

1. จงสร้างเลขทศนิยมฐานสอง IEEE754 ที่มีค่าเท่ากับ -0.0_{10} โดยการกดเลือกปุ่มสี่เหลี่ยมในส่วน 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 ₂

ฐานสิบหก = 8 0 0 0 0 0 0 0 ₁₆

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

ความผิดพลาด (Error due to conversion)..... 0.0

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

ฐานสิบหก = B F 8 0 0 0 0 0 ₁₆

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

ความผิดพลาด (Error due to conversion)..... 0.0

3. จงสร้างเลขทศนิยมฐานสอง IEEE754 ที่มีค่าเท่ากับ -1.55_{10} หรือ $1.55e0$ โดยการกดเลือกปุ่มสี่เหลี่ยม ในส่วน Mantissa เท่านั้น ต่อจากข้อที่แล้ว

$$\text{เลขฐานสอง} = 10111111110001100110011001100110_2$$

$$\text{ฐานสิบหก} = \underline{\text{B}} \quad \underline{\text{F}} \quad \underline{\text{C}} \quad \underline{\text{6}} \quad \underline{\text{6}} \quad \underline{\text{6}} \quad \underline{\text{6}}^{16}$$

ค่าฐานสิบที่จัดเก็บ (Value actually stored in float)... -1.54999952316284179675

ความผิดพลาด (Error due to conversion)... $4.76637158209125 \times 10^{-9}$

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

$$\text{เลขฐานสอง} = 000000000100000000000000000000000000_2$$

$$\text{ฐานสิบหก} = \underline{0} \quad \underline{0} \quad \underline{8} \quad \underline{0} \quad \underline{0} \quad \underline{0} \quad \underline{0}^{16}$$

ค่าฐานสิบที่จัดเก็บ (Value actually stored in float)... 1.17549435092

ความผิดพลาด (Error due to conversion)... $2.21750796736 \times 10^{-50}$

5. จงสร้างเลขทศนิยมฐานสอง IEEE754 ที่มีค่าเท่ากับ $1.17549421069 \times 10^{-38}$ หรือ $1.17549421069e-38$ ซึ่งอยู่ในรูป ดีนอร์มัลไลซ์ (Denormalize) เพราะมีค่าน้อยกว่าค่าน้อยกว่าค่าที่ต้องการที่สุด

$$\text{เลขฐานสอง} = 000000000011111111111111111111_2$$

$$\text{ฐานสิบหก} = \underline{0} \quad \underline{0} \quad \underline{7} \quad \underline{F} \quad \underline{F} \quad \underline{F} \quad \underline{F} \quad \underline{F}^{16}$$

ค่าฐานสิบที่จัดเก็บ (Value actually stored in float)... 1.17549421069

ความผิดพลาด (Error due to conversion)... $2.4416751970294446492267346827 \times 10^{-50}$

6. จงสร้างเลขทศนิยมฐานสอง IEEE754 ที่มีค่าเท่ากับ $1.40129846432 \times 10^{-45}$ หรือ $1.40129846432e-45$ ซึ่งอยู่ในรูป ดีนอร์มัลไลซ์ (Denormalize) และต่ำที่สุด

$$\text{เลขฐานสอง} = 000000000000000000000000000000000001_2$$

$$\text{ฐานสิบหก} = \underline{0} \quad \underline{1}^{16}$$

ค่าฐานสิบที่จัดเก็บ (Value actually stored in float)... 1.40129846432

ความผิดพลาด (Error due to conversion)... $4.617070923729 \times 10^{-57}$

7. จงสร้างเลขทศนิยมฐานสอง IEEE754 ที่มีค่าเท่ากับ 1.0×10^{-46} หรือ $1e-46$ ซึ่งอยู่ในรูป ดีนอร์มัลไลซ์ (Denormalize) และจัดเก็บด้วยค่า 0.0 แทน

$$\text{เลขฐานสอง} = 000000000000000000000000000000000000_2$$

$$\text{ฐานสิบหก} = \underline{0} \quad \underline{0}^{16}$$

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

ความผิดพลาด (Error due to conversion)... -1.0×10^{-46}

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

$$\text{เลขฐานสอง} = 01111111011111111111111111111111_2$$

$$\text{ฐานสิบหก} = \underline{7} \quad \underline{E} \quad \underline{7} \quad \underline{F} \quad \underline{F} \quad \underline{F} \quad \underline{F} \quad \underline{F}^{16}$$

ค่าฐานสิบที่จัดเก็บ (Value actually stored in float)... $34028234633328859811754183434$

516925440

ความผิดพลาด (Error due to conversion)...-14711401882959165154 83074560

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

เลขฐานสอง = 01111111000000000000000000000000₂

ฐานสิบหก = 7 F 8 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0₁₆

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

ความผิดพลาด (Error due to conversion)...Infinity

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

เลขฐานสอง = 01111111111111111111111111111111₂

ฐานสิบหก = 7 F F F F F F F F F F F F F F F F₁₆

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

ความผิดพลาด (Error due to conversion)...-

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> ที่มีนักพัฒนาเพื่อเผยแพร่ความรู้เป็นวิทยาทานเช่นเดียวกับเว็บที่ได้ทดลองมา

1. เปิดเว็บตามลิงก์ต่อไปนี้ หรือ กดปุ่มช่วยบนชื่อลิงก์ <https://www.branah.com/ascii-converter>

2. กรอกข้อความต่อไปนี้ ลงในกล่องข้อความ ASCII

ໄ ຖ ຍ ກ ຂ a b c

โปรดสังเกต ระหว่างตัวอักษรเมื่อซ่องว่าง 1 ตัวอักษรเสมอ

3. กดปุ่ม Convert ช่วยบนสุด จะได้ผลลัพธ์ดังรูปต่อไปนี้

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

The screenshot shows a web-based ASCII converter tool with four main tabs:

- ASCII (Example: a b c)**: Input: ไทย ก ข ค a b c. Buttons: Convert, Add spaces, Remove spaces, Convert white space characters.
- Hex (Example: 0x61 0x62 0x63)**: Input: e44 e17 e22 e01 e02 e04 61 62 63. Buttons: Convert, Add spaces, Remove spaces, Convert white space characters, Remove 0x (checked).
- Decimal (Example: 97 98 99)**: Input: 3652 3607 3618 3585 3586 3588 097 098 099. Buttons: Convert.
- Binary (Example: 01100001 01100010 01100011)**: Input: 111001000100 111000010111 111000100010 111000000001 111000000010 111000000100 01100001 01100010 01100011. Buttons: Convert.
- Base64 (Example: YSBiIGM=)**: Input: RCAXIClgASACIAQgYSBiGM=. Buttons: Convert.

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 0 - ๙
3. จงเปิดเว็บที่มีข้อความภาษาไทย เช่น เรื่องข่าว แล้วทดลองเปลี่ยนการนำเสนอแบบเพื่อ View source เช่น Google Chrome ใช้เมนู Tool->View Source แล้ว Find หรือกดปุ่ม CTRL-F คำว่า charset ว่า มีค่าเท่ากับ utf-8 หรือไม่ เพราะเหตุใด

1. คุณต้อง ASCII ที่ต้องการมาบวก 10 จนถึงลักษณะ 4 ให้มีบิ๊กเอนดิแอน หมายความว่า
ต้อง 0 ซึ่งรหัส ASCII คือ 48
2. คุณต้อง ASCII ที่ต้องการลบ 10 จนถึงลักษณะ 3664 ให้มีบิ๊กเอนดิแอน หมายความว่า
ต้อง 0 ซึ่งรหัส ASCII คือ 3664
3. ค่า charset = utf-8 หมายความว่ารหัส ASCII จะใช้ utf-8 เนื่องจากต้องมา - จัดหน้าที่
คุณต้องมีสักก้อน 1 byte ตามไปเมื่อเป็นสอง