Cours : Automatisme

Résumé : *L'automatisation s'est constamment développée dans l'unique but de réduire la pénibilité du travail humain et d'améliorer la productivité du travail. Les problèmes d'automatisme rencontrés dans l'hydraulique ne font que appel à une solution technologique, ils nécessitent l'imbrication d'équipements électronique, électrique, pneumatiques voire hydraulique.*

Cependant cette automatisation doit être maîtrisée par connaissances des notions de bases des systèmes automatisés d'une part, et par le savoir faire des technologies câblés et programmés.

Chapitre 1 : Base de l'automatisme

1. Introduction

L'automatisme c'est l'exécution des tâches techniques par des machines fonctionnant sans intervention humaine.

Aujourd'hui, les automatismes sont légion autour de nous, rien dans notre logement : les machines à laver le linge, le réfrigérateur, etc. Dans l'industrie et les réseaux hydrauliques ils sont indispensables : ils effectuent quotidiennement les taches les plus répétitives et dangereuses.

On admet généralement qu'un automatisme est composé de deux sous-ensembles:

1. Un organe de décision nommé partie commande.
2. Un organe effectuant les actions ordonné par l'organe de commande nommé partie opérative ou organe de puissance qui peut être mécanique, électrique, pneumatique ou hydraulique.

Donc l'automatisme consiste en l'étude de la commande de système industriel.

2. **Introduction sur la logique Booléenne** :

L'algèbre de Boole, ou calcul booléen, est la partie des mathématiques qui s'intéresse aux opérations et aux fonctions sur les variables logiques.

L'algèbre de Boole a pour but de donner une notation et un mode de résonnement dans le cas de grandeurs qui ne peuvent prendre que deux valeurs s'excluant mutuellement, que l'on désigne par 0 et 1.

On appelle B l'ensemble constitué de deux éléments appelés valeurs de vérité {FAUX, VRAI}. Cet ensemble est aussi noté B={0,1}.

2.1 Variable et fonction logique

On désigne par variable une grandeur représentée par une lettre, qui peut avoir la valeur 0 ou la valeur 1. On associe souvent à une variable l'état d'un élément qui ne peut présenter que deux états. (Exemple état d'un interrupteur I=0 interrupteur Ouvert I=1 interrupteur fermé, on associe aussi à une variable la valeur d'une tension d'entrée ou de sortie).

Application de l'algèbre de Boole dans la logique des prédicats proposition Variable (Vrai, Faux) Opération de base (Et, Ou, Not).

2.1.1 Circuit électrique de la fonction ET et OU

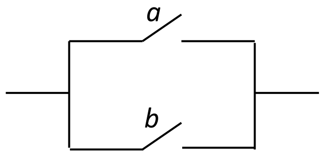
Convention : 0 présente un interrupteur Ouvert (le courant ne passe pas)

1 représente un interrupteur fermé (le courant passe)

On effectue une fonction ET par la liaison de 2 interrupteurs en série (il faut appuyer sur *a* ET *b* pour que le courant passe)

Circuit électrique réalisant la fonction logique ET

La fonction OU par la liaison parallèle (il faut appuyer sur *a* OU *b* pour que le courant passe).



Circuit électrique réalisant la fonction logique OU

2.1.2 Circuit pneumatique de la fonction ET et OU

Première convention : 1= Conduite libre

0= Conduite fermée

Ce problème est analogue aux circuits électriques et résout les problèmes de robinets.

Second convention : 1 : pression P

0= pas de pression p_m< P

On utilise des distributeurs à commande pneumatique (équivalent à des relais) le ET se fait par montage série, le OU en parallèle.

2.1.3 Circuit électronique (Porte logique) de la fonction ET, OU et NON

On utilise, comme en pneumatique seconde convention :

un niveau 1 (présence tension 5volt) et

un niveau 0 (pas de tension 0V).

les fonctions s'effectuées à l'aide de portes (circuit intégrés). Les portes comportent entrée(s) et sortie.

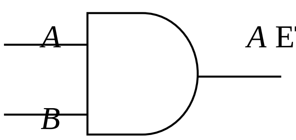
Voici les opérateurs et symboles des trois fonctions de base :

A) Opérateur logique ET

Table de vérité de la fonction ET (AND en anglais)

Entrée		**Sortie**
A	B	A ET B
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Symbole Américain de ET



A ET B=$A.B$

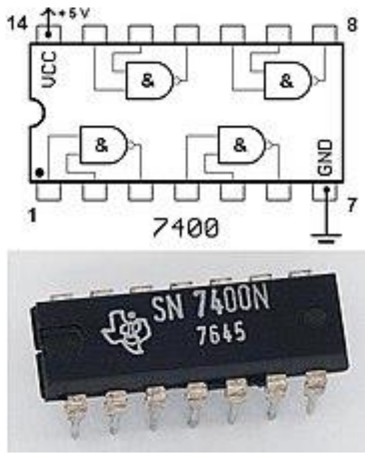


Figure 1 : Circuit intégrés de la fonction logique AND

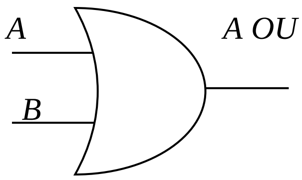
SN 74 00 N à 4 portes AND

B) Opérateur logique OU

Table de vérité de la fonction OU (OR en anglais)

Entrée		Sortie
A	B	A OU B
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Symbole Américain de OU



$A\ OU\ B = A + B$

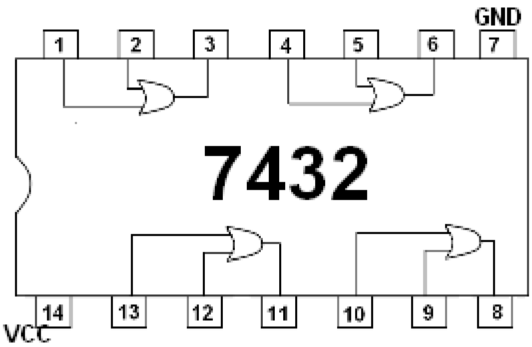


Figure 2 : Circuit intégrés de la fonction logique OR

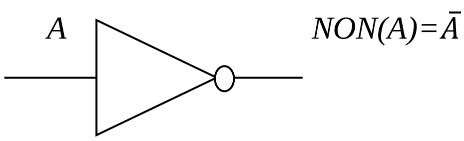
SN 74 32 N à 4 portes OR

C) Opérateur logique NON (NOT)

Table de vérité de la fonction NON (NOT en anglais)

Entrée	Sortie
A	NON A
0	1
1	0

Symbole Américain de NOT



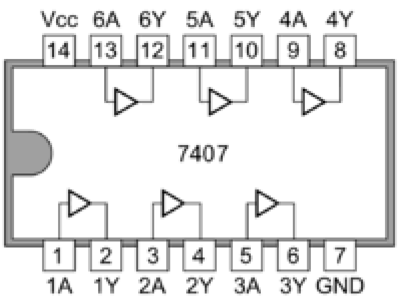


Figure 3 : Circuit intégrés de la fonction logique NOT

SN 74 07 N à 6 portes NOT

2.2 Logique combinatoire

Dans les systèmes digitaux, les variables ne prennent que deux valeurs possibles (0, 1). La fonction est binaire du moment qu'elle ne peut prendre que deux valeurs 0 ou 1.

Elle est fonction d'une ou plusieurs variables binaires. La fonction binaire ou fonction logique est le résultat d'une opération logique entre une ou plusieurs variables binaires.

On supposera maintenant que la variable binaire Z est une fonction de deux variables binaires x et y soit z=f(x,y).

Comme les variables x et y sont supposées avoirs seulement deux valeurs, il y a 2^4=16 combinaisons possibles de deux variables donc il est nécessaire de définir la fonction Z = f(x,y) en spécifiant les valeurs de z pour chacune des combinaison de x et y.

On trouve donc

X	y	Z_0	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	Z_6	Z_7	Z_8	Z_9	Z_{10}	Z_{11}	Z_{12}	Z_{13}	Z_{14}	Z_{15}
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1
1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1
1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1

Ces fonctions sont détaillées ci-dessous : en fonction canonique.

$Z_0 = 0$, fonction nulle

$Z_1 = x.y$ fonction AND

$Z_2 = x.\bar{y}$

$Z_3 = x.\bar{y} + x.y$

$Z_4 = \bar{x}.y$

$Z_5 = \bar{x}.y + x.y$

$Z_6 = \bar{x}.y + x.\bar{y}$ fonction Ex-OR

$Z_7 = x + y$ fonction OR

$Z_8 = \overline{x + y}$ fonction NOR

$Z_9 = \bar{x}.\bar{y} + x.y$

$Z_{10} = \bar{x}.\bar{y} + x.\bar{y}$

$Z_{11} = x + \bar{y}$

$Z_{12} = \bar{x}.\bar{y} + \bar{x}.y$

$Z_{13} = \bar{x} + y$

$Z_{14} = \overline{x.y}$ fonction NAND

$Z_{15} = 1$ fonction unité

2.3 Fonction Booléenne à plusieurs variables

Un système logique est dit combinatoire si l'état de sa sortie ne dépend que de l'état de son entrée. Le système combinatoire ne doit donc pas présenter de réactions de la sortie sur l'entrée, de sorte à ce que l'état de la sortie ne dépend pas de l'histoire du système.

A tout instant, on peut représenter logiquement un système combinatoire en faisant une liste des entrées et des sorties : la table de vérité.

2.3.1 Méthode de Karnaugh et représentation des fonctions

La méthode de Karnaugh, ou méthode de graphique est une méthode de simplification manuelle très efficace pour des fonctions de deux à six variables.

Une table de Karnaugh est une représentation modifiée d'une table de vérité beaucoup plus pratique dans la simplification des fonctions booléennes.

Soit la table de vérité de la fonction

f(w,x,y,z) canonique :

W	X	Y	Z	F
0	0	0	0	0
0	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	0	1	1	1
0	1	0	0	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	0
0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	0	1	1
1	0	1	0	1
1	0	1	1	1
1	1	0	0	0
1	1	0	1	0
1	1	1	0	1
1	1	1	1	1

Ainsi la représentation de la table de Karnaugh à 4 variables :

Wx Yz	00	01	11	10
00				1
01				1
11	1		1	1
10			1	1

Tableau de Karnaugh à cinq variables est représenté comme suit:

Wx Yz	00	01	11	10
00				
01				
11				
10				

Wx Yz	00	01	11	10
00				
01				
11				
10				

V=0 V=1

Tableau de Karnaugh à six variables est représenté comme suit:

Wx Yz	00	01	11	10
00				
01				
11				
10				

00	01	11	10	Wx yz
				00
				01
				11
				10

N=0

00				
01				
11				
10				
Wx yz	00	01	11	10

				00
				01
				11
				10
00	01	11	10	Wx yz

N=1

V=0 V=1

Règles

Pour obtenir des expressions minimales de fonctions booléennes :

1. Former des regroupements de minterms adjacents, aussi larges que possible (le nombre de minterms dans chaque regroupement doit être une puissance de 2). Chaque minterm doit appartenir à au moins un regroupement. Le même minterm peut être contenu dans plusieurs regroupements si nécessaire.
2. Sélectionner le plus petit nombre de regroupements couvrant tous les minterms de la fonction.
3. Transformer chaque regroupement en un produit de variables et établir. La somme logique de tous ces produits donnera l'expression minimale de la fonction.

2.3.2 Exemple de simplification par la méthode de Karnaugh

a) Expression non minimal

Wx Yz	00	01	11	10
00				
01		1	1	
11		1	1	1
10	1	1		1

xy $\bar{w}xy$

wyz

$\bar{x}y\bar{z}$

F= $xy + \bar{w}xy + wyz + \bar{x}y\bar{z}$

b) Expression minimale

Wx yz	00	01	11	10
00				
01		1	1	
11		1	1	1
10	1	1		1

xz $w\bar{x}y$

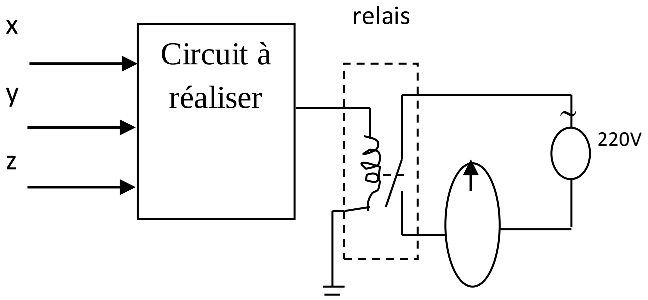
$\bar{w}y\bar{z}$

F= $xz + \bar{w}y\bar{z} + w\bar{x}y$

3. Application de l'algèbre de Boole

3.1 Exemple de réalisation du circuit de commande d'une pompe

On souhaiterait réaliser un circuit qui allumera ou éteindra une pompe P indépendamment à partir de trois endroit différents *x, y, z* :



Ce circuit contient 3 entrées et une sortie

1) La table de vérité de ce circuit est :

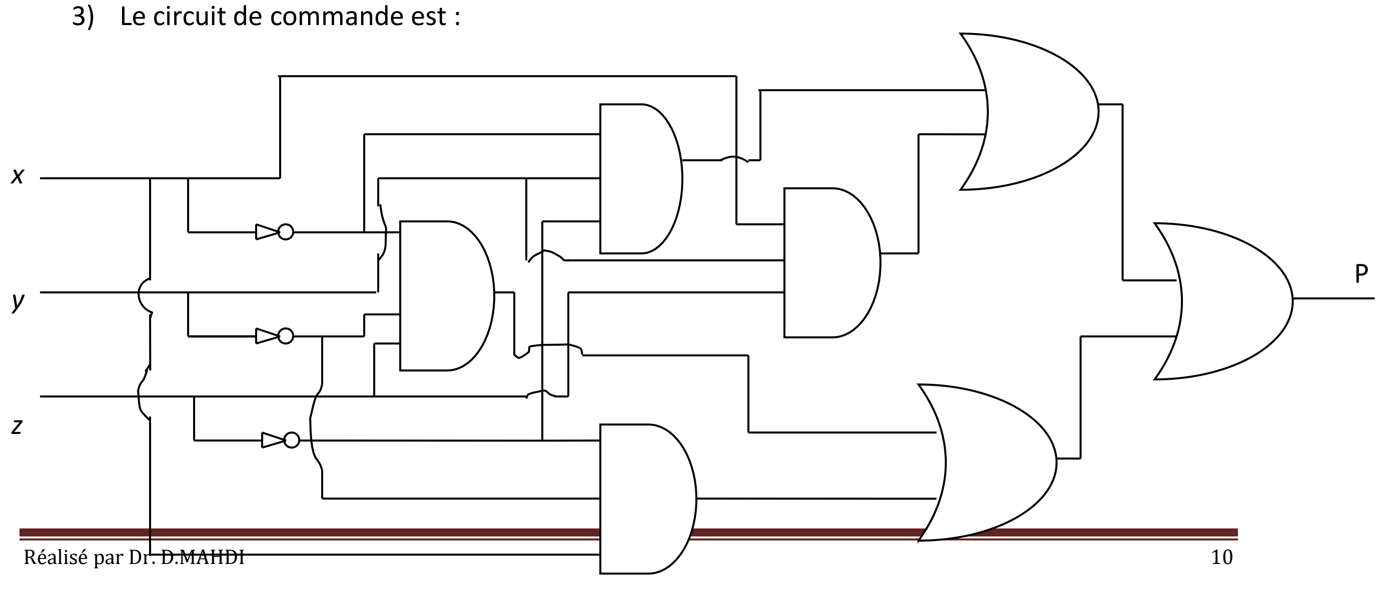
Entrée x	Entrée y	Entrée z	Sortie P
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

2) Simplification de la fonction logique P par le tableau de Karnaugh

z \ xy	00	01	11	10
0	0	1	0	1
1	1	0	1	0

P = $\bar{x}\,\bar{y}z + \bar{x}y\bar{z} + xyz + x\bar{y}\bar{z}$

3) Le circuit de commande est :



3.2 Exemple de réalisation d'un circuit de sécurité d'une partie d'usine

La sécurité d'une usine est assurée par des détecteurs de présence installés en quatre endroits différents. En cas d'effraction, ces détecteurs mettent à l'alimentation (niveau logique 1) quatre contacteurs D1, D2, D3 et D4 qui allument une lampe jaune s'il n'y a qu'une seule effraction ou une lampe rouge s'il y en a plusieurs.

On voudrait trouver les expressions minimales des fonctions alarmes : L_j qui permet d'allumer la lampe jaune et L_R qui allume la lampe rouge sachant qu'une seule lampe s'allume à la fois et que le rouge est prioritaire.

Puis on souhaiterait réaliser le circuit de commande de ces deux lampes.

Ce circuit contient 4 entrées et 2 sorties

1) La table de vérité de ce circuit est :

Entrée D1	Entrée D2	Entrée D3	Entrée D4	Sortie L_j	Sortie L_R
0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	1	0
0	0	1	0	1	0
0	0	1	1	0	1
0	1	0	0	1	0
0	1	0	1	0	1
0	1	1	0	0	1
0	1	1	1	0	1
1	0	0	0	1	0
1	0	0	1	0	1
1	0	1	0	0	1
1	0	1	1	0	1
1	1	0	0	0	1
1	1	0	1	0	1
1	1	1	0	0	1
1	1	1	1	0	1

2) Simplification de la fonction logique L_j par le tableau de Karnaugh

D1D2 D3D4	00	01	11	10
00	0	1	0	1
01	1	0	0	0
11	0	0	0	0
10	1	0	0	0

$L_j = \overline{D1}\,\overline{D2}\,\overline{D3}\,D4 + \overline{D1}\,\overline{D2}\,D3\,\overline{D4} + \overline{D1}\,D2\,\overline{D3}\,\overline{D4} + D1\,\overline{D2}\,\overline{D3}\,D4$

3) Simplification de la fonction logique L_R par le tableau de Karnaugh

D1D2 / D3D4	00	01	11	10
00	0	0	1	0
01	0	1	1	1
11	1	1	1	1
10	0	1	1	1

$$L_R = D3D4 + D2D3 + D2D4 + D1D2 + D1D3 + D1D4$$

3.4 Exemple de réalisation du circuit d'automatisation du distributeur de café

Nous voulons réaliser un distributeur de café. Cet appareil comporte trois récipients contenant du café sans sucre, du café avec sucre et du lait. La machine est dotée de trois boutons poussoirs et d'une petite fente où une pièce d'un 20 dinar pourrait être introduite. Après qu'un choix ait été fait, l'introduction de la pièce et l'appui sur l'un des trois boutons ou les appuis simultanés sur deux boutons nous permettra d'obtenir du café sans sucre, du lait, du café avec sucre, du café au lait sans sucre ou du café au lait avec sucre.

Pour cela on doit suivre les étapes suivantes :

1. Définir et nommer les variables d'entrées et les fonctions de sortie
2. Construire une table de vérité
3. Déterminer les expressions simplifiées de sortie en fonction des variables d'entrées
4. Réaliser le circuit d'automatisme de cet appareil.