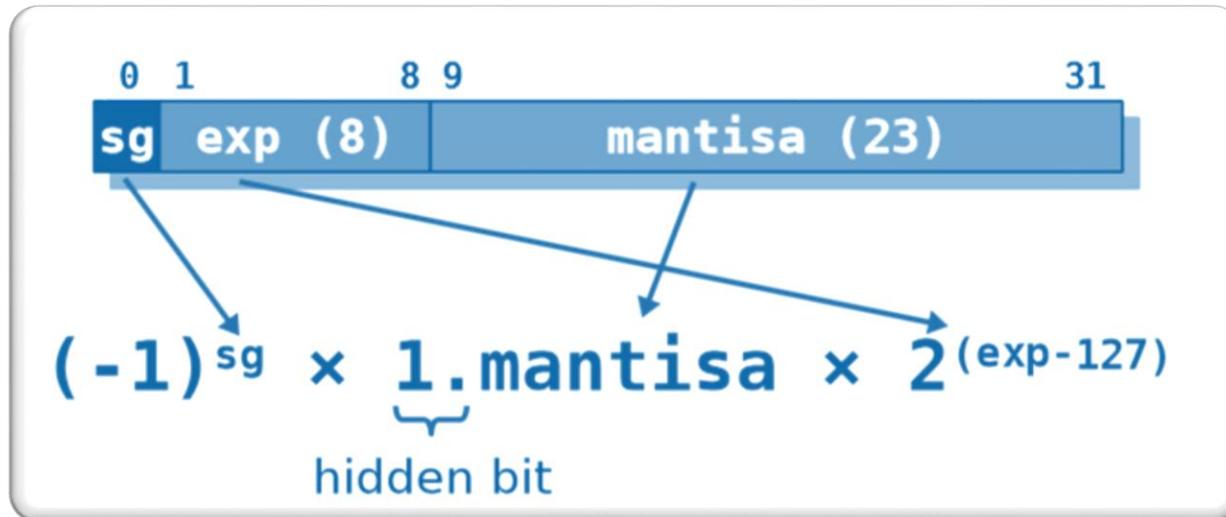


[Organización de Computadoras]



ARITMÉTICA DE PUNTO FLOTANTE (FLP):

NORMA IEEE-754: CARACTERÍSTICAS Y OPERACIONES.

Copyright

- Copyright © 2017-2022 Ing. [Federico Joaquín](#) (federico.joaquin@cs.uns.edu.ar)
- El uso total o parcial de este material está permitido siempre que se haga mención explícita de su fuente: **“Notas de Clase. Organización de Computadoras.” Federico Joaquín. Universidad Nacional del Sur. (c) 2017-2022.**
- Las presentes transparencias constituyen una guía acotada y simplificada de la temática abordada, y deben utilizarse únicamente como material adicional o de apoyo a la bibliografía indicada en el programa de la materia.

Complemente este documento con otros recursos online



Enlaces externos de interés

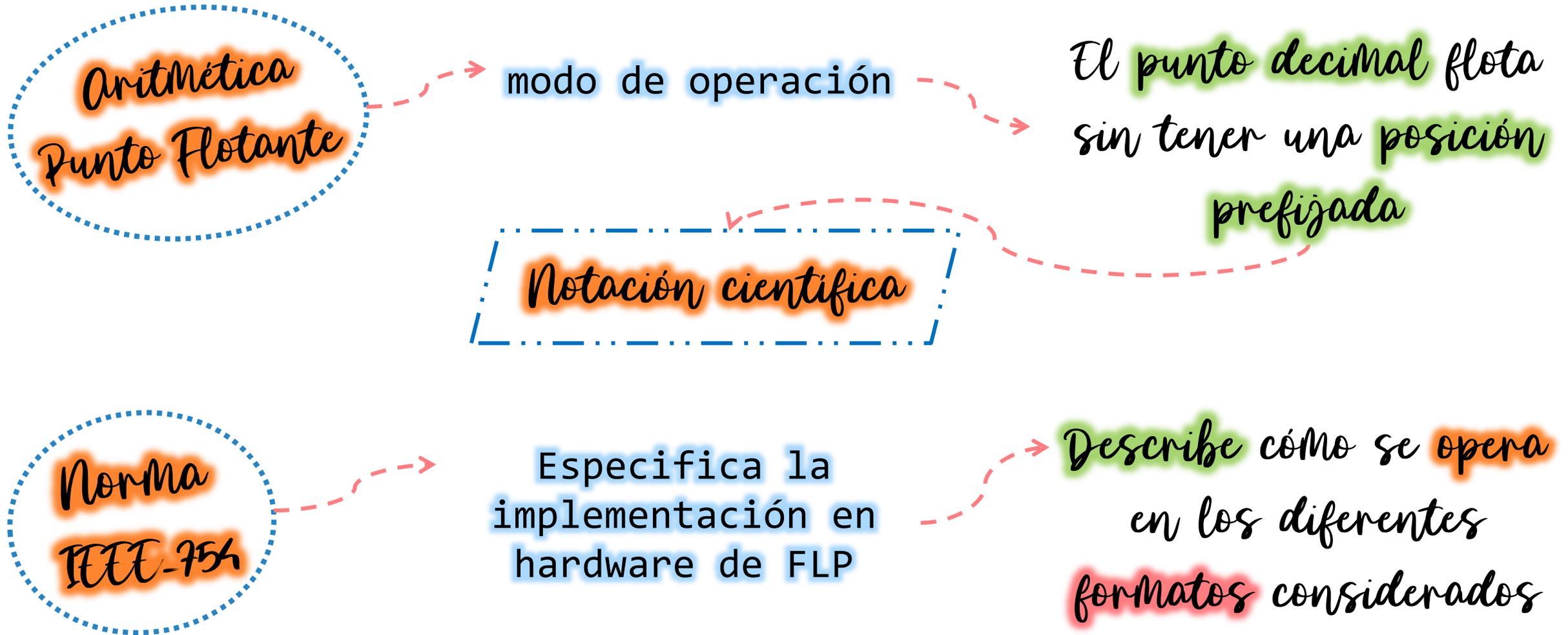
- Acceda a información útil mediante enlaces externos a:
 - `</>`  **código fuente** disponible de forma **online**.
 -  **otro material** disponible de forma **online**.
- Un **video tutorial** sobre los temas que aborda este documento puede encontrarse en:



FLP :: Norma IEEE-754

INTRODUCCIÓN & CARACTERÍSTICAS.

FLP :: Norma IEEE-754 : Repaso



FLP :: Norma IEEE-754 : Repaso

Norma
IEEE-754

¿Qué formatos considera la Norma IEEE-754 para la operación en FLP?

En función de la precisión

Precisión simple
(32 bits)

Sg	Exponente (8 bits)	Mantisa (24 bits = 23 + signo)
----	--------------------	--------------------------------

Precisión doble
(64 bits)

Sg	Exponente (11 bits)	Mantisa (53 bits = 52 + signo)
----	---------------------	--------------------------------

Media precisión
(16 bits)

Sg	Exponente (5 bits)	Mantisa (11 bits = 10 + signo)
----	--------------------	--------------------------------

Utilizado por la cátedra, para un estudio simplificado de la norma (menor cantidad de bits)

FLP :: Norma IEEE-754 : Repaso

Norma IEEE-754

¿Qué formatos considera la Norma IEEE-754 para la operación en FLP?

Mantisa

- Magnitud **fraccionaria**.
- Representada mediante **Signo Magnitud**.
- **Normalizada** y con **hidden bit**.

$. \underline{1}XXXXXXXXXX \rightarrow ((\lll 1)) \underline{1} . \underline{XXXXXXXXXXXX}$

Como siempre es 1, podría no representarse (implícito)

El 1 no representado (implícito) pasa a ser **hidden bit**, manteniendo los bits de mantisa

$. XXXXXXXXXXXX$

+

SM

+

$\underline{1} . \underline{0XXXXXXXXXX}$

$\underline{1} . \underline{1XXXXXXXXXX}$

Ambas mantisas están normalizadas

FLP :: Norma IEEE-754 : Repaso

Norma
IEEE-754

¿Qué **formatos** considera la **Norma IEEE-754**
para la **operación en FLP**?

Exponente

- Representado en **exceso**.
- El exponente en exceso se codifica **diferente** al esquema anteriormente visto para **FLP**.
- Esto es así dado que el **exponente 0** (cero) se utiliza para codificar el número **cero** y los **denormals** (números **no normalizados**).

$$\text{Valor de exponente} \\ + \\ b^{(e-1)} - 1$$

Para el formato de **media precisión**, el exceso es $2^{(5-1)} - 1 = 15$

FLP :: Norma IEEE-754 : Repaso

Norma
IEEE-754

Base

¿Qué **formatos** considera la **Norma IEEE-754**
para la **operación** en **FLP**?

- Se asume la base **implícita** (no se debe representar).
- Se usa de exclusivamente la **base 2**.

FLP :: IEEE-754 : Ejemplo

Norma
IEEE-754

Dado el formato de **Media** precisión



Representar el valor $n = -14.875$

N (10)	P. Intermedio, N (2)	P. Intermedio, Mantisa OK	Representación en el formato media precisión
-14,875	$-1110,111 \times (2)^0$		

Fraccionaria + Normalizada

1) m de la forma $.xxxxxxx$

2) Normalizar implica
 m de la forma $1.x$

$$\rightarrow -1110,111 \times (2)^0$$

$$-1,110111 \times (2)^0$$

$$-1,110111 \times (2)^3 \leftarrow$$

- Mover la mantisa a derecha (mover la coma a izquierda)

Al mover mantisa, **ajustar** exponente
- Mantisa derecha \rightarrow Incrementar el exponente.

FLP :: IEEE-754 : Ejemplo

Norma
IEEE-754

Dado el formato de **Media** precisión



Representar el valor $n = -14.875$

N (10)	P. Intermedio, N (2)	P. Intermedio, Mantisa OK	Representación en el formato media precisión
-14,875	$-1110,111 \times (2)^0$	$-1,110111 \times (2)^3$	

Codificar el Exponente

$$3 + (2^{(5-1)} - 1)$$

10010

$$11 + 1111$$

1) Exponente en **exceso** implica sumar al valor del exponente a representar el valor $2^{(e-1)} - 1$

FLP :: IEEE-754 : Ejemplo

Norma
IEEE-754

Dado el formato de Media precisión



Representar el valor $n = -14.875$

N (10)	P. Intermedio, N (2)	P. Intermedio, Mantisa OK	Representación en el formato media precisión
-14,875	$-1110,111 \times (2)^0$	$-1,110111 \times (2)^3$	1 10010 1101110000

Sg

-

Exponente

18 - 15 = 3

Mantisa

1,10110000

FLP :: Norma IEEE-754

OPERACIÓN DE SUMA Y MULTIPLICACIÓN.

FLP :: IEEE-754 : Operación de suma

Norma
IEEE-754

Dado el formato de **Media** precisión



Sumar los valores $n = -14,875$ y $m = 0,703125$

N (10)	P. Intermedio, N (2)	P. Intermedio, Mantisa OK	Representación en el formato media precisión
-14,875	$-1110,111 \times (2)^0$	$-1,110111 \times (2)^3$	1 10010 1101110000

A binario + Fraccionaria y Normalizada + Codificar exponente y signo = 🙌

M (10)	P. Intermedio, M (2)	P. Intermedio, Mantisa OK	Representación en el formato media precisión
0,703125	$0,101101 \times (2)^0$	$1,01101 \times (2)^{-1}$	0 01110 0110100000

FLP :: IEEE-754 : Operación de suma

Norma
IEEE-754

Sumar los valores $n = -14.875$ y $M = 0.703125$

N en el formato FLP utilizado	M en el formato FLP utilizado
1 10010 1101110000	0 01110 0110100000

$X1 = (e1, m1) = (10010, 1,1101110000)$
 $X2 = (e2, m2) = (01110, 1,0110100000)$

El signo del resultado
corresponde al signo **real**
de la magnitud **mayor**

| Mant. núm. **Mayor** |
- | Mant. núm. **Menor** |

Sg | Mant. núm. **resultado** |

Simular la lógica de una suma en SM
(tal como se estudió en TP-3), pero
teniendo como herramienta **circuítos**
sumadores en 2's.

Algoritmo para la **suma/resta**:

- Sea $X1 = N = (e1, m1)$ y $X2 = M = (e2, m2)$.
- Aplicaremos el algoritmo de **suma en SM**, utilizando sumadores en **2's implementados en hardware**.



FLP :: IEEE-754 : Operación de suma

Norma
IEEE-754

Sumar los valores $n = -14.875$ y $M = 0.703125$

N en el formato FLP utilizado	M en el formato FLP utilizado
1 10010 1101110000	0 01110 0110100000

$X1 = (e1, m1) = (10010, 1,1101110000)$
 $X2 = (e2, m2) = (01110, 1,0110100000)$

Se está considerando el **paso 1** de la **suma en SM** para operandos de **distinto signo** (no afecta a los de igual signo): el operando mayor “**queda arriba**” y el menor “**queda abajo**”.

Algoritmo para la **suma/resta**:

- Comparar los exponentes. En caso de que $e1 < e2$ intercambiar los operandos, a fin de que la diferencia $d = e1 - e2$ sea positiva. Notaremos los nuevos operandos como $x1'$ y $x2'$ ($|x1'| \geq |x2'|$).



FLP :: IEEE-754 : Operación de suma

Norma
IEEE-754

Sumar los valores $n = -14.875$ y $M = 0.703125$

N en el formato FLP utilizado	M en el formato FLP utilizado
1 10010 1101110000	0 01110 0110100000

$$X1 = (e1, m1) = (10010, 1,1101110000)$$

$$X2 = (e2, m2) = (01110, 1,0110100000)$$

$$18 - (2^{(5-1)} - 1)$$

$$18 - 15$$

3

$$14 - (2^{(5-1)} - 1)$$

$$14 - 15$$

-1

$$X1' = (e1', m1') = (e1, m1)$$

$$X2' = (e2', m2') = (e2, m2)$$

Como $e1 > e2 \rightarrow$ No se debe realizar swap entre los operandos.

Algoritmo para la suma/resta:

- Comparar los exponentes. En caso de que $e1 < e2$ intercambiar los operandos, a fin de que la diferencia $d = e1 - e2$ sea positiva. Notaremos los nuevos operandos como $x1'$ y $x2'$ ($|x1'| \geq |x2'|$).

FLP :: IEEE-754 : Operación de suma

Norma
IEEE-754

Sumar los valores $n = -14.875$ y $M = 0.703125$

N en el formato FLP utilizado	M en el formato FLP utilizado
1 10010 1101110000	0 01110 0110100000

$$X1' = (e1', m1') = (10010, 1,1101110000)$$

$$X2' = (e2', m2') = (01110, 1,0110100000)$$

Implementado

+ 2's | Mant. núm. Mayor |
| Mant. núm. Menor |

Simulado

- | Mant. núm. Mayor |
| Mant. núm. Menor |

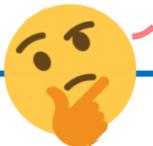
Sg | Mant. núm. resultado |

Sg | Mant. núm. resultado |

Se está considerando el paso 2 de la suma en SM para operandos de distinto signo: al operando mayor restarle el operando menor.

Algoritmo para la suma/resta:

- Si los signos de $x1'$ y $x2'$ difieren, reemplazar la mantisa $m2'$ por su complemento a dos.



FLP :: IEEE-754 : Operación de suma

Norma
IEEE-754

Sumar los valores $n = -14.875$ y $M = 0.703125$

N en el formato FLP utilizado	M en el formato FLP utilizado
1 10010 1101110000	0 01110 0110100000

$$X1' = (e1', m1') = (10010, 1,1101110000)$$
$$X2' = (e2', m2') = (01110, 1,0110100000)$$

$$|m2'| = 01,0110100000$$
$$1's |m2'| = 10,1001011111$$
$$2's |m2'| = 10,1001100000$$

$$X2' = (e2', m2') = (01110, 0,1001100000)$$

Como se hará uso del hardware sumador en 2's, cualquiera sea el caso (igual o distinto signo), se aplica $m1'+m2'$: $m2'$ debe estar complementado si se desea que $m1'+m2'$ equivalga a $m1'+(-m2') = m1'-m2'$.

No importan los signos reales de los operandos $m1'$ y $m2'$, estos deben quedar codificados como un número positivo y negativo (si se debe complementar) respectivamente.

Algoritmo para la suma/resta:

- Si los signos de $x1'$ y $x2'$ difieren, reemplazar la mantisa $m2'$ por su complemento a dos.



FLP :: IEEE-754 : Operación de suma

Norma
IEEE-754

Sumar los valores $n = -14.875$ y $M = 0.703125$

N en el formato FLP utilizado	M en el formato FLP utilizado
1 10010 1101110000	0 01110 0110100000

$$X1' = (e1', m1') = (10010, 1,1101110000)$$

$$X2' = (e2', m2') = (01110, 0,1001100000)$$

$$(m2' \gg 4) = 1,1110100110 \quad \text{G R S}$$

$d = e1' - e2'$, representa el **corrimiento** que se debe realizar sobre la mantisa correspondiente al operador con **menor exponente ($m2'$)** para alinear los puntos decimales.

$$d = 3 - (-1) = 4$$

Ingresan **bits iguales al signo** de $m2'$
(si **se complementó 1's**, sino **0's**)

¿Qué **bits deben** ingresar al realizar el **corrimiento?**

$m2' \gg 4$

Algoritmo para la **suma/resta**:

- Colocar $m2'$ en un registro de desplazamiento y correr d lugares a la derecha. De los bits que se descartan por el extremo derecho armar los bits **G, R y S**.

FLP :: IEEE-754 : Operación de suma

Norma
IEEE-754

Sumar los valores $n = -14.875$ y $M = 0.703125$

N en el formato FLP utilizado	M en el formato FLP utilizado
1 10010 1101110000	0 01110 0110100000

$$X1' = (e1', m1') = (10010, 1,1101110000)$$

$$X2' = (e2', m2') = (01110, 1,1110100110 \quad \underset{G}{0} \quad \underset{R}{0} \quad \underset{S}{00})$$

Carry salida

$$\begin{array}{r}
 \overset{1}{\text{Carry}} \quad 1 \quad 1 \quad 11 \quad 11 \\
 0 \quad 1.11 \quad 01 \quad 11 \quad 00 \quad 00 \\
 1 \quad 1.11 \quad 10 \quad 10 \quad 01 \quad 10 \\
 \hline
 P = X \quad 1.11 \quad 00 \quad 01 \quad 01 \quad 10
 \end{array}$$

Operandos de **distinto** signo y **carry salida** → **no** aplica reemplazar P.

Importante: en el caso de complementar P, **también** se deben complementar los valores de **G, R y S**.

Algoritmo para la **suma/resta**:

- Computar el resultado preliminar $P = m1' + m2'$. Si los signos de los operandos **son distintos** y **no hay carry** de **salida**, reemplazar a **P** por su complemento a dos.

FLP :: IEEE-754 : Operación de suma

Norma
IEEE-754

Sumar los valores $n = -14.875$ y $M = 0.703125$

N en el formato FLP utilizado	M en el formato FLP utilizado
1 10010 1101110000	0 01110 0110100000

$$X1' = (e1', m1') = (10010, 1,1101110000)$$

$$X2' = (e2', m2') = (01110, 1,1110100110 \text{ G R S})$$

Carry salida

$$\begin{array}{r}
 \overset{1}{\text{Carry}} \quad 1 \quad 1 \quad 11 \quad 11 \\
 0 \quad 1.11 \quad 01 \quad 11 \quad 00 \quad 00 \\
 1 \quad 1.11 \quad 10 \quad 10 \quad 01 \quad 10 \\
 \hline
 P = X \quad 1.11 \quad 00 \quad 01 \quad 01 \quad 10
 \end{array}$$

Operandos de **distinto** signo \rightarrow **no** aplica caso 1) de normalizado.

Algoritmo para la **suma/resta**:

- Normalizar a **P** de acuerdo al siguiente detalle: 1) si los signos de los operandos **son iguales** y **hay carry** de **salida**, **desplazar a P un lugar a la derecha**, ingresando el 1 del carry (hubo **overflow virtual**)

FLP :: IEEE-754 : Operación de suma

Norma
IEEE-754

Sumar los valores $n = -14.875$ y $M = 0.703125$

N en el formato FLP utilizado	M en el formato FLP utilizado
1 10010 1101110000	0 01110 0110100000

$$X1' = (e1', m1') = (10010, 1,1101110000)$$

$$X2' = (e2', m2') = (01110, 1,1110100110 \text{ } \underset{\text{G}}{0} \text{ } \underset{\text{R}}{0} \text{ } \underset{\text{S}}{00})$$

Carry salida

$$\begin{array}{r}
 \overset{\text{Carry salida}}{\color{red}1} \color{red}{1} \color{red}{1} \color{red}{11} \color{red}{11} \\
 \color{purple}{0} \color{purple}{1.11} \color{purple}{01} \color{purple}{11} \color{purple}{00} \color{purple}{00} \\
 \color{purple}{1} \color{purple}{1.11} \color{purple}{10} \color{purple}{10} \color{purple}{01} \color{purple}{10} \\
 \hline
 \color{purple}{P} = \color{purple}{X} \color{purple}{1.11} \color{purple}{00} \color{purple}{01} \color{purple}{01} \color{purple}{10}
 \end{array}$$

No aplica caso 2) ya que P está normalizado.

Algoritmo para la **suma/resta**:

- Normalizar a **P** de acuerdo al siguiente detalle: 2) caso contrario, **desplazar P** a la **izquierda** hasta obtener una **mantisa normalizada**. El primer desplazamiento hace **ingresar a G**, pero los restantes deben ingresar **ceros**.

FLP :: IEEE-754 : Operación de suma

Norma
IEEE-754

Sumar los valores $n = -14.875$ y $M = 0.703125$

N en el formato FLP utilizado	M en el formato FLP utilizado
1 10010 1101110000	0 01110 0110100000

$$X1' = (e1', m1') = (10010, 1,1101110000)$$

$$X2' = (e2', m2') = (01110, 1,1110100110 \text{ G R S})$$

Carry salida

$$\begin{array}{r}
 \overset{1}{\text{Carry}} \quad 1 \quad 1 \quad 11 \quad 11 \\
 0 \quad 1.11 \quad 01 \quad 11 \quad 00 \quad 00 \\
 1 \quad 1.11 \quad 10 \quad 10 \quad 01 \quad 10 \\
 \hline
 P = X \quad 1.11 \quad 00 \quad 01 \quad 01 \quad 10 \\
 E_p = 10010
 \end{array}$$

No aplica reajuste porque no se desplazó P.

Algoritmo para la **suma/resta**:

- En todos los casos, **ajustar el exponente** en función de la cantidad de desplazamientos realizados. Considerar que el exponente del resultado corresponde con el exponente del mayor operando (es decir, $X1'$), esto es, $e1'$.

FLP :: IEEE-754 : Operación de suma

Norma
IEEE-754

Sumar los valores $n = -14.875$ y $M = 0.703125$

N en el formato FLP utilizado	M en el formato FLP utilizado
1 10010 1101110000	0 01110 0110100000

$$X1' = (e1', m1') = (10010, 1,1101110000)$$

$$X2' = (e2', m2') = (01110, 1,1110100110 \quad \underline{0 \ 0 \ 00})$$

~~G R S~~
R' S'

Carry salida

1 1 1 11 11

0 1.11 01 11 00 00

1 1.11 10 10 01 10

P = X 1.11 00 01 01 10

Ep = 10010

Aplica reajuste de bits R y S porque no se desplazó P y G no fue usado.

Algoritmo para la **suma/resta**:

- Ajustar R y S en caso de ser necesario, es decir, si G **no pasó** a formar parte de la mantisa, R' = G y S' = R or S.

FLP :: IEEE-754 : Operación de suma

Norma
IEEE-754

Sumar los valores $n = -14.875$ y $M = 0.703125$

N en el formato FLP utilizado	M en el formato FLP utilizado
1 10010 1101110000	0 01110 0110100000

$$X1' = (e1', m1') = (10010, 1,1101110000)$$

$$X2' = (e2', m2') = (01110, 1,1110100110 \quad \underline{0 \ 0 \ 00})$$

~~G R S~~

R' S'

$$P = 1.1100010110 \quad E_p = 10010$$

En este ejemplo **no se indicó** qué redondeo aplicar, pero más allá de eso, como R' y S' son cero, en cualquier caso no se modificaría el valor de P.

Algoritmo para la **suma/resta**:

- Aplicar el **redondeo elegido** en función de los valores de los bits R' y S'. En caso de **producirse carry out**, **desplazar** la mantisa del resultado a **derecha**, **ajustando** el **exponente** de manera acorde.

FLP :: IEEE-754 : Operación de suma

Norma
IEEE-754

Sumar los valores $n = -14.875$ y $M = 0.703125$

N en el formato FLP utilizado	M en el formato FLP utilizado
1 10010 1101110000	0 01110 0110100000

$$X1' = (e1', m1') = (10010, 1,1101110000)$$

$$X2' = (e2', m2') = (01110, 1,1110100110)$$

$$P = 1.1100010110 \quad Ep = 10010$$

$$Sg = 1$$

$$X1' = (e1', m1') = (e1, m1) = N$$

$$X2' = (e2', m2') = (e2, m2) = M$$

El resultado tiene el signo de N, esto es, **negativo**.

Algoritmo para la **suma/resta**:

- Computar el **signo** del resultado, que se corresponde con el signo real de **X1'** que es el operador **más grande**.

FLP :: IEEE-754 : Operación de suma

Norma
IEEE-754

Sumar los valores $n = -14,875$ y $M = 0.703125$

N en el formato FLP utilizado	M en el formato FLP utilizado
1 10010 1101110000	0 01110 0110100000

N+M
1 10010 1100010110

Sg

-

Exponente

$18 - 15 = 3$

Mantisa

1,1100010110

$$-1.7714843750 \times (2)^3 = -14,171875$$

$$-14,875 + 0,703125 = -14,171875$$



$$(2^0 + 2^{-1} + 2^{-2} + 2^{-6} + 2^{-8} + 2^{-9}) = 1.7714843750$$

FLP :: IEEE-754 : Operación de multiplicación

Norma
IEEE-754

Dado el formato de Media precisión



Multiplicar los siguientes valores

N en el formato FLP utilizado	M en el formato FLP utilizado
0 01101 0011010010	0 01011 1100000011

FLP :: IEEE-754 : Operación de multiplicación

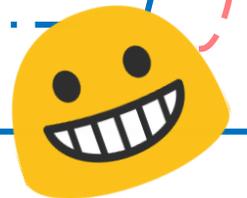
Norma
IEEE-754

Multiplicar los siguientes valores

N en el formato FLP utilizado	M en el formato FLP utilizado
0 01101 0011010010	0 01011 1100000011

$$X1 = (e1, m1) = (01101, 1,0011010010)$$
$$X2 = (e2, m2) = (01011, 1,1100000011)$$

Note que a diferencia de la suma en SM, la operación de multiplicación sí se encuentra implementada en hardware, y no debe ser simulada haciendo uso de otra estrategia.



Algoritmo para la **multiplicación**:

- Sea $X1 = N = (e1, m1)$ y $X2 = M = (e2, m2)$.
- Aplicaremos el algoritmo de **multiplicación**, utilizando los circuitos correspondientes en **hardware**.

FLP :: IEEE-754 : Operación de multiplicación

Norma
IEEE-754

Multiplicar los siguientes valores

N en el formato FLP utilizado	M en el formato FLP utilizado
0 01101 0011010010	0 01011 1100000011

$$X1 = (e1, m1) = (01101, 1,0011010010)$$

$$X2 = (e2, m2) = (01011, 1,1100000011)$$

$$Er = e1 + e2 - (2^{(5-1)}-1)$$

$$Er = 01101 + 01011 - 01111$$

$$Er = 01001$$

$$13 - (2^{(5-1)}-1) + 11 - (2^{(5-1)}-1) = -6 + (2^{(5-1)}-1)$$

$$13 - 15 + 11 - 15 = -6 + 15$$

$$-2 + -4 = -6 + 15$$

$$01001$$

Algoritmo para la **multiplicación** :

- Sumar los exponentes, **compensando** el exceso: como $e_i = \text{exp } i + \text{exceso}$, luego $e_1 + e_2 = \text{exp } 1 + \text{exp } 2 + 2 * \text{exceso}$ y debe compensarse restando el exceso demás.

FLP :: IEEE-754 : Operación de multiplicación

Norma
IEEE-754

Multiplicar los siguientes valores

N en el formato FLP utilizado	M en el formato FLP utilizado
0 01101 0011010010	0 01011 1100000011

$$X1 = (e1, m1) = (01101, 1,0011010010)$$

$$X2 = (e2, m2) = (01011, 1,1100000011)$$

$$Er = 01001$$

$$P = \underbrace{10}_{GR} \ 00 \ 01 \ 11 \ 00 \ \underbrace{11 \ 00 \ 01 \ 11 \ 01 \ 10}_{S}$$

P no está normalizado y se debe desplazar ($P \gg 1$) incrementando el exponente en 1.

$$P \gg 1 = 1. \ 00 \ 00 \ 11 \ 10 \ 01 \ 1 \ 00 \ 01 \ 11 \ 01 \ 10$$

$$Er = 01001 + 1 = 01010$$

El **overflow** se **detecta** en este punto, si es que el exponente **no puede** incrementarse.

Algoritmo para la **multiplicación** :

- Normalizar el resultado y comprobar si se produjo **overflow**.

FLP :: IEEE-754 : Operación de multiplicación

Norma
IEEE-754

Multiplicar los siguientes valores

N en el formato FLP utilizado	M en el formato FLP utilizado
0 01101 0011010010	0 01011 1100000011

$$X1 = (e1, m1) = (01101, 1, 0011010010)$$

$$X2 = (e2, m2) = (01011, 1, 1100000011)$$

$$Er = 01001$$

$$P = \overset{\text{G}}{1} \overset{\text{R}}{0} 00 01 11 00 \overset{\text{S}}{\underline{11 00 01 11 01 10}}$$

$$P \gg 1 = 1. 00 00 11 10 01 \underline{1 00 01 11 01 10}$$

$$Er = 01001 + 1 = 01010 \quad R' \quad S'$$

P no está normalizado y se debe desplazar ($P \gg 1$) incrementando el exponente en 1.

Algoritmo para la **multiplicación** :

- Si al normalizar **P** no se hace uso del bit **G**, ajustar los bits **R' = G** y **S' = R or S**.

FLP :: IEEE-754 : Operación de multiplicación

Norma
IEEE-754

Multiplicar los siguientes valores

N en el formato FLP utilizado	M en el formato FLP utilizado
0 01101 0011010010	0 01011 1100000011

$$X1 = (e1, m1) = (01101, 1,0011010010)$$

$$X2 = (e2, m2) = (01011, 1,1100000011)$$

$$Er = 01010$$

$$P = 1.0000111001$$

$$R' = 1, S' = 1$$

$$Sp = 0$$

Algoritmo para la **multiplicación** :

- Determinar el signo del resultado.

FLP :: IEEE-754 : Operación de multiplicación

Norma
IEEE-754

Multiplicar los siguientes valores

N en el formato FLP utilizado	M en el formato FLP utilizado
0 01101 0011010010	0 01011 1100000011

$$X1 = (e1, m1) = (01101, 1,0011010010)$$

$$X2 = (e2, m2) = (01011, 1,1100000011)$$

$$E_r = 01010$$

$$P = 1.0000111001 \quad P = 1.0000111010$$

$$R' = 1, S' = 1$$

$$S_p = 0 \rightarrow \text{Como } R' \text{ and } p_0 = 1 \rightarrow \text{suma 1 LSB a P}$$

redondeo	resultado ≥ 0	resultado < 0
hacia $-\infty$		+1 LSB si (R OR S)
hacia $+\infty$	+1 LSB si (R OR S)	
hacia el 0		
proximidad hacia pares	+1 LSB si ((R AND p_0) OR (R AND S))	+1 LSB si ((R AND p_0) OR (R AND S))
proximidad afuera del 0	+1 LSB si R	+1 LSB si R

Algoritmo para la **multiplicación** :

- **Redondear** la respuesta (asuma por ejemplo el redondeo **proximidad hacia pares**), y **normalizar** nuevamente (ajustando el exponente de forma consistente) en caso de ser necesario.

FLP :: IEEE-754 : Operación de multiplicación

Norma
IEEE-754

Multiplicar los siguientes valores

N en el formato FLP utilizado	M en el formato FLP utilizado
0 01101 0011010010	0 01011 1100000011

N*M
0 01010 0000111010

Sg

+

Exponente

10 - 15 = -5

Mantisa

1,0000111010

$$1.0566406250 \times (2)^{-5} = 0.0330200195$$

$$0.3012695313 \times 0.1095581055 = 0,0330065191$$



$$(2^0 + 2^{-5} + 2^{-6} + 2^{-7} + 2^{-9}) = 1.0566406250$$



Fin de la presentación.