R 1.03

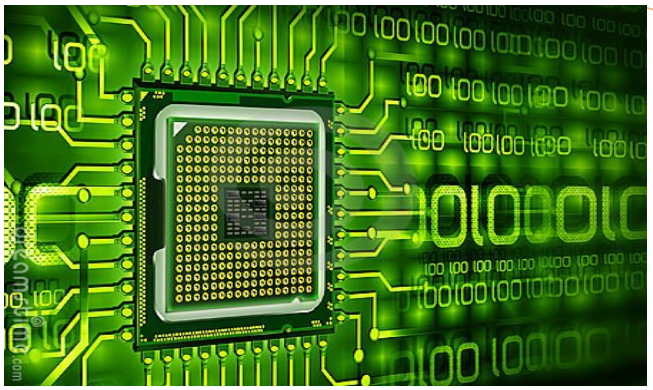
2025 - 2026

Introduction à l'architecture des ordinateurs

TD n° 3

Codage de l'information

Codes détecteurs d'erreurs



ANNE Jean-François

D'après le cours de M. JEANPIERRE

Le but de ce TD est de se familiariser avec les codes de détection, voire de correction, d'erreurs et les opérateurs logiques.

A. Distance de Hamming

1°) Quelle est la distance de Hamming de ce code binaire (4 mots de 5 bits) ?

00000 ; 01010 ; 10101 ; 11111

2°) Proposez un code binaire de 10 mots ayant une distance de Hamming de 3 bits.

B. Code à parité

1°) Quelle est la parité de ce code (8 mots de 4 bits) ?

0 :0001 ; 1 :0010 ; 2 :0100 ; 3 :0111 ; 4 :1000 ; 5 :1011 ; 6 :1101 ; 7 :1110

2°) Quelle est la distance de Hamming du code précédent ?

3°) Codez les nombres suivants avec le code précédent

123_8 ; 001010011_2 ; 123_{16} ; 12_{16}

4°) Codez le message (1234_8) avec le code précédent.

5°) Quelle est la distance de Hamming du message obtenu ?

6°) Le mettre sous la forme d'un code de bloc, en ajoutant un contrôle de parités horizontale et verticale impaires et un contrôle de parité croisée paire.

7°) Quelle est la distance de Hamming du nouveau message obtenu ?

C. Contrôle de Redondance Cyclique (CRC)

1°) Soit le polynôme générateur $G(X) = X^5 + X + 1$

a. Quelle sera la longueur du message correspondant à une donnée de 9 bits ; 10 bits ; 1024 octets ?

b. Déterminer le message binaire à transmettre correspondant à la donnée octale 456_8.

c. Vous recevez le message « 76543_8 », sur 15 bits. Pouvez-vous calculer la donnée initiale ?

2°) Soit le polynôme générateur $G(X) = X^2 + X + 1$

a. Vous recevez le message $T(X) = X^{10} + X^7 + X^6 + X^4 + X^3 + X$. Est-il correct ?

b. Calculez la donnée initiale binaire de ce message T(X)

c. Pouvez-vous trouver une altération discrète de ce message (message faux avec CRC juste) ?

D. Code correcteur d'erreurs

Le protocole Wifi *802.11b* définit un codage du bit 1 par **10110111000_2**, et le codage du bit 0 par **01001000111_2**. Ce code, dit DSSS offre une très bonne résistance aux erreurs.

a. Quelle est sa distance de Hamming ?

b. Quelle est la donnée initiale de ce message reçu ?

11000111000010010001111011011111100110111000010010001111001011100001
00100011110110111001

c. Quelle serait la représentation binaire de la donnée $B5_{16}$?

E. Opérateurs Logiques simples

1°) Non

Effectuez l'opération logique NON (NO) (!) avec les exemples suivants :

00001111_2 ; 123_{10} ; FA_{16} ; 255_{10}

2°) ET

Effectuez l'opération logique ET (AND) (&) avec les exemples suivants :

```
  1011 0111        1100 1011        0110 1111
& 1101 1111      & 1001 0110      & 1110 1110
```

100_2 ET 11111101_2

11101010_2 ET 11011100_2

5_{16} ET FB_{16}

8_{16} AND D_{16}

$7D_{16}$ ET (! 73_{16})

3°) OU

Effectuez l'opération logique OU (OR) (|) avec les exemples suivants :

```
  1010 1101        1010 0100        1101 1011
| 1001 1111      | 0100 1001      | 0111 1111
```

101101_2 OU 11001100_2

11100110_2 OU 10010100_2

9_{16} OR 0_{16}

$A8_{16}$ OU $7E_{16}$

$7D_{16}$ OU (! 73_{16})

4°) ***OU Exclusif***

Effectuez l'opération logique OU Exclusif (XOR) (^) avec les exemples suivants :

```
  1010 1101        1010 0100        1101 1011
^ 1001 1111      ^ 0100 1001      ^ 0111 1111
```

1001010_2 XOR 11011011_2

D_{16} XOR 3_{16}

5_{16} XOR E_{16}

$4B_{16}$ XOR 12_{16}

$7D_{16}$ XOR (! 73_{16})

5°) ***NON ET***

100_2 NON ET 11111101_2

11101010_2 !ET 11011100_2

5_{16} !ET FB_{16}

8_{16} !AND D_{16}

$7D_{16}$ NAND (! 73_{16})

6°) ***NON OU***

101101_2 NON OU 11001100_2

11100110_2 !OU 10010100_2

9_{16} !OR 0_{16}

$A8_{16}$!OU $7E_{16}$

$7D_{16}$ NOR (! 73_{16})

7°) ***NON OU Exclusif***

1001010_2 XNOR 11011011_2

D_{16} !XOR 3_{16}

5_{16} !XOR E_{16}

$4B_{16}$!XOR 12_{16}

$7D_{16}$!XOR (! 73_{16})

F. Décalages

1°) A gauche

- Que devient le nombre hexadécimal D après un décalage à gauche de 2 bits ?
- Que devient le nombre hexadécimal 5 après un décalage à gauche de 2 bits ? :
- Que devient le nombre hexadécimal D5 après un décalage à gauche de 1 bit ?
- Que devient le nombre hexadécimal AAAA après un décalage à gauche de 4 bits ?

2°) A droite

- Que devient le nombre hexadécimal 6 après un décalage à droite de 2 bits ?
- Que devient en hexadécimal, le nombre hexadécimal A7 après un décalage à droite de 2 bits ?
- Que devient le nombre hexadécimal 101 après un décalage à droite de 4 bits ?
- Que devient le nombre hexadécimal 15A après un décalage à droite de 1 bit ?

G. Masques

- Comment ne garder que les 4 bits de gauche du nombre AF_{16} ?
- Comment ne garder qu'un bit sur 2 du nombre $A5_{16}$ à partir de la droite, et mettre les autres à 0 ?
- Comment ne garder que les 4 bits de droite du nombre FA_{16} ?
- Comment mettre à 0 les 4 bits de gauche du nombre AF_{16} ?
- Comment mettre à 1 les 4 bits de gauche du nombre AF_{16} ?
- Comment mettre à 1 les 4 bits de gauche du nombre AF_{16} avec le masque $0F_{16}$?
- Comment mettre à 0 les 4 bits de droite du nombre $A5_{16}$ avec le masque $0F_{16}$?

H. Programmes

1°) Exercice 1

Donnez le résultat du programme suivant :

```
#include<stdio.h>
    int main()
    {
        int a,b;
        int c = 6, d = 1;
        a = c&d;
        b = c|d;
        printf("a=%d ; b=%d ;", a, b);
        return 0;
    }
```

2°) Exercice 2

Donnez le résultat du programme suivant :

```
#include<stdio.h>
    int main()
```

```
{
    int a,b;
    a = 0b11001101;
    b = 0b00001111 & a;
    printf("a=%d ; b=%d ;", a, b);
    return 0;
}
```

3°) ***Exercice 3***

Donnez le résultat du programme suivant :

```
#include<stdio.h>
int main()
{
    int a,b;
    int c = 6, d = 1;
    a = c && d;
    b = c || d;
    printf("a=%d ; b=%d ;", a, b);
    return 0;
}
```