

Chapitre 1 : Les Circuits Combinatoires

Les circuits logiques (**portes**) d'un ordinateur sont divisés en deux catégories suivant leur structure fonctionnelles : les circuits combinatoires et circuits séquentiels

Définition : Un circuit est dit combinatoire si les sorties dépendent uniquement des états des entrées



SYNTHÈSE de FONCTIONS COMBINATOIRES

à partir d'un problème donné, on construit la table de vérité. Ensuite, on construit le circuit en utilisant les portes requises pour représenter cette fonction. D'une façon générale, la démarche est la suivante:

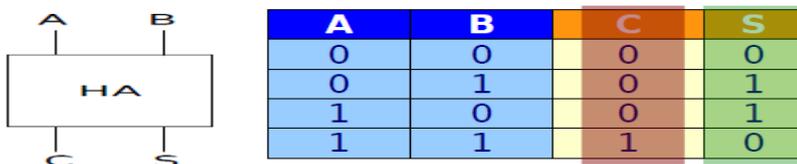
1. Identifier les entrées et les sorties (IN / OUT) de la fonction.
2. Construire la table de vérité.
3. Identifier la fonction à partir de la table de vérité.
4. Simplifier la fonction.
5. Dessiner le schéma du circuit.

1. Quelques exemples de circuits simples.

1.1. L'addition

a) Le demi-additionneur

Il s'agit de réaliser un circuit permettant d'additionner 2 bits d'entrée, et d'obtenir comme sortie le résultat de l'addition et la retenue:



On a deux fonctions la fonction S et la fonction C.

$$S = \bar{A}B + A\bar{B}$$

$$C = A \cdot B$$

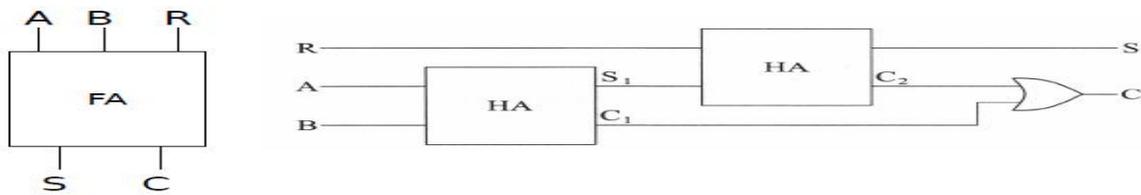
$$S = A \oplus B$$

$$C = A \cdot B$$



B) L'additionneur complet

L'additionneur complet tient compte non seulement des deux entrées, mais aussi de la retenue obtenue lors de l'addition des deux valeurs de la position précédente.



La table de vérité

A	B	R	S	C
0	0	0	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	1	0	0	1
1	1	1	1	1

$$S = \bar{A}\bar{B}R + \bar{A}B\bar{R} + A\bar{B}\bar{R} + ABR$$

$$C = \bar{A}BR + A\bar{B}R + A\bar{B}\bar{R} + ABR$$

> tableau de Karnaugh pour simplifier C

R	AB	00	01	11	10
0				1	
1			1	1	1

$$C = \bar{A}B + \bar{A}R + BR$$

ensuite, pour simplifier S :

$$\bar{C} = \bar{A}\bar{B} + \bar{A}\bar{R} + \bar{B}\bar{R}$$

$$A\bar{C} = A\bar{B}\bar{R}$$

$$B\bar{C} = \bar{A}\bar{B}\bar{R}$$

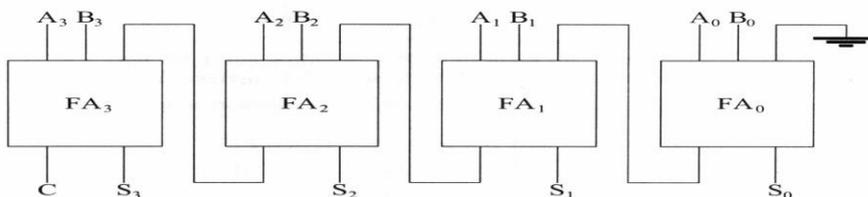
$$R\bar{C} = \bar{A}\bar{B}\bar{R}$$

$$S = \bar{A}\bar{B}R + \bar{A}B\bar{R} + A\bar{B}\bar{R} + ABR$$

$$= (A + B + R)\bar{C} + ABR$$

C) L'additionneur à n bits)

> l'addition de nombres comportant plusieurs bits peut se faire en série (bit après bit)



> ou (presque) en parallèle (tous les bits simultanément)

Si le dernier bit de retenue est égal à 1, il est signalé par un indicateur de carry mémorisé par un 1 noté C (Carry) dans un registre appelé le Processor Status Word (PSW) ou registre d'état.

Si le résultat est aussi en dehors de l'intervalle des n bits, ce dépassement de capacité est aussi mémorisé dans le registre d'état du PSW par l'intermédiaire d'un bit 1 noté O (Overflow)

1.2. Soustraction

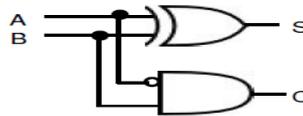
a) demi-soustracteur

table de vérité $S = A - B$; C : retenue

A	B	C	S
0	0	0	0
0	1	1	1
1	0	0	1
1	1	0	0

$$S = A \cdot \bar{B} + \bar{A} \cdot B = A \oplus B$$

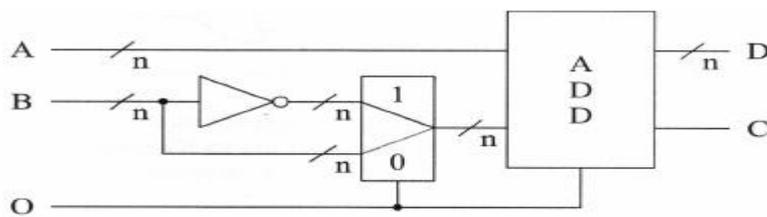
$$C = \bar{A} \cdot B$$



b) additionneur-soustracteur

Pour effectuer des soustractions on utilise les propriétés du complément à 2. Soit \bar{Y} le nombre binaire obtenu en remplaçant les 1 de Y par un 0 et les 0 par un 1. Effectuer $D = X - Y$ est équivalent à $D = X + \bar{Y} + 1$ en complément à 2.

Soit O un signal de contrôle valant 0 si on veut faire une addition, et 1 si on veut faire une soustraction. On utilise ce signal O comme retenue du bit de poids faible de l'additionneur.



1.3. Le comparateur

Le comparateur est un circuit permettant de comparer 2 mots A et B de n bits chacun en indiquant sur ses sorties C, D ou E si $A > B$, $A < B$, $A = B$

● table de vérité

A	B	C=(A>B)	D=(A<B)	E=(A=B)
0	0	0	0	1
0	1	0	1	0
1	0	1	0	0
1	1	0	0	1

on en déduit

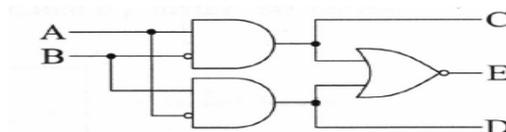
$$C = A \cdot \bar{B}$$

$$D = \bar{A} \cdot B$$

$$E = A \cdot B + \bar{A} \cdot \bar{B}$$

$$= C + D$$

$$= \bar{A} \oplus \bar{B} = A \oplus B = \bar{A} \oplus B$$

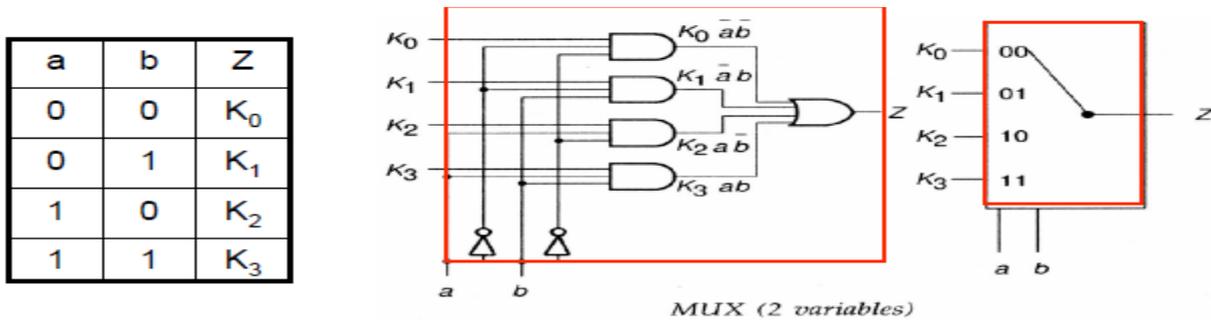


1.4. Le multiplexeur

Le multiplexeur (MUX) Le multiplexeur est un circuit combinatoire Sélecteur qui possède 2^n entrées d'information, n entrées de commande et une seule sortie. Son rôle consiste à sélectionner, à

l'aide de signaux de commande, une des entrées et à la lier à la sortie. **C a dire Le rôle du multiplexeur est d'acheminer au choix une entrée parmi plusieurs**

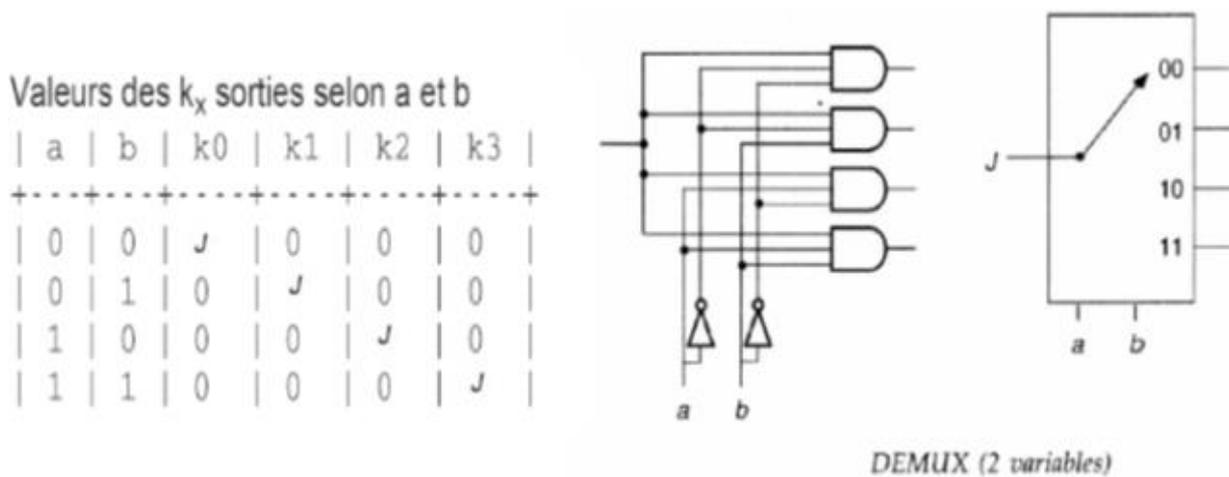
Comme par exemple la Réalisation de fonctions logiques :



1.5. Le démultiplexeur

Le démultiplexeur (démux) fonctionne de façon inverse à celle du multiplexeur. Le démultiplexeur reçoit n signaux de contrôle et une entrée à acheminer vers l'une des 2^n sorties possibles. Les autres sorties donnent alors la constante 0. Les démultiplexeur fonctionnent comme un commutateur.

Les démultiplexeurs sont surtout utilisés dans les conversions série - parallèle.



RQ : Dans l'application pratique, le **démux** est peu utilisé dans cette forme. On lui préfère un composant dérivé : le décodeur.

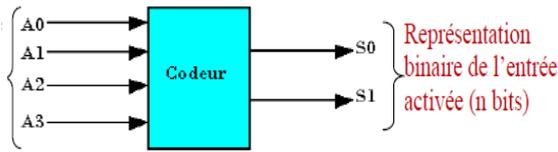
1.6. Le codeur

Le codage permet de transmettre une information de la meilleure façon. Cette transmission est souvent plus simple, plus rapide et plus sécurisé. Les langues que nous utilisons sont des codes.

Le **codeur** (ou encodeur) est un circuit logique qui possède 2^N voies entrées, dont une seule est activée et N voies de sorties. Il fournit en sortie le code binaire correspondant

Exemple d'un codeur 4 voies d'entrées et 2 bits de sortie

a. Schéma fonctionnel



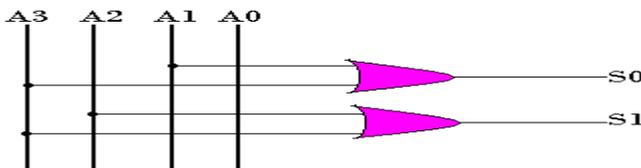
b. Table de vérité

A ₃	A ₂	A ₁	A ₀	S ₁	S ₀
0	0	0	1	0	0
0	0	1	0	0	1
0	1	0	0	1	0
1	0	0	0	1	1

c. Equation des sorties

$S_1=1$ si $(A_2=1)$ ou $(A_3=1)$; $S_1=A_2+A_3$; $S_0=1$ si $(A_1=1)$ ou $(A_3=1)$; $S_0=A_1+A_3$

d. Logigramme



Exemple de d'une conversion décimal-BCD

Table de vérité d'un codeur BCD (Binary Code Decimal)d'une conversion décimal-BCD

W ₀	W ₁	W ₂	W ₃	W ₄	W ₅	W ₆	W ₇	W ₈	W ₉	Y ₃	Y ₂	Y ₁	Y ₀
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1
0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1

Les expressions logiques

$$Y_0 = W_1 + W_3 + W_5 + W_7 + W_9$$

$$Y_1 = W_2 + W_3 + W_6 + W_7$$

$$Y_2 = W_4 + W_5 + W_6 + W_7$$

$$Y_3 = W_8 + W_9$$

Si nous activons simultanément les entrées A₁ et A₂ du codeur ci-dessus, les sorties S₁S₀ présente le nombre 11 qui ne correspond pas au code de l'une ou de l'autre des entrées activés. C'est plutôt le code qui représente l'activation de A₃.

Pour résoudre ce problème on utilise un codeur de priorité qui choisit le plus grand nombre lorsque plusieurs entrées sont activées à la fois.

Exemple, lorsqu'A1 et A2 sont activées simultanément S1S0 sera égale à 10 qui représentent l'activation de A0.

1.7. Le décodeur

Le décodeur réalise la fonction inverse du codeur. C'est un circuit logique comportant n entrée et 2^n combinaison et M sorties telque $M \leq 2n$. Lorsque le signal de validation est actif, seule la sortie dont le numéro correspond à la valeur binaire affichée sur l'entrée est active. Toutes les autres sont inactives.

Nous pouvons citer le clavier d'une porte automatique ou le décodeur BCD/Afficheur 7 segments.

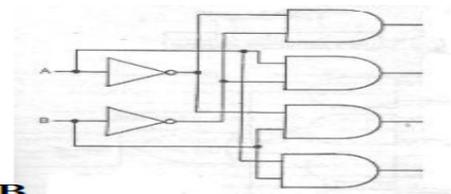
Le décodeur est un circuit très employé dans les microprocesseurs. Son rôle est de sélectionner une adresse précise de mémoire parmi un lot important d'adresses différentes.

Supposez qu'il faille aller chercher dans une mémoire d'une capacité de 4096 mots, un mot donné situé à une adresse bien précise. Il n'est pas question d'adresser les 4096 mots différents contenus dans la mémoire. Cela nécessiterait 4096 fils. Pour résoudre ce problème il ne faut relier le microprocesseur que par 12 fils, car c'est un mot de 12 bit qui permet d'adresser 4096 place ($2^{12} = 4096$). Il nous faudra alors un décodeurs 12 entrées et 4096 sorties.

Décodeur 2 entrée et 4 sorties

A	B	S0	S1	S2	S3
0	0	1	0	0	0
0	1	0	1	0	0
1	0	0	0	1	0
1	1	0	0	0	1

$$S0 = A'B' \quad S1 = A'B \quad S2 = AB' \quad S3 = AB$$



Il est utilisé dans les unités de contrôle des CPU

Remarque: Certains n'utilisent pas toute la gamme de 2^n combinaisons d'entrées possibles. C'est le cas du décodeur DCB décimal qui a 4 bits d'entrée et 10 sorties donc un seule est actif dans chacune des 10 représentations du DCB

1.8. Le transcodeur

Le transcodeur est un circuit qui permet de passer d'un code à un autre. Il comporte n entrée et n sorties. Le lecteur de code barre est un transcodeur. Les deux plus importantes applications des transcodeurs sont : la conversion de code et l'affichage par segment.