Soluciones a los Ejercicios Propuestos en el libro:

# EMPEZAR DE CERO A PROGRAMAR EN

# lenguaje C

Autor: Carlos Javier Pes Rivas (correo@carlospes.com)

## Capítulo 2

## REPRESENTACIÓN DE LOS DATOS

### EJERCICIOS PROPUESTOS



carlospes.com

**EJERCICIO PROPUESTO 2.1**

**Solución:**

2 MB = 2 * $1024^2$ = 2097152 bytes (tamaño del primer fichero)

103 KB = 103 * 1024 = 105472 bytes (tamaño del segundo fichero fichero)

2097152 + 105472 + 894310 = 3096934 bytes (total a transmitir)

56 * 1000 / 8 = 7000 bytes por segundo (velocidad del módem)

3096934 / 7000 = 442,4... → 442 segundos (cogemos sólo la parte entera)

$$\begin{array}{l|l} 442 & 60 \\ \hline 22 & 7 \end{array}$$

Se necesitan **7** minutos y **22** segundos, como mínimo.

**EJERCICIO PROPUESTO 2.2**

**Solución:**

2 GB = 2 * 1024 = 2048 MB (capacidad total del disco duro)

2048 - 400 = 1648 MB (espacio todavía disponible)

1648 MB = 1648 * 1024 = 1687552 KB

1687552 / 60000 = 28,12... → **28** ficheros de 60000 KB

**EJERCICIO PROPUESTO 2.3**

**Solución:**

$11010,11_2 = 1·2^4 + 1·2^3 + 1·2^1 + 1·2^{-1} + 1·2^{-2} = 16 + 8 + 2 + 0,5 + 0,25 = 26,75_{10}$

$20012,03_4 = 2·4^4 +1·4^1 + 2·4^0 + 3·4^{-2} = 512 + 4 + 2 + 0,2 + 0,1875 = 518,1875_{10}$

$215_7 = 2·7^2 + 1·7^1 + 5·7^0 = 98 + 7 + 5 = 110_{10}$

$503,44_8 = 5·8^2 + 3·8^0 + 4·8^{-1} + 4·8^{-2} = 320 + 3 + 0,5 + 0,0625 = 323,5625_{10}$

$20012_3 = 2·3^4 + 1·3^1 + 2·3^0 = 162 + 3 + 2 = 167_{10}$

$FB,2_{16} = 15·16^1 + 11·16^0 + 2·16^{-1} = 240 + 176 + 0,125 = 416,125_{10}$

**EJERCICIO PROPUESTO 2.4**

**Solución:**

$1,1_2 = 2^0 + 2^{-1} = 1 + 0,5 = 1,5_{10}$

$1000000,1001_2 = 2^6 + 2^{-1} + 2^{-4} = 64 + 0,5 + 0,0625 = 64,5625_{10}$

$100,011_2 = 2^2 + 2^{-2} + 2^{-3} = 4 + 0,25 + 0,125 = 4,375_{10}$

$10010000000_2 = 2^{10} + 2^7 = 1024 + 128 = 1152_{10}$

$111,000001_2 = 2^2 + 2^1 + 2^0 + 2^{-6} = 7,015625_{10}$

$0,11111_2 = 0,5 + 0,25 + 0,125 + 0,0625 + 0,03125 = 0,96875_{10}$

**EJERCICIO PROPUESTO 2.5**

**Solución:**

$10001_8 = 8^4 + 8^0 = 4096 + 1 = 4097_{10}$

$4097_{16} = 4\cdot16^3 + 9\cdot16^1 + 7\cdot16^0 = 16384 + 144 + 7 = 16535_{10}$

$F,FC_{16} = 15\cdot16^0 + 15\cdot16^{-1} + 12\cdot16^{-2} = 15 + 0,9375 + 0,046875 = 15,984375_{10}$

$1000001_4 = 4^6 + 4^0 = 4096 + 1 = 4097_{10}$

**EJERCICIO PROPUESTO 2.6**

**Solución:**

$11,8125_{10}$ a base 2:

$$\begin{array}{lrrrl}
 & 11 & \lfloor 2 & & \\
a_0 = 1 \leftarrow & \underline{\mathbf{1}} & 5 & \lfloor 2 & \\
a_1 = 1 \leftarrow & & \underline{\mathbf{1}} & 2 & \lfloor 2 \\
a_2 = 0 \leftarrow & & & \underline{\mathbf{0}} & \underline{\mathbf{1}} \rightarrow a_3 = 1
\end{array}$$

$$\begin{array}{rll}
0,8125 \times 2 = & \underline{\mathbf{1}},625 & \rightarrow a_{-1} = 1 \\
0,625 \times 2 = & \underline{\mathbf{1}},25 & \rightarrow a_{-2} = 1 \\
0,25 \times 2 = & \underline{\mathbf{0}},5 & \rightarrow a_{-3} = 0 \\
0,5 \times 2 = & \underline{\mathbf{1}} & \rightarrow a_{-4} = 1
\end{array}$$

$11,8125_{10} = 1011,1101_2$

---

$28_{10}$ a base 2:

$$\begin{array}{lrrrrl}
 & 28 & \lfloor 2 & & & \\
a_0 = 0 \leftarrow & \underline{\mathbf{0}} & 14 & \lfloor 2 & & \\
a_1 = 0 \leftarrow & & \underline{\mathbf{0}} & 7 & \lfloor 2 & \\
a_2 = 1 \leftarrow & & & \underline{\mathbf{1}} & 3 & \lfloor 2 \\
a_3 = 1 \leftarrow & & & & \underline{\mathbf{1}} & \underline{\mathbf{1}} \rightarrow a_4 = 1
\end{array}$$

$28_{10} = 11100_2$

---

$1111,5_{10}$ a base 2:

$$\begin{array}{lrrrrrrrrrrl}
 & 1111 & \lfloor 2 & & & & & & & & & \\
a_0 = 1 \leftarrow & \underline{\mathbf{1}} & 555 & \lfloor 2 & & & & & & & & \\
a_1 = 1 \leftarrow & & \underline{\mathbf{1}} & 277 & \lfloor 2 & & & & & & & \\
a_2 = 1 \leftarrow & & & \underline{\mathbf{1}} & 138 & \lfloor 2 & & & & & & \\
a_3 = 0 \leftarrow & & & & \underline{\mathbf{0}} & 69 & \lfloor 2 & & & & & \\
a_4 = 1 \leftarrow & & & & & \underline{\mathbf{1}} & 34 & \lfloor 2 & & & & \\
a_5 = 0 \leftarrow & & & & & & \underline{\mathbf{0}} & 17 & \lfloor 2 & & & \\
a_6 = 1 \leftarrow & & & & & & & \underline{\mathbf{1}} & 8 & \lfloor 2 & & \\
a_7 = 0 \leftarrow & & & & & & & & \underline{\mathbf{0}} & 4 & \lfloor 2 & \\
a_8 = 0 \leftarrow & & & & & & & & & \underline{\mathbf{0}} & 2 & \lfloor 2 \\
a_9 = 0 \leftarrow & & & & & & & & & & \underline{\mathbf{0}} & \underline{\mathbf{1}} \rightarrow a_{10} = 1
\end{array}$$

$0,5 \times 2 = \underline{\mathbf{1}} \rightarrow a_{-1} = 1$

$1111,5_{10} = 10001010111,1_2$

$4{,}203125_{10}$ a base 2:

$$
\begin{array}{rrrrl}
 & 4 & \multicolumn{1}{|l}{2} & & \\ \cline{3-4}
a_0 = 0 \leftarrow & \underline{\mathbf{0}} & 2 & \multicolumn{1}{|l}{2} & \\ \cline{4-4}
a_1 = 0 \leftarrow & & \underline{\mathbf{0}} & \underline{\mathbf{1}} & \rightarrow a_2 = 1
\end{array}
$$

$$
\begin{array}{rll}
0{,}203125 \text{ x } 2 = & \underline{\mathbf{0}}{,}40625 & \rightarrow a_{-1} = 0 \\
0{,}40625 \text{ x } 2 = & \underline{\mathbf{0}}{,}8125 & \rightarrow a_{-2} = 0 \\
0{,}8125 \text{ x } 2 = & \underline{\mathbf{1}}{,}625 & \rightarrow a_{-3} = 1 \\
0{,}625 \text{ x } 2 = & \underline{\mathbf{1}}{,}25 & \rightarrow a_{-4} = 1 \\
0{,}25 \text{ x } 2 = & \underline{\mathbf{0}}{,}5 & \rightarrow a_{-5} = 0 \\
0{,}5 \text{ x } 2 = & \underline{\mathbf{1}} & \rightarrow a_{-6} = 1
\end{array}
$$

$4{,}203125_{10} = 100{,}001101_2$

**EJERCICIO PROPUESTO 2.7**

**Solución:**

$1001001110{,}11011_2$ a base 16:

$$00\underline{\mathbf{10}}\ \ \underline{\mathbf{0100}}\ \ \underline{\mathbf{1110}}\ \ \mathbf{,}\ \ \underline{\mathbf{1101}}\ \ \underline{\mathbf{1}}000\ _{\mathbf{2}}$$

$$\underline{\mathbf{2}}\ \ \underline{\mathbf{4}}\ \ \underline{\mathbf{E}}\ \ \mathbf{,}\ \ \underline{\mathbf{D}}\ \ \underline{\mathbf{8}}\ _{\mathbf{16}}$$

$1001001110{,}11011_2 = 24E{,}D8_{16}$

---

$41084{,}9140625_{10}$ a base 16:

$$
\begin{array}{rrrrrl}
 & 41084 & \multicolumn{1}{|l}{16} & & & \\ \cline{3-4}
a_0 = C \leftarrow & \underline{\mathbf{12}} & 2567 & \multicolumn{1}{|l}{16} & & \\ \cline{4-5}
a_1 = 7 \leftarrow & & \underline{\mathbf{7}} & 160 & \multicolumn{1}{|l}{16} & \\ \cline{5-5}
a_2 = 0 \leftarrow & & & \underline{\mathbf{0}} & \underline{\mathbf{10}} & \rightarrow a_3 = A
\end{array}
$$

$$
\begin{array}{rll}
0{,}9140625 \text{ x } 16 = & \underline{\mathbf{14}}{,}625 & \rightarrow a_{-1} = E \\
0{,}625 \text{ x } 16 = & \underline{\mathbf{10}} & \rightarrow a_{-2} = A
\end{array}
$$

$41084{,}9140625_2 = A07C{,}EA_{16}$

---

$475{,}01_8$ a base 16:

$$\underline{\mathbf{4}}\ \ \underline{\mathbf{7}}\ \ \underline{\mathbf{5}}\ \ \mathbf{,}\ \ \underline{\mathbf{0}}\ \ \underline{\mathbf{1}}\ _{\mathbf{8}}$$

$$\underline{\mathbf{100}}\ \ \underline{\mathbf{111}}\ \ \underline{\mathbf{101}}\ \ \mathbf{,}\ \ \underline{\mathbf{000}}\ \ \underline{\mathbf{001}}\ _{\mathbf{2}}$$

$$000\underline{\mathbf{1}}\ \ \underline{\mathbf{0011}}\ \ \underline{\mathbf{1101}}\ \ \mathbf{,}\ \ \underline{\mathbf{0000}}\ \ \underline{\mathbf{01}}00\ _{\mathbf{2}}$$

$$\underline{\mathbf{1}}\ \ \underline{\mathbf{3}}\ \ \underline{\mathbf{D}}\ \ \mathbf{,}\ \ \underline{\mathbf{0}}\ \ \underline{\mathbf{4}}\ _{\mathbf{16}}$$

$475{,}01_8 = 100111101{,}000001_2 = 13D{,}04_{16}$

---

$900038_{12}$ a base 16:

$$900038_{12} = 9\cdot 12^5 + 3\cdot 12^1 + 8\cdot 12^0 = 2239488 + 36 + 8 = 2239532_{10}$$

$$
\begin{array}{rrr|lllll}
 & 2239532 & \multicolumn{1}{|l}{16} & & & & & \\ \cline{3-4}
a_0 = C \leftarrow & \underline{\mathbf{12}} & 1399970 & \multicolumn{1}{|l}{16} & & & & \\ \cline{4-5}
a_1 = 2 \leftarrow & & \underline{\mathbf{2}} & 8748 & \multicolumn{1}{|l}{16} & & & \\
a_2 = C \leftarrow & & & \underline{\mathbf{12}} & 546 & \multicolumn{1}{|l}{16} & & \\
a_3 = 2 \leftarrow & & & & \underline{\mathbf{2}} & 34 & \multicolumn{1}{|l}{16} & \\
a_4 = 2 \leftarrow & & & & & \underline{\mathbf{2}} & \underline{\mathbf{2}} & \rightarrow a_5 = \underline{\mathbf{2}}
\end{array}
$$

$900038_{12} = 2239532_{10} = 222C2C_{16}$

**EJERCICIO PROPUESTO 2.8**

**Solución:**

$\log_2 100_{10} = 6{,}64385619 \cong 7$ bits

$2^1 = 2_{10}$
$2^2 = 4_{10}$
$2^3 = 8_{10}$
$2^4 = 16_{10}$
$2^5 = 32_{10}$
$2^6 = 64_{10}$
$2^7 = 128_{10} > 100_{10} \rightarrow 7$

---

$1B3_{16} = 1 \cdot 16^2 + 11 \cdot 16^1 + 3 \cdot 16^0 = 256 + 176 + 3 = 435_{10}$

$\log_8 435_{10} = 2{,}92162386 \cong 3$ dígitos octales

$8^1 = 8_{10}$
$8^2 = 64_{10}$
$8^3 = 512_{10} > 435_{10} \rightarrow 3$

---

$10101_2 = 2^4 + 2^2 + 2^0 = 16 + 4 + 1 = 21_{10}$

$\log_4 21_{10} = 2{,}19615871 \cong 3$ cifras

$4^1 = 4_{10}$
$4^2 = 16_{10}$
$4^3 = 64_{10} > 21_{10} \rightarrow 3$

---

$55501_7 = 5 \cdot 7^4 + 5 \cdot 7^3 + 5 \cdot 7^2 + 1 \cdot 7^0 = 12005 + 1715 + 245 + 1 = 13966_{10}$

$\log_{16} 13966_{10} = 3{,}44240781 \cong 4$ cifras hexadecimales

$16^1 = 16_{10}$
$16^2 = 256_{10}$
$16^3 = 4096_{10}$
$16^4 = 65536_{10} > 13966_{10} \rightarrow 4$

**EJERCICIO PROPUESTO 2.9**

**Solución:**

En Binario Puro:

$$0_{10} \leq x \leq (2^{n} - 1)_{10}$$

$$0_{10} \leq x \leq (2^{32} - 1)_{10}$$

$$0_{10} \leq x \leq (4294967296 - 1)_{10}$$

$$\mathbf{0_{10} \text{ £ } x \text{ £ } 4294967295_{10}}$$

---

En Signo Magnitud y Complemento a 1:

$$(-2^{n-1} + 1)_{10} \leq x \leq (2^{n-1} - 1)_{10}$$

$$(-2^{32-1} + 1)_{10} \leq x \leq (2^{32-1} - 1)_{10}$$

$$(-2^{31} + 1)_{10} \leq x \leq (2^{31} - 1)_{10}$$

$$(-2147483648 + 1)_{10} \leq x \leq (2147483648 - 1)_{10}$$

$$\mathbf{-2147483647_{10} \text{ £ } x \text{ £ } 2147483647_{10}}$$

---

En Complemento a 2 y Exceso a $2^{n-1}$:

$$(-2^{n-1})_{10} \leq x \leq (2^{n-1} - 1)_{10}$$

$$(-2^{32-1})_{10} \leq x \leq (2^{32-1} - 1)_{10}$$

$$(-2^{31})_{10} \leq x \leq (2^{31} - 1)_{10}$$

$$(-2147483648)_{10} \leq x \leq (2147483648 - 1)_{10}$$

$$\mathbf{-2147483648_{10} \text{ £ } x \text{ £ } 2147483647_{10}}$$

**EJERCICIO PROPUESTO 2.10**

**Solución:**

En primer lugar, para saber si los números $57_{10}$, $-57_{10}$, $43600_{10}$ y $-32764_{10}$ se pueden escribir en cada uno de los sistemas de representación, hay que calcular sus respectivos rangos de representación.

En Binario Puro:

$$0_{10} \leq x \leq (2^{n} - 1)_{10}$$

$$0_{10} \leq x \leq (2^{16} - 1)_{10}$$

$$0_{10} \leq x \leq (65536 - 1)_{10}$$

$$\mathbf{0_{10} \text{ £ } x \text{ £ } 65535_{10}}$$

$-57_{10}$ y $-32764_{10}$ no son representables.

---

En Signo Magnitud y Complemento a 1:

$$(-2^{n-1} + 1)_{10} \leq x \leq (2^{n-1} - 1)_{10}$$

$$(-2^{16-1} + 1)_{10} \leq x \leq (2^{16-1} - 1)_{10}$$

$$(-2^{15} + 1)_{10} \leq x \leq (2^{15} - 1)_{10}$$

$$(-32768 + 1)_{10} \leq x \leq (32768 - 1)_{10}$$

$$\mathbf{-32767_{10} \text{ £ } x \text{ £ } 32767_{10}}$$

$43600_{10}$ no es representable.

---

En Complemento a 2 y Exceso a $2^{n-1}$:

$$(-2^{n-1})_{10} \leq x \leq (2^{n-1} - 1)_{10}$$

$$(-2^{16-1})_{10} \leq x \leq (2^{16-1} - 1)_{10}$$

$$(-2^{15})_{10} \leq x \leq (2^{15} - 1)_{10}$$

$$(-32768)_{10} \leq x \leq (32768 - 1)_{10}$$

$$\mathbf{-32768_{10} \text{ £ } x \text{ £ } 32767_{10}}$$

$43600_{10}$ no es representable.

$57_{10}$ en Binario Puro:

57 | 2
$a_0 = 1 \leftarrow$ **1** 28 | 2
$a_1 = 0 \leftarrow$ **0** 14 | 2
$a_2 = 0 \leftarrow$ **0** 7 | 2
$a_3 = 1 \leftarrow$ **1** 3 | 2
$a_4 = 1 \leftarrow$ **1** **1** $\rightarrow a_5 = 1$

| | $a_{15}$ | $a_{14}$ | $a_{13}$ | $a_{12}$ | $a_{11}$ | $a_{10}$ | $a_9$ | $a_8$ | $a_7$ | $a_6$ | $a_5$ | $a_4$ | $a_3$ | $a_2$ | $a_1$ | $a_0$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $57_{10}$ = | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | en BP |

$57_{10}$ en Signo Magnitud (igual que en Binario Puro):

| | $a_{15}$ | $a_{14}$ | $a_{13}$ | $a_{12}$ | $a_{11}$ | $a_{10}$ | $a_9$ | $a_8$ | $a_7$ | $a_6$ | $a_5$ | $a_4$ | $a_3$ | $a_2$ | $a_1$ | $a_0$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $57_{10}$ = | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | en SM |
| | bit de signo | bits de la magnitud | | | | | | | | | | | | | | | |

$57_{10}$ en Complemento a 1 (igual que en Signo Magnitud o que en Binario Puro):

| | $a_{15}$ | $a_{14}$ | $a_{13}$ | $a_{12}$ | $a_{11}$ | $a_{10}$ | $a_9$ | $a_8$ | $a_7$ | $a_6$ | $a_5$ | $a_4$ | $a_3$ | $a_2$ | $a_1$ | $a_0$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $57_{10}$ = | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | en C1 |

$57_{10}$ en Complemento a 2 (igual que en Signo Magnitud, Binario Puro o que en Complemento a 1):

| | $a_{15}$ | $a_{14}$ | $a_{13}$ | $a_{12}$ | $a_{11}$ | $a_{10}$ | $a_9$ | $a_8$ | $a_7$ | $a_6$ | $a_5$ | $a_4$ | $a_3$ | $a_2$ | $a_1$ | $a_0$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $57_{10}$ = | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | en C2 |

$57_{10}$ en Exceso a $2^{n-1}$:

$57_{10} = ( 57_{10} + (2^{16-1})_{10} )_{EX} =$
$= ( 57_{10} + (2^{15})_{10} )_{EX} =$
$= ( 57_{10} + 32768_{10} )_{EX} =$
$= ( 32825_{10} )_{EX} =$

32825 | 2
$a_0 = 1 \leftarrow$ **1** 16412 | 2
$a_1 = 0 \leftarrow$ **0** 8206 | 2
$a_2 = 0 \leftarrow$ **0** 4103 | 2
$a_3 = 1 \leftarrow$ **1** 2051 | 2
$a_4 = 1 \leftarrow$ **1** 1025 | 2
$a_5 = 1 \leftarrow$ **1** 512 | 2
$a_6 = 0 \leftarrow$ **0** 256 | 2
$a_7 = 0 \leftarrow$ **0** 128 | 2
$a_8 = 0 \leftarrow$ **0** 64 | 2
$a_9 = 0 \leftarrow$ **0** 32 | 2
$a_{10} = 0 \leftarrow$ **0** 16 | 2
$a_{11} = 0 \leftarrow$ **0** 8 | 2
$a_{12} = 0 \leftarrow$ **0** 4 | 2
$a_{13} = 0 \leftarrow$ **0** 2 | 2
$a_{14} = 0 \leftarrow$ **0** **1** $\rightarrow a_{15} = 1$

$= ( 1000000000111001_2 )_{EX} =$
$= 1000000000111001_{EX.\ a\ 32768}$

En resumen, para n = 16:

$57_{10} = 0000000000111001_{BP} =$

$= 0000000000111001_{SM} =$

$= 0000000000111001_{C1} =$

$= 0000000000111001_{C2} =$

$= 1000000000111001_{EX.\ a\ 32768}$

---

$-57_{10}$ en Binario Puro no existe.

$-57_{10}$ en Signo Magnitud:

| | $a_{15}$ | $a_{14}$ | $a_{13}$ | $a_{12}$ | $a_{11}$ | $a_{10}$ | $a_9$ | $a_8$ | $a_7$ | $a_6$ | $a_5$ | $a_4$ | $a_3$ | $a_2$ | $a_1$ | $a_0$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $57_{10}$ = | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | en BP |

| | $a_{15}$ | $a_{14}$ | $a_{13}$ | $a_{12}$ | $a_{11}$ | $a_{10}$ | $a_9$ | $a_8$ | $a_7$ | $a_6$ | $a_5$ | $a_4$ | $a_3$ | $a_2$ | $a_1$ | $a_0$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $-57_{10}$ = | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | en SM |
| | bit de signo | bits de la magnitud | | | | | | | | | | | | | | | |

$-57_{10}$ en Complemento a 1:

$57_{10} = 111001_2 = N$

$C_1(N) = C_1(111001) =$

$= 2^n - 1 - N =$

$= 2^{16} - 1 - 111001 =$

$= 10000000000000000 - 1 - 111001 =$

$= 1111111111000110_{C1}$

| | $a_{15}$ | $a_{14}$ | $a_{13}$ | $a_{12}$ | $a_{11}$ | $a_{10}$ | $a_9$ | $a_8$ | $a_7$ | $a_6$ | $a_5$ | $a_4$ | $a_3$ | $a_2$ | $a_1$ | $a_0$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $-57_{10}$ = | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | en C1 |

$-57_{10}$ en Complemento a 2:

$C_2(N) = C_2(111000) =$

$= 2^n - N =$

$= 2^{16} - 111001 =$

$= 10000000000000000 - 111001 =$

$= 1111111111000111_{C2}$

| | $a_{15}$ | $a_{14}$ | $a_{13}$ | $a_{12}$ | $a_{11}$ | $a_{10}$ | $a_9$ | $a_8$ | $a_7$ | $a_6$ | $a_5$ | $a_4$ | $a_3$ | $a_2$ | $a_1$ | $a_0$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $-57_{10}$ = | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | en C2 |

$-57_{10}$ en Exceso a $2^{n-1}$:

$-57_{10} = ( -57_{10} + (2^{16-1})_{10} )_{EX} =$

$= ( -57_{10} + (2^{15})_{10} )_{EX} =$

$= ( -57_{10} + 32768_{10} )_{EX} =$

$= ( 32711_{10} )_{EX} =$

32711 | 2
$a_0 = 1 \leftarrow$ **1** 16355 | 2
$a_1 = 1 \leftarrow$ **1** 8177 | 2
$a_2 = 1 \leftarrow$ **1** 4088 | 2
$a_3 = 0 \leftarrow$ **0** 2044 | 2
$a_4 = 0 \leftarrow$ **0** 1022 | 2
$a_5 = 0 \leftarrow$ **0** 511 | 2
$a_6 = 1 \leftarrow$ **1** 255 | 2
$a_7 = 1 \leftarrow$ **1** 127 | 2
$a_8 = 1 \leftarrow$ **1** 63 | 2
$a_9 = 1 \leftarrow$ **1** 31 | 2
$a_{10} = 1 \leftarrow$ **1** 15 | 2
$a_{11} = 1 \leftarrow$ **1** 7 | 2
$a_{12} = 1 \leftarrow$ **1** 3 | 2
$a_{13} = 1 \leftarrow$ **1** **1** $\rightarrow a_{14} =$ **1**

$= ( 111111111000111_2 )_{EX} =$

$= 0111111111000111_{EX.\ a\ 32768}$

En resumen, para n = 16:

$-57_{10} = 1000000000111001_{SM} =$

$= 1111111111000110_{C1} =$

$= 1111111111000111_{C2} =$

$= 0111111111000111_{EX.\ a\ 32768}$

---

$43600_{10}$ en Signo Magnitud, Complemento a 1, Complemento a 2 y Exceso a $2^{n-1}$ no existe, para n = 16.

$43600_{10}$ en Binario Puro:

43600 | 2
$a_0 = 0 \leftarrow$ **0** 21800 | 2
$a_1 = 0 \leftarrow$ **0** 10900 | 2
$a_2 = 0 \leftarrow$ **0** 5450 | 2
$a_3 = 0 \leftarrow$ **0** 2725 | 2
$a_4 = 1 \leftarrow$ **1** 1362 | 2
$a_5 = 0 \leftarrow$ **0** 681 | 2
$a_6 = 1 \leftarrow$ **1** 340 | 2
$a_7 = 0 \leftarrow$ **0** 170 | 2
$a_8 = 0 \leftarrow$ **0** 85 | 2
$a_9 = 1 \leftarrow$ **1** 42 | 2
$a_{10} = 0 \leftarrow$ **0** 21 | 2
$a_{11} = 1 \leftarrow$ **1** 10 | 2
$a_{12} = 0 \leftarrow$ **0** 5 | 2
$a_{13} = 1 \leftarrow$ **1** 2 | 2
$a_{14} = 0 \leftarrow$ **0** **1** $\rightarrow a_{15} = 1$

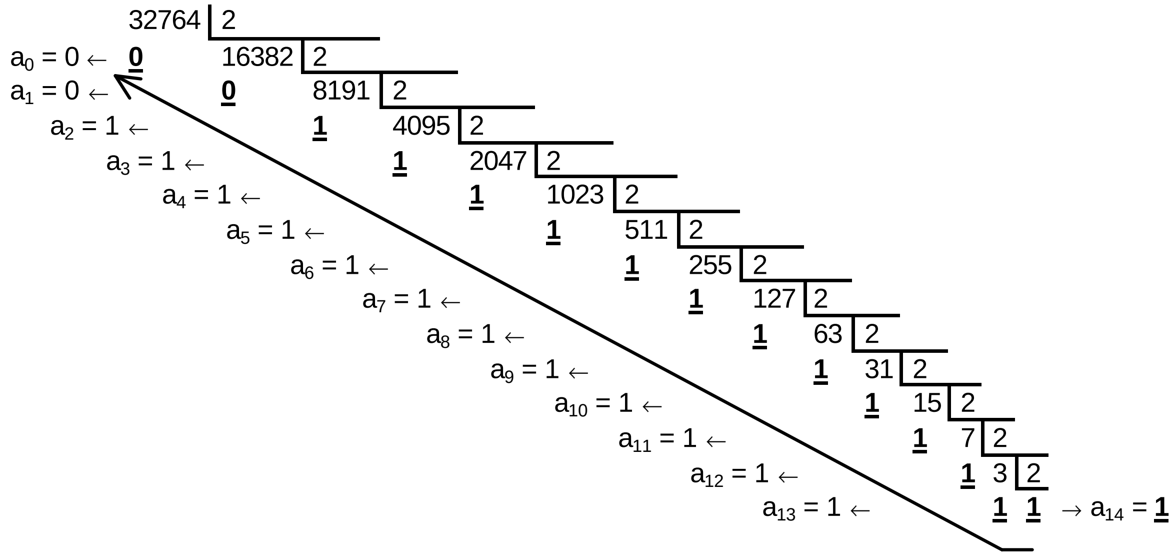
| | $a_{15}$ | $a_{14}$ | $a_{13}$ | $a_{12}$ | $a_{11}$ | $a_{10}$ | $a_9$ | $a_8$ | $a_7$ | $a_6$ | $a_5$ | $a_4$ | $a_3$ | $a_2$ | $a_1$ | $a_0$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $43600_{10}$ = | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | en BP |

$43600_{10} = 1010101001010000_{BP}$

---

$-32764_{10}$ en Binario Puro no existe.

$-32764_{10}$ en Signo Magnitud:




|  | $a_{15}$ | $a_{14}$ | $a_{13}$ | $a_{12}$ | $a_{11}$ | $a_{10}$ | $a_9$ | $a_8$ | $a_7$ | $a_6$ | $a_5$ | $a_4$ | $a_3$ | $a_2$ | $a_1$ | $a_0$ |  |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $32764_{10}$ = | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | en BP |

|  | $a_{15}$ | $a_{14}$ | $a_{13}$ | $a_{12}$ | $a_{11}$ | $a_{10}$ | $a_9$ | $a_8$ | $a_7$ | $a_6$ | $a_5$ | $a_4$ | $a_3$ | $a_2$ | $a_1$ | $a_0$ |  |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $-32764_{10}$ = | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | en SM |
|  | bit de signo | bits de la magnitud |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

$-32764_{10}$ en Complemento a 1:

$32764_{10} = 111111111111100_2 = N$

$C_1(N) = C_1(111111111111100) =$

$= 2^n - 1 - N =$

$= 2^{16} - 1 - 111111111111100 =$

$= 10000000000000000 - 1 - 111111111111100 =$

$= 1000000000000011_{C1}$

|  | $a_{15}$ | $a_{14}$ | $a_{13}$ | $a_{12}$ | $a_{11}$ | $a_{10}$ | $a_9$ | $a_8$ | $a_7$ | $a_6$ | $a_5$ | $a_4$ | $a_3$ | $a_2$ | $a_1$ | $a_0$ |  |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $-32764_{10}$ = | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | en C1 |

$-32764_{10}$ en Complemento a 2:

$C_2(N) = C_2(111111111111100) =$

$= 2^n - N =$

$= 2^{16} - 111111111111100 =$

$= 10000000000000000 - 111111111111100 =$

$= 1000000000000100_{C2}$

|  | $a_{15}$ | $a_{14}$ | $a_{13}$ | $a_{12}$ | $a_{11}$ | $a_{10}$ | $a_9$ | $a_8$ | $a_7$ | $a_6$ | $a_5$ | $a_4$ | $a_3$ | $a_2$ | $a_1$ | $a_0$ |  |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $-32764_{10}$ = | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | en C2 |

$-32764_{10}$ en Exceso a $2^{n-1}$:

$-32764_{10} = ( -32764_{10} + (2^{16-1})_{10} )_{EX} =$

$= ( -32764_{10} + (2^{15})_{10} )_{EX} =$

$= ( -32764_{10} + 32768_{10} )_{EX} =$

$= ( 4_{10} )_{EX} =$

$$\begin{array}{rccccl} & 4 & \vert & 2 & & \\ a_0 = 0 \leftarrow & \underline{\mathbf{0}} & & 2 & \vert\; 2 & \\ a_1 = 0 \leftarrow & & & \underline{\mathbf{0}} & \underline{\mathbf{1}} & \rightarrow a_2 = 1 \end{array}$$

$= ( 100_2 )_{EX} =$
$= 0000000000000100_{EX.\ a\ 32768}$

En resumen, para n = 16:

$-32764_{10} = 1111111111111100_{SM} =$

$= 1000000000000011_{C1} =$

$= 1000000000000100_{C2} =$

$= 0000000000000100_{EX.\ a\ 32768}$

**EJERCICIO PROPUESTO 2.11**

**Solución:**

$10101011_{SM} = ( (1 - 2\cdot1) \cdot (1\cdot2^5 + 1\cdot2^3 + 1\cdot2^1 + 1\cdot2^0) )_{10} =$
$= ( (1 - 2) \cdot (32 + 8 + 2 + 1) )_{10} = ( (-1) \cdot (43) )_{10} = -43_{10}$

---

$10101011_{C1}$(negativo) → $01010100_{C1}$(positivo)

$01010100_{C1} = ( 2^6 + 2^4 + 2^2 )_{10} = ( 64 + 16 + 4 )_{10} = 84_{10}$

$10101011_{C1}$(negativo) = -( $01010100_{C1}$(positivo) $)_{10} = -84_{10}$

$10101011_{C1} = -84_{10}$

---

$10101011_{C2} = ( (-1\cdot2^7) + (1\cdot2^5 + 1\cdot2^3 + 1\cdot2^1 + 1\cdot2^0) )_{10} =$

$= ( (-128) + (43) )_{10} = -85_{10}$

---

$10101011_{EX.\ a\ 128} = ( (2^7 + 2^5 + 2^3 + 2^1 + 2^0) - 2^{15} )_{10} =$
$= ( (128 + 32 + 8 + 2 + 1) - 128 )_{10} = 43_{10}$

---

$00001011_{SM} = ( (1 - 2\cdot0) \cdot (1\cdot2^3 + 1\cdot2^1 + 1\cdot2^0) )_{10} =$
$= ( (1 - 0) \cdot (8 + 2 + 1) )_{10} = ( (1) \cdot (11) )_{10} = 11_{10}$

---

$00001011_{C1} = ( 2^3 + 2^1 + 2^0 )_{10} = ( 8 + 2 + 1 )_{10} = 11_{10}$

---

$00001011_{C2} = ( 2^3 + 2^1 + 2^0 )_{10} = ( 8 + 2 + 1 )_{10} = 11_{10}$

---

$00001011_{EX.\ a\ 128} = ( (2^3 + 2^1 + 2^0) - 2^{15} )_{10} =$
$= ( (8 + 2 + 1) - 128 )_{10} = -117_{10}$

**EJERCICIO PROPUESTO 2.12**

**Solución:**

En primer lugar, para saber cuales son los valores mínimos y máximos, hay que calcular sus respectivos rangos de representación.

En Binario Puro:

$$0_{10} \le x \le (2^n - 1)_{10}$$
$$0_{10} \le x \le (2^8 - 1)_{10}$$
$$0_{10} \le x \le (16 - 1)_{10}$$

**$0_{10}$ £ x £ $255_{10}$**

---

En Signo Magnitud y Complemento a 1:

$$(-2^{n-1} + 1)_{10} \le x \le (2^{n-1} - 1)_{10}$$
$$(-2^{8-1} + 1)_{10} \le x \le (2^{8-1} - 1)_{10}$$
$$(-2^{7} + 1)_{10} \le x \le (2^{7} - 1)_{10}$$
$$(-128 + 1)_{10} \le x \le (128 - 1)_{10}$$

**$-127_{10}$ £ x £ $127_{10}$**

---

En Complemento a 2 y Exceso a $2^{n-1}$:

$$(-2^{n-1})_{10} \le x \le (2^{n-1} - 1)_{10}$$
$$(-2^{8-1})_{10} \le x \le (2^{8-1} - 1)_{10}$$
$$(-2^{7})_{10} \le x \le (2^{7} - 1)_{10}$$
$$(-128)_{10} \le x \le (128 - 1)_{10}$$

**$-128_{10}$ £ x £ $127_{10}$**

| | *Valor mínimo* | | *Valor máximo* | |
|---|---|---|---|---|
| ***Binario Puro*** | $0_{10}$ | $00000000_{BP}$ | $255_{10}$ | $11111111_{BP}$ |
| ***Signo Magnitud*** | $-127_{10}$ | $11111111_{SM}$ | $127_{10}$ | $01111111_{SM}$ |
| ***Complemento a 1*** | $-127_{10}$ | $10000000_{C1}$ | $127_{10}$ | $01111111_{C1}$ |
| ***Complemento a 2*** | $-128_{10}$ | $10000000_{C2}$ | $127_{10}$ | $01111111_{C2}$ |
| ***Exceso $2^{n-1}$*** | $-128_{10}$ | $00000000_{EX.\ a\ 128}$ | $127_{10}$ | $11111111_{EX.\ a\ 128}$ |

**EJERCICIO PROPUESTO 2.13**

**Solución:**

1º) Pasar $240{,}109375_{10}$ a base 2:

```
                          240 | 2
         a0 = 0 ←          0    120 | 2
           a1 = 0 ←               0    60 | 2
             a2 = 0 ←                   0    30 | 2
               a3 = 0 ←                       0    15 | 2
                  a4 = 1 ←                          1    7 | 2
                     a5 = 1 ←                            1   3 | 2
                        a6 = 1 ←                             1   1  → a7 = 1
```

$0{,}109375 \times 2 = \underline{0}{,}21875 \rightarrow a_{-1} = 0$

$0{,}21875 \times 2 = \underline{0}{,}4375 \rightarrow a_{-2} = 0$

$0{,}4375 \times 2 = \underline{0}{,}875 \rightarrow a_{-3} = 0$

$0{,}875 \times 2 = \underline{1}{,}75 \rightarrow a_{-4} = 1$

$0{,}75 \times 2 = \underline{1}{,}5 \rightarrow a_{-5} = 1$

$0{,}5 \times 2 = \underline{1} \rightarrow a_{-6} = 1$

$240{,}109375_{10} = 11110000{,}000111_2$

2º) Normalizar el número binario obtenido, situando la coma decimal a la derecha del bit más significativo:

$11110000{,}000111_2 = 1{,}1110000000111_2 \times 2^7$

3º) Calcular los exponentes en Exceso a $2^{n-1}$-1:

Para precisión simple:

$7_{10} + (2^{8-1} - 1)_{10} = 7_{10} + (2^7 - 1)_{10} = 7_{10} + (128 - 1)_{10} = 134_{10} = 10000110_{EX.\ a\ 127}$

Para precisión doble:

$7_{10} + (2^{11-1} - 1)_{10} = 7_{10} + (2^{10} - 1)_{10} = 7_{10} + (1024 - 1)_{10} =$

$= 7_{10} + 1023_{10} = 1030_{10} = 10000000110_{EX.\ a\ 1023}$

4º) Determinar las mantisas usando bit implícito. Para ello, se cogen los trece bits que están a la derecha de la coma (1110000000111) y el resto de cada mantisa se rellena con ceros:

Para precisión simple:

11100000001110000000000

Para precisión doble:

1110000000111000000000000000000000000000000000000000

5º) Representar el número en los estándar IEEE 754. En este caso, hay que tener en cuenta que el bit de signo vale 0, ya que, el número es positivo:

En precisión simple:

| 31 | 30 … 23 | 22 … 0 |
|---|---|---|
| 0 | 10000110 | 11100000001110000000000 |
| signo | exponente | mantisa |

En precisión doble:

| 63 | 62 … 52 | 51 … 0 |
|---|---|---|
| 0 | 10000000110 | 1110000000111000000000000000000000000000000000000000 |
| signo | exponente | mantisa |

6º) Escribir el número en hexadecimal:

En precisión simple:

**0100 0011 0111 0000 0001 1100 0000 0000**

**4 3 7 0 1 C 0 0**

En precisión doble:

**0100 0000 0110 1110 0000 0011 1000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000**

**4 0 6 E 0 3 8 0 0 0 0 0 0 0 0 0**

Por tanto,

$240{,}109375_{10} = 11110000{,}000111_2 = 1{,}1110000000111_2 \times 2^7 =$

$= 43701C00_{CFL\ (PRECISIÓN\ SIMPLE)} = 406E038000000000_{CFL\ (PRECISIÓN\ DOBLE)}$

1º) Pasar $1110101111111101_{C1}$ a base 2:

$1110101111111101_{C1}$(negativo) → $0001010000000010_{C1}$(positivo)

$0001010000000010_{C1} = ( 2^{12} + 2^{10} + 2^{1} )_{10} = ( 4096 + 1024 + 2 )_{10} = 5122_{10}$

$1110101111111101_{C1}$(negativo) = -( $0001010000000010_{C1}$(positivo) $)_{10} = -5122_{10}$

$1110101111111101_{C1} = -5122_{10} = -1010000000010_{2}$

2º) Normalizar el número binario obtenido, situando la coma decimal a la derecha del bit más significativo:

$-1010000000010_{2} = -1{,}010000000010_{2} \times 2^{12}$

3º) Calcular los exponentes en Exceso a $2^{n-1}-1$:

Para precisión simple:

$$12_{10} + (2^{8-1} - 1)_{10} = 12_{10} + (2^{7} - 1)_{10} = 12_{10} + (128 - 1)_{10} = 139_{10} = 10001011_{EX.\ a\ 127}$$

Para precisión doble:

$$12_{10} + (2^{11-1} - 1)_{10} = 12_{10} + (2^{10} - 1)_{10} = 12_{10} + (1024 - 1)_{10} =$$
$$= 12_{10} + 1023_{10} = 1035_{10} = 10000001011_{EX.\ a\ 1023}$$

4º) Determinar las mantisas usando bit implícito. Para ello, se cogen los catorce bits que están a la derecha de la coma (010000000010) y el resto de cada mantisa se rellena con ceros:

Para precisión simple:

01000000001000000000000

Para precisión doble:

0100000000100000000000000000000000000000000000000000

5º) Representar el número en los estándares IEEE 754. En este caso, hay que tener en cuenta que el bit de signo vale 1, ya que, el número es negativo:

En precisión simple:

| 31 | 30 … 23 | 22 … 0 |
|---|---|---|
| 1 | 10001011 | 01000000001000000000000 |
| signo | exponente | mantisa |

En precisión doble:

| 63 | 62 … 52 | 51 ... 0 |
|---|---|---|
| 1 | 10000001011 | 0100000000100000000000000000000000000000000000000000 |
| signo | exponente | mantisa |

6º) Escribir el número en hexadecimal:

En precisión simple:

**<u>1100</u> <u>0101</u> <u>1010</u> <u>0000</u> <u>0001</u> <u>0000</u> <u>0000</u> <u>0000</u>**

**<u>C</u> <u>5</u> <u>A</u> <u>0</u> <u>1</u> <u>0</u> <u>0</u> <u>0</u>**

En precisión doble:

**1100 0000 1011 0100 0000 0010 1000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000**

**C 0 B 4 0 2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0**

De modo que,

$1110101111111101_{C1} = -5122_{10} =$

$= -1010000000010_2 = -1{,}010000000010_2 \times 2^{12} =$

$= C5A01000_{CFL\ (PRECISIÓN\ SIMPLE)} = C0B4020000000000_{CFL\ (PRECISIÓN\ DOBLE)}$

**EJERCICIO PROPUESTO 2.14**

**Solución:**

1º) Convertir $42E22000_{16}$ a base 2:

**4 2 E 2 2 0 0 0**

**0100 0010 1110 0010 0010 0000 0000 0000**

2º) Obtener los bits del signo, de la mantisa y del exponente:

| 31 | 30 … 23 | 22 … 0 |
|---|---|---|
| 0 | 10000101 | 11000100010000000000000 |
| signo | exponente | mantisa |

3º) Pasar el exponente a base 10:

$$10000101_2 - (2^{8-1} - 1)_{10} = 133_{10} - (2^7 - 1)_{10} = 133_{10} - (128 - 1)_{10} = 133_{10} - 127_{10} = 6$$

4º) Escribir el número en notación científica. Para ello, la mantisa se debe escribir con el bit implícito (1), seguido de la coma decimal (,) y de los bits de la mantisa (11000100010000000000000), teniendo en cuenta que los ceros por la derecha se pueden despreciar. Por otra parte, el número es positivo, ya que, el bit de signo es 0. Por tanto, el número es:

$1{,}1100010001 \times 2^6$

5º) Expresar el número en base 10.

$1{,}1100010001 \times 2^6 = 1110001{,}0001_2 =$

$= ( 2^6 + 2^5 + 2^4 + 2^0 + 2^4 )_{10} = ( 64 + 32 + 16 + 1 + 0{,}0625 )_{10} = 113{,}0625_{10}$

Por tanto,

$42E22000_{CFL\ (PRECISIÓN\ SIMPLE)} = 113{,}0625_{10}$

---

1º) Convertir $C0D5400000000000_{16}$ a base 2:

**C 0 D 5 4 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0**

**1100 0000 1101 0101 0100 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000**

2º) Obtener los bits del signo, de la mantisa y del exponente:

| 63 | 62 … 52 | 51 … 0 |
|---|---|---|
| 1 | 10000001101 | 0101010000000000000000000000000000000000000000000000 |
| signo | exponente | mantisa |

3º) Pasar el exponente a base 10:

$$10000001101_2 - (2^{11-1} - 1)_{10} = 1037_{10} - (2^{10} - 1)_{10} = 1037_{10} - (1024 - 1)_{10} = 14$$

4º) Escribir el número en notación científica.

$-1{,}010101 \times 2^{14}$

5º) Expresar el número en base 10.

$-1{,}010101 \times 2^{14} = 101010100000000_2 =$
$= ( 2^{14} + 2^{12} + 2^{10} + 2^{8} )_{10} = ( 16384 + 4096 + 1024 + 256 )_{10} = 21760_{10}$

Así pues,

$C0D5400000000000_{CFL\ (PRECISIÓN\ DOBLE)} = 21760_{10}$

**EJERCICIO PROPUESTO 2.15**

**Solución:**

| ***Signo (s)*** | ***Exponente (exp)*** | ***Mantisa (m)*** | ***Significado*** |
|---|---|---|---|
| Positivo (0) | Todo unos (11…1) | Todo ceros (00...0) | Más infinito (+∞) |
| Negativo (1) | Todo unos (11…1) | Todo ceros (00...0) | Menos infinito (-∞) |
| 0 ó 1 | Todo unos (11…1) | Distinta de todo ceros | No es un número (*Not a Number*, **NaN**) |
| 0 ó 1 | Todo ceros (00...0) | Todo ceros (00...0) | Representa al cero (0) |
| 0 ó 1 | Todo ceros (00...0) | Distinta de todo ceros | Número muy pequeño cercano al cero (0) |

**EJERCICIO PROPUESTO 2.16**

**Solución:**

1) binario o máquina
2) transistor
3) byte
4) palabra
5) sistema de numeración
6) relativo
7) base
8) $b^n$
9) peso
10) Binario
11) Teorema Fundamental de la Numeración (TFN)
12) uno, tres
13) naturales, opuestos, cero
14) desbordamiento
15) $N + 2^{n-1}$
16) Complemento a 2.
17) número racional
18) normalización
19) 64, 11, 52
20) Unicode