

CHAPITRE 2 : CIRCUITS COMBINATOIRES

Introduction

2

- Les machines numériques modernes (ordinateurs, tablettes, smartphones, etc.) sont constituées de deux types de circuits :
- Combinatoires
 - Séquentiels

Introduction

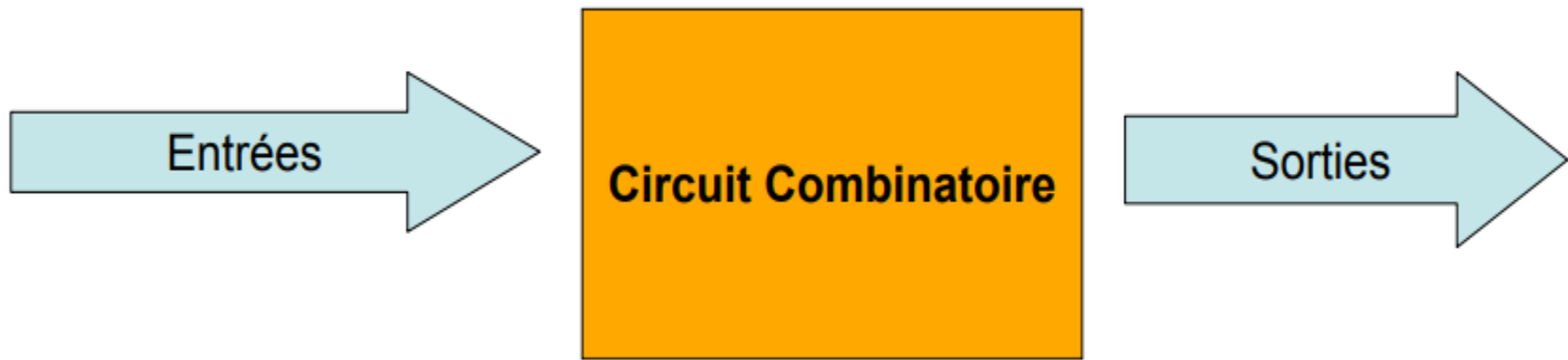
3

- **Circuit logique combinatoire** est un circuit numérique dont les sorties ne dépendent que de l'état logique de ses entrées.
- **Circuit logique séquentiel** est un circuit numérique dont les sorties dépendent de l'état logique de ses entrées, ainsi que de l'état actuel de ce circuit.

Circuit combinatoire

4

- Un circuit combinatoire est constitué d'éléments logiques élémentaires appelés portes logiques, elle reçoivent des signaux appliqués en entrée et produisent des signaux en sortie.



Symbole logique d'un circuit combinatoire

Synthèse d'un circuit combinatoire

5

- Dans ce chapitre, nous nous intéressons principalement à la **synthèse des circuits logiques** combinatoires de base (les additionneurs, les décodeurs, les multiplexeurs, etc.), à partir desquels on peut concevoir d'autres circuits plus complexes.
- La synthèse d'un circuit combinatoire consiste tout simplement à réaliser ce circuit à partir de l'énoncé ou d'un cahier des charges décrivant les fonctions ou le rôle que le circuit doit remplir.

Synthèse d'un circuit combinatoire

6

- Il s'agit donc de déterminer le logigramme associé aux fonctions logiques constituant le circuit en connaissant la définition de chacune de ces fonctions.

Synthèse d'un circuit combinatoire

7

□ Voici les étapes à suivre pour réaliser la synthèse d'un circuit logique combinatoire :

1. **Déterminer les entrées et les sorties du circuit** à partir de la description du problème (c'est l'étape la plus importante, il faut bien comprendre l'énoncé du problème afin de déterminer correctement le nombre de variables d'entrée et de variables de sortie du circuit à réaliser).

Synthèse d'un circuit combinatoire

8

2. Etablir la **table de vérité** des différentes sorties en fonction des entrées.
3. Etablir les **équations logiques**.
4. **Simplifier les équations** de chacune des fonctions logiques.
5. **Etablir le logigramme** (c.à.d. le circuit logique).

Synthèse d'un circuit combinatoire

9

Exemple : (Circuit 2/3)

Etablissons le logigramme d'un circuit logique comportant 3 entrées et 1 sortie, celle-ci étant à l'état 1 si au moins 2 des trois entrées sont à l'état 1.

Synthèse d'un circuit combinatoire

10

Exemple : (Circuit 2/3)

□ Table de vérité :

a	b	c	$f(a, b, c)$
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

□ Expression logique :

$$f(a, b, c) = \bar{a}.b.c + a.\bar{b}.c + a.b.\bar{c} + a.b.c$$

Synthèse d'un circuit combinatoire

11

Exemple : (Circuit 2/3)

□ Simplification:

c \ ab	00	01	11	10
0	0	0	1	0
1	0	1	1	1

$b.c$ $a.b$ $a.c$

□ Expression logique :

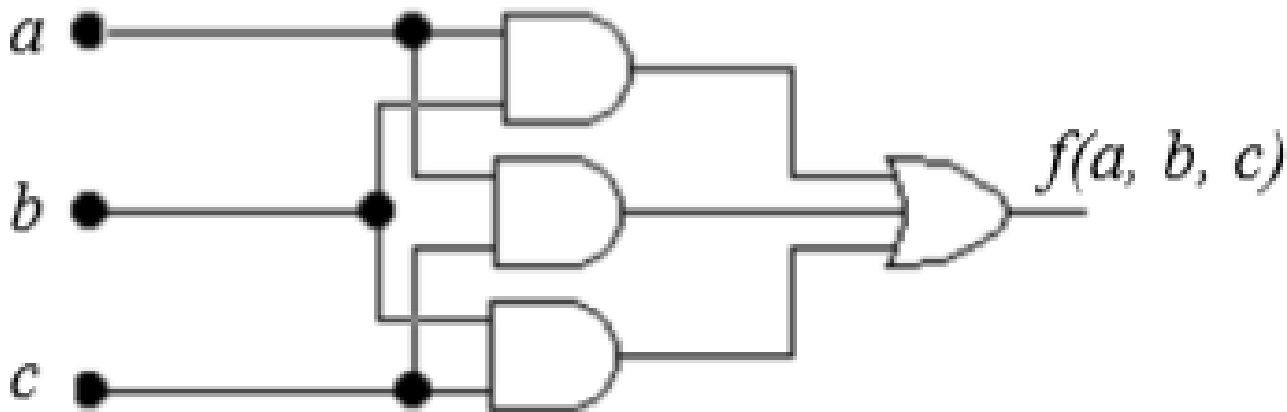
$$f(a, b, c) = a.b + a.c + b.c$$

Synthèse d'un circuit combinatoire

12

Exemple : (Circuit 2/3)

□ Logigramme :



Analyse d'un circuit combinatoire

13

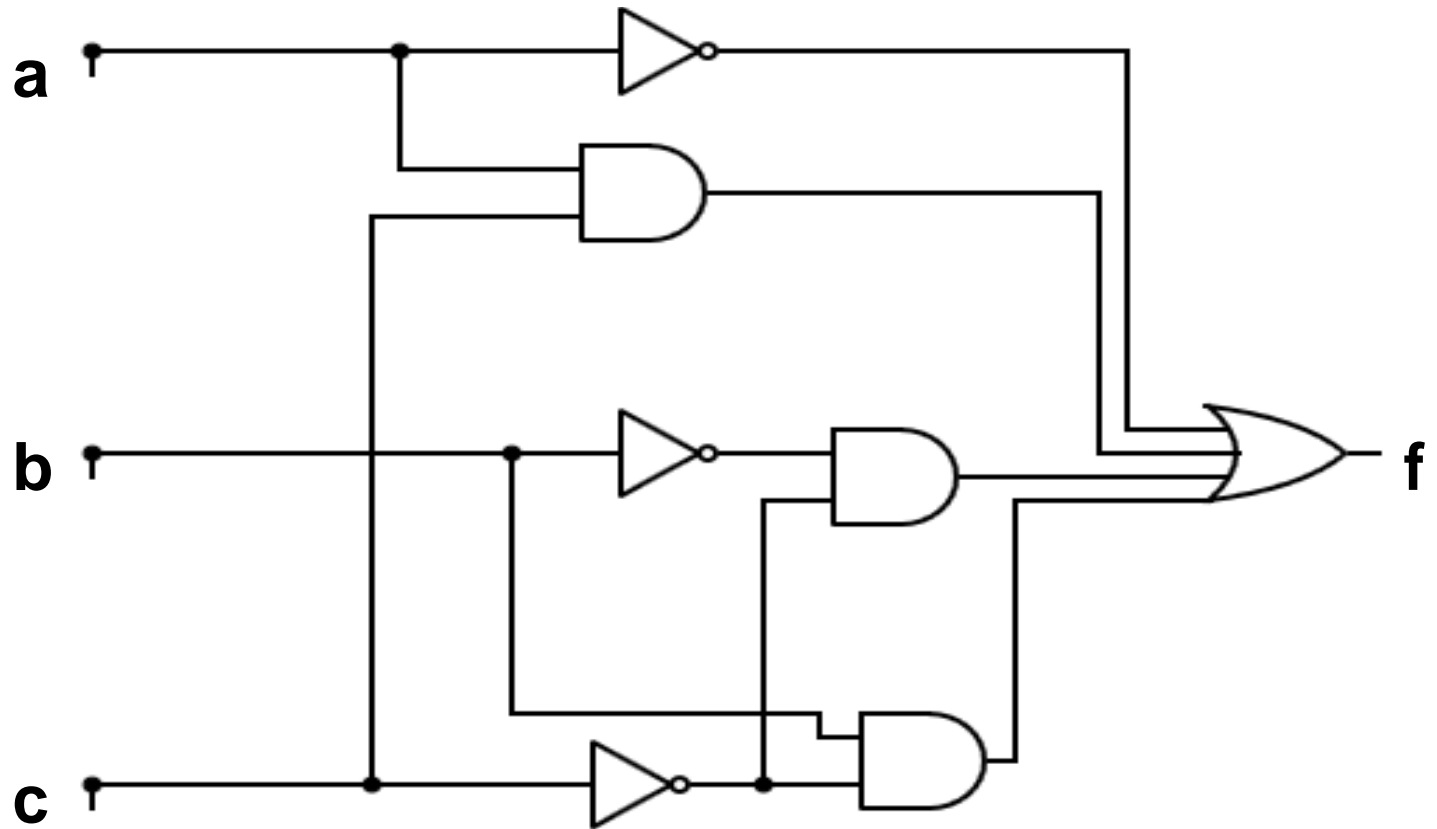
□ Pour analyser un circuit combinatoire, on suit les étapes suivantes :

1. Déterminer les **expressions logiques** des variables de sortie en fonction des valeurs de ses entrées.
2. Dresser la **table de vérité** du circuit.
3. Dédire par un énoncé décrivant le **rôle du circuit**.

Analyse d'un circuit combinatoire

14

Exemple : Analyser le circuit logique suivant :



Analyse d'un circuit combinatoire

15

Exemple :

- Expression logique : $f(a, b, c) = \bar{a} + a.c + \bar{b}.\bar{c} + b.\bar{c}$
- Table de vérité :
- Le rôle du circuit est de produire la constante 1.

a	b	c	f (a,b,c)
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

Classification des circuits combinatoires

16

Dans un ordinateur, nous pouvons distinguer trois différentes classes de circuits logiques combinatoires :

- ▣ Les circuits de calcul **arithmétiques et logiques**.
- ▣ Les circuits **d'aiguillage et de transmission de données**.
- ▣ Les circuits **de conversion de codes**.

Circuits Combinatoires

Arithmétique
et logique

Additionneurs

Soustracteurs

Comparateurs

etc

Aiguillage et
transmission
de données

Multiplexeurs

Démultiplexeurs

Codeurs

Décodeurs

etc

Conversion de
codes

Transcodeurs

etc

**Classification
des circuits
combinatoires**

Circuits arithmétiques et logiques

18

- Les circuits arithmétiques et logiques combinatoires permettant d'effectuer des calculs arithmétiques (addition, soustraction, multiplication) sur des entiers ou des nombre en virgule flottantes et des opérations logiques comme des négations, des ET, des OU ou des OU Exclusifs.
- On les trouve le plus souvent dans les unité de calculs des ordinateur communément appelées ALU (arithmetic logic unit) en anglais.

Circuits arithmétiques et logiques

19

□ Nous allons détailler les circuits arithmétiques et logiques suivants :

- Additionneur.
- Soustracteurs.
- Comparateurs.

Additionneurs

20

- Additionneurs :
 - **Demi additionneur** : 2 entrées sur 1 bit, deux sorties sur 1 bit.
 - **Additionneur complet** : 3 entrées sur 1 bit, deux sorties sur 1 bit.
 - **Additionneur sur n bits.**

Additionneurs

21

□ Demi additionneur:

Rappelons les règles d'addition binaire :

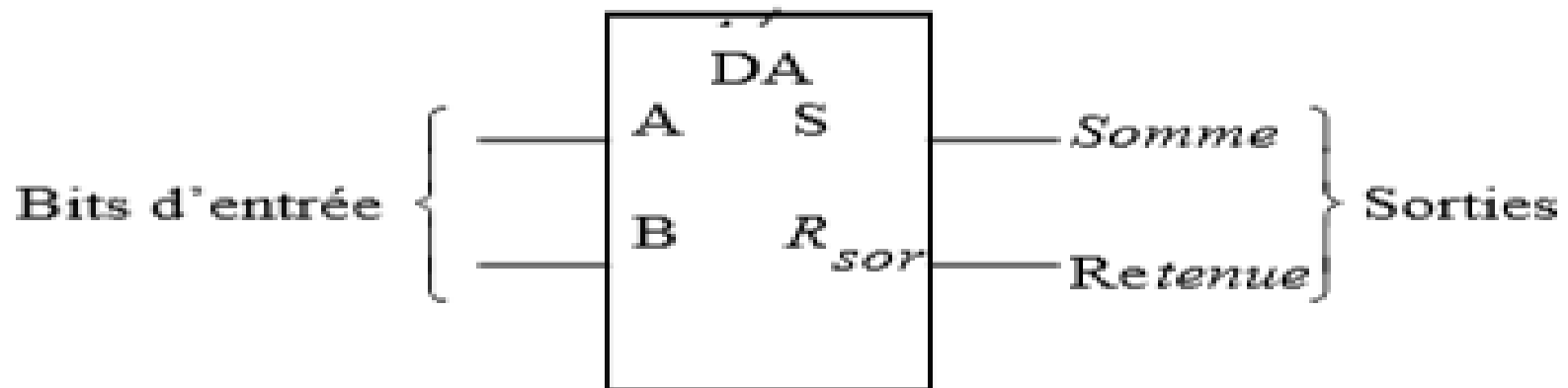
<i>Entrées</i>		<i>Sorties</i>	
<i>A</i>	<i>B</i>	<i>Somme (S)</i>	<i>Retenue (R_{sof})</i>
<i>0 + 0</i>		<i>0</i>	<i>0</i>
<i>0 + 1</i>		<i>1</i>	<i>0</i>
<i>1 + 0</i>		<i>1</i>	<i>0</i>
<i>1 + 1</i>		<i>0</i>	<i>1</i>

Additionneurs

22

□ Demi additionneur :

Ces opérations s'effectuent par un circuit logique appelé un **demi-additionneur**, qu'on note DA. Un DA est symbolisé par le symbole logique suivant :



Symbole logique d'un DA

Additionneurs

23

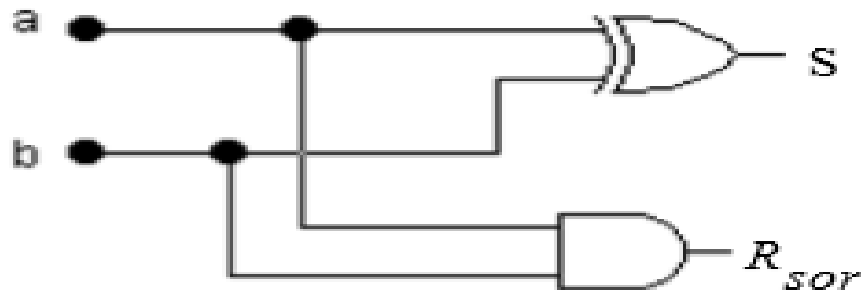
□ Demi additionneur :

- Expressions logiques

$$S = A \oplus B$$

$$R_{sor} = A \cdot B$$

- Logigramme



Demi-Additionneur

Additionneurs

24

□ Additionneur complet :

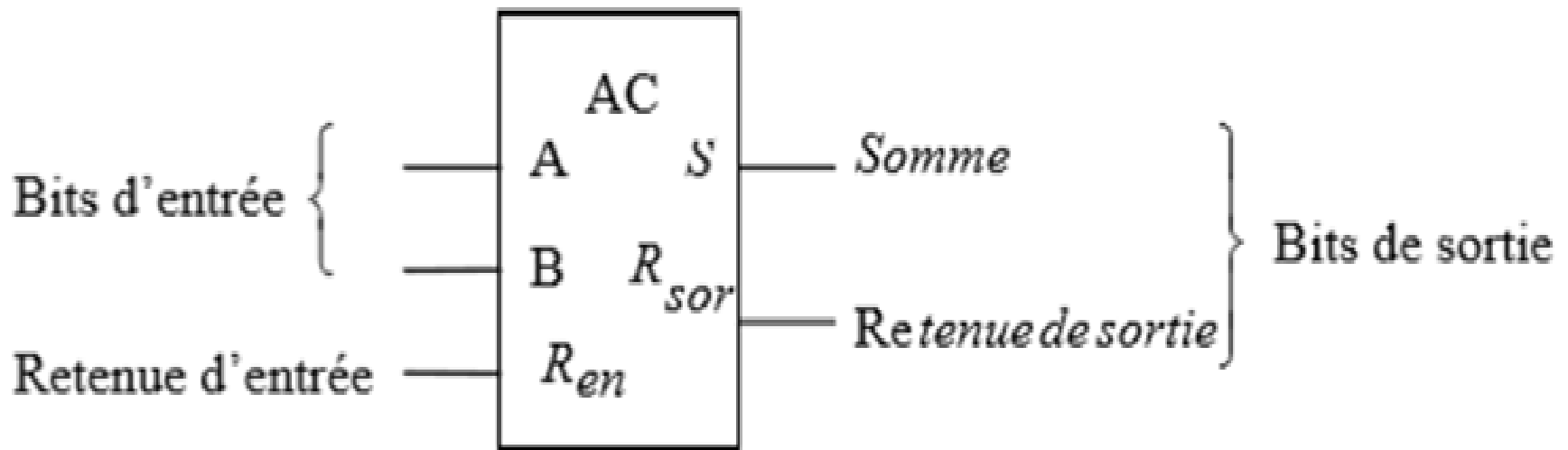
L'additionneur complet (noté AC) est un circuit combinatoire qui permet de réaliser la somme sur un bit de deux nombre A et B tout en tenant en compte la retenue précédente R_{en} . Ce circuit contient donc trois entrées A, B et R_{en} et génère deux sorties : S qui représente la somme de A et B et R_{en} sur un bit et R_{sor} qui représente la retenue.

Additionneurs

25

□ Additionneur complet :

le symbole logique d'un AC est donné par le schéma suivant :



Symbole logique d'un AC

Additionneurs

26

□ Additionneur complet :

Table de vérité

A	B	R_{en}	S	R_{sor}
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