



iINFO

ILIT
GRAND OUEST
NORMANDIE

R 1.03

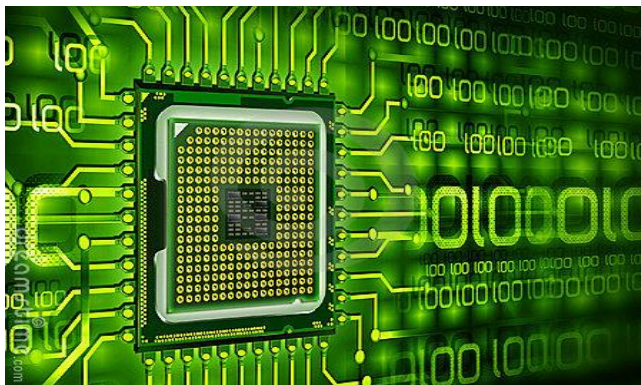
2023 - 2024

Introduction à l'architecture des ordinateurs

Corrigé du TD n° 2

Codage de l'information

Les décimaux



ANNE Jean-François

D'après le cours de M. JEANPIERRE

Le but de ce TD est de se familiariser avec les opérations et les nombres « réels » en binaire.

A. Entiers relatifs :

1°) Codez sur 8 bits en « signe + valeur absolue » les nombres suivants :

On prend la valeur absolue du nombre en base 10 que l'on code en base 2 sur 8 bits. Et on change le MSB par un 1 si le nombre de départ est négatif.

- $55_{10} \Rightarrow 0011\ 0111_2 \Rightarrow 1011\ 0111_{2s}$;
- $0_{10} \Rightarrow 0000\ 0000_2 \Rightarrow 1000\ 0000_{2s}$;
- + $127_{10} \Rightarrow 0111\ 1111_2 \Rightarrow 0111\ 1111_{2s}$;
- $128_{10} \Rightarrow 1000\ 0000_2 \Rightarrow 1000\ 0000_{2s}$. Impossible !

2°) Codez sur 8 bits en complément à 2 les nombres suivants :

On prend la valeur absolue du nombre en base 10 que l'on code en base 2 sur 8 bits. Et si le nombre de départ est négatif, on inverse les 0 en 1 et inversement, puis on ajoute 1 au nombre obtenu.

- $55_{10} \Rightarrow 0011\ 0111_2 \Rightarrow 1100\ 1000_{2C1} \Rightarrow 1100\ 1001_{2C2}$;
- $0_{10} \Rightarrow 0000\ 0000_2 \Rightarrow 1111\ 1111_{2C1} \Rightarrow \neq 0000\ 0000_{2C2}$;
- + $127_{10} \Rightarrow 0111\ 1111_2 \Rightarrow 0111\ 1111_{2C2}$;
- $128_{10} \Rightarrow 1000\ 0000_2 \Rightarrow 0111\ 1111_{2C1} \Rightarrow 1000\ 0000_{2C2}$. Impossible !

3°) Convertissez les nombres suivants en base 2, en utilisant le complément à 2 sur 8,3 bits :

- $2,5_{10} \Rightarrow 00000010,100_2 \Rightarrow 11111101,011_{2C1} \Rightarrow 11111101,100_{2C2}$;
- $35,25_{10} \Rightarrow 00100011,010_2 \Rightarrow 11011100,101_{2C1} \Rightarrow 11011100,110_{2C2}$;
- $2,3_{10} \Rightarrow 00000010,010_2 \Rightarrow 11111101,101_{2C1} \Rightarrow 11111101,110_{2C2}$;

4°) Codez sur 4, 8, 10 et 16 bits en complément à 2 les nombres suivants :

| Nombre | Sur 4 bits | Sur 8 bits | Sur 10 bits | Sur 16 bits |
|--------|--|---|--|---|
| - 1 | 0001 \Rightarrow 1110 \Rightarrow 1111 | 0000 0001 \Rightarrow 1111 1110 \Rightarrow 1111 1111 | 00 0000 0001 \Rightarrow 11 1111 1110 \Rightarrow 11 1111 1111 | 0000 0000 0000 0001 \Rightarrow 1111 1111 1111 1110 \Rightarrow 1111 1111 1111 1111 |
| - 2 | 0010 \Rightarrow 1101 \Rightarrow 1110 | 0000 0010 \Rightarrow 1111 1101 \Rightarrow 1111 1110 | 00 0000 0010 \Rightarrow 11 1111 1101 \Rightarrow 11 1111 1110 | 0000 0000 0000 0010 \Rightarrow 1111 1111 1111 1101 \Rightarrow 1111 1111 1111 1110 |
| - 3 | 0011 \Rightarrow 1100 \Rightarrow 1101 | 0000 0011 \Rightarrow 1111 1100 \Rightarrow 1111 1101 | 00 0000 0011 \Rightarrow 11 1111 1100 \Rightarrow 11 1111 1101 | 0000 0000 0000 0011 \Rightarrow 1111 1111 1111 1100 \Rightarrow 1111 1111 1111 1101 |

B. Arithmétique :

Il s'agit ici de faire les opérations dans la base demandée. **PAS** de convertir le résultat !

1°) Addition :

a) En base 2 :

| | | | |
|--|--|--|--|
| 0111011 + 1110001 <hr/> 10101100 | 11101110 + 01110101 <hr/> + 10110111 1000011010 | 11001100 + 10011001 + 11011101 <hr/> + 10011011 1011011101 | 10001010 + 01110111 + 10101010 + 11111111 <hr/> + 00010101 1010111111 |
|--|--|--|--|

b) En base 16 :

| | | | |
|------------------------|---------------------------|-------------------------------|--|
| 2E + 3F <hr/> 6D | 3FD + 978 <hr/> D75 | 1F2D + FABC <hr/> 119E9 | FED + CBA + 012 + 345 <hr/> 1FFE |
|------------------------|---------------------------|-------------------------------|--|

2°) Soustraction :

a) En base 2 :

| | | | |
|--------------------------------------|---|---|--|
| 1110011 - 0111011 <hr/> 111000 | 11101110 - 01000101 <hr/> - 10100101 100 | 11111111 - 00011001 - 00111001 <hr/> - 01011001 1010100 | 11111111 - 01000010 - 10001000 - 00100100 <hr/> - 00010001 00000000 |
|--------------------------------------|---|---|--|

b) En base 16 :

| | | | |
|------------------------|---------------------------|------------------------------|------------------------------------|
| BA - AB <hr/> 0F | F7A - DC5 <hr/> 1B5 | 94AB - 27FC <hr/> 6CAF | FE3ABC - 5FAD2F <hr/> 9E8D8D |
|------------------------|---------------------------|------------------------------|------------------------------------|

C. Virgule flottante

$$N = (-1)^S \cdot 1, M \cdot 2^E$$

1°) Codez sur 32 bits en norme IEEE754 (float) :

5₁₀ => **01000000 10100000 00000000 00000000**_{IEEE754} ;

5₁₀ => 101₂ => + 1,01 x 2⁺² => S=+ ; M = 01 ; E = 2+127 = 129 = 1000 0001₂;

S => + => 0

E => 129 => 1000 0001

M => 010 0000 0000 0000 0000 0000

$5_{10} \Rightarrow 0\ 1000\ 0001\ 010\ 0000\ 0000\ 0000\ 0000\ 0000$ IEEE754

$2,5_{10} \Rightarrow$ **01000000 00100000 00000000 00000000** IEEE754;

$2,5_{10} \Rightarrow 10,1_2 \Rightarrow + 1,01 \times 2^{+1} \Rightarrow S=+ ; M = 01 ; E = 1+127 = 128 = 1000\ 0000_2 ; ;$

$S \Rightarrow + \Rightarrow 0$

$E \Rightarrow 128 \Rightarrow 1000\ 0000$

$M \Rightarrow 010\ 0000\ 0000\ 0000\ 0000\ 0000$

$2,5_{10} \Rightarrow 0\ 1000\ 0000\ 010\ 0000\ 0000\ 0000\ 0000$ IEEE754

$-2,25_{10} \Rightarrow$ **11000000 00100000 00000000 00000000** IEEE754;

$-2,25_{10} \Rightarrow 10,01_2 \Rightarrow - 1,001 \times 2^{+1} \Rightarrow S=- ; M = 001 ; E = 1+127 = 128 = 1000\ 0000_2 ; ;$

$S \Rightarrow - \Rightarrow 1$

$E \Rightarrow 128 \Rightarrow 1000\ 0000$

$M \Rightarrow 001\ 0000\ 0000\ 0000\ 0000\ 0000$

$-2,25_{10} \Rightarrow 1\ 1000\ 0000\ 001\ 0000\ 0000\ 0000\ 0000$ IEEE754

2°) Décodez les nombres suivants codés en 32 bits en norme IEEE754 (float) :

+ 12.75 $_{10} \Rightarrow$ **01000001 01001100 00000000 00000000** IEEE754;

$0\ 1000\ 0010\ 1001100\ 00000000\ 00000000$ IEEE754

$S \Rightarrow 0 \Rightarrow +$

$E \Rightarrow 10000010 \Rightarrow 130 \Rightarrow 130-127 = 3$

$M \Rightarrow 100110000000000000000000$

$S = + ;$

$M = 100110000000000000000000 ;$

$E = 3 ;$

$(-1)^0 \cdot 1,10011 \cdot 2^{+3} \Rightarrow 1100,11_2 \Rightarrow 12,75_{10}$

-4096 $_{10} \Rightarrow$ **11000101 10000000 00000000 00000000** IEEE754;

$1\ 10001011\ 000000000000000000000000$ IEEE754

$S \Rightarrow 1 \Rightarrow -$

$E \Rightarrow 10001011 \Rightarrow 139 \Rightarrow 139-127 = 12$

M => 000000000000000000000000

S = - ;

M = 000000000000000000000000 ;

E = 12 ;

$(-1)^1 \cdot 1,0 \cdot 2^{+12} \Rightarrow 100000000000_2 \Rightarrow -4096_{10}$

+ 8192.25 ₁₀ => **01000110 00000000 00000001 00000000** IEEE754;

0 10001100 000000000000000100000000 IEEE754

S => 0 => +

E => 10001100 => 140 => 140-127 = 13

M => 000000000000000100000000

S = + ;

M = 000000000000000100000000 ;

E = 13 ;

$(-1)^0 \cdot 1,0000000000000001 \cdot 2^{+13} \Rightarrow 1,000000000000001_2 \Rightarrow +8192,25_{10}$

3°) Quel est le résultat du programme C suivant ?

```
int main() {
    float x = 65536;
    float y = 0.001;
    float z = x+y-x;
    float t = x-x+y;
    printf("%f+%f-%f = %f\n", x, y, x, z);
    printf("%f-%f+%f = %f\n", x, x, y, t);
}
```



D. Pour aller plus loin :

1°) Multiplication en base 2 :

$$\begin{array}{r} 01110 \\ * 11100 \\ \hline 110001000 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 111111,10 \\ * 100100,01 \\ \hline 100011111101,1110 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 11001101 \\ * 10000000 \\ \hline 110011010000000 \end{array}$$

2°) Multiplication en base 16 :

Il faut la table de multiplication par 16 !

$$\begin{array}{r}
 32 \\
 * 56 \\
 \hline
 10CC \\
 1E98C146
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{r}
 ABC \\
 * DEF \\
 \hline
 959184
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{r}
 1234 \\
 * FEDC \\
 \hline
 121F3CB0
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{r}
 1F3D \\
 * FABE \\
 \hline
 \end{array}$$

3°) Division en base 2 :

$$\begin{array}{r|l}
 100011 & 111 \\
 -111 & 101 \\
 \hline
 000111 & \\
 -111 & \\
 \hline
 0 &
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r|l}
 1110101 & 1101 \\
 -1101 & 1001 \\
 \hline
 0001101 & \\
 -1101 & \\
 \hline
 0 &
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r|l}
 100011,10 & 101,01 \\
 -10101 & 110,11 \\
 \hline
 0011101 & \\
 -10101 & \\
 \hline
 0100000 & \\
 -10101 & \\
 \hline
 010110 & \\
 -10101 & \\
 \hline
 01 &
 \end{array}$$

4°) Additions en base 16 :

Effectuez l'addition en base 16 des nombres contenus dans les cases en dessous de la case concernée.

| | | | | | | | | | |
|---|---|----|----|----|--|--|--|--|--|
| | | | | 82 | | | | | |
| | | | 38 | 4A | | | | | |
| | | 18 | 20 | 2A | | | | | |
| | A | E | 12 | 18 | | | | | |
| 4 | 6 | 8 | A | E | | | | | |

Exemple : A = 4 + 6

5°) Opérations en Base 2 :

Effectuer les calculs suivants sachant que, en binaire :

A = 11 1100, B = 1 110, C = 101, D = 1 1111.

- A+B+D = 111100 + 1110 + 11111 = 110 1001
- A-B = 111100 - 1110 = 10 1110
- B×C = 1110 * 101 = 100 0110
- A÷C = 111100 / 101 = 1100

Table de multiplication hexadécimale

| UND | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | A | B | C | D | E | F |
|-----|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | A | B | C | D | E | F |
| 2 | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | A | C | E | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 1A | 1C | 1E |
| 3 | 0 | 3 | 6 | 9 | C | F | 12 | 15 | 18 | 1B | 1E | 21 | 24 | 27 | 2A | 2D |
| 4 | 0 | 4 | 8 | C | 10 | 14 | 18 | 1C | 20 | 24 | 28 | 2C | 30 | 34 | 38 | 3C |
| 5 | 0 | 5 | A | F | 14 | 19 | 1E | 23 | 28 | 2D | 32 | 37 | 3C | 41 | 46 | 4B |
| 6 | 0 | 6 | C | 12 | 18 | 1E | 24 | 2A | 30 | 36 | 3C | 42 | 48 | 4E | 54 | 5A |
| 7 | 0 | 7 | E | 15 | 1C | 23 | 2A | 31 | 38 | 3F | 46 | 4D | 54 | 5B | 62 | 69 |
| 8 | 0 | 8 | 10 | 18 | 20 | 28 | 30 | 38 | 40 | 48 | 50 | 58 | 60 | 68 | 70 | 78 |
| 9 | 0 | 9 | 12 | 1B | 24 | 2D | 36 | 3F | 48 | 51 | 5A | 63 | 6C | 75 | 7E | 87 |
| A | 0 | A | 14 | 1E | 28 | 32 | 3C | 46 | 50 | 5A | 64 | 6E | 78 | 82 | 8C | 96 |
| B | 0 | B | 16 | 21 | 2C | 37 | 42 | 4D | 58 | 63 | 6E | 79 | 84 | 8F | 9A | A5 |
| C | 0 | C | 18 | 24 | 30 | 3C | 48 | 54 | 60 | 6C | 78 | 84 | 90 | 9C | A8 | B4 |
| D | 0 | D | 1A | 27 | 34 | 41 | 4E | 5B | 68 | 75 | 82 | 8F | 9C | A9 | B6 | C3 |
| E | 0 | E | 1C | 2A | 38 | 46 | 54 | 62 | 70 | 7E | 8C | 9A | A8 | B6 | C4 | D2 |
| F | 0 | F | 1E | 2D | 3C | 4B | 5A | 69 | 78 | 87 | 96 | A5 | B4 | C3 | D2 | E1 |