

Trabajo Práctico N° 2:

Sistema de Numeración en Punto Flotante.

Ejercicio 1.

Considerando el sistema de Punto Flotante cuya mantisa es fraccionaria, con 6 bits, está expresada en BSS (en el inciso a) o BCS (en el inciso b) y su exponente en BCS con 4 bits, escribir el significado de las siguientes cadenas de bits (mantisa a la izquierda):

Cadena	(a) Mantisa en BSS	(b) Mantisa en BCS
010111 0110	$010111 * 2^{0110} = (2^{-2} + 2^{-4} + 2^{-5} + 2^{-6}) * 2^6 = 2^4 + 2^2 + 2 + 1 = 23$	$010111 * 2^{0110} = (2^{-1} + 2^{-3} + 2^{-4} + 2^{-5}) * 2^6 = 2^5 + 2^3 + 2^2 + 2 = 46$
000001 0000	$000001 * 2^{0000} = 2^{-6} * 2^0 = \frac{1}{64} * 1 = \frac{1}{64}$	$000001 * 2^{0000} = 2^{-5} * 2^0 = \frac{1}{32} * 1 = \frac{1}{32}$
000011 1001	$000011 * 2^{1001} = (2^{-5} + 2^{-6}) * 2^{-1} = 2^{-6} + 2^{-7} = \frac{1}{128} (2 + 1) = \frac{3}{128}$	$000011 * 2^{1001} = (2^{-4} + 2^{-5}) * 2^{-1} = 2^{-5} + 2^{-6} = \frac{1}{64} (2 + 1) = \frac{3}{64}$
111111 1111	$111111 * 2^{1111} = (1 - 2^{-6}) * 2^{-7} = 2^{-7} - 2^{-13} = \frac{1}{8192} (64 + 1) = \frac{65}{8192}$	$111111 * 2^{1111} = (1 - 2^{-5}) * 2^{-7} = 2^{-7} - 2^{-12} = \frac{1}{4096} (32 + 1) = \frac{33}{4096}$
000000 0000	$000000 * 2^{0000} = 0 * 2^0 = 0 * 1 = 0$	$000000 * 2^{0000} = 0 * 2^0 = 0 * 1 = 0$
000000 1111	$000000 * 2^{1111} = 0 * 2^{-7} = 0$	$000000 * 2^{1111} = 0 * 2^{-7} = 0$
111111 0000	$111111 * 2^{0000} = (1 - 2^{-6}) * 2^0 = (1 - \frac{1}{64}) * 1 = \frac{63}{64}$	$111111 * 2^{0000} = -(1 - 2^{-5}) * 2^0 = -(1 - \frac{1}{32}) * 1 = -\frac{31}{32}$
100000 0000	$100000 * 2^{0000} = 2^{-1} * 2^0 = \frac{1}{2} * 1 = \frac{1}{2}$	$100000 * 2^{0000} = -2^{-1} * 2^0 = -\frac{1}{2} * 1 = -\frac{1}{2}$
000001 1111	$000001 * 2^{1111} = 2^{-6} * 2^{-7} = 2^{-13} = \frac{1}{8192}$	$000001 * 2^{1111} = 2^{-5} * 2^{-7} = 2^{-12} = \frac{1}{4096}$

Ejercicio 2.

Dado un sistema de Punto Flotante cuya mantisa es fraccionaria, está expresada en BCS con 5 bits y su exponente en BSS con 3 bits, interpretar las siguientes cadenas considerando que la mantisa está sin normalizar, normalizada o normalizada con bit implícito. Identificar aquellas cadenas que no pueden ser interpretadas y mencionar por qué.

Cadena	Sin normalizar	Normalizada	Normalizada con bit implícito
01000 111	$0\ 1000 * 2^{111} = 2^{-1} * 2^7 = 2^6 = 64$	$0\ 1000 * 2^{111} = 2^{-1} * 2^7 = 2^6 = 64$	$0\ [1]1000 * 2^{111} = (2^{-1} + 2^{-2}) * 2^7 = 2^6 + 2^5 = 64 + 32 = 96$
11000 011	$1\ 1000 * 2^{011} = -2^{-1} * 2^3 = -2^2 = -4$	$1\ 1000 * 2^{011} = -2^{-1} * 2^3 = -2^2 = -4$	$1\ [1]1000 * 2^{011} = -(2^{-1} + 2^{-2}) * 2^3 = -(2^2 + 2) = -(4 + 2) = -6$
00000 000	$0\ 0000 * 2^{000} = 0 * 2^0 = 0 * 1 = 0$	---	$0\ [1]0000 * 2^{000} = 2^{-1} * 2^0 = 0,5 * 1 = 0,5$
11111 111	$1\ 1111 * 2^{111} = -(1 - 2^{-4}) * 2^7 = -(2^7 - 2^3) = -(128 - 8) = -120$	$1\ 1111 * 2^{111} = -(1 - 2^{-4}) * 2^7 = -(2^7 - 2^3) = -(128 - 8) = -120$	$1\ [1]1111 * 2^{111} = -(1 - 2^{-5}) * 2^7 = -(2^7 - 2^2) = -(128 - 4) = -124$

Ejercicio 3.

Calcular rango y resolución en extremos inferior negativo, superior negativo, inferior positivo y superior positivo para los siguientes sistemas de representación en punto flotante:

Observar que:

- En las mantisas BSS, no se puede expresar números negativos, con lo que, aún con exponente negativo, expresaremos un número positivo por un factor de escala menor a 1, pero también positivo. Ejemplo: $2 * 2^{-4} = 0,125$.
- Las mantisas fraccionarias suponen el punto al principio de la mantisa.
- Los exponentes negativos indican factores de escala menores a 1 que mejoran la resolución.
- Mantisa normalizada implica que empieza con 1, o sea mantisa mínima 0,1 para la fraccionaria, igual a 0,5 en decimal. Esto hace que no se pueda representar el 0.
- Mantisa normalizada con bit implícito, significa agregar un 1 al principio de la misma al interpretarla. Ejemplo: 00000 se interpreta 0,100000 o 0,5 en base 10.

(a) Mantisa fraccionaria en BSS de 8 bits y exponente en BSS 4 bits.

$$\text{Rango} = [00000000 * 2^{0000}, 11111111 * 2^{1111}]$$

$$\text{Rango} = [0 * 2^0; (1 - 2^{-8}) * 2^{15}]$$

$$\text{Rango} = [0 * 1; (2^{15} - 2^7)]$$

$$\text{Rango} = [0; 32640].$$

$$\text{Resolución en el extremo inferior} = 2^{-8} * 2^0 = 2^{-8} * 1 = 2^{-8} = \frac{1}{256}.$$

$$\text{Resolución en el extremo superior} = 2^{-8} * 2^{15} = 2^7 = 128.$$

(b) Mantisa fraccionaria normalizada en BSS de 15 bits y exponente en CAI 10 bits.

$$\text{Rango} = [100000000000000 * 2^{1000000000}, 111111111111111 * 2^{0111111111}]$$

$$\text{Rango} = [0,5 * 2^{-511}; (1 - 2^{-15}) * 2^{511}]$$

$$\text{Rango} = [0,5 * 2^{-511}; (2^{511} - 2^{496})].$$

$$\text{Resolución en el extremo inferior} = 2^{-15} * 2^{-511} = 2^{-526}.$$

$$\text{Resolución en el extremo superior} = 2^{-15} * 2^{511} = 2^{496}.$$

(c) Mantisa fraccionaria normalizada con bit implícito en BCS de 15 bits y exponente en Exceso 5 bits.

$$\text{Rango negativo} = [1 [1]111111111111111 * 2^{11111}; 1 [1]000000000000000 * 2^{00000}]$$

$$\text{Rango negativo} = [-(1 - 2^{-15}) * 2^{15}; -2^{-1} * 2^{-16}]$$

$$\text{Rango negativo} = [-(2^{15} - 1); -2^{-17}].$$

Rango positivo = $[0 [1]0000000000000000 * 2^{00000}; 0 [1]1111111111111111 * 2^{11111}]$

Rango positivo = $[2^{-1} * 2^{-16}; (1 - 2^{-15}) * 2^{15}]$

Rango positivo = $[2^{-17}; (2^{15} - 1)]$.

Resolución en el extremo superior negativo / extremo inferior positivo = $2^{-15} * 2^{-16} = 2^{-31}$.

Resolución en el extremo inferior negativo / extremo superior positivo = $2^{-15} * 2^{15} = 1$.

(d) *Mantisa fraccionaria normalizada con bit implícito en BCS de N bits y exponente en CA2 de M bits.*

Rango negativo = $[-(1 - 2^{-N}) * 2^{2^{M-1}-1}; -2^{-1} * 2^{-2^{M-1}}]$.

Rango positivo = $[2^{-1} * 2^{-2^{M-1}}; (1 - 2^{-N}) * 2^{2^{M-1}-1}]$.

Resolución en el extremo superior negativo / extremo inferior positivo = $2^{-N} * 2^{-2^{M-1}}$.

Resolución en el extremo inferior negativo / extremo superior positivo = $2^{-N} * 2^{2^{M-1}-1}$.

Ejercicio 4.

Dado un sistema de Punto Flotante cuya mantisa es fraccionaria, está expresada en BCS con 10 bits y su exponente en CA2 con 5 bits, obtener la representación de los siguientes números, considerando que la mantisa está sin normalizar, normalizada o normalizada con bit implícito.

Cadena	Sin normalizar	Normalizada	Normalizada con bit implícito
0	$0\ 000000000\ * 2^{00000}$	---	---
1	$0\ 100000000\ * 2^{00001}=$ $0\ 010000000\ * 2^{00010}=$ $0\ 001000000\ * 2^{00011}\ \dots$	$0\ 100000000\ * 2^{00001}$	$0\ [1]000000000\ * 2^{00001}$
9	$0\ 100100000\ * 2^{00100}=$ $0\ 010010000\ * 2^{00101}=$ $0\ 001001000\ * 2^{00110}\ \dots$	$0\ 100100000\ * 2^{00100}$	$0\ [1]001000000\ * 2^{00100}$
-5,0625	$1\ 101000100\ * 2^{00011}=$ $1\ 010100010\ * 2^{00100}=$ $1\ 001010001\ * 2^{00101}\ \dots$	$1\ 101000100\ * 2^{00011}$	$1\ [1]010001000\ * 2^{00011}$
34000,5	---	---	---
0,015625	$0\ 000001000\ * 2^{00000}=$ $0\ 000010000\ * 2^{11111}=$ $0\ 000100000\ * 2^{11110}\ \dots$	$0\ 100000000\ * 2^{11011}$	$0\ [1]000000000\ * 2^{11011}$
Número máximo	$0\ 111111111\ * 2^{01111} = (1 - 2^{-9})\ * 2^{15} = 2^{15} - 2^6 = 32704$	$0\ 111111111\ * 2^{01111} = (1 - 2^{-9})\ * 2^{15} = 2^{15} - 2^6 = 32704$	$0\ [1]111111111\ * 2^{01111} = (1 - 2^{-10})\ * 2^{15} = 2^{15} - 2^5 = 32736$
Número mínimo	$1\ 111111111\ * 2^{01111} = -(1 - 2^{-9})\ * 2^{15} = -(2^{15} - 2^6) = -32704$	$1\ 111111111\ * 2^{01111} = -(1 - 2^{-9})\ * 2^{15} = -(2^{15} - 2^6) = -32704$	$1\ [1]111111111\ * 2^{01111} = -(1 - 2^{-10})\ * 2^{15} = -(2^{15} - 2^5) = -32736$

Ejercicio 5.

Decir cómo influyen las siguientes variantes en el rango y resolución:

(a) *Mantisa con signo y sin signo.*

Mantisa con signo (supongo mantisa entera y exponente en BCS):

$$\text{Rango} = [-(2^{M-1} - 1) * 2^{2^{E-1}-1}; (2^{M-1} - 1) * 2^{2^{E-1}-1}].$$

$$\text{Resolución en el extremo inferior} = 2^0 * 2^{-(2^{E-1}-1)}.$$

$$\text{Resolución en el extremo superior} = 2^0 * 2^{2^{E-1}-1}.$$

Mantisa sin signo (supongo mantisa entera y exponente en BCS):

$$\text{Rango} = [0; (2^M - 1) * 2^{2^{E-1}-1}].$$

$$\text{Resolución en el extremo inferior} = 2^0 * 2^{-(2^{E-1}-1)}.$$

$$\text{Resolución en el extremo superior} = 2^0 * 2^{2^{E-1}-1}.$$

(b) *Exponente con signo y sin signo.*

Exponente con signo (supongo mantisa entera y en BCS):

$$\text{Rango} = [-(2^{M-1} - 1) * 2^{2^{E-1}-1}; (2^{M-1} - 1) * 2^{2^{E-1}-1}].$$

$$\text{Resolución en el extremo inferior} = 2^0 * 2^{-(2^{E-1}-1)}.$$

$$\text{Resolución en el extremo superior} = 2^0 * 2^{2^{E-1}-1}.$$

Exponente sin signo (supongo mantisa entera y en BCS):

$$\text{Rango} = [-(2^{M-1} - 1) * 2^{2^E-1}; (2^{M-1} - 1) * 2^{2^E-1}].$$

$$\text{Resolución en el extremo inferior} = 2^0 * 2^0.$$

$$\text{Resolución en el extremo superior} = 2^0 * 2^{2^E-1}.$$

(c) *Tamaño de mantisa.*

Supongo mantisa entera en BCS y exponente en BCS:

$$\text{Rango} = [-(2^{M-1} - 1) * 2^{2^{E-1}-1}; (2^{M-1} - 1) * 2^{2^{E-1}-1}].$$

$$\text{Resolución en el extremo inferior} = 2^0 * 2^{-(2^{E-1}-1)}.$$

$$\text{Resolución en el extremo superior} = 2^0 * 2^{2^{E-1}-1}.$$

(d) *Tamaño de exponente.*

Supongo mantisa entera en BCS y exponente en BCS:

$$\text{Rango} = [-(2^{M-1} - 1) * 2^{2^{E-1}-1}; (2^{M-1} - 1) * 2^{2^{E-1}-1}].$$

$$\text{Resolución en el extremo inferior} = 2^0 * 2^{-(2^{E-1}-1)}.$$

$$\text{Resolución en el extremo superior} = 2^0 * 2^{2^{E-1}-1}.$$

(e) Mantisa fraccionaria, fraccionaria normalizada y fraccionaria normalizada con bit implícito.

Mantisa fraccionaria (supongo mantisa y exponente en BCS):

$$\text{Rango} = [-(1 - 2^{-(M-1)}) * 2^{2^{E-1}-1}; (1 - 2^{-(M-1)}) * 2^{2^{E-1}-1}].$$

$$\text{Resolución en el extremo inferior} = 2^{-(M-1)} * 2^{-(2^{E-1}-1)}.$$

$$\text{Resolución en el extremo superior} = 2^{-(M-1)} * 2^{2^{E-1}-1}.$$

Mantisa fraccionaria normalizada (supongo mantisa y exponente en BCS):

$$\text{Rango negativo} = [-(1 - 2^{-(M-1)}) * 2^{2^{E-1}-1}; -2^{-(M-1)} * 2^{-(2^{E-1}-1)}].$$

$$\text{Rango positivo} = [2^{-(M-1)} * 2^{-(2^{E-1}-1)}; (1 - 2^{-(M-1)}) * 2^{2^{E-1}-1}].$$

$$\text{Resolución en el extremo superior negativo / extremo inferior positivo} = 2^{-(M-1)} * 2^{-(2^{E-1}-1)}.$$

$$\text{Resolución en el extremo inferior negativo / extremo superior positivo} = 2^{-(M-1)} * 2^{2^{E-1}-1}.$$

Mantisa fraccionaria normalizada con bit implícito (supongo mantisa y exponente en BCS):

$$\text{Rango negativo} = [-(1 - 2^{-M}) * 2^{2^{E-1}-1}; -2^{-M} * 2^{-(2^{E-1}-1)}].$$

$$\text{Rango positivo} = [2^{-M} * 2^{-(2^{E-1}-1)}; (1 - 2^{-M}) * 2^{2^{E-1}-1}].$$

$$\text{Resolución en el extremo superior negativo / extremo inferior positivo} = 2^{-M} * 2^{-(2^{E-1}-1)}.$$

$$\text{Resolución en el extremo inferior negativo / extremo superior positivo} = 2^{-M} * 2^{2^{E-1}-1}.$$

Ejercicio 6.

Efectuar las siguientes sumas para un sistema de punto flotante con mantisa en BSS de 8 bits y exponente en BCS de 8 bits. Observar que los factores de escala deben ser los mismos, sino se sumarían dos mantisas con pesos distintos (recordar que se puede correr los unos y sumar o restar este corrimiento al exponente para obtener una cadena equivalente).

(a) 00001111 00000011 + 00001000 00000010.

Opción 1:

00001111 00000011 +
00001000 00000010 =

00001111 00000011 +
00000100 00000011 =

00010011 00000011 = $19 * 2^3 = 19 * 8 = 152$.

Opción 2:

00001111 00000011 +
00001000 00000010 =

00011110 00000010 +
00001000 00000010 =

00100110 00000010 = $38 * 2^2 = 38 * 4 = 152$.

(b) 01111111 00000000 + 11111100 10000001.

Opción 1:

01111111 00000000 +
11111100 10000001 =

01111111 00000000 +
01111110 00000000 =

11111101 00000000 = $253 * 2^0 = 253 * 1 = 253$.

Opción 2:

01111111 00000000 +
11111100 10000001 =

$$\begin{array}{r} 11111110\ 10000001 + \\ 11111100\ 10000001 = \end{array}$$

$$[1]11111010\ 10000001 =$$

$$11111101\ 00000000 = 253 * 2^0 = 253 * 1 = 253.$$

(c) $00000001\ 00000111 + 00011100\ 00000000.$

Opción 1:

$$\begin{array}{r} 00000001\ 00000111 + \\ 00011100\ 00000000 = \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 10000000\ 00000000 + \\ 00011100\ 00000000 = \end{array}$$

$$10011100\ 00000000 = 156 * 2^0 = 156 * 1 = 156.$$

Opción 2:

$$\begin{array}{r} 00000001\ 00000111 + \\ 00011100\ 00000000 = \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 00100000\ 00000010 + \\ 00000111\ 00000010 = \end{array}$$

$$00100111\ 00000010 = 39 * 2^2 = 39 * 4 = 156.$$

Ejercicio 7.

Suponiendo que los números que no son representables se aproximan al más próximo, obtener las representaciones o aproximaciones de los números 8.625, 0.4 y 2.5 en los sistemas.

Número	(a) Mantisa fraccionaria normalizada de 5 bits BSS y exponente de 4 bits CA2	(b) Mantisa fraccionaria normalizada de 10 bits BCS y exponente de 3 bits CA2
8,625	$10001 * 2^{0100} = 8,5$	$0\ 111111111 * 2^{011} = 7,984375$
0,4	$11010 * 2^{1111} = 0,40625$	$0\ 110011010 * 2^{111} = 0,400390625$
2,5	$10100 * 2^{0010} = 2,5$	$0\ 101000000 * 2^{010} = 2,5$

Ejercicio 8.

Se define *Error Absoluto* y *Error Relativo* de un número x en un sistema de la siguiente forma: $EA(x) = |x' - x|$ y $ER(x) = \frac{EA(x)}{x}$, donde x' es el número representable del sistema más próximo a x . Calcular los errores absolutos y relativos para los casos del ejercicio anterior.

Número	(a)		(b)	
	EA	ER	EA	ER
8,625	$ 8,5 - 8,625 = 0,125$	$\frac{0,125}{8,625} = 0,0145$	$ 7,984375 - 8,625 = 0,640625$	$\frac{0,640625}{8,625} = 0,0743$
0,4	$ 0,40625 - 0,4 = 0,00625$	$\frac{0,00625}{0,4} = 0,015625$	$ 0,400390625 - 0,4 = 0,000390625$	$\frac{0,000390625}{0,4} = 0,0009765625$
2,5	$ 2,5 - 2,5 = 0$	$\frac{0}{2,5} = 0$	$ 2,5 - 2,5 = 0$	$\frac{0}{2,5} = 0$

Ejercicio 9.

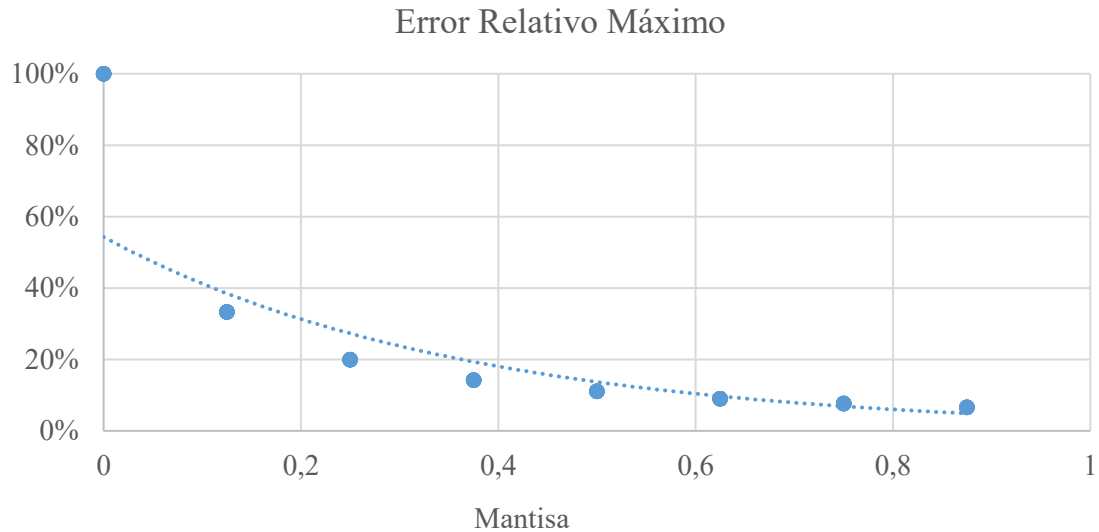
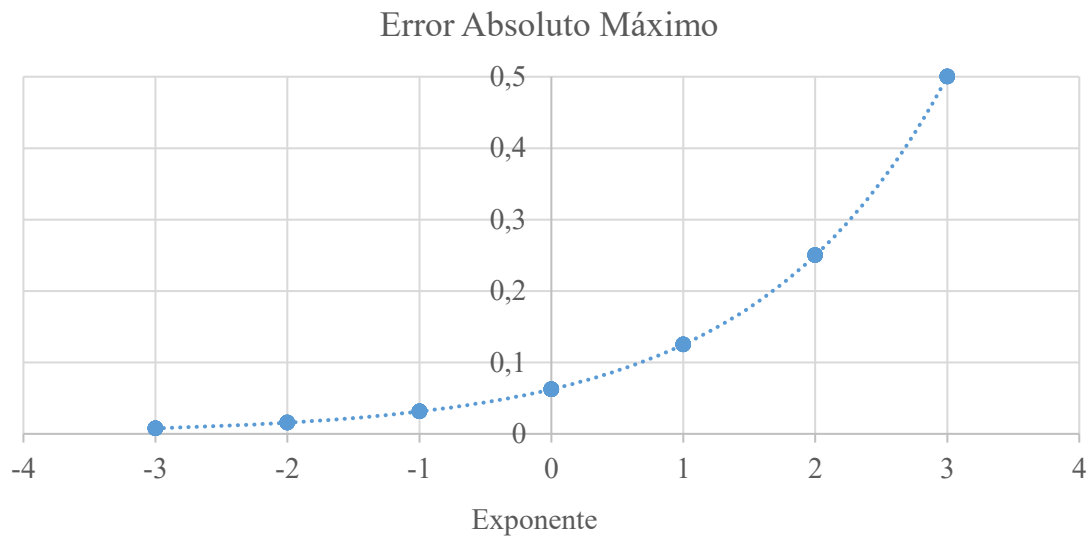
Considerando que, en los procesos de truncamiento o redondeo, la elección se basa en la representación más cercana, estimar el Error Absoluto Máximo cometido en las representaciones del ejercicio 7. Recordar que la distancia entre 2 representaciones sucesivas se conoce como resolución (R), por lo que $EAmáx \leq \frac{R}{2}$.

Número	EAmáx en (a)	EAmáx en (b)
8,625	$2^{-1} * 2^{-5} * 2^4 = 2^{-2} = 0,25$	---
0,4	$2^{-1} * 2^{-5} * 2^{-1} = 2^{-7} = 0,0078125$	$2^{-1} * 2^{-9} * 2^{-1} = 2^{-11} = 0,00048828125$
2,5	$2^{-1} * 2^{-5} * 2^2 = 2^{-4} = 0,0625$	$2^{-1} * 2^{-9} * 2^2 = 2^{-8} = 0,00390625$

Ejercicio 10.

Tomar un sistema de punto flotante cualquiera y dibujar la forma del gráfico de cada tipo de error en función del número que se quiere representar.

Supongo mantisa fraccionaria en BSS de 3 bits y exponente en BCS de 3 bits.



Ejercicio 11.

Detallar las características del estándar IEEE 754 para simple precisión y doble precisión.

Característica	Simple precisión	Doble precisión
Bits en signo	1	1
Bits en exponente	8	11
Bits en fracción	23	52
Total de bits	32	64
Exponente en exceso	127	1023
Rango de exponente	$[-126; 127]$	$[-1022; 1023]$
Rango de números	$[2^{-126}; 2^{128}]$	$[2^{-1022}; 2^{1024}]$

(g)

(h)

(i)

(j)

(k)

```
1 1111111111 11111000000000000000000000000000000000000000= NaN.
```


Ejercicio 13.

Hallar la representación en simple precisión del estándar IEEE 754 de los siguientes números: 1, 13, 257, -40000, 0.0625.

Número	Simple precisión del estándar IEEE 754
1	0 01111111 [1]000000000000000000000000
13	0 10000010 [1]101000000000000000000000
257	0 10000111 [1]000000001000000000000000
-40000	1 10001110 [1]001110001000000000000000
0,0625	0 01111011 [1]000000000000000000000000

Ejercicio 14.

Calcular rango y resolución en extremos inferior negativo y superior positivo para los sistemas de simple precisión y doble precisión del estándar IEEE 754. ¿Cuál es el menor número positivo distinto de “0” que se puede representar?

Característica	Simple precisión	Doble precisión
Rango negativo	$[-(2 - 2^{-23}) * 2^{127}; -2^{-23} * 2^{-126}]$	$[-(2 - 2^{-52}) * 2^{1023}; -2^{-52} * 2^{-1022}]$
Rango positivo	$[2^{-23} * 2^{-126}; (2 - 2^{-23}) * 2^{127}]$	$[2^{-52} * 2^{-1022}; (2 - 2^{-52}) * 2^{1023}]$
Resolución extremo inferior negativo	$2^{-23} * 2^{127}$	$2^{-52} * 2^{1023}$
Resolución extremo superior positivo	$2^{-23} * 2^{127}$	$2^{-52} * 2^{1023}$
Menor número positivo distinto de 0	$2^{-126} * 2^{-23}$	$2^{-1022} * 2^{-52}$

Ejercicio 15.

Efectuar las siguientes sumas (las cadenas son representaciones en el estándar IEEE 754):

(a) $00001111\ 010000000000000000000000 + 00010000\ 010000000000000000000000$.

$$00001111\ [1],010000000000000000000000 + \\ 00010000\ [1],010000000000000000000000 =$$

$$2^{-112}_{(10)} * [1],010000000000000000000000 + \\ 2^{-111}_{(10)} * [1],010000000000000000000000 =$$

$$2^{-112}_{(10)} * [1],010000000000000000000000 + \\ 2^{-112}_{(10)} * [1]\ 0,100000000000000000000000 =$$

$$2^{-112}_{(10)} * [1]1,110000000000000000000000 =$$

$$2^{-111}_{(10)} * [1],111000000000000000000000 = 1,875 * 2^{-111}.$$

(b) $11111111\ 101010101010101010101010 + 11111100\ 100000011111000001101010$.

$$11111111\ [1]101010101010101010101010 + \\ 11111100\ [1]100000011111000001101010 =$$

$$\text{NaN} + \\ 2^{125}_{(10)} * [1]100000011111000001101010 = \\ \text{NaN}.$$

Ejercicio 16.

En el estándar IEEE 754, ¿para qué sirve, cuando el exponente es 0 y la mantisa no es nula, que la mantisa no esté normalizada?

Cuando el exponente es 0 y la mantisa no es nula, que la mantisa no esté normalizada (desnormalizar) sirve para representar números por debajo de $2^{2^0 - \text{exceso}}$ y para garantizar la menor brecha entre el menor número normalizado y el mayor número desnormalizado.