

Génie Électrique 3^{ème}

✓ Exercices d'application ✓ Problèmes corrigés

Ismail Kaâouana

Professeur principal

Imen Kaâouana

Ingénieur en Informatique

Industrielle et Automatique



Préface

*Cet ouvrage s'adresse principalement aux élèves de la **Section Technique** et à ceux en cours de formation et de recyclage. Le nouveau programme en vigueur (**3ème Sciences Techniques**) y est entièrement traité sous forme d'exercices et de problèmes , tous corrigés , qui peuvent être concrétisés expérimentalement ou par simulation afin de stimuler la motivation de nos lecteurs. L'ouvrage traite les thèmes suivants :*

- les systèmes de numération.
- Les fonctions logiques.
- Les systèmes combinatoires.
- Les opérations arithmétiques
- Les circuits combinatoires (codeur , décodeur , transcodeur)
- Les fonctions mémoires.
- Les compteurs et les décompteurs
- Le GRAFCET et les séquenceurs
- Les amplificateurs linéaires intégrés (A.L.I).
- Le moteur pas à pas à aimant permanent
- Les microcontrôleurs.

L'élève doit lire attentivement l'exercice et apporter sa propre solution , en cas de difficultés , il pourra examiner la solution proposée .

Les exercices sont de difficultés inégales , les plus simples d'entre eux peuvent être abordés par un niveau moyen de connaissances . Reportez-vous , s'il y a lieu à votre cours pour bien comprendre

Si rien n'est vraiment à apprendre par coeur , tout doit être compris suffisamment pour être retrouvé par raisonnement . De cette façon , le technicien deviendra apte à juger , comparer , critiquer et proposer en connaissance de cause .

Ordre et soin sont les qualités maîtresses d'un technicien . Pas de notes , pas de calculs sur des bouts de papier ou de feuilles volantes . N'oubliez jamais que tout travail scientifique , même d'un débutant , est oeuvre de vérité et de sincérité .

Nous souhaitons que cet ouvrage apporte une aide appréciable à l'élève et à l'enseignant . Nous serions reconnaissants aux lecteurs de bien nous faire part de leurs remarques et de leurs suggestions.

Ismail Kaâouana
Imen Kaâouana

SYSTEMES DE NUMERATION ET CODES

Exercice N°1 :

a - Convertir les nombres binaires suivants en décimal : 10011 ; 1010110 ; 100000000 ; 110011001

b - Convertir en binaire les nombres décimaux suivants : 97 ; 128 ; 512 ; 1953 .

Exercice N°2 :

1 - Convertir le nombre décimal 20 en binaire naturel .

2 - Représenter en binaire et sur un octet le nombre (-20) .

Exercice N°3 :

On veut transmettre les informations ci-après sur un format de 8 bits (un octet) :

Mot1 = $(53)_{10}$, Mot2 = $(BA)_{16}$. Ecrire ces mots selon le format désiré .

Exercice N°4 :

Conversion d'un nombre fractionnaire en binaire : $N = 40,62$; $M = 258,375$.

Exercice N°5 :

a - Donner les 16 symboles possibles du système hexadécimal et leurs équivalents en décimal et en binaire .

b - convertir les nombres suivants en hexadécimal :

$(356)_{10}$; $(189)_{10}$; $(1956)_{10}$; $(100001111)_2$; $(1110100110)_2$.

c - Convertir les nombres hexadécimaux suivants en binaire :

$(FFF)_H$; $(ABC)_{16}$; $(12B7)_{16}$; $(2AF)_H$.

Exercice N°6 :

Comment compter en hexadécimal . ?

Exercice N°7 :

a - Convertir en octal (base 8) les nombres décimaux suivants : $(32)_{10}$, $(97)_{10}$, $(108)_{10}$

b - Convertir les nombres binaires suivants en octal :

$(1011)_2$, $(1100001)_2$, $(1111111)_8$

Exercice N°8 :

Voici un tableau reprenant des valeurs dans différentes cases , vous pouvez vous exercer à convertir ces valeurs vers les autres bases :

Décimal	Binaire	Octal	Hexadécimal
1971			
	10010		
		10010	
			10010
			11
		11	
	11		
11			
	1		
74			
	74		
		74	
			74
			ABBA
	101010101010		
		1234567	
123			
			BB
255			

Exercice N°9 :

Convertir les nombres suivants en base 10 : $(1A1A)_{16}$; $(110100110)_2$; $(23456)_8$; $(C4D5)_{16}$; $(1789)_8$

Exercice N°10 :

- a - Donner l'équivalent décimal du nombre maximum qu'il est possible d'exprimer avec 5 entiers a_0 , a_1 , a_2 , a_3 , a_4 compris entre 0 et $b-1$ dans les systèmes de base $b = 10$, $b = 8$, $b = 2$.
- b - Combien de chiffres hexadécimaux sont nécessaires pour représenter tous les entiers compris entre 0 et $(2000)_{10}$?

Exercice N°11 :

- a - Qu'appelle-t-on un code ? Pourquoi les codes ?
- b - Comparer le code BCD et le binaire direct (naturel)
- c - Donner l'équivalent décimal et hexadécimal des lettres majuscules , minuscules , des chiffres 0 à 9 (présenter les résultats dans un tableau) .

Exercice N°12

- 1 - Exprimer les nombres décimaux (0 à 15) en binaire naturel , en binaire réfléchi (code GRAY) et en BCD . Présenter les résultats dans un tableau.
- 2 - Expliquer le passage du code binaire au code GRAY et la passage du GRAY en binaire
- 3 - Applications :
- Convertir en GRAY $(10011)_2$.
 - Convertir en binaire $(01110)_6$.

CORRIGÉS

Exercice N°1

(systèmes de numération et codes)

a - Conversion binaire décimal :

Le nombre binaire 10011 est formé de 5 bits, soit $n-1 = 4$ et sa base est $b = 2$, on peut écrire :

N	1	0	0	1	1	binaire
	x	x	x	x	x	
	24	23	22	21	20	

$$(10011)_2 = (19)_{10}$$

$$= 16 + 0 + 0 + 2 + 1 = 19 \text{ décimal}$$

Le nombre binaire 1010110 est formé de 7 bits, soit $n-1 = 6$ et sa base est $b = 2$:

N	1	0	1	0	1	1	0	binaire
	x	x	x	x	x	x	x	
	26	25	24	23	22	21	20	
	= +64	+0	+16	+0	+4	+2	+0	86 décimal

$$(1010110)_2 = (86)_{10}$$

La même méthode aboutit aux résultats :

$$(10000000)_2 = (256)_{10} ; (110011001)_2 = (409)_{10}$$

b - Conversion décimale binaire :

Cette conversion est réalisée par divisions successives du nombre décimal par la base et en reprenant le reste de chaque division jusqu'à ce qu'un quotient de zéro soit obtenu :

97 / 2 = 48	{	reste 1
48 / 2 = 24	{	reste 0
24 / 2 = 12	{	reste 0
12 / 2 = 6	{	reste 0
6 / 2 = 3	{	reste 0
3 / 2 = 1	{	reste 1
1 / 2 = 0	{	reste 1

Bit du poids le plus fort (MSB) → 1 1 0 0 0 0 1
Bit du poids le plus faible (LSB) ←

$$(97)_{10} = (1100001)_2$$

Avec la même méthode, on trouve : $(128)_{10} = (10000000)_2$

$$(512)_{10} = (1000000000)_2 ; (1953)_{10} = (11110100001)_2$$

~ 5 ~

Remarque : il est plus facile d'utiliser la décomposition hexadécimale pour convertir un nombre décimal en binaire. On recherche tout d'abord l'équivalent hexadécimal par la méthode des divisions successives, puis on remplace chaque caractère hexadécimal par le groupe de 4 bits binaires équivalents. Cette méthode est plus rapide et évite les risques d'erreurs de conversion. Pour illustrer cette méthode, convertissons le nombre décimal 1953 en binaire :

- conversion en hexadécimal :

	1953	16
	3	
	1	122
		10
		7
		16
		7
		0

$$(1953)_{10} = (7A1)_{16}$$

- conversion hexadécimal en binaire : On remplace chaque caractère par son équivalent en binaire de 4 bits : $(7A1)_{16} = (01110100001)_2$.

Exercice N°2

1 - Conversion décimal-binaire :

Le résultat s'obtient par la division successive par la base 2 :

	20	2
	0	10
		0
		2
		5
		1
		2
		2
		0
		1
		2
		1
		0

$$(20)_{10} = (10100)_2$$

2 - Représentation sur un octet du nombre algébrique ' - 20 ' :

Ecrire 20 en base 2 : $(20)_{10} = 00010100$

Compléter les bits à 1 :

Ajouter 1 :

$$+ \begin{array}{r} 1 \\ 11101011 \\ \hline 11101100 \end{array}$$

Représentation de -20 :

Vérification :

$$\begin{array}{r} 11101100 \\ -128 + 64 + 32 + 0 + 8 + 4 + 0 + 0 = -20 \end{array}$$

Exercice N°3

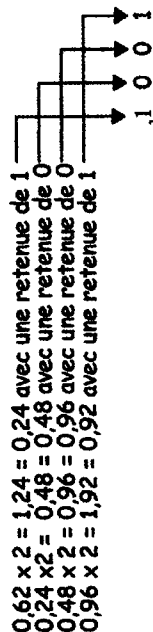
$$(53)_{10} = (00110101)_2 ; (BA)_{16} = (10111010)_2 = (186)_{10}$$

~ 6 ~

Exercice N°4

La méthode consiste à faire la conversion séparée en parties entières et fractionnelles :

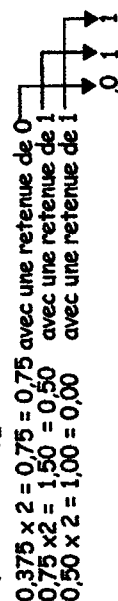
- $N = 40,62$:
- la première étape consiste à convertir la partie entière $40 : (40)_{10} = (101000)_2$.
- la deuxième étape consiste à multiplier par 2 la partie fractionnaire (0,62) et ne conservant que la partie fractionnaire et en enregistrant tout report dans la position entière :



Le premier report est écrit en première position à droite de la virgule. Le processus de la multiplication par 2 se poursuit jusqu'à ce que le nombre de bits réservés soit atteint. La conversion complète est obtenue par la combinaison de la partie entière et de la partie fractionnelle : $(40,62)_{10} = (101000,1001)_2$.

- $M = 258,375$:

$$(258)_{10} = (100000010)_2$$



$$(0,375)_{10} = (0,011)_2 \text{ et } (258,375)_{10} = (100000010,011)_2$$

Exercice N°5

a - Tableau d'équivalence :

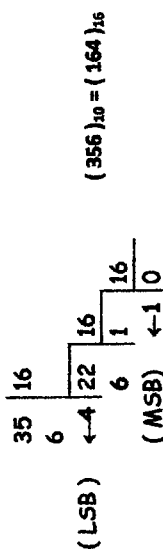
Hexadécimal	Décimal	Binaire
0	0	0000
1	1	0001
2	2	0010
3	3	0011
4	4	0100
5	5	0101

~7~

Hexadécimal	Décimal	Binaire
6	6	0110
7	7	0111
8	8	1000
9	9	1001
A	10	1010
B	11	1011
C	12	1100
D	13	1101
E	14	1110
F	15	1111

c - Conversion en hexadécimal :

- $(356)_{10}$:



- $(189)_{10}$:



- $(1956)_{10} = (7A4)_{16}$

• $(100001111)_2$: La conversion du binaire en hexadécimal est obtenue en groupant 4 bits binaires, en ajoutant des zéro si nécessaire à droite. Chaque groupe est converti en son équivalent en décimal

1	0000	1111	binaire
0001	0000	1111	groupes de 4 bits
1	0	15	
1	0	F	Hexadécimal

$$(100001111)_2 = (10F)_{16}$$

- $(1110100110)_2$:

0011	1010	0110
3	A	6

$$(1110100110)_2 = (3A6)_{16}$$

~8~

Décimal	Binaire	Octal	Hexadécimal
1971	11110110011	3663	7B3
18	10010	22	12
4104	100000001000	10010	1008
6552	1000000000010000	20020	1010
17	10001	21	11
9	1001	11	9

Décimal	Binaire	Octal	Hexadécimal
3	11	3	3
11	1011	13	8
1	1	1	1
74	1001010	112	4A
N'existe pas	74	N'existe pas	N'existe pas
Décimal	Binaire	Octal	Hexadécimal
60	111100	74	3C
116	1110100	164	74
43962	10101011011010	125672	ABBA
2730	101010101010	5252	AAA
Décimal	Binaire	Octal	Hexadécimal
342391	1010011100101110111	1234567	53977
123	1111011	173	7B
187	10111011	273	BB
255	11111111	377	FF

Exercice N°9

- ♦ $(1A1A)_{16} = (((1.16+10).16+1).16+10) = (26.16+1).16+10 = 417.16+10 = (6682)_{10}$
- ♦ $(1101001110)_2 = 256+128+32+4+2 = (422)_{10}$
- ♦ $(23456)_8 = 2.8=16 ; +3=19 ; 8=152 ; +4=156 ; 8=1248 ; +5=1253 ; 8=10024 ; +6=(10030)_{10}$
- ♦ $(C4D5)_{16} = 12.16=192 ; +4=196 ; .16=3136 ; +13=3149 ; .16=50384 ; +5=(50389)_{10}$
- ♦ $(1765)_8 = 1.8=8 ; +7=15 ; 8=120 ; +6=126 ; .8=1008 ; +5 = (1013)_{10}$

Exercice N°10

- $b = 10$; nombre maximum = $(99999)_{10}$.
- $b = 8$; nombre maximum = $(77777)_8 = 8^5 - 1 = (32768)_{10}$
- $b = 2$; nombre maximum = $(11111)_2 = 2^5 - 1 = (31)_{10}$
- $b = -$ Avec 2 chiffres hexadécimaux , on ne peut représenter que $16.16=256$. Avec 3 chiffres hexadécimaux , on peut représenter $256.16=4096$ entiers , donc 3 chiffres hexadécimaux sont nécessaires . $(2000)_{10}=(7D0)_{16}$

Exercice N°11

- a - Un code est une combinaison permettant de représenter par un nombre un phénomène physique , une lettre , une instruction d'un clavier (code ASCII) ou d'une machine etc.
- Dans un système informatique , électronique ou en automatisation , un certain nombre d'informations différentes sont mises en mémoire . Au traitement de celle-ci , il faut pouvoir les distinguer les unes des autres d'où l'intérêt de code . Le codage est un élément essentiel de la gestion des flux traversant les systèmes ; on doit coder les informations dans de multiples domaines , par exemple , pour le tri du courrier , pour la commande

numérique des machines outils etc. Cette codification utilise essentiellement la logique binaire.

b -Un nombre BCD n'est pas semblable à un nombre binaire direct . Un code binaire direct prend le nombre complet et le représente en binaire ; le code BCD convertit chaque digit décimal individuellement en binaire . Prenons le nombre 148 et comparons sa représentation BCD et sa représentation en binaire direct :

$(148)_{10}$	$(10010100)_2$	(binaire)
$(148)_{10}$	0001 0100 1000	(BCD)

Le code binaire exige 8 bits pour représenter 148 alors que le code BCD exige 12 bits . le principal avantage du code BCD est la facilité de conversion avec le décimal mais il n'est pas pondéré .

c : Code ASCII

Car	Déc	Hex	Car	Déc	Hex	Car	Déc	Hex	Car	Déc	Hex	Car	Déc	Hex	Car	Déc	Hex
A	65	41	N	78	4E	a	97	61	n	110	6E	0	48	30			
B	66	42	O	79	4F	b	98	62	o	111	6F	1	49	31			
C	67	43	P	80	50	c	99	63	p	112	70	2	50	32			
D	68	44	Q	81	51	d	100	64	q	113	71	3	51	33			
E	69	45	R	82	52	e	101	65	r	114	72	4	52	34			
F	70	46	S	83	53	f	102	66	s	115	73	5	53	35			
G	71	47	T	84	54	g	103	67	t	116	74	6	54	36			
H	72	48	U	85	55	h	104	68	u	117	75	7	55	37			
I	73	49	V	86	56	i	105	69	v	118	76	8	56	38			
J	74	4A	W	87	57	j	106	6A	w	119	77	9	57	39			
K	75	4B	X	88	58	k	107	6B	x	120	78						
L	76	4C	Y	89	59	l	108	6C	y	121	79						
M	77	4D	Z	90	5A	m	109	6D	z	122	7A						

Exercice N°12

1 - Tableau des conversions :

Décimal	Binaire Naturel	Binaire réfléchi	BCD
0	0000	0000	0000
1	0001	0001	0001
2	0010	0011	0010
3	0010	0010	0010
4	0100	0110	0100
5	0101	0111	0101
6	0110	0101	0110
7	0111	0100	0111
8	1000	1100	1000
9	1001	1101	1001
10	1010	1111	00010000
11	1011	1110	00010001
12	1100	1010	00010010
13	1101	1011	00010011
14	1110	1001	00010100
15	1111	1000	00010101

Remarque importante :

Le binaire naturel se prête parfaitement à des opérations arithmétiques mais il faut cependant une grande quantité de bits pour exprimer un nombre dès que celui-ci est élevé. Un autre inconvénient du code binaire naturel est qu'il peut introduire des erreurs lors du codage de valeurs variant de façon ordonnée. Entre deux codes successives, plusieurs bits pourront alors être amenés à changer simultanément (par exemple entre 01 et 10, deux bits changent simultanément, et physiquement, c'est impossible, il y a forcément une transition générant un code parasite 00 ou 11 pouvant entraîner une erreur.

Le code binaire réfléchi pallie l'inconvénient ci-dessus, car un seul bit change de valeur quand on passe d'un nombre décimal au suivant.

2 - Conversion GRAY/Binaire :

• De binaire en Gray : $b_n b_{n-1} \dots b_0 \longrightarrow g_n g_{n-1} \dots g_0$

$$g_n = b_n$$

$$g_{n-1} = b_n \oplus b_{n-1}$$

$$g_0 = b_1 \oplus b_0$$

• De Gray en binaire : $g_n g_{n-1} \dots g_0 \longrightarrow b_n b_{n-1} \dots b_0$

$$b_n = g_n$$

$$b_{n-1} = b_n \oplus g_{n-1}$$

$$b_0 = b_1 \oplus g_0$$

3 - Applications :

~ 13 ~

• $(10011)_2 = (?)_{\text{gray}}$

b_4	b_3	b_2	b_1	b_0
1	0	0	1	1
g_4	g_3	g_2	g_1	g_0
1	1	0	1	0

$$\begin{aligned} g_4 &= b_4 = 1 ; g_3 = g_4 \oplus b_3 = 1 \oplus 0 = 1 \\ g_2 &= b_3 \oplus b_2 = 0 \oplus 0 = 0 \\ g_1 &= b_2 \oplus b_1 = 0 \oplus 1 = 1 \\ g_0 &= b_1 \oplus b_0 = 1 \oplus 1 = 0 \\ \text{Soit } (10011)_2 &= (11010)_{\text{gray}} \end{aligned}$$

• $(01110)_{\text{gray}} = (?)_2$

g_4	g_3	g_2	g_1	g_0
0	1	1	1	0
b_4	b_3	b_2	b_1	b_0
0	1	0	1	1

$$\begin{aligned} b_4 &= g_4 = 0 ; b_3 = b_4 \oplus g_3 = 0 \oplus 1 = 1 \\ b_2 &= b_3 \oplus g_2 = 1 \oplus 1 = 0 \\ b_1 &= b_2 \oplus g_1 = 0 \oplus 1 = 1 \\ b_0 &= b_1 \oplus g_0 = 1 \oplus 0 = 1 \\ \text{Soit : } (01110)_{\text{gray}} &= (01011)_2 \end{aligned}$$

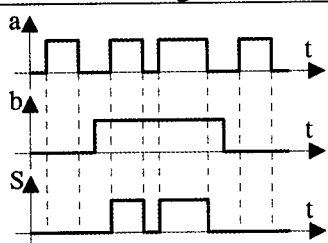
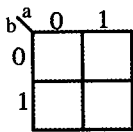
~ 14 ~

LES FONCTIONS LOGIQUES

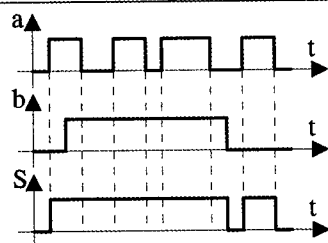
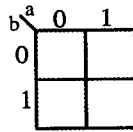
Exercice N°1

Dans les questions suivantes , remplissez le tableau de Karnaugh en vous aidant des chronogrammes , donner l'équation logique ainsi que le symbole et le logigramme associé .

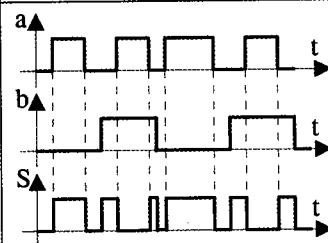
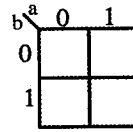
1 -

Chronogrammes	Tableau de Karnaugh	Equation	Symbole
		$S = \dots\dots\dots$	

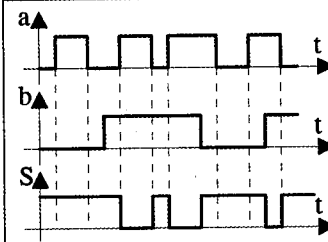
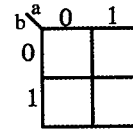
2 -

Chronogrammes	Tableau de Karnaugh	Equation	Symbole
		$S = \dots\dots\dots$	

3 -

Chronogrammes	Tableau de Karnaugh	Equation	Symbole
		$S = \dots\dots\dots$	

4 -

Chronogrammes	Tableau de Karnaugh	Equation	Symbole
		$S = \dots\dots\dots$	

Exercice N°2

Dans les questions suivantes , compléter les chronogrammes de la sortie S en fonction des variables d'entrées et donner l'équation logique associée :

1 -

Chronogrammes	Symbole	Equation
		$S = \dots\dots\dots$

2 -

Chronogrammes	Symbole	Equation
		$S = \dots\dots\dots$

3 -

Chronogrammes	Symbole	Equation
		$S = \dots\dots\dots$

Exercice N°3

Dans les deux questions suivantes , donnez l'équation logique associée au logigramme , remplissez la table de vérité et complétez les chronogrammes de la sortie S en fonctions des variables d'entrée

1 -

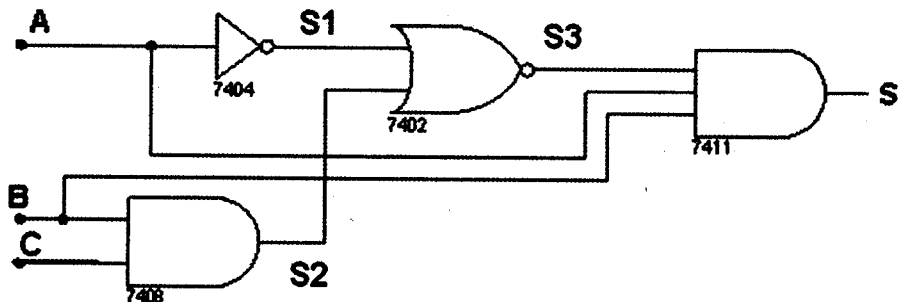
Logigramme	Table de vérité	Chronogrammes																																				
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>a</th> <th>b</th> <th>c</th> <th>S</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	a	b	c	S																																	
a	b	c	S																																			

2 -

Logigramme	Table de vérité	Chronogrammes																																				
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>a</th> <th>b</th> <th>c</th> <th>S</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	a	b	c	S																																	
a	b	c	S																																			

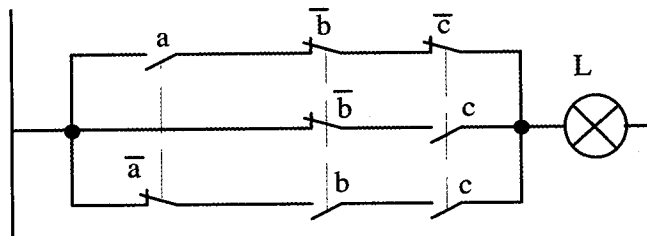
Exercice N°4

Pour le circuit ci-dessous donner l'expression de la sortie S. Simplifier cette expression et tracer le circuit obtenu à l'aide des trois portes élémentaires :



Exercice N°5

Soit le schéma à contacts suivant :



On demande :

- 1 - l'équation logique donnant L en fonction des variables a , b , c .
- 2 - l'équation simplifiée de L (utilisation des relations fondamentales et des théorèmes) .
- 3 - la table de vérité de l'équation simplifiée .

Exercice N°6

Soit une lampe dont l'équation logique de fonctionnement est : $L = ac + \bar{b}cd$

- 1 - Dessiner le schéma à contacts permettant l'alimentation de cette lampe .
- 2 - Etablir la table de vérité de L .

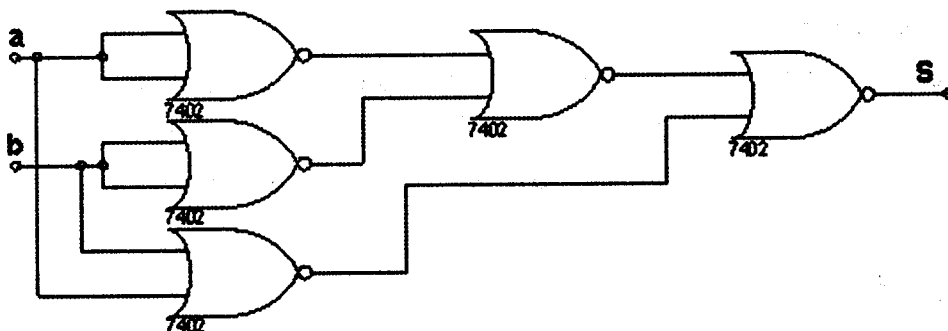
Exercice N°7

Tracer les logigrammes des fonctions logiques suivantes (sans les transformer et en utilisant les opérateurs logiques de base) :

$$A = (\bar{a} + \bar{b})c ; \quad B = ab + \bar{a}c + \bar{b}c ; \quad C = \overline{abc + ab}$$

Exercice N°8

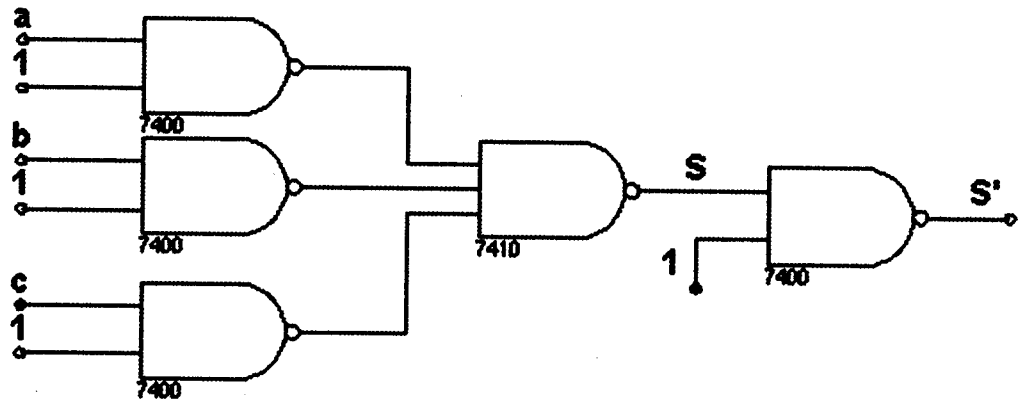
Soit le logigramme suivant :



Quelle fonction logique a-t-on réalisé ?

Exercice N°9

Soit le logigramme suivant :



- 1 - Ecrire les expressions logiques de S et de S' .
- 2 - quel circuit logique a-t-on réalisé ? .

Exercice N°10

Simplifier algébriquement les équations logiques suivantes :

$$A = \overline{xzw} + xy\overline{zw} + \overline{zw} ; B = \overline{zw} + xy + xzw + xyz + zw + x\overline{y}$$

$$C = zw + \overline{zw} + xyzw + \overline{xy}\overline{zw} ; D = xyz\overline{w} + xzw + \overline{y}z\overline{w} + x\overline{y}zw$$

Exercice N°11

En appliquant les théorèmes de DE MORGAN , développer et simplifier s'il a lieu les expressions logiques suivantes :

$$A = \overline{ab + c} ; B = \overline{(a+b)(b+c)} ; C = \overline{xz + yz + x} ; D = \overline{(x+y) + zw} \quad \text{et} \quad E = \overline{a + bc + cd + b}$$

Exercice N°12

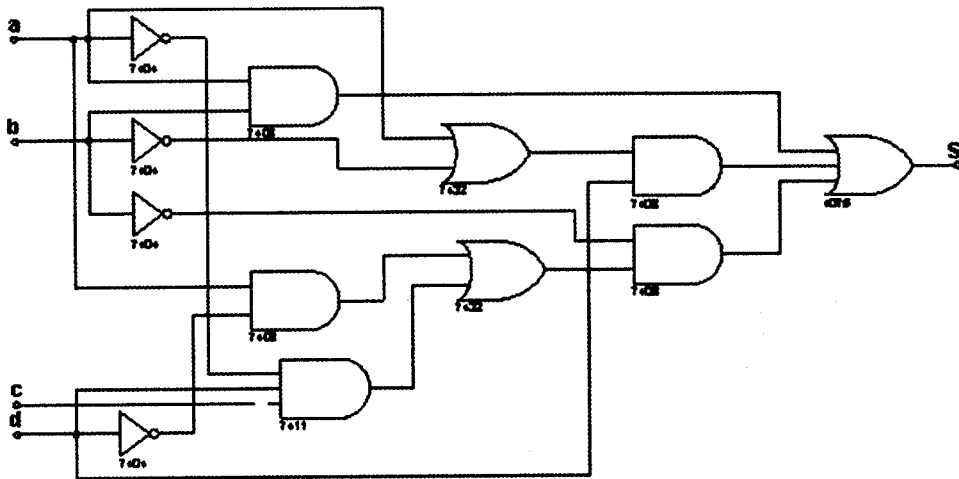
Simplifier algébriquement les équations logiques suivantes :

$$X = \overline{a}c\overline{d} + abc\overline{d} + \overline{c}\overline{d} ; Y = \overline{cd} + ab + acd + abc + cd + a\overline{b}$$

$$Z = cd + \overline{c}\overline{d} + abcd + \overline{a}\overline{b}\overline{c}\overline{d} ; W = abc\overline{d} + acd + \overline{b}c\overline{d} + a\overline{b}cd$$

Exercice N°13

Soit le logigramme suivant :



- 1 - Donner l'équation de la fonction S .
- 2 - Simplifier algébriquement cette fonction .
- 3 - Etablir son schéma à contacts et sa table de vérité (S est une lampe) .

Exercice N°14

En utilisant les tableaux de Karnaugh , simplifier les expressions logiques suivantes :

$$A = x + x.y + \bar{x}.y ; B = \bar{x}.y + \bar{x}.y.z + x.y.z + x.y \quad C = \bar{x}y\bar{z} + \bar{x}yz + x\bar{y}\bar{z} + x\bar{y}z \quad D = ab + \bar{b}c + \bar{a}b\bar{c}$$

$$E = a.b.c.d + a.c.d + \bar{b}.c.d + a.\bar{b}.c.d$$

Exercice N°15

En utilisant les tableaux de Karnaugh , simplifier les fonctions logiques suivantes :

$$X = x.y.\bar{z}.\bar{w} + x.\bar{y}.\bar{z}.\bar{w} + x.y.w + \bar{x}.z.w + x.z.\bar{w}$$

$$Y = c.\bar{d} + b.\bar{c}.\bar{d} + a.\bar{b}.\bar{d} + a.\bar{b}.\bar{c}$$

$$Z = a.b.c.\bar{d} + a.c.d + \bar{b}.c.d + \bar{a}.\bar{b}.c.d$$

Exercice N°16

Après simplification , former les logigrammes en circuits NAND (à deux entrées) des fonctions logiques suivantes :

$$1 - A = \bar{c}d + ab + acd + abc + cd + a\bar{b}$$

$$2 - B = abcd + acd + \bar{b}cd + a\bar{b}cd + \bar{a}bcd$$

Exercice N°17

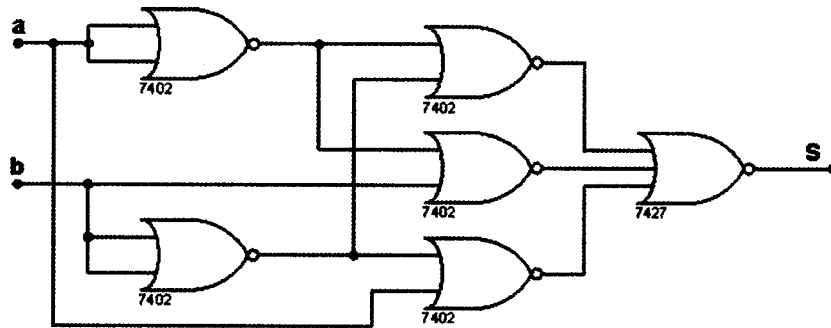
Soit la fonction $S = b.c + \bar{a}.\bar{b}.\bar{c}$.

- 1 - Ecrire S à l'aide des opérateurs NAND à deux entrées .

2 - Dessiner son logigramme correspondant .

Exercice N°18

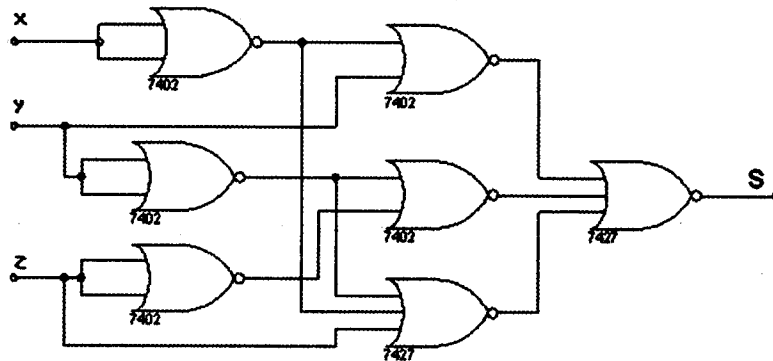
On donne le logigramme suivant :



Donner l'équation de sortie du logigramme ci-dessus . Simplifier cette équation et proposer un nouveau logigramme.

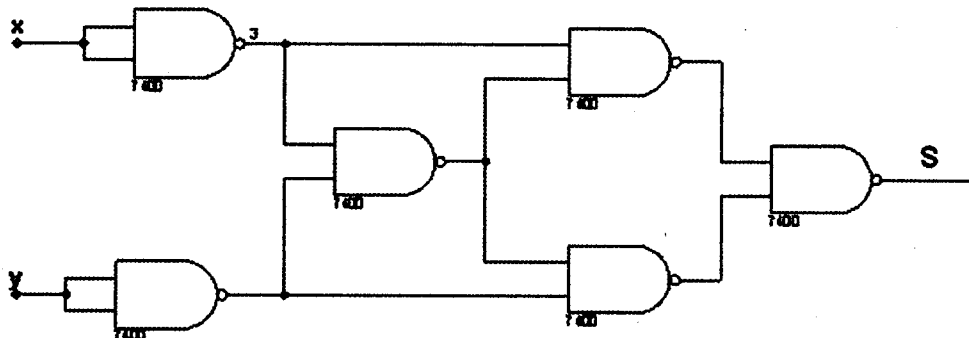
Exercice N°19

Donner l'équation de sortie du logigramme suivant . Simplifier cette équation et proposer un nouveau logigramme.

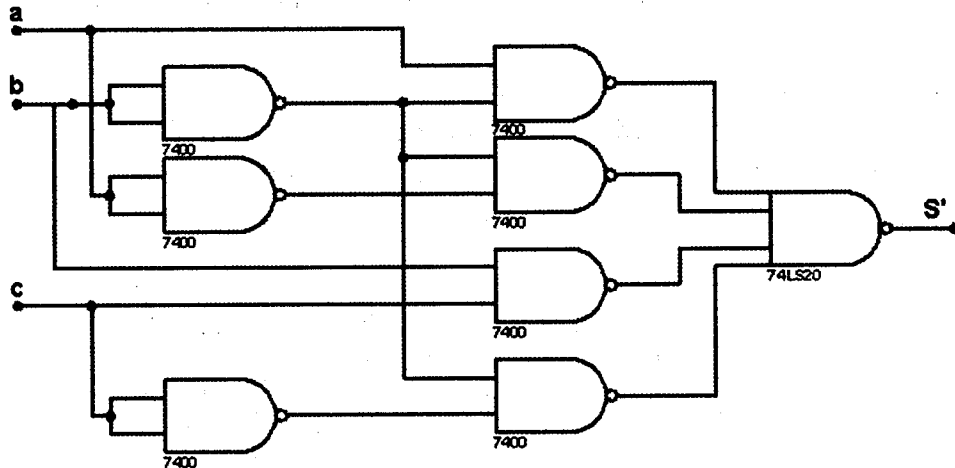


Exercice N°20

1 - Ecrire l'équation de sortie du logigramme suivant . Quelle fonction a-t-on réalisé ?



2 - Ecrire l'équation simplifiée du logigramme suivant et tracer le nouveau logigramme en circuits NAND puis en circuits NOR .



Exercice N°21

Les fonctions entrée (E) et sortie (S) des lames dans un four électrique dépendent des variables x , y , z suivant la table de vérité suivante :

x	y	z	E	S
0	0	0	0	0
0	0	1	0	1
0	1	0	0	0
0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	1	0	1
1	1	0	1	0
1	1	1	1	0

- 1 - Trouver les équations simplifiées de E et de S .
- 2 - Tracer le logigramme complet correspondant en utilisant :
 - a- les fonctions logiques de base .
 - b - uniquement des portes NAND à deux entrées .

Exercice N°22

Un dispositif de signalisation pour le contrôle d'un ensemble électrique comprend 3 boutons poussoirs x , y , z et 3 voyants A , B et C . Le fonctionnement de ce dispositif répond à la table de vérité ci-dessous .

1 - Trouver les équations des voyants A , B , C en faisant la lecture des "1" puis la lecture des " 0 " et les simplifier .

2 - Comparer la forme des équations obtenues .

3 - Former le logigramme complet en utilisant des opérateurs ET, OU , PAS .

Nota : dans le cas de " la lecture des 0 " , il est préférable de simplifier l'équation obtenue avant d'appliquer le théorème de De Mogan

z	y	x	A	B	C
0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0
0	1	0	0	0	1
0	1	1	1	0	0
1	0	0	1	1	0
1	0	1	0	1	0
1	1	0	1	0	1
1	1	1	1	0	0

Exercice N°23

Considérons la fonction boolienne $y = \overline{(a+b)} + \overline{(ab).c}$.

1 - Représenter Y dans un tableau de Karnaugh.

2 - Simplifier l'expression par la méthode de Karnaugh.

3 - Donner l'équation de $\bar{y}$ en prenant le regroupement des cases à 0 dans le tableau.

4 - Complémenter $\bar{y}$ (pour retrouver y) en appliquant les théorèmes de DE MORGAN (on obtient une forme normale en produit)

5 - Donner le schéma à réseau de contacts.

6 - A partir des formes canoniques en produit et en somme , donner en utilisant les propriétés de transformation , le logigramme en utilisant exclusivement des opérateurs NAND pour l'un et des NOR pour l'autre.

(Les Fonctions Logiques)

Exercice N°1

Chronogrammes	Tableau de Karnaugh	Equation	Symbole
		$S = a.b$	

Chronogrammes	Tableau de Karnaugh	Equation	Symbole
		$S = a + b$	

Chronogrammes	Tableau de Karnaugh	Equation	Symbole
		$S = \bar{a}b + a\bar{b}$ $= a \oplus b$	

Chronogrammes	Tableau de Karnaugh	Equation	Symbole
		$S = \bar{a}\bar{b} = \overline{a + b}$	

Exercice N°2

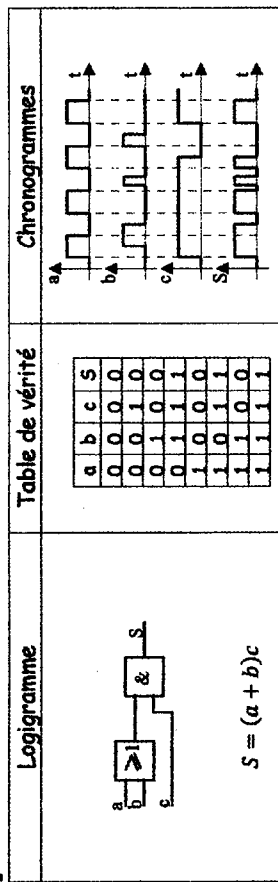
Chronogrammes	Symbole	Equation
		$S = a.b.c$

Chronogrammes	Symbole	Equation
		$S = a + b + c$

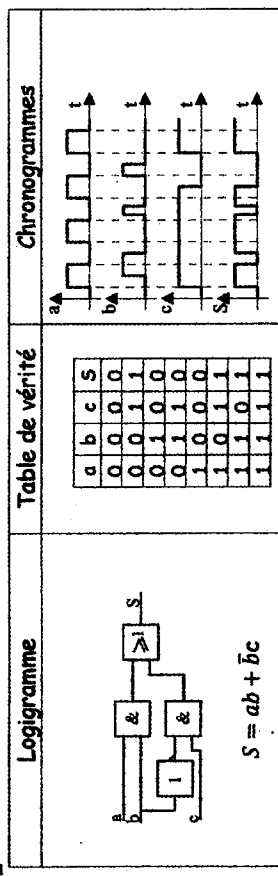
Chronogrammes	Symbole	Equation
		$S = a \oplus b = \bar{a}b + a\bar{b}$

Exercice N°3

1-

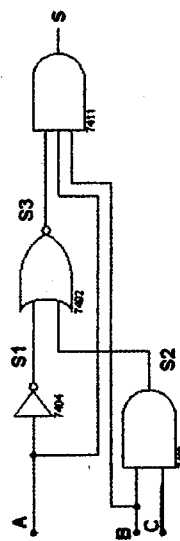


2-



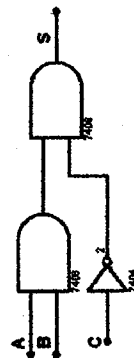
Exercice N°4

• Expression simplifiée de la sortie S :



$S1 = \bar{A}$; $S2 = BC$; $S3 = \bar{A}.S2 = \bar{A}.BC = A.B.C$; $S = S3.A.B = A.B.C.A.B$
 $S = AB(B + C) = AB\bar{B} + ABC = ABC$

• Circuit logique :



Exercice N°5

1 - Equation de L :

Ce schéma se compose de trois circuits différents montés en parallèle.

Circuit 1 : constitué par les contacts $a, \bar{b}, c$ montés en série assurant l'alimentation de L quand :

a est au travail ET b est au repos ET c est au repos. Son équation logique sera donnée donc : $a\bar{b}c$

Circuit 2 : constitué par les contacts $\bar{b}, c$ montés en série. Ils assurent l'alimentation de L quand :

b est au repos ET c est au travail. L'équation logique du circuit 2 est donc : $\bar{b}c$

Circuit 3 : constitué par les contacts $\bar{a}, b, c$ montés en série. Ils assurent

l'alimentation de L quand a est au repos ET b au travail ET c est au travail. Son équation logique est donc : $\bar{a}bc$.

L'alimentation de L s'effectue par : le circuit 1, OU le circuit 2, OU le circuit 3. En logique combinatoire l'équation de fonctionnement de L s'écrit :

$$L = a\bar{b}c + \bar{b}c + \bar{a}bc$$

2 - simplification de L :

$$L = a\bar{b}c + \bar{b}c + \bar{a}bc = \bar{b}(ac + c) + \bar{a}bc, \text{ or}$$

$$ac + c = c + c\bar{a} = (c + \bar{c})(c + a) = cc + ac + c\bar{c} + c\bar{a} = a + c \text{ avec } [c + \bar{c} = 1 \text{ et } c\bar{c} = 0]$$

$$\text{donc } L = \bar{b}(a + c) + \bar{a}bc = \bar{b}a + \bar{b}c + \bar{a}bc = \bar{a}b + c(\bar{a}b + \bar{b})$$

$$\text{or } \bar{a}b + \bar{b} = \bar{b} + ba \text{ de la forme } \bar{X} + XY = \bar{X} + Y, \text{ donc } L = \bar{a}b + c(\bar{a}b + \bar{b}) = \bar{a}b + \bar{a}c + \bar{b}c$$

$$\text{Soit en fin } L = \bar{a}b + \bar{a}c + \bar{b}c.$$

3 - Table de vérité :

$L = \bar{a}b + \bar{a}c + \bar{b}c$. L est une fonction de trois variables a, b, c assurant $2^3 = 8$

combinaisons. La table de vérité comportera donc 8 lignes. Elle sera tracée ici en binaire naturel :

a	b	c	$\bar{a}\bar{b}$	$\bar{a}\bar{c}$	$\bar{b}\bar{c}$	L
0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	1	1	1
0	1	0	0	0	0	0
0	1	1	0	1	0	1
1	0	0	1	0	0	1
1	0	1	1	1	0	1
1	1	0	1	0	1	1
1	1	1	0	0	0	0

On remarque que la combinaison $\bar{b}c$ n'est pas utile. Pour exprimer tous les cas où $L = 1$; on peut écrire : $L = \bar{a}b + \bar{a}c$

Exercice N°6

1 - Schéma à contacts de $L = ac + bcd$:

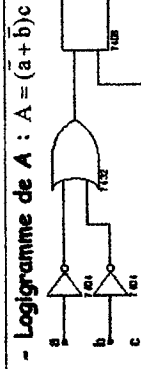


2 - Table de vérité de L : La sortie dépend de 4 variables a, b, c, d assurant $2^4=16$ combinaisons. La table sera tracée en binaire naturel ou en binaire réfléchi.

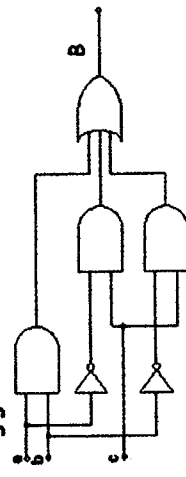
Remarque : l'équation $L = ac + bcd$ peut s'écrire $L = c(a + bd)$ et le schéma à contacts sera plus simple donc moins coûteux.

a	b	c	d	ac	bcd	L
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0
0	0	1	1	0	1	1
0	1	0	0	0	0	0
0	1	0	1	0	0	0
0	1	1	0	0	0	0
0	1	1	1	0	1	1
1	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	0	0	0
1	0	1	0	1	0	1
1	0	1	1	1	1	1
1	1	0	0	0	0	0
1	1	0	1	0	0	0
1	1	1	0	1	0	1
1	1	1	1	1	1	1

Exercice N°7

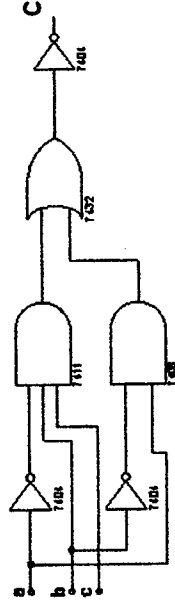


- Logigramme de A : $A = (a + b)c$

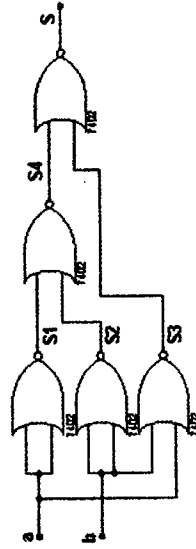


- Logigramme de B : $B = ab + ac + bc$

- Logigramme de C : $C = abc + ab$



Exercice N°8

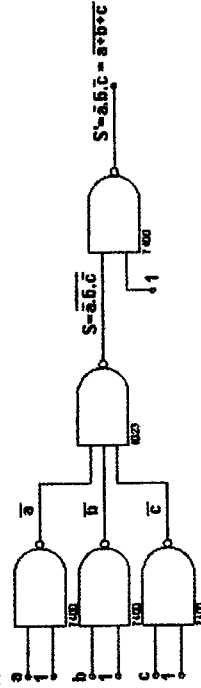


$$S1 = \bar{a} ; S2 = \bar{b} ; S3 = \bar{a} + \bar{b} ; S4 = \bar{a} + \bar{b} ; S = S4 + S3$$

Ce qui donne : $S = (\bar{a} + \bar{b}) + (\bar{a} + \bar{b})(a + b) = \bar{a} + \bar{b}$; $S4 = \bar{a} + \bar{b}$; $S = S4 + S3$ on a réalisé une fonction OU exclusive.

Exercice N°9

1 - Equations :



$$S = abc \text{ et } S' = a + b + c$$

2 - Fonction réalisée :

$S' = a + b + c = a\bar{b}\bar{c}$, on a réalisé une fonction logique NOR à trois entrées.

Exercice N°10

- $A = xz\bar{w} + xy\bar{z}w + \bar{z}w = \bar{z}w(\bar{x} + xy + 1) \text{ or } \bar{x} + xy + 1 = 1$, soit $A = \bar{z}w$
- $B = \bar{z}w + xy + xz\bar{w} + xyz + \bar{z}w + xy = \bar{z}w + xy + xz\bar{w} + xyz + \bar{z}w + xy$

Soit $B = w + x$ car $\bar{z} + z = 1$ et $y + \bar{z}w + yz + \bar{y} = 1$.

• $C = \bar{z}w + \bar{z}w + xy\bar{z}w + xy\bar{z}w = \bar{z}w(1 + xy) + \bar{z}w(1 + xy)$

$C = \bar{z}w + \bar{z}w \text{ car } 1 + xy = 1 \text{ et } 1 + xy = 1$

$$\bullet D = xyzw + xzw + yzw + xzw = xz(yw + w) + yz(w + xw)$$

$$\text{or } yw + w = y + w \text{ et } w + xw = x + w$$

$$D = xz(y + w) + yz(x + w) = xyz + xzw + xyz + yzw$$

$$D = z(xy + xw + xy + yw) = z(x(y + y)xw + yw) = z(x + xw + yw)$$

$$\text{or } x + xw = x \text{ soit } D = z(x + yw)$$

Exercice N°11

$$\bullet A = ab + c = abc = abc, \text{ soit } A = abc$$

$$\bullet B = (a + b)(b + c) = (a + b)(b + c) = ab + bc, \text{ soit } B = ab + bc$$

$$\bullet C = xz + yz + x = xzyzx = xz(y + z)x = xz(y + z) = xzy + xz \text{ soit } C = xz(y + 1) = xz$$

$$\bullet D = (x + y) + zw = (x + y)zw = xy(z + w) = xyz + xyw \text{ soit } D = xy(z + w)$$

$$\bullet E = a + bc + (cd + b) = a(bc)(cd + b) = a(b + c)(cd + b)$$

$$E = abcd + ab + acd + abc = ab(cd + 1 + c) = ab \text{ Soit } E = ab$$

Exercice N°12

$$\bullet X = acd + abcd + cd = cd(a + ab + 1) = cd, \text{ soit } X = cd$$

$$\bullet Y = cd + ab + acd + abc + cd + ab$$

$$Y = cd + cd + a(b + cd + bc + b) = d(c + c) + a(b + b + cd + bc) \text{ Soit } Y = d + a$$

$$\bullet Z = cd + cd + abcd + abcd = cd(1 + ab) + cd(1 + ab), \text{ soit } Z = cd + cd = c \oplus d$$

$$\bullet W = abcd + acd + bcd + abcd = ac(bd + d) + bc(d + ad) = acb + acd + bca + bcd$$

$$W = c(ab + ad + ab + bd) = c[a(b + b) + ad + bd]$$

$$W = c(a + ad + bd) = c(a + bd) \text{ car } a + ad = a \text{ donc } W = c(a + bd)$$

Exercice N°13

1 - Equation logique de S :

$$Il \text{ facile à découvrir que : } S = ab + (a + b)d + (ad + adc)b$$

2 - simplification algébrique de S :

$$S = ab + (a + b)d + (ad + adc)b = ab + ad + bd + abcd + abd$$

$$S = ab + ad + bd(1 + ac) + abcd = ab + ad + bd + abcd$$

$$S = ab + ad + b(d + da) = ab + ad + b(d + a) = ab + ad + bd + ba$$

$$S = a(b + b + d) + bd = a + bd, \text{ soit } S = a + bd$$

3 - Table de vérité et schéma à contacts :

On remarque que S est indépendante de la variable c. S est fonction de 3 variables, donc

$$2^3 = 8 \text{ combinaisons.}$$

- Table de vérité :

a	b	d	S
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

- schéma à contacts :



Exercice N°14

$$\bullet A = x + xy + xy$$

x	y	A
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

$$\bullet C = xyz + xyz + xyz$$

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

$$C = xy + xy = x \oplus y$$

$$\bullet E = abcd + acd + bcd + abcd$$

ab	cd	E
00	00	0
00	01	0
00	10	0
00	11	1
01	00	0
01	01	0
01	10	0
01	11	1
10	00	0
10	01	0
10	10	1
10	11	0

$$E = abc + bcd$$

$$\bullet B = xy + xyz + xyz + xy$$

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

$$\bullet D = ab + bc + abc$$

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

Exercice N°15

• $X = \overline{xy}zw + \overline{xyz}w + \overline{xyz}\overline{w} + \overline{xyz}\overline{w}$

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

$X = \overline{xy}zw + \overline{xyz}w = x \oplus w$

• $Z = abcd + acd + bcd + abcd$

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

$Z = abd + bcd = d(ab + bc)$

• $Y = cd + bcd + abd + abc$

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

$Y = ac + bc + cd + abd = c(a + b + d) + abd$

Exercice N°16

1 - simplification :

• $A = \overline{cd} + ab + acd + abc + cd + ab$

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

$A = a + d$

2 - simplification :

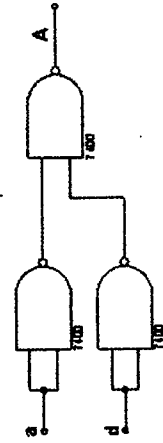
• $B = abcd + acd + bcd + abd + abc + d$

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

$B = cd + abc = c(d + ab)$

- Logigramme en circuit NAND :

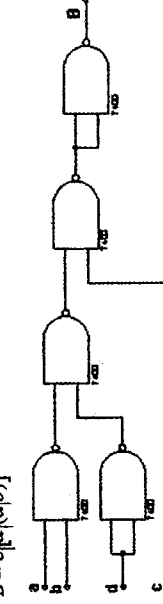
• $A = a + d = \overline{\overline{a} \cdot \overline{d}} = \overline{ad}$



- Logigramme :

$B = cd + abc = c(d + ab) = c(\overline{\overline{d} \cdot \overline{ab}}) = c(\overline{d \cdot ab})$

$B = c \overline{d(ab)}$

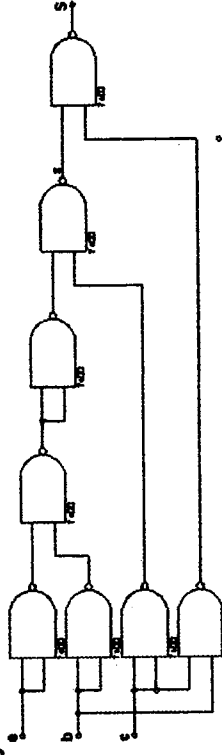


Exercice N°17

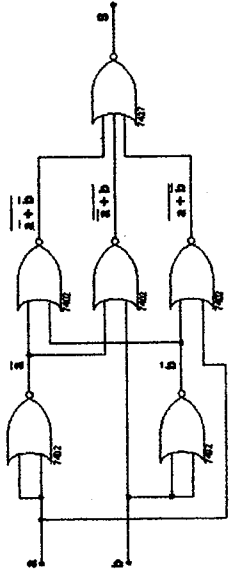
1 - Ecriture de S avec des opérateurs NAND :

$S = b.c + \overline{a}.b.\overline{c} = b.c + (a.b).\overline{c} = (b.c) \cdot \overline{(a.b)} = \overline{(a.b)} \cdot c$

2 - logigramme :



Exercice N°18



• La lecture du logigramme donne : $S = \overline{(a + b)} \cdot \overline{(a + b)} \cdot \overline{(a + b)}$

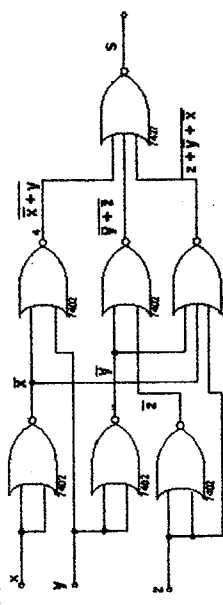
• Simplifions S : $S = (\overline{a + b})(\overline{a + b})(\overline{a + b}) = \overline{a + b} = \overline{a} \cdot \overline{b} = \overline{ab}$

• Nouveau logigramme :



Exercice N°19

- Equation de M :



$M = (x + y)(y + z)(z + x)$

- Simplification :

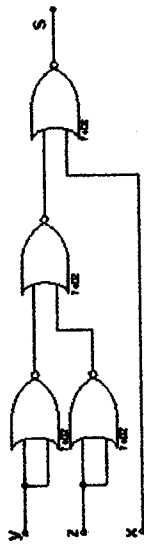
xy \ z	00	01	11	10
0	1	1	0	0
1	1	0	0	0

La lecture des 0 permettra la forme "produit de somme" :

$\bar{S} = x + yz \Rightarrow M = x + yz = x(y+z)$. On retrouve la même équation en groupant les 1.

- Logigramme en circuits NOR :

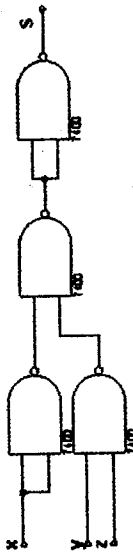
$$S = \overline{x(y+z)} = x \downarrow (\bar{y} \downarrow \bar{z})$$



- Logigramme en circuits NAND :

On peut transformer directement l'équation en circuits NOR en une équation en circuits NAND :

$$S = x \downarrow (\bar{y} \downarrow \bar{z}) = \overline{x(y+z)}$$



Exercice N°20

1 - Equation de la sortie S : $S = \bar{x}y + x\bar{y} = x \oplus y$. On a réalisé un opérateur OU exclusif.

2 - Equation de S' : $S' = \overline{ab + ab + bc + bc}$

- Simplification :

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

- Logigramme en circuits NAND : $S' = \overline{b+c} = \overline{\overline{b+c}} = \overline{bc} = b \downarrow c$



- Logigramme en circuits NOR :

Exercice N°21

1 - Equations :

La lecture des "1" de la table de vérité donne :

$$E = \bar{x}yz + xy\bar{z} + xyz \text{ et } S = \bar{x}yz + xy\bar{z} + xyz$$

- simplification :

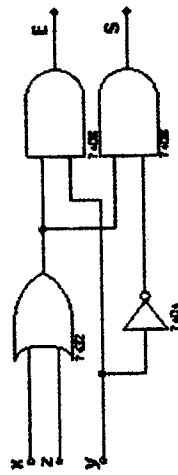
xy \ z	00	01	11	10
0	0	0	0	1
1	0	1	0	0

$$E = xy + yz$$

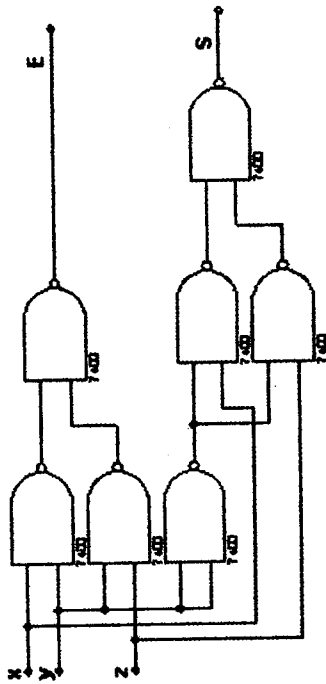
$$S = xy + yz$$

2 - Logigramme complet :

a - avec les opérateurs logiques de base à deux entrées : pour réduire le nombre des opérateurs, on doit factoriser les deux équations : $E = xy + yz = y(x+z)$, $S = \bar{x}y + yz = y(\bar{x}+z)$



b - avec des portes NAND à deux entrées : $E = xy + yz = (x/y)/(y/z)$; $S = \bar{x}y + yz = (x/y/(\bar{y}/z))$



Exercice N°22

1 - Equations :

- Equation de A :

lecture des "1" :

$$A = xy\bar{z} + x\bar{y}z + \bar{x}yz = \bar{x}z(y + \bar{y}) + xy(z + \bar{z}) = \bar{x}z + xy \text{ soit } A = \bar{x}z + xy \quad \textcircled{1}$$

lecture des "0" :

$$\bar{A} = \bar{x}yz + x\bar{y}\bar{z} + x\bar{y}z + \bar{x}\bar{y}z = \bar{x}z(y + \bar{y}) + x\bar{y}(z + \bar{z}) = \bar{x}z + x\bar{y}$$

Application du théorème de De Morgan après simplification :

$$A = \bar{A} = \bar{x}z + xy = \bar{x}z \cdot \bar{xy} = \bar{x}z \cdot (x + \bar{y}) \quad \textcircled{2}$$

-Equation de B :

lecture des "1" :

$$B = \bar{x}yz + x\bar{y}z = \bar{y}z(x + \bar{x}) = \bar{y}z \text{ et } B = \bar{y}z \quad \textcircled{3}$$

lecture de "0" :

$$\bar{B} = \bar{x}yz + x\bar{y}z + xy\bar{z} + x\bar{y}z + xy\bar{z} + x\bar{y}z$$

$$B = \bar{y}z(x + \bar{x}) + yz(x + \bar{x}) + yz(x + \bar{x})$$

$$\bar{B} = \bar{y}z(x + \bar{x}) + \bar{y}z(x + \bar{x}) + yz(x + \bar{x}) = \bar{y}z + \bar{y}z + yz = \bar{z} + yz = y + \bar{z} \text{ et}$$

$$\bar{B} = B = y + \bar{z} = yz, \text{ soit } B = yz \quad \textcircled{4}$$

-Equation de C :

lecture des "1" :

$$C = \bar{x}yz + x\bar{y}z = \bar{x}y(z + \bar{z}) = \bar{x}y \text{ soit } C = \bar{x}y \quad \textcircled{5}$$

lecture des "0" :

$$\bar{C} = \bar{x}yz + x\bar{y}z + xy\bar{z} + x\bar{y}z + x\bar{y}z + xy\bar{z}$$

$$\bar{C} = \bar{x}y(z + \bar{z}) + x\bar{z}(y + \bar{y}) + xz(y + \bar{y}) = \bar{x}y + x\bar{z} + xz$$

$$\bar{C} = \bar{x}y + x(z + \bar{z}) = \bar{x}y + x = x + \bar{y} \text{ et } \bar{C} = C = x + y = xy \quad \textcircled{6}$$

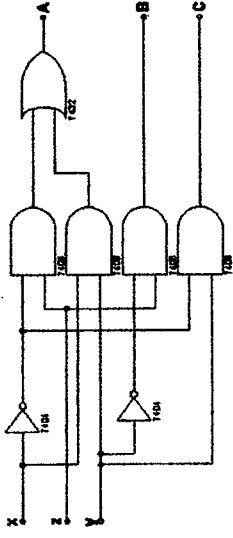
2 - Comparaison : les équations logiques ① et ② sont de formes différentes ; l'une est une somme de produits, l'autre un produit de sommes, mais elles définissent la même

fonction de sortie A.

- les équations ③ et ④ ainsi que ⑤ et ⑥ sont identiques, dans les deux cas "la lecture de 1" (minimum de combinaisons) est la solution à adopter.

3 - Logigramme complet : On doit choisir les équations donnant le minimum de combinaisons (minimum des opérateurs logiques) :

$$A = \bar{x}z + xy \quad \textcircled{1} ; B = yz \quad \textcircled{3} ; C = \bar{x}y \quad \textcircled{5}$$



Exercice N°23

1- Représentation de y dans un TK:

L'expression comporte 3 variables, il nous faut un tableau de $2^3=8$ cases. Il faut d'abord transformer y en une somme de produits : $y = (a+b) + (a\bar{b})c = \bar{a}\bar{b} + (a+b)c = \bar{a}\bar{b} + ac + bc$

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

2 - simplification de y en regroupant les 1 : $y = \bar{a}\bar{b} + bc$

3 - Equation de $\bar{y}$ en regroupant les 0 : $\bar{y} = bc + a\bar{b}$

4 - Complément de $\bar{y}$: $y = y = bc + a\bar{b} = (bc)(a\bar{b}) = (\bar{b} + c)(\bar{a} + b)$

5 - Schéma à contacts de $y = \bar{a}\bar{b} + bc$



6 - Lorsque y est sous forme de somme de produits, on utilise des opérateurs NAND :

$$y = \bar{a}\bar{b} + bc = (\bar{a}\bar{b})(b/c)$$

- Lorsque y est sous forme de produit de sommes, on utilise des opérateurs NOR :

$$y = (\bar{b} + c)(\bar{a} + b) = (\bar{b} \downarrow c) \downarrow (\bar{a} \downarrow b)$$

SYSTÈMES COMBINATOIRES

Exercice N°1

Soit le circuit classique dit " va-et-vient " . Il y a deux interrupteurs (a , b) et une lampe L . Les deux interrupteurs sont les variables d'entrées et la lampe est la fonction de sortie . Etablir la table de vérité et le schéma à contacts .

Exercice N°2

Soit un système combinatoire commandé par trois boutons x , y , z dont la sortie S n'est égale à 1 que si au moins deux boutons d'entrées sont actionnés .

1 - Tracer la table de vérité de ce système .

2 - Donner l'équation simplifiée de S sous les deux formes :

- somme de produits . - produit de sommes .

3 - Pour chacune des formes de l'équation , donner le logigramme sous sa forme minimale en utilisant soit des opérateurs NOR , soit des opérateurs NAND .

Exercice N°3

Système d'alarme

La figure ci-contre représente un circuit d'alarme d'une voiture qui détecte diverses situations non souhaitables. Les trois interrupteurs servent à désigner :

- La fermeture de la porte du conducteur
- Le contact (moteur allumé ou non)
- L'allumage des phares

On veut concevoir un circuit logique qui déclenche l'alarme lumineuse quand l'une des situations suivantes se produit :

- Les phares sont allumés et le moteur est coupé
- La porte est ouverte et le moteur tourne

1- Identifier les entrées et les sorties de ce circuit logique

2- L'alarme (sortie) est-elle active au niveau haut ou bas ?

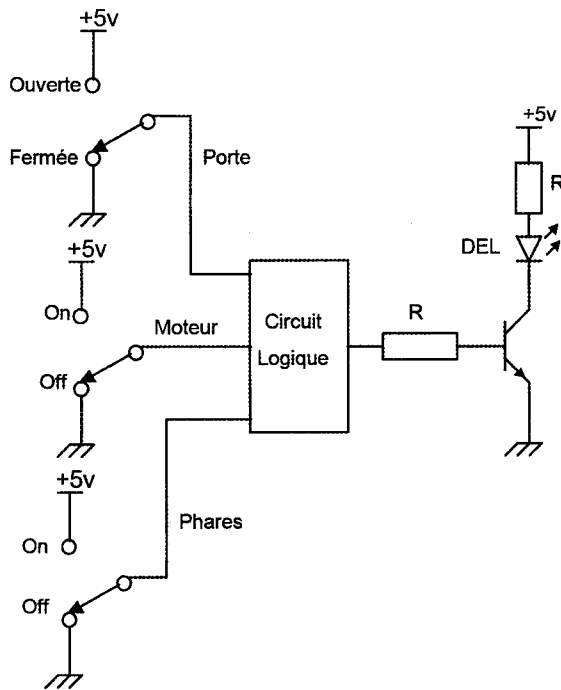
3- Concevez le circuit logique. Dessinez-le à l'aide des trois portes élémentaires.

4- On rajoute un capteur sur la ceinture de sécurité qui donne une tension de 5V si la ceinture est mise et 0V sinon. On conserve les deux conditions d'alarme ci-dessus auxquelles on rajoute la condition suivante :

- L'alarme se déclenche si le moteur tourne et que la ceinture n'est pas mise.

5- On modifie la première condition et on conserve les deux autres. L'alarme se déclenche si :

- les phares sont allumés, le moteur est coupé et la ceinture est enlevée.
- le moteur tourne et que la ceinture n'est pas mise



Exercice N°4 Serrure de coffre

Quatre responsables de société (A, B, C, D) peuvent avoir accès à un coffre. Ils possèdent chacun une clé différente (a, b, c, d). L'ouverture O du coffre est définie :

- A ne peut ouvrir le coffre que si au moins un des responsables B ou C est présent,
- B, C, D ne peuvent l'ouvrir que si au moins deux des autres responsables sont présents.

- 1 - Identifier les entrées et les sorties .
- 2 - Ecrire la table de vérité en déduire les équations des sorties .
- 3 - Etablir le tableau de Karnaugh des sorties et en déduire les équations simplifiées.
- 4 - Dessiner le logigramme correspondant en utilisant les opérateurs logiques de base.
- 5 - Dessiner le logigramme correspondant en utilisant uniquement des portes NAND à 2 entrées.

Exercice N°5 : Vote au directoire

Le comité directeur d'une entreprise est constitué de quatre membres :

- le directeur
- ses trois adjoints A, B, C et D

Lors des réunions, les décisions sont prises à la majorité. Chaque personne dispose d'un interrupteur pour voter sur lequel elle appuie en cas d'accord avec le projet soumis au vote. En cas d'égalité du nombre de voix, celle du directeur compte double.

On vous demande de réaliser un dispositif logique permettant l'affichage du résultat du vote sur lampe R. (table de vérité , tableau de Karnaugh , l'équation logique de R et le schéma logique de la sortie R)

Exercice N°6

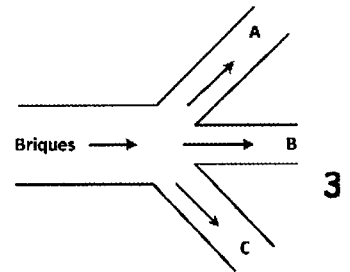
Contrôle de qualité de fabrication de briques

On dispose de 4 critères pour déterminer si une brique est bonne ou non : le poids P , la longueur L , la largeur l et la hauteur H .

En fonction de ces critères , les briques sont rangées suivant catégories :

- ① A : poids et au moins deux dimensions sont correctes .
- ② B : seul le poids est incorrect , ou le poids est correct et une dimension est correcte au maximum
- ③ C : le poids est incorrect et 2 dimensions sont correctes au maximum .

Déterminer en fonction des 4 critères qui définissent une brique , dans quelle catégories vont-elles se ranger .



Exercice N°7 : Commande de feux tricolores

Présentation : Nous nous proposons de réaliser, à l'aide de portes NAND à 2, 3 ou 4 entrées, le décodeur d'un montage électronique permettant le fonctionnement des feux tricolores d'un carrefour routier comportant 2 voies (voie 1 et 2. voir le dessin du carrefour ci-contre). Le principe du montage électronique complet est présenté dans le schéma synoptique.

Dessin du carrefour

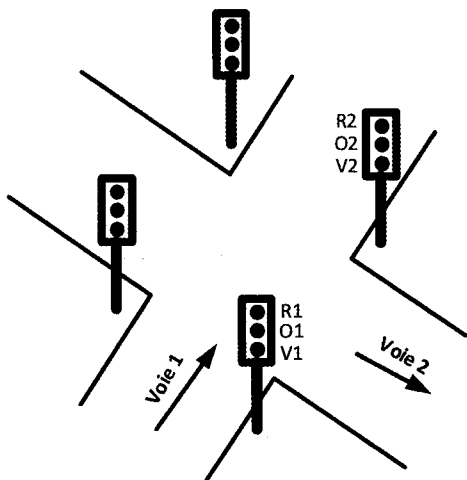
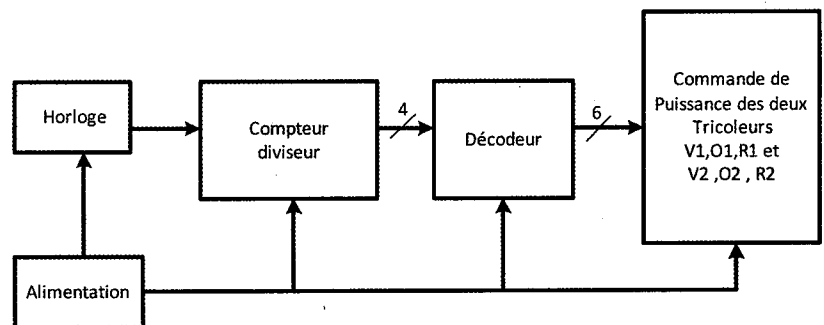


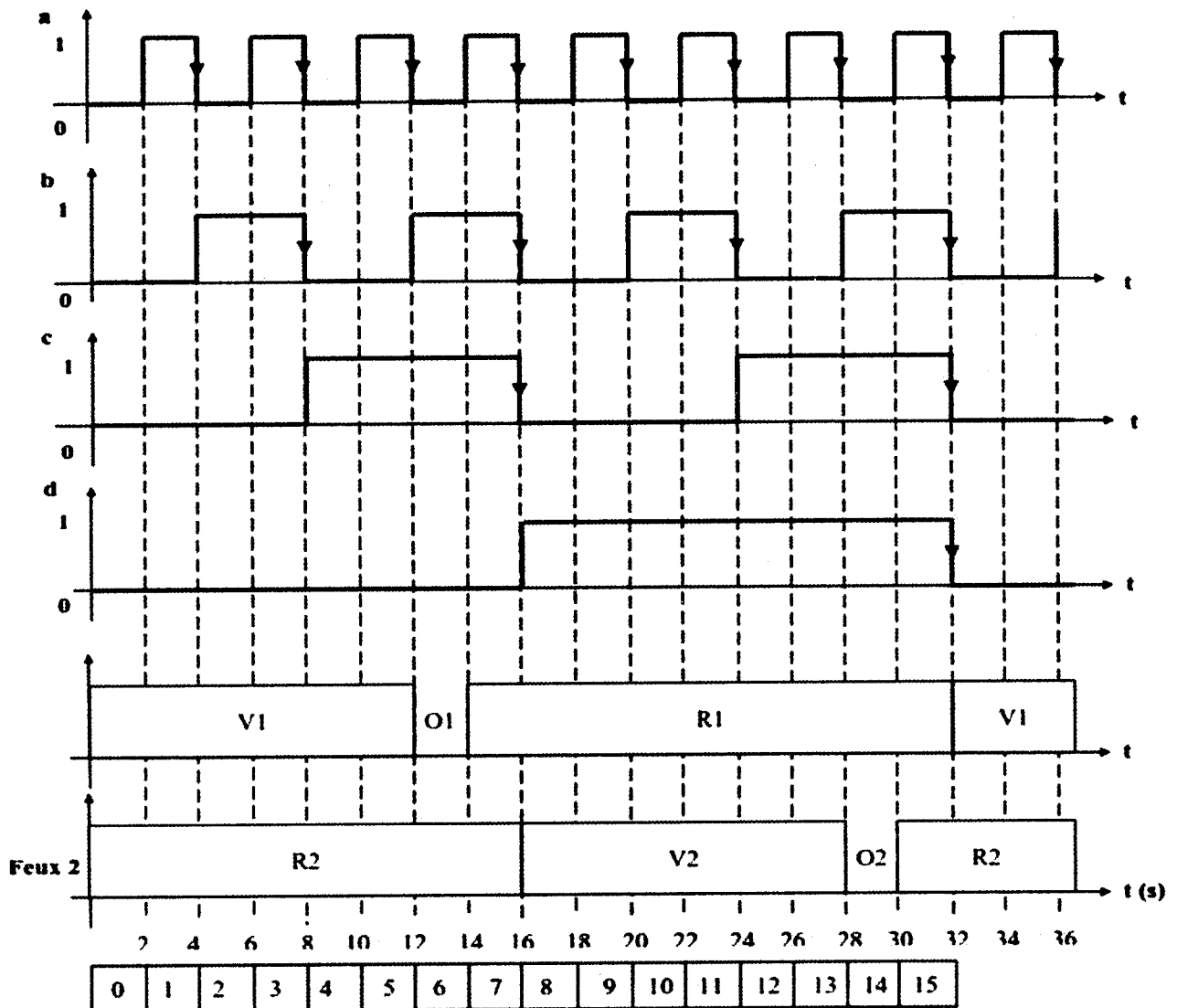
Schéma synoptique



L'horloge délivre une impulsion toutes les deux secondes . Cette impulsion est appliquée à l'entrée d'horloge d'un compteur diviseur par 16 . Les 4 sorties (a , b , c , et d) du compteur délivrent des signaux logiques conformes aux chronogrammes qui suivent , et sont appliqués aux entrées du décodeur .

Travail demandé:

- 1- A partir des chronogrammes, remplir les tableaux de KARNAUGH de chaque sortie du décodeur en fonction des sorties du compteur.
- 2 - En déduire les équations de chaque sortie.
- 3 - Transformez les équations pour n'utiliser que les portes demandées dans la présentation. (Remarque : on pourra utiliser le fait qu'entre V1, O1 et R1 il n'y a toujours qu'une seule lampe d'allumée. Idem pour V2, O2 et R2).



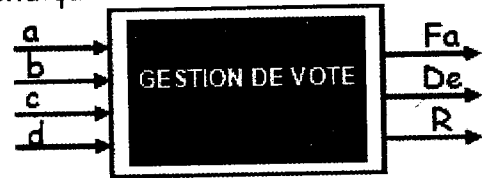
Exercice N°8 : Etude du système de gestion de vote

Le conseil d'administration d'une entreprise est constitué de 4 membres. Le conseil pratique un vote pondéré :

- Membre A $\Rightarrow$ pondération 4
- Membre B $\Rightarrow$ pondération 3
- Membre C $\Rightarrow$ pondération 2
- Membre D $\Rightarrow$ pondération 1
- › Favorable lorsque la somme des pondérations est supérieure à 5
- › Défavorable lorsque la somme des pondérations est inférieure à 5
- › Reporté au prochain vote lorsque la somme des pondérations est égale à 5

On désire réaliser un dispositif électronique permettant d'effectuer les votes.

a, b, c, et d des boutons poussoirs actionnés respectivement par les membres A, B, C et D
Fa (Favorable), ;
De (Défavorable); et R(Reporté)
sont des lampes témoins indiquant le résultat du vote

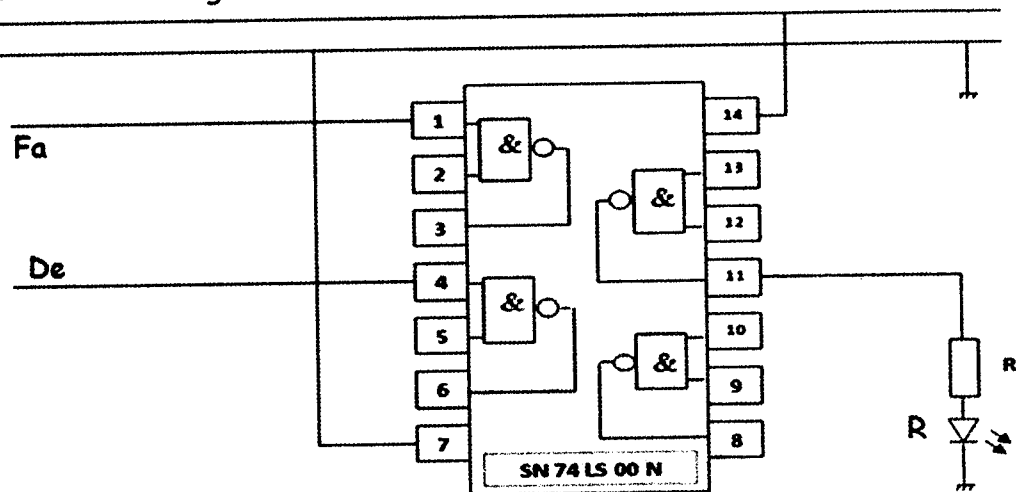


1- Compléter la table de vérité de ce système :

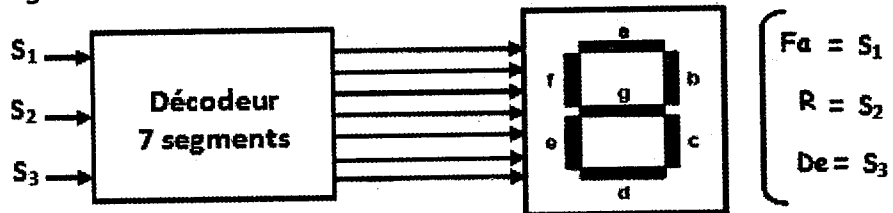
a	b	c	d	Fa	De	R	Somme des pondérations
0	0	0	0				
0	0	0	1				
0	0	1	0				
0	0	1	1				
0	1	0	0				
0	1	0	1				
0	1	1	0				
0	1	1	1				
1	0	0	0				
1	0	0	1				
1	0	1	0				
1	0	1	1				
1	1	0	0				
1	1	0	1				
1	1	1	0				
1	1	1	1				

- 2-Déterminer par les tableaux de Karaugh les équations simplifiées des sorties Fa, De et R
- 3 - A partir de la table de vérité , donner l'équation de R en fonction de Fa et DE.
- 4 - Transformer l'équation de R en portes NAND à deux entrées et tracer le logigramme correspondant .

Voc
GND



On adopte:



- L'affichage de  si $S_1 = 1$
- L'affichage de  si $S_2 = 1$
- L'affichage de  si $S_3 = 1$

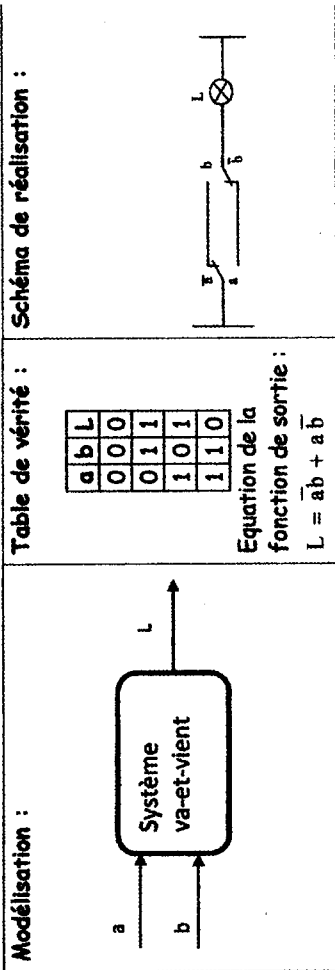
S_1	S_2	S_3	a	b	c	d	e	f	g
0	0	0							
0	0	1							
0	1	0							
0	1	1							
1	0	0							
1	0	1							
1	1	0							
1	1	1							

~ 43 ~

CORRIGÉS

Exercice N°1 (Les systèmes combinatoires)

Modélisation :



Exercice N°2

1 - Table de vérité :

x	y	z	S
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

Le système comporte trois variables x , y et z , sa table de vérité aura $2^3 = 8$ lignes. $S = 1$ lorsque sur une ligne au moins deux (à fortiori 3) variables sont égales à 1 :

2 - Equation simplifiée de S :

- pour obtenir une équation de la forme somme de produits, on effectue "la lecture des 1"

$$S = xy\bar{z} + x\bar{y}z + xy\bar{z} + xyz$$

Simplification algébrique de S :

$$S = xy\bar{z} + x\bar{y}z + xy\bar{z} + xyz = xy\bar{z} + x\bar{y}z + xz = z(xy + x) + xy\bar{z}$$

$$S = z(y + x) + xy\bar{z} = yz + xz + xy\bar{z} = yz + x(y\bar{z} + z)$$

$$S = yz + x(y + z) = yz + xy + xz \text{ soit } S = yz + xy + xz$$

Simplification par le tableau de Karnaugh :

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

$$S = yz + xy + xz$$

- pour obtenir une équation de la forme produit de sommes, on effectue "la lecture des 0"

$$\bar{S} = \bar{xy}\bar{z} + \bar{x}\bar{y}z + \bar{x}y\bar{z} + \bar{x}yz$$

Simplification algébrique de $\bar{S}$:

$$\bar{S} = \bar{x}\bar{y}\bar{z} + \bar{x}\bar{y}z + \bar{x}\bar{y}\bar{z} + \bar{x}\bar{y}z = \bar{x}\bar{y}(\bar{z} + z) + \bar{x}\bar{y}z = \bar{x}\bar{y}(\bar{z} + z) + \bar{x}\bar{y}z$$

$$\bar{S} = \bar{x}\bar{y}(\bar{z} + z) + \bar{x}\bar{y}z = \bar{x}\bar{y} + \bar{x}\bar{y}z = \bar{x}\bar{y} + \bar{x}\bar{z} + \bar{x}z = \bar{x}\bar{y} + \bar{x}\bar{z} + \bar{x}z$$

$$\text{Soit } \bar{S} = \bar{x}\bar{y} + \bar{x}\bar{z} + \bar{x}z$$

Simplification par le tableau de Karnaugh : (on regroupe les 0)

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

$$\bar{S} = \bar{x}\bar{y} + \bar{x}\bar{z} + \bar{x}z$$

Appliquons le théorème de DE MORGAN :

$$\bar{S} = \bar{S} = \overline{\bar{x}\bar{y} + \bar{x}\bar{z} + \bar{x}z} = (\overline{\bar{x}\bar{y}})(\overline{\bar{x}\bar{z}})(\overline{\bar{x}z}) = (x + y)(x + z)(y + z)$$

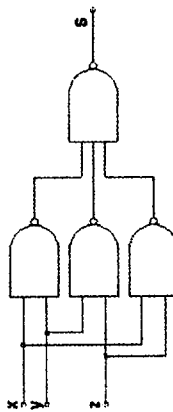
3 - Logigramme minimal : Si on veut un logigramme minimum (utilisation du minimum d'opérateurs logiques), on devra :

- Utiliser des circuits NAND, pour une équation en somme de produits.
- Utiliser des circuits NOR, pour une équation en produit de sommes.

Logigramme en NAND de l'équation : $S = yz + xy + xz$:

Il suffit de remplacer tous les signes par le "/" en plaçant des parenthèses entre chaque terme :

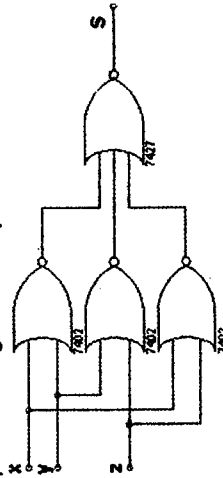
$$S = (y / z) / (x / y) / (x / z)$$



Logigramme en NOR de l'équation : $S = (x + y)(x + z)(y + z)$.

Il suffit de remplacer tous les signes par "↓" en gardant les parenthèses :

$$S = (y \downarrow z) \downarrow (x \downarrow y) \downarrow (x \downarrow z)$$



Exercice N°3 : Système d'alarme

1- Identification des entrées et des sorties :

• Entrées : a, b, et c qui désignent respectivement : porte, moteur et phares.

• Sorties : l'alarme lumineuse DEL = S

2 - L'alarme est active au niveau haut, lorsque le circuit logique fournit 1 (généralement 5v), le transistor est saturé et devient conducteur $\Rightarrow$ l'alarme DEL s'allume. Quant la sortie prend la valeur logique 0 (c-a-d 0v) le transistor se bloque et l'alarme s'éteint.

3 - Circuit logique avec des portes élémentaires :

- Phares allumés et le moteur est à l'arrêt $\Rightarrow b = 0, c = 1$ quelque soit l'état de a.
- Porte ouverte et le moteur tourne $\Rightarrow a = b = 1$ quelque soit l'état de c.

Porte	Moteur	Phares	Alarme S
a	b	c	S
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

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

$$S = ab + \bar{b}c$$



4 - On rajoute un capteur (d) sur la ceinture de sécurité et on impose la condition suivante :

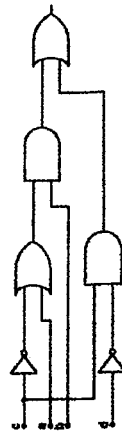
• l'alarme S se déclenche si le moteur tourne ($b = 1$) et la ceinture n'est pas mise ($d = 0$) quelque soient les états des variables (a) et (c) $\Rightarrow S = 1$ si $\bar{b}d = 1$, l'équation de l'alarme devient alors : $S = ab + \bar{b}c + \bar{b}d$

5 - On modifie la 1^{ère} condition $\bar{b}c$ et on conserve les deux autres ($ab + \bar{b}d$), on rajoute les conditions suivantes :

• les phares sont allumés, le moteur est coupé et la ceinture est enlevée $\Rightarrow \bar{b}c\bar{d}$

• le moteur tourne et que la ceinture n'est pas mise $\Rightarrow \bar{b}c$

L'équation de l'alarme s'écrit : $S = ab + \bar{b}d + \bar{b}c\bar{d} + \bar{b}c$, simplifions S par la méthode de Karnaugh :

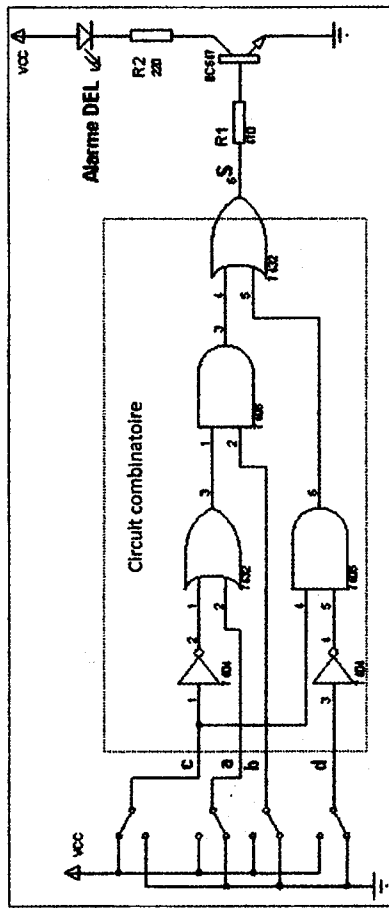


~ 46 ~

ab	00	01	11	10	S
cd	0	1	1	0	
01	0	1	1	0	
11	0	0	1	0	
10	1	1	1	1	

$$S = ab + \bar{b}c + c\bar{d}$$

- Schéma pratique :



Exercice N°4 Serrure de coffre

1 - Identification : La serrure possède 4 variables d'entrée a, b, c, d et une seule sortie O

2 - Table de vérité et équation de la sortie O

a	b	c	d	O
0	0	0	0	0
0	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	0	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	0
0	1	1	1	0
1	0	0	0	0
1	0	0	1	0
1	0	1	0	0
1	0	1	1	0
1	1	0	0	1
1	1	0	1	1
1	1	1	0	1
1	1	1	1	1

$$O = \bar{a}bcd + a\bar{b}c\bar{d} + \bar{a}bcd + ab\bar{c}d + abcd + abcd$$

3 - Tableau de Karnaugh et équation simplifiée :

ab	00	01	11	10	O
cd	0	0	1	0	
01	0	0	1	0	
11	0	1	1	1	
10	0	0	1	1	

$$O = ab + ac + bcd$$

~ 47 ~

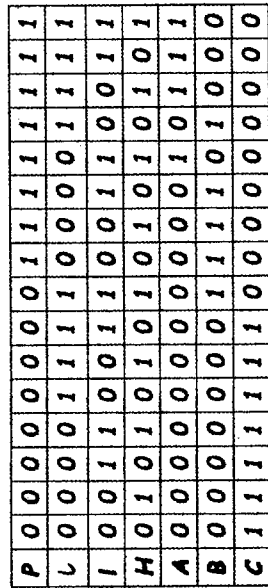
Exercice N°6 : Contrôle de qualité de briques

1 -Table de fonctionnement :

A = 1 pour les combinaisons (PLI H) : 1011,1110,1101,1111

B = 1 pour les combinaisons (P | H) : 0111.1000.1001.1010.1100

C = 1 pour les combinaisons (PL L-H) : 0011,0110,0101,0001,0010,0100,0000



2 - Tableaux de Karnaugh et équations :

		A				B				C			
		PL		ℓ_H		PL		ℓ_H		PL		ℓ_H	
ℓ_H	00	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
	01	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0
	11	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0
	10	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0

$$A = PLH + PIH + PLI = P(LH + IH + LI)$$

$$B = \overline{P\bar{I}\bar{I}} + \overline{P\bar{I}\bar{H}} + \overline{P\bar{I}\bar{H}} + \overline{P\bar{I}\bar{H}} \quad , \quad C = \overline{P\bar{I}} + \overline{P\bar{L}} + \overline{P\bar{H}} = \overline{P(\bar{I} + \bar{L} + \bar{H})} .$$

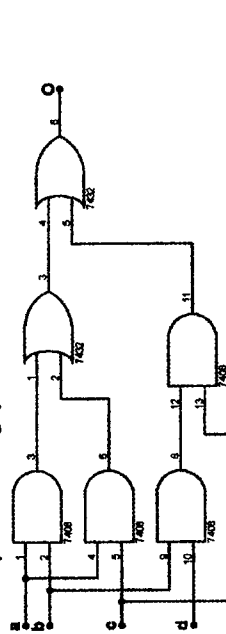
On peut alors tracer le logigramme correspondant et n'oubliez pas la mise en facteur pour réduire le nombre des fonctions logiques.

Exercice N°7 : Commande de feux tricolores

Le système comporte 4 variables d'entrées a, b, c et d et 6 fonctions de sorties V1, O1, R1, V2, O2 et R2. On aurait besoin de 6 tableaux de Karnaugh.

En lisant les chronogrammes, on arrive à remplir directement les tableaux de Karnough :

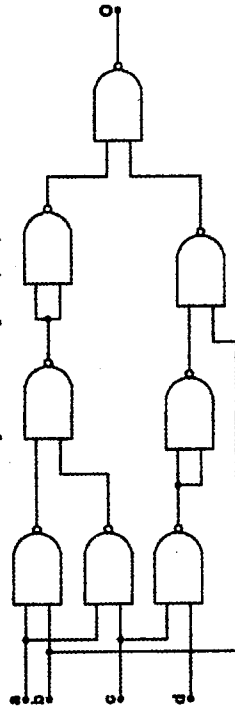
1- Tableaux de Karnaugh et équations :



5 - Logigramme en circuits NAND à deux entrées :

$$0 = ab + ac + bcd = \overline{ab + ac + bcd} = \overline{ab} \cdot \overline{ac} \cdot \overline{bcd} = [(a|b) \cdot (a|c)] [b|(cd)]$$

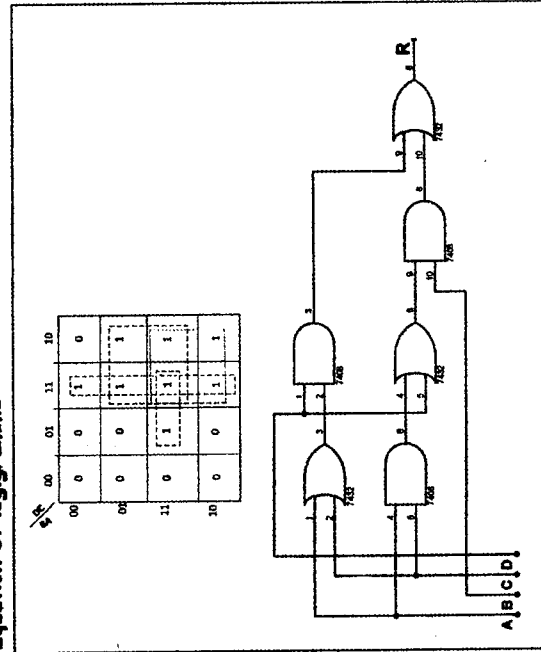
$$0 = \boxed{(a|b)} \boxed{(a|c)} \boxed{(b|c|d)}$$



Exercice N°5

Table de vérité - Équation et logigramme

D	C	B	A	R
0	0	0	0	0
0	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	0	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	0
0	1	1	1	1
1	0	0	0	0
1	0	0	1	1
1	0	1	0	1
1	0	1	1	1
1	1	0	0	1
1	1	0	1	1
1	1	1	0	1
1	1	1	1	1



dc	ba	00	01	11	10	V1
00	00	1	1	0	0	0
01	01	1	1	0	0	0
11	11	1	0	0	0	0
10	10	1	0	0	0	0
$V1 = \bar{c}\bar{d} + \bar{a}\bar{b} = d(\bar{c} + \bar{b})$						
dc	ba	00	01	11	10	V2
00	00	0	0	1	1	0
01	01	0	0	1	1	0
11	11	0	0	0	0	0
10	10	0	0	0	0	1
$V2 = \bar{c}\bar{d} + \bar{a}\bar{b} = d(\bar{c} + \bar{b})$						
dc	ba	00	01	11	10	O1
00	00	0	0	0	0	0
01	01	0	0	0	0	0
11	11	0	0	0	0	0
10	10	0	0	0	0	1
$O1 = \bar{a}\bar{b}\bar{c}\bar{d}$						
dc	ba	00	01	11	10	O2
00	00	0	0	0	0	0
01	01	0	0	0	0	0
11	11	0	0	0	0	0
10	10	0	0	0	0	1
$O2 = \bar{a}\bar{b}\bar{c}\bar{d}$						
dc	ba	00	01	11	10	R1
00	00	0	0	0	0	1
01	01	0	0	0	0	1
11	11	0	0	0	0	1
10	10	0	0	0	0	1
$R1 = \bar{d} + \bar{a}\bar{b}\bar{c}$						
dc	ba	00	01	11	10	R2
00	00	1	1	0	0	0
01	01	1	1	0	0	0
11	11	1	1	0	0	0
10	10	1	1	0	0	0
$R2 = \bar{d} + \bar{a}\bar{b}\bar{c}$						

2 - Transformations des équations en portes NAND :

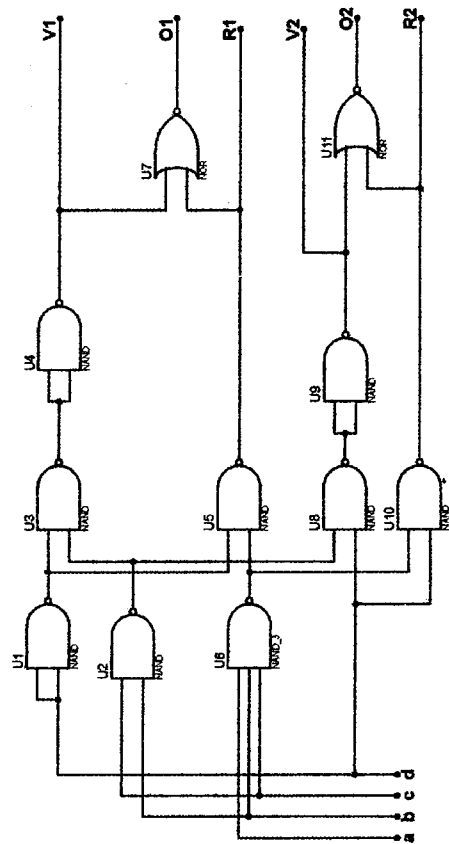
$$V1 = \bar{d}(\bar{c} + \bar{b}) = \bar{d}/(c/b), \quad O1 = \bar{a}\bar{b}\bar{c}\bar{d} = \bar{a}/(b/c/\bar{d}), \quad R1 = \bar{d} + \bar{a}\bar{b}\bar{c} = \bar{d}/(\bar{a}/(b/c))$$

$$V2 = \bar{d}(\bar{c} + \bar{b}) = \bar{d}/(c/b), \quad O2 = \bar{a}\bar{b}\bar{c}\bar{d} = \bar{a}/(b/c/\bar{d}), \quad R2 = \bar{d} + \bar{a}\bar{b}\bar{c} = \bar{d}/(\bar{a}/(b/c))$$

Remarque :

$$O1 = \text{Not}(R1) \text{ AND } \text{Not}(V1) = \bar{R1} \cdot \bar{V1} = \bar{R1} + V1 = R1 \downarrow V1$$

$$O2 = \text{Not}(R2) \text{ AND } \text{Not}(V2) = \bar{R2} \cdot \bar{V2} = \bar{R2} + V2 = R2 \downarrow V2$$



Exercice N°8 : Etude du système de gestion de vote

1 - Table de vérité :

2 - Equations simplifiées :

a	b	c	d	Fa	R	De	Somme des pondérations
0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	1	0	0	1	1
0	0	1	0	0	0	1	2
0	0	1	1	0	0	1	3
0	1	0	0	0	0	1	3
0	1	0	1	0	0	1	4
0	1	1	0	0	0	1	5
0	1	1	1	0	0	1	6
1	0	0	0	0	0	1	7
1	0	0	1	0	0	1	7
1	0	1	0	0	0	1	8
1	0	1	1	0	0	1	9
1	1	0	0	0	0	1	10
1	1	0	1	0	0	1	10

ab	cd	00	01	11	10	Fa
00	00	0	0	1	0	0
01	01	0	0	1	0	0
11	11	0	1	1	1	1
10	10	0	0	1	1	1

$$Fa = ab + ac + bcd$$

$$R = \bar{a}\bar{b}\bar{c}\bar{d} + \bar{a}bcd$$

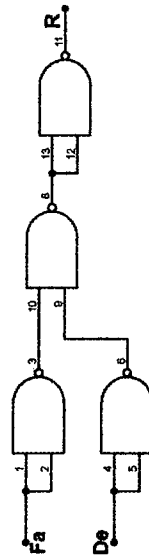
ab	cd	00	01	11	10	De
00	00	1	1	0	1	1
01	01	1	1	0	0	0
11	11	1	0	0	0	0
10	10	1	0	0	0	0

$$De = \bar{a}\bar{b} + \bar{a}c + \bar{b}cd$$

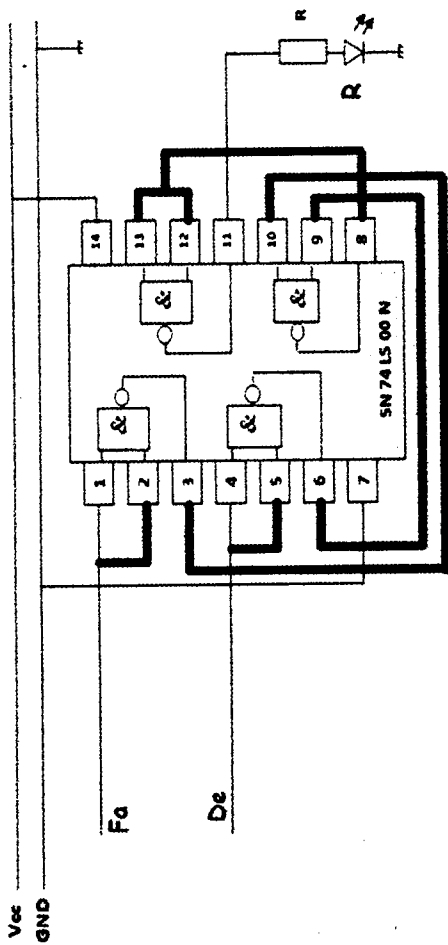
3 - D'après la table de vérité on remarque que :

$$R = \text{Non}(Fa) \text{ ET } \text{Non}(De) = \bar{Fa} \cdot \bar{De} = \bar{Fa} \downarrow De$$

4 - Logigramme avec des portes NAND à deux entrées : $\bar{Fa} \cdot \bar{De} = \bar{Fa} \downarrow De$



5 - Câblage de la sortie R :



6 -

a - Table de vérité :

S1	S2	S3	a	b	c	d	e	f
0	0	0	1	1	1	1	1	1
0	0	1	0	1	1	1	0	1
0	1	0	1	0	0	1	1	1
0	1	1	1	1	1	1	1	1
1	0	0	1	0	0	1	1	1
1	0	1	1	1	1	1	1	1
1	1	0	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1

b- Equations :

S1S2	00	01	11	10	a
S3	0	1	1	1	1
1	0	1	1	1	1

$$a = \overline{S3} + S2 + S1$$

$$b = S3 + \overline{S1S2} + S1S2$$

D'après la table de vérité le segment e est toujours allumé. Donc e = 1

~ 52 ~

OPÉRATIONS D'ARITHMETIQUE BINAIRE

Exercice N°1 : Addition binaire

1 - $\frac{1}{2}$ Additionneur

Soit à additionner deux nombres binaires $A(a)$ et $B(b)$ à un seul bit chacun. S étant la somme $S = a + b$, R étant la retenue. On ne tient pas compte de la retenue initiale

a - donner la table de vérité.

b - En déduire les équations des sorties S et R .

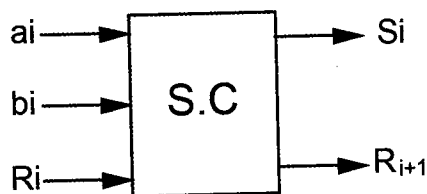
c - Etablir le logigramme correspondant :

- ♦ en utilisant les fonctions logiques de base.
- ♦ en utilisant un **Ou** exclusif et un **ET** à deux entrées.
- ♦ en utilisant des opérateurs **NAND** à deux entrées.

d - On vient de réaliser un $\frac{1}{2}$ additionneur dont on vous demande le symbole.

2 - Additionneur complet

On tient compte maintenant de la retenue initiale. Il s'agit de résoudre un système combinatoire défini par la modélisation suivante :



a_i, b_i, R_i sont les entrées d'ordre i

$S_i = a_i + b_i$: sortie d'ordre i

R_{i+1} étant la retenue de la somme $a_i + b_i$

R_i : Retenue initiale d'ordre i

SC : Système Combinatoire

a - compléter la table de vérité suivante :

a_i	b_i	R_i	S_i	R_{i+1}
0	0	0		
0	0	1		
0	1	0		
0	1	1		
1	0	0		
1	0	1		
1	1	0		
1	1	1		

b - Déduire de la table de vérité les équations de S_i et de R_{i+1}

c - Donner le logigramme correspondant aux sorties .

d - On vient de réaliser un additionneur complet dont on vous demande le symbole .

3 - Dédurre des questions précédentes :

a - le circuit logique d'un additionneur de deux nombres binaires $\{ A(a_1a_0) ; B(b_1b_0) \}$ à deux bits chacun.

b - le circuit logique d'un additionneur de deux nombres binaires $\{ A(a_2a_1a_0) ; B(b_2b_1b_0) \}$ à trois bits chacun.

4 - le circuit logique d'un additionneur de deux nombres binaires $\{ A(a_3a_2a_1a_0) ; B(b_3b_2b_1b_0) \}$ à quatre bits chacun en utilisant le symbole d'un additionneur complet .

Exercice N°2 : Conception des soustracteurs

1 - Réalisation d'un $\frac{1}{2}$ soustracteur (sans retenue initiale) :

Soit à soustraire deux nombres binaires $A(a_0)$ et $B(b_0)$ de 1 bit chacun , on pose $S = A - B$ et R étant la retenue de l'opération .

Donner la table de vérité de l'opération soustraction et en déduire les équations des sorties S et R ; Tracer le logigramme correspondant en utilisant un OU exclusif et les opérateurs logiques de base

2 - Soustracteur complet de deux nombres à un bit chacun (on tient compte de la retenue initiale) :

a - Compléter la table de vérité suivante où $S_i = a_i - b_i$ et R_i étant la retenue :

a_i	b_i	R_i	S_i	R_{i+1}
0	0	0		
0	0	1		
0	1	0		
0	1	1		
1	0	0		
1	0	1		
1	1	0		
1	1	1		

b - Trouver les équations simplifiées des sorties S_i et R_{i+1}

c - Tracer le circuit logique correspondant et en donner le symbole.

d - Réaliser un soustracteur complet en utilisant :

- deux $\frac{1}{2}$ soustracteurs .

- un $\frac{1}{2}$ soustracteur et un $\frac{1}{2}$ additionneur

Exercice N°3 :

1 - Effectuer l'addition des nombres binaires suivants :

a - $N_1 = 1001$ et $N_2 = 0111$; b - $N_1 = 110001$ et $N_2 = 101110$; c- $N_1 = 11011101$ et $N_2 = 1100011$; d - $N_1 = 01101110$, $N_2 = 00011001$ et $N_3 = 10110011$.

Vérifier les résultats en procédant en décimal .

Exercice N°4 : Complément à 2

On utilise le bit de poids fort (bit le plus à gauche) du nombre binaire pour représenter le signe (positif ou négatif , le zéro étant considéré comme positif)

Exemple : (00000010) = +2 en décimal et (10000010) = (-2) en décimal .

1 - Montrer que cette représentation possède des inconvénients (prenez des exemples)

2 - Pour remédier à ces inconvénients , on utilise la notation en complément à deux .

Expliquer , en prenant des exemples cette méthode (complément à deux) .

Exercice N°5 : Addition en complément à 2

Additionner en complément à deux les nombres décimaux suivant après les avoir converti en binaire (format 8bits) :

(+8) et (+5) ; (+8) et (-5) ; (75) + (-32) ; (-12) + (7) ; (-14) + (-8) ;

(-26) + (+26)

Exercice N°6 :

1 - Compléter la table de soustraction suivante :

0 - 0 = ...

0 - 1 = ...

1 - 0 = ...

1 - 1 = ...

2 - Réaliser en binaire et par soustraction directe les opérations décimales suivantes :

(104)₁₀ - (75)₁₀ ; (85)₁₀ - (54)₁₀ (sur format de 7 bits)

3 - Soustraction en complément à 2 :

a - Montrer que la soustraction A - B revient à additionner le nombre A et le complément à 2 du nombre B .

b - Effectuer les opérations suivantes avec la notation en complément à 2 (format 8 bits y compris le bit de signe) :

(-11) - (+9) ; (+35) - (+35) ; (+9) - (+4) ; (-37) - (-16) .

CORRIGÉS

(Opérations d'arithmétique binaire)

Exercice N°1 : Addition binaire

1 - 1/2 Additionneur

a - Table de vérité :

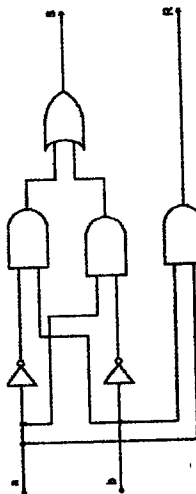
a	b	S	R
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1

b - Equations des sorties S et R :

$$S = \overline{a}b + a\overline{b} = a \oplus b \quad \text{et} \quad R = ab$$

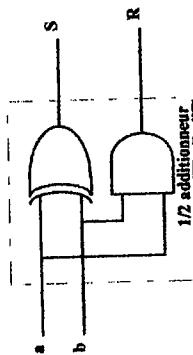
c - Logigramme correspondant :

♦ en utilisant les fonctions logiques de base :



♦ en utilisant un Ou exclusif et un ET à deux entrées.

Le demi-additionneur (Half-adder) utilise un OU exclusif pour la somme et un ET pour la retenue :

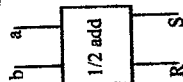


♦ en utilisant des opérateurs NAND à deux entrées.

$$S = \overline{\overline{a}b + ab} = (\overline{a}b)(\overline{ab}) = (\overline{a}/b)(a/\overline{b}) \quad ; \quad R = \overline{\overline{a}b} = a/b$$

~ 56 ~

d - Symbole d'un 1/2 additionneur :



2 - Additionneur complet :

a - Table de vérité :

a _i	b _i	R _i	S _i	R _{i+1}
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

b - Equations de S_i et de R_{i+1} :

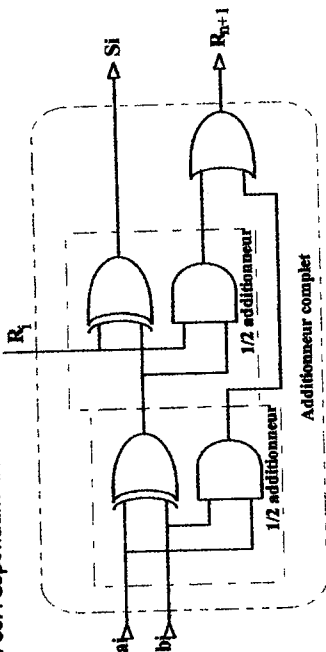
$$S_i = \overline{a_i}b_i + a_i\overline{b_i} + \overline{a_i}b_i\overline{R_i} + a_ib_iR_i = R_i(\overline{a_i}b_i + a_ib_i) + \overline{R_i}(\overline{a_i}b_i + a_ib_i)$$

Soit : $S_i = R_i(a_i \oplus b_i) + \overline{R_i}(a_i \oplus b_i) = (a_i \oplus b_i) \oplus R_i$

$$R_{i+1} = \overline{a_i}b_i + a_i\overline{b_i} + a_ib_i\overline{R_i} + a_ib_iR_i = a_ib_i(\overline{R_i} + R_i) + R_i(\overline{a_i}b_i + a_ib_i)$$

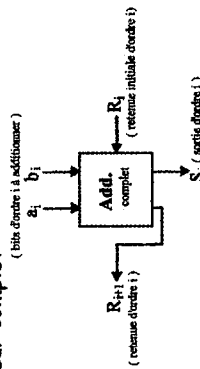
Soit : $R_{i+1} = a_ib_i + R_i(a_i \oplus b_i)$

c - Logigramme correspondant aux sorties :

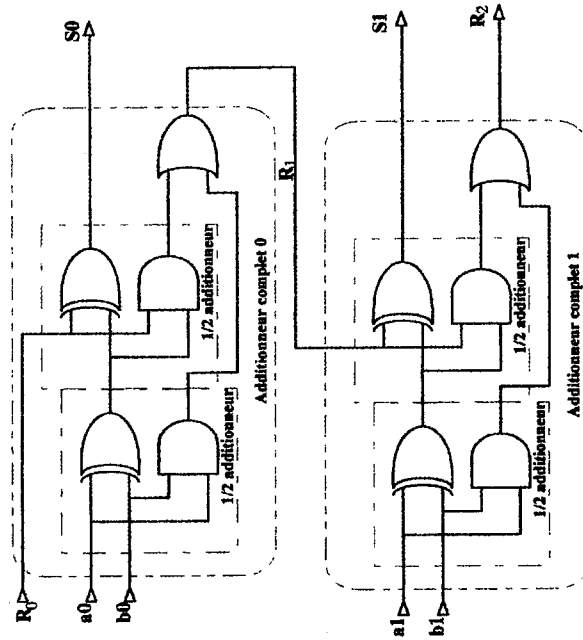
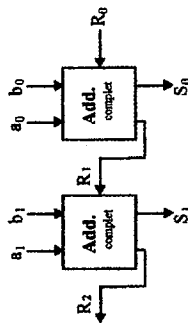


~ 57 ~

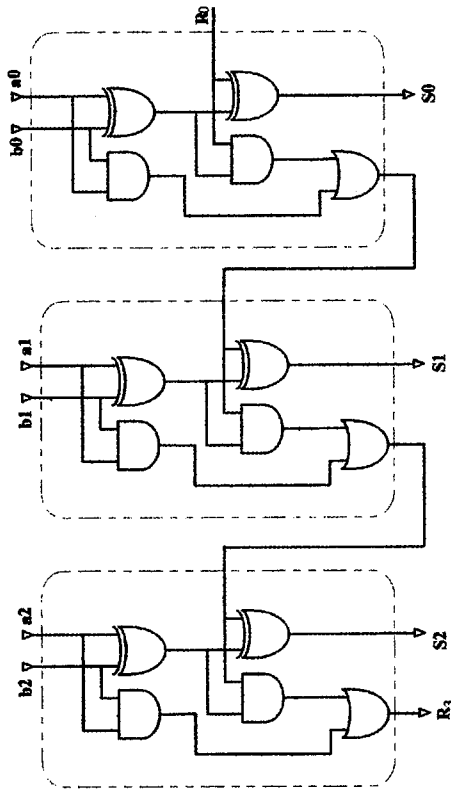
d - Symbole d'un additionneur complet :



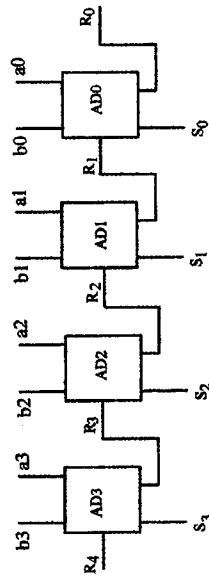
3 - a - le circuit logique d'un additionneur de deux nombres binaires { A(a1a0) ; B(b1b0) } à deux bits chacun :



b - le circuit logique d'un additionneur de deux nombres binaires { A(a2a1a0) ; B(b2b1b0) } à trois bits chacun :



4 - le circuit logique d'un additionneur de deux nombres binaires { A(a3a2a1a0) ; B(b3b2b1b0) } à quatre bits chacun en utilisant le symbole d'un additionneur complet :



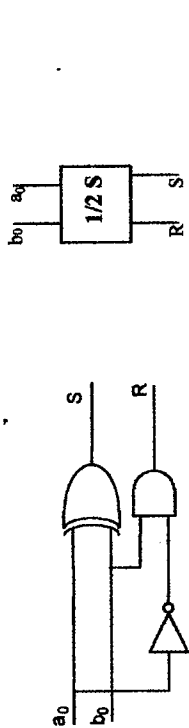
Exercice N°2 : Conception des soustracteurs
1 - Réalisation d'un 1/2 soustracteur (sans retenue initiale) :

a0	b0	R	S
0	0	0	0
0	1	1	1
1	0	0	1
1	1	0	0

Equations :

$$S = a_0 b_0 + a_0 \bar{b}_0 = a_0 \oplus b_0$$

$$R = a_0 b_0$$



Logigramme :

2 - Soustracteur complet de deux nombres à un bit chacun (on tient compte de la retenue initiale) :

a - b - Table de vérité et équations simplifiées des sorties S_i et R_{i+1} :

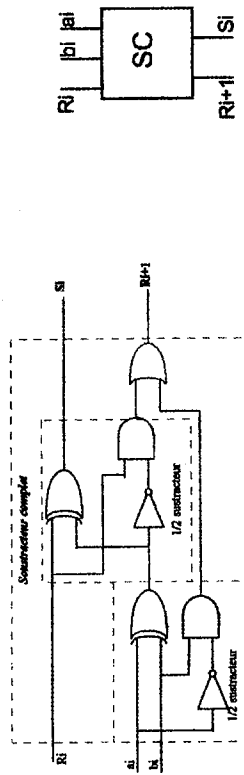
a_i	b_i	R_i	S_i	R_{i+1}
0	0	0	0	0
0	0	1	1	1
0	1	0	1	1
0	1	1	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	0
1	1	0	0	0
1	1	1	1	1

$a_i b_i$	R_i	00	01	11	10
0	0	0	0	1	0
0	1	1	0	0	1
1	0	1	0	1	0
1	1	0	1	0	1

$$R_{i+1} = \bar{a}_i b_i + a_i \bar{b}_i + \bar{a}_i b_i + R_i(a_i + b_i) \quad \text{ou} \quad \bar{a}_i b_i + a_i \bar{b}_i + R_i(a_i + b_i) = a_i b_i + R_i(a_i \oplus b_i)$$

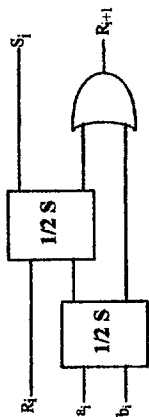
$$S_i = \bar{a}_i b_i \bar{R}_i + a_i \bar{b}_i \bar{R}_i + \bar{a}_i b_i R_i + a_i \bar{b}_i R_i = R_i(\bar{a}_i b_i + a_i \bar{b}_i) + R_i(a_i \bar{b}_i + a_i b_i)$$

$$S_i = \bar{R}_i(a_i \oplus b_i) + R_i(a_i \oplus b_i) = (a_i \oplus b_i) \oplus R_i$$



d - Réalisation d'un soustracteur complet en utilisant :

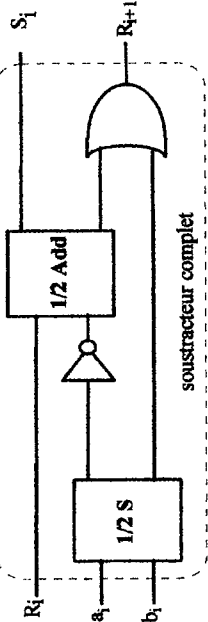
-deux $\frac{1}{2}$ soustracteurs : le logigramme ci-dessus donne en utilisant le symbole d'un $\frac{1}{2}$ soustracteur



-un $\frac{1}{2}$ soustracteur et un $\frac{1}{2}$ additionneur : en comparant les deux logigrammes ($\frac{1}{2}$ add et $\frac{1}{2}$ Sous), on remarque qu'ils ne diffèrent que d'un inverseur :



On peut réaliser un soustracteur complet avec un $\frac{1}{2}$ soustracteur et $\frac{1}{2}$ additionneur :



Exercice N°3 :

a - $N_1 = 1001$ et $N_2 = 0111$

	Décimal	Binaire
N_1	9	1 0 0 1
N_2	7	0 1 1 1
$N_1 + N_2 = 16_{10}$	→	1 0 0 0 0

$$N_1 + N_2 = 16_{10} = (10000)_2$$

b - $N_1 = 110001$ et $N_2 = 101110$

	Décimal	Binaire
N_1	49	→ 1 1 0 0 0 1
N_2	46	→ 1 0 1 1 1 0
$N_1 + N_2 = 95_{10}$	→	1 0 1 1 1 1 1

$$N_1 + N_2 = 95_{10} = (1011111)_2$$

c - $N_1 = 11011101$ et $N_2 = 1100011$

	Décimal	Binaire
N_1	221 →	1 1 0 1 1 0 1
N_2	99 →	1 1 0 0 0 1 1
$N_1 + N_2 = 320_{10}$	→	= 1 0 1 0 0 0 0 0

$$N_1 + N_2 = 320_{10} = (101000000)_2$$

d - $N_1 = 01101110$, $N_2 = 00011001$ et $N_3 = 10110011$

	Décimal	Binaire
N_1	110 →	0 1 1 0 1 1 0
N_2	25 →	0 0 0 1 1 0 0 1
N_3	179 →	1 0 1 1 0 0 1 1
$N_1 + N_2 + N_3 = 314_{10}$	→	1 0 0 1 1 1 0 1 0

$$N_1 + N_2 + N_3 = 314_{10} = (100111010)_2$$

Exercice N°4 : Complément à 2

1 - Cette représentation possède deux inconvénients. Le premier (mineur) est que le nombre zéro possède deux représentations : 00000000 et 10000000 sont respectivement égale à 0 et à -0. L'autre inconvénient (majeur) est que cette représentation n'est pas compatible avec l'addition ; l'addition usuelle d'un nombre négatif et d'un nombre positif ne fonctionne pas ainsi :

$$00000011 + 10000100 = 1000111, \text{ soit } 3 + (-4) = (-7) \text{ au lieu de } (-1)$$

2 - Pour remédier à ces inconvénients, on utilise la notation en complément à deux. Les nombres positifs sont représentés comme attendu ; par contre les nombres négatifs sont obtenus de la manière suivante :

- On inverse les bits de l'écriture binaire de sa valeur absolue (opération binaire NOT), on fait ce qu'on appelle le complément à 1
- On ajoute 1 au résultat (les dépassements sont ignorés).

Cette opération correspond au calcul de $2^n - |X|$, où n est la longueur de la représentation. Ainsi (-1) s'écrit $256-1 = (255)_{10} = (11111111)_2$, pour les nombres sur 8 bits.

Les deux inconvénients précédents disparaissent alors. En effet, l'opération précédente effectuée sur 00000000 permet d'obtenir 00000000 ($-0 = +0 = 0$) et l'addition usuelle des nombres binaire fonctionne.

Pour coder (-4) en complément à deux (format 8 bits) :

- On prend le nombre positif 4 : 00000100
- On inverse les bits : 11111011
- On ajoute 1 : 11111100 ; $(-128 + 64 + 32 + 16 + 8 + 4 + 0 + 0 = -128 + 124 = -4)$

Le bit de signe est automatiquement mis à 1 par l'opération d'inversion. On peut vérifier que cette fois l'opération $3 + (-4)$ se fait sans erreur :

~ 62 ~

00000011 + 11111100 = 11111111. Le complément à deux de 11111111 est 00000001 soit 1 décimal, donc $(11111111) = (-1)$ en décimal.

Le résultat de l'addition usuelle de nombres représentés en complément à deux est le codage en complément à deux du résultat de l'addition des nombres.

Remarque : Un truc rapide pour trouver le complément à deux consiste à repérer le premier 1 à partir de la droite (ou le dernier 1 à partir de la gauche) et à compléter tous les autres bits à gauche. Les autres bits sont laissés intacts.

Exemple1 : 00001100

On inverse les 5 bits à gauche du premier 1 à partir de la droite (en gras), ce qui donne 11110100

Exemple2 : 11111111, on inverse les 7 bits à gauche du premier 1 de droite, ce qui donne 00000001

Exemple 3 : le (-5) en complément à 2 s'écrit :

$$(+5) \rightarrow 00101 \text{ et en complément à } 2 : (-5) \rightarrow 11011$$

Exercice N°5 : Addition en complément à 2

► $(+8)$ et $(+5)$:

$$\begin{array}{r} (+8) \dots\dots\dots 00001000 \\ + (+5) \dots\dots\dots 00000101 \\ \hline = (+13) \dots\dots\dots 00001101 \end{array}$$

► $(+8)$ et (-5) :

$$(-5) \text{ doit être exprimé en complément à deux : } (+5) \rightarrow (00000101) \text{ et } (-5) \rightarrow 11111011$$

$$\begin{array}{r} (+8) \dots\dots\dots 00001000 \\ + (-5) \dots\dots\dots 11111011 \\ \hline = (+13) \dots\dots\dots 10000011 \end{array}$$

bit de dépassement

Le 1 de gauche du résultat constitue un dépassement et il est rejeté (le 9^{ème} bit), le résultat est positif 0000011 = $(+3)_{10}$

► $(75) + (-32)$

(-32) doit être exprimé en complément à deux sur un format de 8 bits :

$$\begin{array}{r} (+32) \rightarrow (00100000) \text{ et } (-32) \rightarrow (11100000) \\ (+75) \dots\dots\dots 01001001 \\ + (-32) \dots\dots\dots 11100000 \\ \hline = 43 \dots\dots\dots 100101001 \end{array}$$

bit de dépassement

Le résultat est positif (le bit de dépassement est rejeté) :

~ 63 ~

$$(00101001) = 0+0+32+0+8+0+0+1 = 43_{10}$$

$$\rightarrow (-12) + (7) :$$

(-12) doit être exprimé en complément à deux sur un format de 8 bits :
 $(+12) \rightarrow (00001100)$ et $(-12) \rightarrow (11110100)$

$$\begin{array}{r} (-12) \dots\dots\dots 11110100 \\ (+7) \dots\dots\dots 00001111 \\ \hline = -5 \dots\dots\dots 11110111 \end{array}$$

Le 8^{ème} bit à gauche vaut 1, le résultat est négatif. Le codage en complément à deux est le résultat de l'addition $(-12) + (7)$:

(11110111) son complément à deux : $00001011 = (+5)_{10}$, mais le résultat est négatif, soit $(-5)_{10}$

$$\text{Remarque : } (11111011) = (-128+64+32+16+8+0+2+1) = (-5)_{10}$$

$$\rightarrow (-14) + (-8) :$$

(-14) et (-8) doivent être convertis en complément à 2 :

$$(+14) \rightarrow (00001110) \text{ et } (-14) \rightarrow (11110010)$$

$$(+8) \rightarrow (00001000) \text{ et } (-8) \rightarrow (11111000)$$

$$\begin{array}{r} (-14) \dots\dots\dots 11110010 \\ + (-8) \dots\dots\dots 11111000 \\ \hline = -22 \dots\dots\dots \overset{\text{bit de signe}}{\underset{\text{négatif}}{1}}1101010 \end{array}$$

Le bit de signe est 1, donc le résultat est négatif, le complément à 2 du résultat donne la valeur absolue de la somme (11101010) son complément à 2 est $(00010110) = (22)_{10}$ soit le résultat de la somme $(-22)_{10}$

$$\rightarrow (-26) + (+26) :$$

(-26) doit être converti en complément à deux :

$$(+26) \rightarrow (00011010) \text{ et } (-26) \rightarrow (11100110)$$

$$\begin{array}{r} (-26) \dots\dots\dots 11100110 \\ + (+26) \dots\dots\dots 00011010 \\ \hline = 0 \dots\dots\dots \overset{\text{bit de dépassement}}{1}00000000 \end{array}$$

Le résultat de la somme est évidemment nul

Exercice N°6 : Soustraction binaire

1 - table de la soustraction :

$$\begin{array}{r} 0 - 0 = 0 \\ 0 - 1 = 1 \text{ (emprunt 1)} \\ 1 - 0 = 0 \\ 1 - 1 = 0 \end{array}$$

2 - Soustraction directe : (format 7 bits)

$$\rightarrow (104)_{10} - (75)_{10} :$$

Décimal	Binaire
104 $\rightarrow$	1 1 0 1 0 0 0
75 $\rightarrow$	1 0 0 1 0 1 1
104-75 = 29 ₁₀ $\rightarrow$	emprunt 1 1 1 1 1 1
	= 0 0 1 1 1 0 1

$$104-75 = (29)_{10} = (11101)_2$$

$$\rightarrow (85)_{10} - (54)_{10} :$$

Décimal	Binaire
85 $\rightarrow$	1 0 1 0 1 0 1
54 $\rightarrow$	1 1 0 1 1 0
85-54 = 31 ₁₀ $\rightarrow$	emprunt 1 1 1 1 1 1
	= 0 1 1 1 1 1

$$85-54 = (31)_{10} = (011111)_2$$

Le 1 du gauche est exclu

2 - Soustraction en complément à 2 :

a - Le complément à 1 d'un nombre A codé sur n bit est tout simplement son complément $\bar{A}$

$$\begin{array}{r} A \dots\dots\dots a_{n-1} \dots\dots\dots a_n \\ \bar{A} \dots\dots\dots \bar{a}_{n-1} \dots\dots\dots \bar{a}_n \\ \hline = 2^{n-1} \dots\dots\dots 1 \dots\dots\dots 1 \end{array}$$

$$A + \bar{A} = 2^n - 1$$

- Le complément à 2 d'un nombre A (noté A') est le complément à 1 auquel on additionne 1 :

$$A' = \bar{A} + 1 = (2^n - 1 - A) + 1 = 2^n - A$$

Or le nombre binaire le plus grand qu'il est possible de représenter avec n bits est $2^n - 1$, ainsi le bit de poids n ne doit pas être pris en compte d'où : $A' = A$, donc le complément à 2 de A est son opposé, ainsi une opération de soustraction $A - B$ se ramène à une addition $A + (-B)$: on additionne le nombre A et le complément à 2 du B et on ignore la retenue si elle existe.

b - Soustraction en complément 2 (format 8 bits) :

$$\rightarrow (+4) - (+9) = (-5) :$$

$$(+4) \rightarrow 0000100 ; (+9) \rightarrow 00001001 \text{ son complément à 2 est : } 11110111$$

$$\begin{array}{r}
 (+4) \dots\dots\dots 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \\
 (-9) \dots\dots\dots + 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 1 \\
 \hline
 = -5
 \end{array}$$

signe négatif
 valeur numérique
 complément à 2

Le résultat donne un nombre ayant un 1 au B.L.P.S (Bit Le Plus Significatif), donc sa valeur est négative. Puisque nous avons opté pour la représentation des nombres par le complément à 2, si le signe est négatif, la valeur numérique qui suit ne peut être que le complément à 2 du nombre recherché. La transformation en décimal est :

$$11111011 \rightarrow \text{son complément à 2} \rightarrow 00000101 \Rightarrow (-5)_{10}$$

Si ce résultat doit servir à d'autres calculs, il restera dans la machine sous forme de complément à 2

$$\triangleright (+35) - (+35) = 0$$

$$(+35) = (00100011) \rightarrow \text{son complément à 2 est } 11011101$$

$$\begin{array}{r}
 (+35) \dots\dots\dots 1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1 \\
 (-35) \dots\dots\dots + 1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 1 \\
 \hline
 = 0
 \end{array}$$

à rejeter
 valeur numérique nulle

$$\triangleright (+9) - (+4) = (+5) :$$

$$(+4) \rightarrow 00000100 \text{ et son complément à 2 est } 11111100$$

$$\begin{array}{r}
 (+9) \dots\dots\dots 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 1 \\
 (-4) \dots\dots\dots + 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \\
 \hline
 = +5
 \end{array}$$

Dépassement
 Ignoré
 Signe positif
 valeur numérique vraie = 5₁₀

$$\triangleright (-37) - (-16) = (-37) + (16) = (-21)$$

$$(-16) \rightarrow (00100000)$$

$$(-37) \rightarrow (00100101) \text{ et son complément à 2 est } 11011011$$

$$\begin{array}{r}
 (+16) \dots\dots\dots 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \\
 (-37) \dots\dots\dots + 1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 1 \\
 \hline
 = -21
 \end{array}$$

Signe négatif
 Valeur numérique
 Complément 2

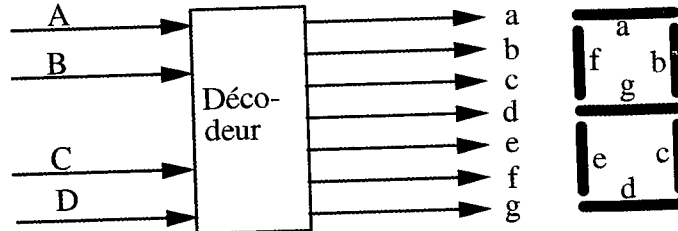
La transformation en décimal est :

$$11101011 \rightarrow \text{son complément à 2} \rightarrow 00010101 \Rightarrow (-21)_{10}$$

LES CIRCUITS COMBINATOIRES

Exercice N°1 :

Pour afficher les chiffres allant de 0 à 9, on utilise un décodeur et un afficheur à 7 segments selon le modèle suivant:



1 - Trouver le schéma logique pour le segment e (e est éteint pour les chiffres 1-2-3-4-5-7-9).

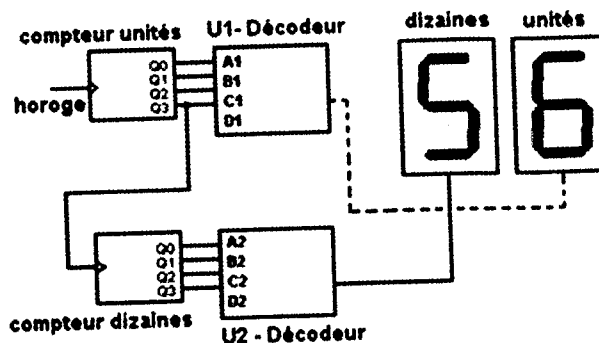
2 - Pour , ($abcdefg = 1111001$), on lit le chiffre 3

a - donner la table de vérité du décodeur et en déduire l'équation simplifiée du segment g (les cases vides sont affectées d'un Φ Erreur ! Signet non défini.).

b - représenter le logigramme du segment g en utilisant des portes NAND à deux ou plusieurs entrées.

Exercice N°2 :

Le circuit suivant permet d'afficher le nombre décimal N_v :



1 - Qu'appelle-t-on un décodeur ? :

2 - Compléter le tableau suivant en indiquant :

* l'état des entrées $D_1C_1B_1A_1$ du décodeur U1

* l'état des entrées $D_2C_2B_2A_2$ du décodeur U2

Sachant que l'afficheur d'unités affiche le **DIGIT 6** et l'afficheur de dizaines affiche le **DIGIT 5**

Circuit dizaines	
D ₂ C ₂ B ₂ A ₂	Afficheur
.....	5

Circuit unités	
D ₁ C ₁ B ₁ A ₁	Afficheur
.....	6

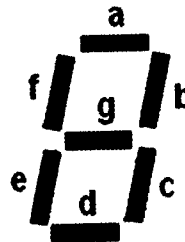
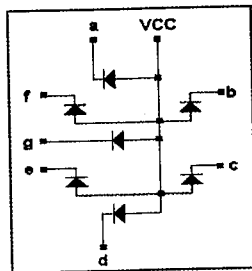
3- Déduire le nombre Nv en :

a- Binaire BCD (expliquer la méthode) :

b- Binaire naturel (Exposer la méthode)

c- Hexadécimal (Exposer la méthode)

4- L'information visuelle est fournie grâce à un afficheur 7 segments à anode commune.



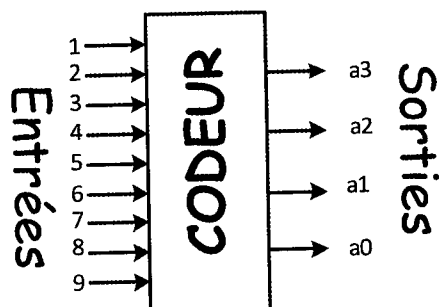
0	1	2	3	4
5	6	7	8	9

a- Indiquer le niveau logique de chaque segment pour afficher le **DIGIT 6** sachant que toutes les anodes sont reliées à +Vcc :

a	b	c	d	e	f	g
...	...	...	...	...	...	...

Exercice N 3 : Codeur

Un codeur est un circuit combinatoire permettant de passer du système décimal à un système numérique (binaire ou autre) :



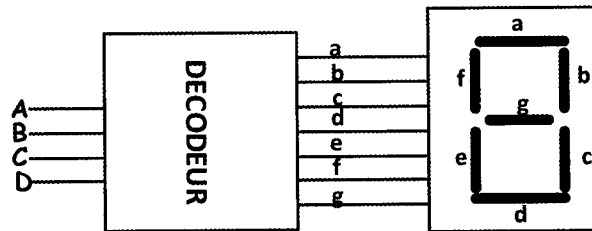
1 -Donner la table de vérité de ce codeur

2 - En déduire les équations des sorties a3,a2,a1 et a0

3- Tracer le logigramme correspondant en utilisant les fonctions logiques de bases en utilisant des portes OU à deux entrées

Exercice N°4 : Transcodeur BCD 7 segments

On se propose de réaliser un décodeur " BCD / 7segments " illustré par la figure ci-dessous



Il faut réaliser la fonction qui fait correspondre aux variables A,B,C et D l'allumage des segments de l'afficheur a,b,c,d,e,f et g . Le chiffre à afficher est donné en Binaire Codé Décimal sur les entrées A,B,C et D qui représentent les valeurs 2^0 , 2^1 , 2^2 , 2^3 .

Exemples : chiffre 1 = Segments à allumer b et c . Chiffre 5 = Segments à allumer a,c,d,f,g



Les combinaisons allant de 10 à 15 sont affectées d'un Φ .

Trouver les équations simplifiées des segments a,b,c,d,e,f et g .

Exercice N°5 : Transcodeur : Binaire naturel / Binaire réfléchi

Binaire réfléchi/ Binaire naturel

1 - On demande d'établir un transcodeur , c'est-à-dire un circuit qui a pour variables d'entrées le code binaire pur et pour fonction de sortie le code binaire réfléchi . (On se limitera à 3 variables) .

2 - Etablir les équations d'un transcodeur permettant de convertir une valeur écrite en code binaire réfléchi en une valeur écrite en binaire naturel (On se limitera à 3 variables) .

CORRIGÉS

(Les circuits combinatoires)

Exercice N°1 : (Les circuits combinatoires)

1 - Schéma logique :

- Table de vérité : Le segment e va apparaître uniquement à 0 - 2 - 6 - 8 . On peut alors dresser la table de vérité réduite

Déc	A	B	C	D	e
0	0	0	0	0	1
2	0	0	1	0	1
6	0	1	1	0	1
8	1	0	0	0	1

- Equation de e :

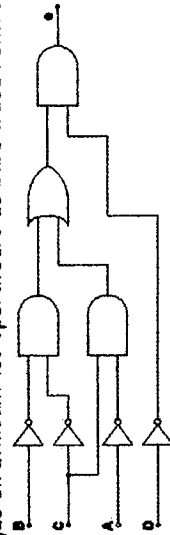
$$e = ABCD + ABC\bar{D} + \bar{A}BCD + \bar{A}BC\bar{D}$$

Simplification :

AB	CD	00	01	11	10
00	1	0	0	1	
01	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0
10	1	1	0	0	0

$$e = \bar{A}\bar{C}\bar{D} + \bar{A}BCD = \bar{D}(\bar{A}\bar{C} + BC)$$

d'où le schéma logique en utilisant les opérateurs de base à deux entrées :



2 - a - Table de vérité et équation :

A	B	C	D	a	b	c	d	e	f	g
0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0
0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0
0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0
0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1
0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1
0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1
0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0
1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1

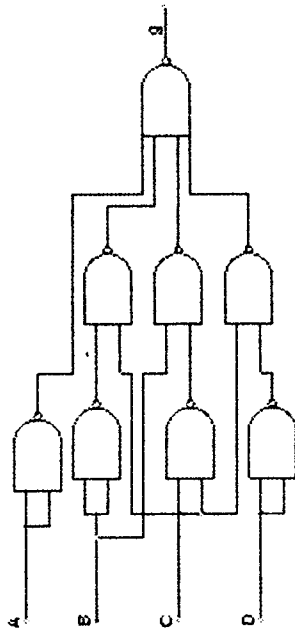
$$g = \bar{A}\bar{B}\bar{C}\bar{D} + \bar{A}\bar{B}\bar{C}D + \bar{A}\bar{B}C\bar{D} + \bar{A}\bar{B}CD + \bar{A}B\bar{C}\bar{D} + \bar{A}B\bar{C}D + \bar{A}BC\bar{D} + \bar{A}BCD$$

Seulement 10 combinaisons sont utilisées, le reste des combinaisons allant de 10 à 15 sont des impossibilités techniques, ne se produisent jamais et prennent la valeur indéterminée Φ .

Equation simplifiée :
 $g = A + \bar{B}\bar{C} + \bar{B}C + \bar{C}D$

AB	CD	00	01	11	10
00	0	1	Φ	1	
01	0	1	Φ	1	
11	1	0	Φ	Φ	
10	1	1	Φ	Φ	

b - Logigramme de g avec des NAND : $g = A + \bar{B}\bar{C} + \bar{B}C + \bar{C}D = \bar{A} / (B / \bar{C}) / (\bar{B} / C) / (C / \bar{D})$



Exercice N°2 :

1 - Un décodeur est un circuit logique permettant de convertir un nombre binaire (4bits) en décimal.

2-

Circuit dizaines	D ₂ C ₂ B ₂ A ₂	Afficheur
0101		5

Circuit unités	D ₁ C ₁ B ₁ A ₁	Afficheur
0110		6

3- Déduire le nombre Nv en :

- BCD : Nv = (56)₁₀ = (01010110)_{BCD} . On convertit chaque digit en BCD
- Binaire naturel : On adopte la méthode des divisions successives par la base 2

$$N_v = 56_{10} = 111000_2$$

- En hexadécimal (base 16) : $56_{10} = 38_{16}$

4-

a	b	c	d	e	f	g
0	0	1	1	1	1	1

Exercice N°3 : Codeur

1 - Table de vérité

Entrées	a3	a2	a1	a0	Sorties BCD
0	0	0	0	0	
1	0	0	0	1	
2	0	0	1	0	
3	0	0	1	1	
4	0	1	0	0	
5	0	1	0	1	
6	0	1	1	0	
7	0	1	1	1	
8	1	0	0	0	
9	1	0	0	1	

2 - Equations :

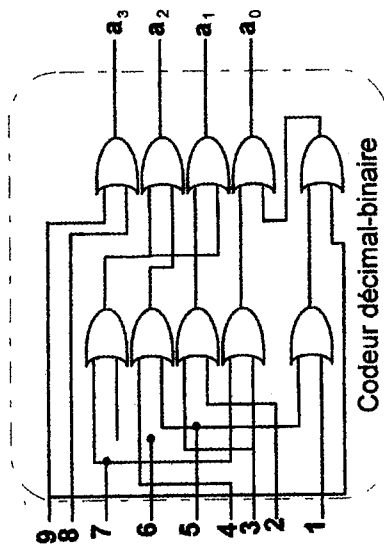
$$a_3 = 8 + 9$$

$$a_2 = 4 + 5 + 6 + 7$$

$$a_1 = 2 + 3 + 6 + 7$$

$$a_0 = 1 + 3 + 5 + 7 + 9$$

3 - Logigramme



~ 72 ~

Exercice N°4 : Décodeur BCD / 7 segments

Chiffre	D	C	B	A	a	b	c	d	e	f	g
0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0
1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0
2	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1
3	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1
4	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1
5	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1
6	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1
7	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
8	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
9	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1
10	1	0	1	0	φ	φ	φ	φ	φ	φ	φ
11	1	0	1	1	φ	φ	φ	φ	φ	φ	φ
12	1	1	0	0	φ	φ	φ	φ	φ	φ	φ
13	1	1	0	1	φ	φ	φ	φ	φ	φ	φ
14	1	1	1	0	φ	φ	φ	φ	φ	φ	φ
15	1	1	1	1	φ	φ	φ	φ	φ	φ	φ

DC	BA	00	01	11	10	a
00	00	1	0	φ	1	1
01	01	0	1	φ	1	1
11	11	1	1	φ	φ	φ
10	10	1	0	φ	φ	φ

DC	BA	00	01	11	10	b
00	00	1	1	φ	1	1
01	01	1	0	φ	1	1
11	11	1	1	φ	φ	φ
10	10	1	0	φ	φ	φ

DC	BA	00	01	11	10	c
00	00	1	1	φ	1	1
01	01	1	1	φ	1	1
11	11	1	1	φ	φ	φ
10	10	0	1	φ	φ	φ

DC	BA	00	01	11	10	e	DC	BA	00	01	11	10	f	DC	BA	00	01	11	10	g
00	00	1	0	φ	1	1	00	00	0	φ	1	1	φ	00	00	0	1	φ	1	1
01	01	0	1	φ	1	1	01	01	0	0	φ	1	1	01	01	0	1	φ	1	1
11	11	1	0	φ	φ	φ	11	11	0	0	φ	φ	φ	11	11	1	0	φ	φ	φ
10	10	1	1	φ	φ	φ	10	10	1	1	φ	φ	φ	10	10	0	1	φ	φ	φ

Les équations simplifiées sont :

$$a = D + AB + AC + \bar{A}\bar{C} \quad , \quad b = D + \bar{C} + AB + \bar{A}\bar{B} \quad , \quad c = \bar{B} + A + C$$

$$d = D + \bar{A}\bar{C} + \bar{A}B + \bar{A}\bar{B}C + \bar{B}\bar{C} \quad , \quad e = \bar{A}B + \bar{A}\bar{C} \quad , \quad f = D + \bar{A}\bar{B} + \bar{B}C + \bar{A}C \quad , \quad g = D + \bar{B}C + \bar{A}C + \bar{B}C$$

Exercice N°5 : Transcodeur : Binaire naturel / Binaire réfléchi
Binaire réfléchi/ Binaire naturel

~ 73 ~

1 - Le transcodeur comporte 3 entrées a, b, c et trois sorties A, B, C

- Table de vérité :

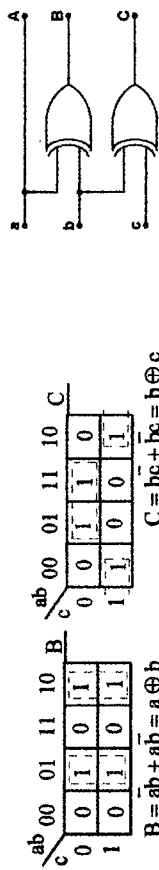
Binaire naturel			Binaire réfléchi		
a	b	c	A	B	C
0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	1
0	1	0	0	1	1
0	1	1	0	1	0
1	0	0	1	1	0
1	0	1	1	1	1
1	1	0	1	0	1
1	1	1	1	0	0

- Equations des sorties :

$$A = a ; B = \overline{abc} + \overline{abc} + \overline{abc} + \overline{abc} ;$$

$$C = \overline{abc} + \overline{abc} + \overline{abc} + \overline{abc}$$

- Simplification par les tableaux de Karnaugh et logigramme



2 -

- Table de vérité : Le système comporte 3 variables d'entrées (a, b, c) et 3

sorties (A, B, C).

Binaire réfléchi			Binaire naturel		
a	b	c	A	B	C
0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	1
0	1	0	1	0	1
0	1	1	0	1	0
1	0	0	1	1	1
1	0	1	1	0	0
1	1	0	1	1	0
1	1	1	1	0	1

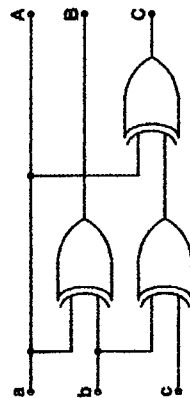
- Equations :

$$A = a$$

$$B = \overline{abc} + \overline{abc} + \overline{abc} + \overline{abc} = \overline{ab}(c + \overline{c}) + \overline{ab}(c + \overline{c}) = \overline{ab} + \overline{ab} = a \oplus b$$

$$C = \overline{abc} + \overline{abc} + \overline{abc} + \overline{abc} = \overline{a}(bc + \overline{bc}) + \overline{a}(bc + \overline{bc}) = \overline{a}(b \oplus c) = a \oplus (b \oplus c)$$

Logigramme complet d'après les équations trouvées :



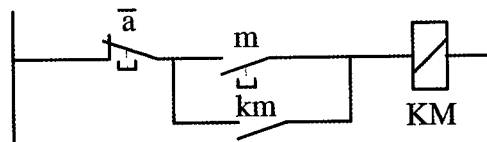
LES FONCTIONS MÉMOIRES

(BASCULES)

Exercice N°1 :

Circuit mémoire

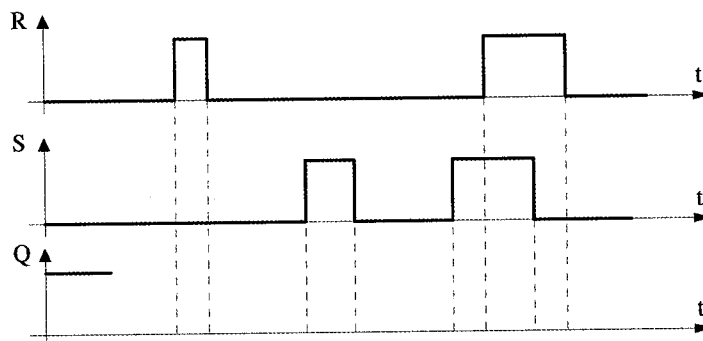
Soit le montage suivant :



- 1 - Ecrire l'équation de KM . Quelle est la fonction réalisée par ce montage ?
- 2 - Réaliser la fonction KM en utilisant deux portes NOR à deux entrées .

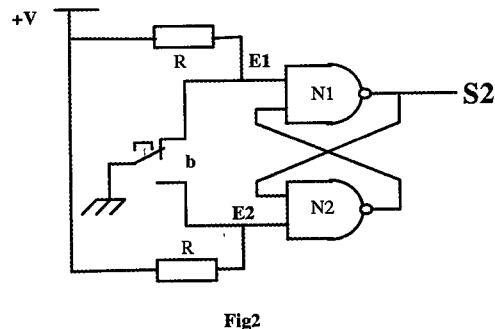
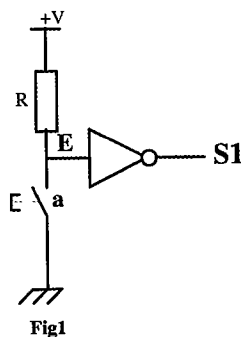
Exercice N°2 : _Bascule RS

- 1 - Former le logigramme d'une bascule RS et compléter le chronogramme suivant :



- 2 - Le fonctionnement d'un télérupteur est-il de type combinatoire ou séquentiel ?

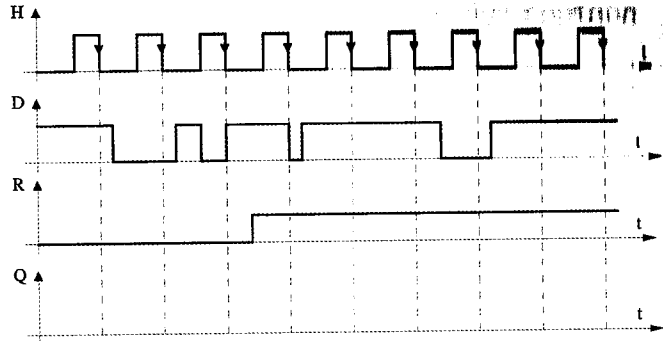
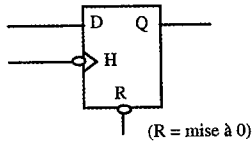
Exercice N°3 : _Circuit anti-rebonds



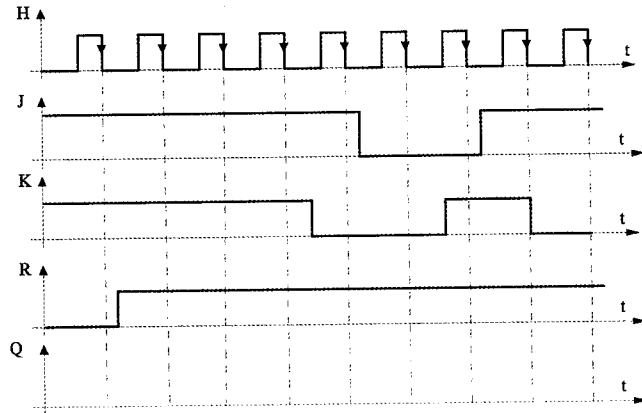
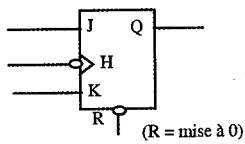
Donner les chronogrammes de S1 et de S2 . conclure .

Exercice N°4 : Bascule D - Bascule JK

1 - Compléter les chronogrammes de la bascule D :

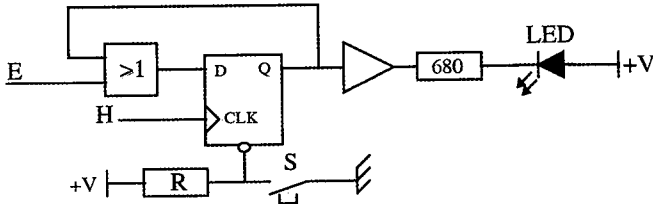


2 - Compléter les chronogrammes de la bascule JK :



Exercice N°5 : Bascule D

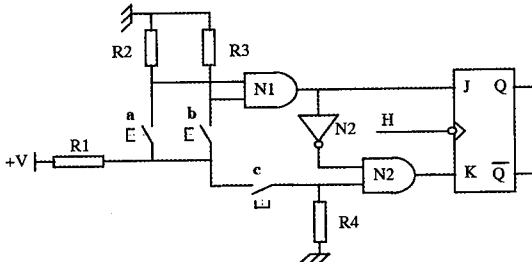
Soit le montage suivant :



Donner les chronogrammes (S , H , E et Q) de fonctionnement de ce montage . Quel est son rôle ?

Exercice N°6 : _Module mémoire

Soit le montage suivant construit autour d'une bascule JK :



Au départ , la bascule JK est initialisée à 0 ($Q = 0$) . Le signal d'horloge est appliqué en permanence à l'entrée H de la bascule .

Donner la table de vérité traduisant le fonctionnement de l'ensemble de ce montage .

(les variables d'entrées : a , b et c . Les variables des sorties : J , K et Q) . En déduire l'équation de la sortie Q en fonction de a et b .

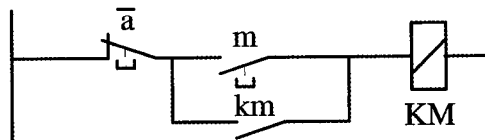
LES FONCTIONS MÉMOIRES

(BASCULES)

Exercice N°1 :

Circuit mémoire

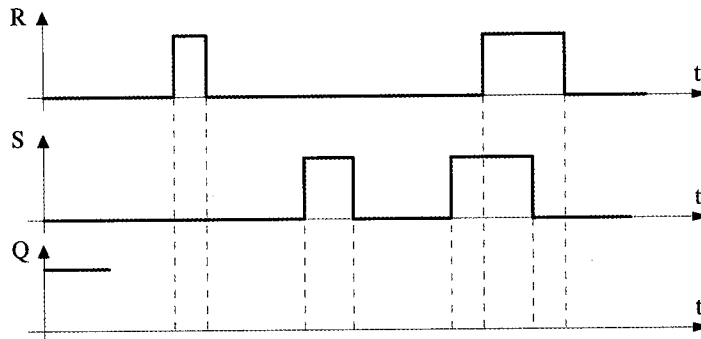
Soit le montage suivant :



- 1 - Ecrire l'équation de KM . Quelle est la fonction réalisée par ce montage ?
- 2 - Réaliser la fonction KM en utilisant deux portes NOR à deux entrées .

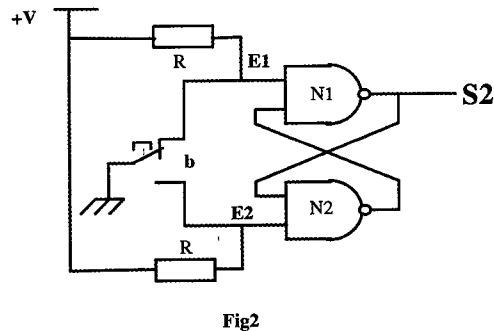
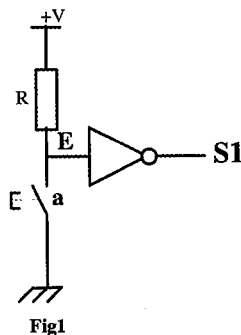
Exercice N°2 : _Bascule RS

- 1 - Former le logigramme d'une bascule RS et compléter le chronogramme suivant :



- 2 - Le fonctionnement d'un télérupteur est-il de type combinatoire ou séquentiel ?

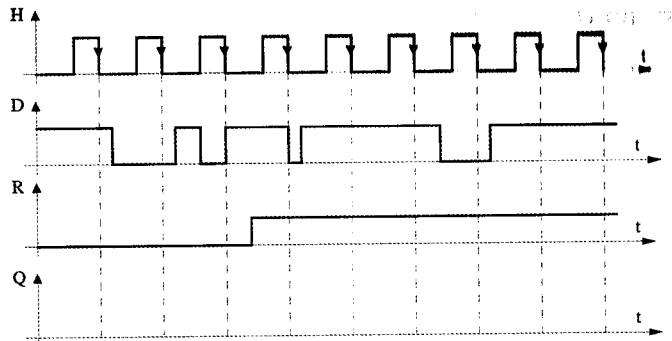
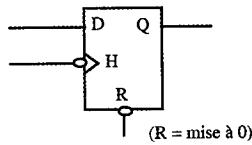
Exercice N°3 : _ Circuit anti-rebonds



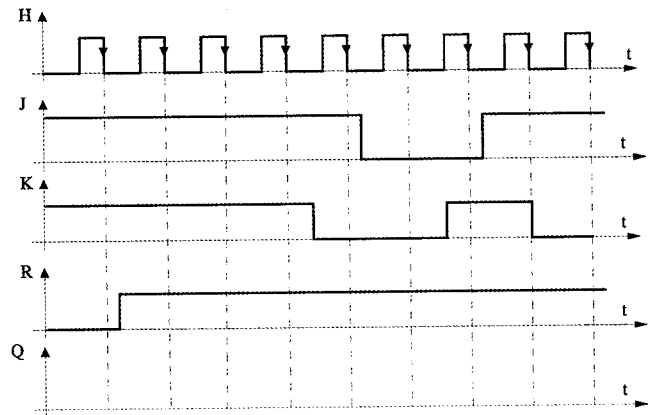
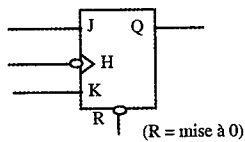
Donner les chronogrammes de S1 et de S2 . conclure .

Exercice N°4 : Bascule D - Bascule JK

1 - Compléter les chronogrammes de la bascule D :

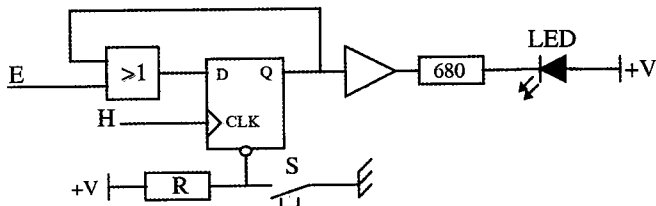


2 - Compléter les chronogrammes de la bascule JK :



Exercice N°5 : Bascule D

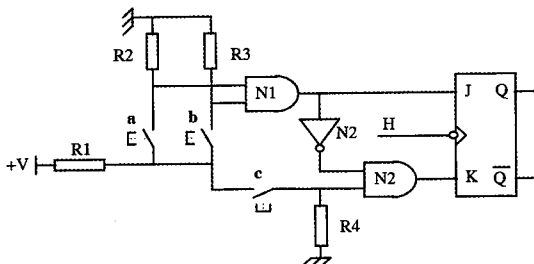
Soit le montage suivant :



Donner les chronogrammes (S , H , E et Q) de fonctionnement de ce montage . Quel est son rôle ?

Exercice N°6 : Module mémoire

Soit le montage suivant construit autour d'une bascule JK :



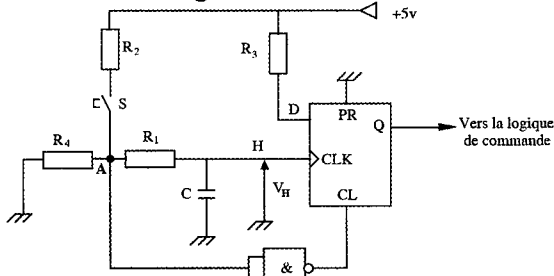
Au départ , la bascule JK est initialisée à 0 ($Q = 0$). Le signal d'horloge est appliqué en permanence à l'entrée H de la bascule .

Donner la table de vérité traduisant le fonctionnement de l'ensemble de ce montage .

(les variables d'entrées : a , b et c . Les variables des sorties : J , K et Q) . En déduire l'équation de la sortie Q en fonction de a et b .

Exercice N°7 : Traitement d'une information

Soit le montage suivant :



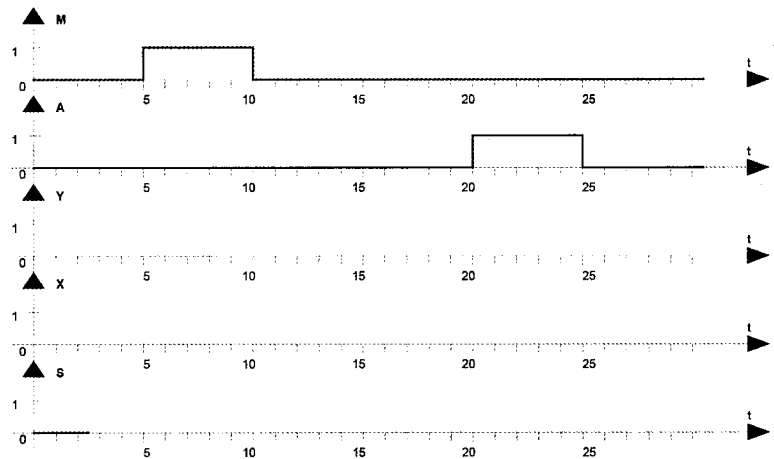
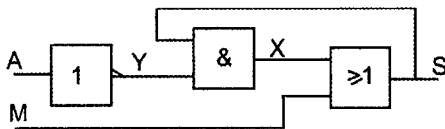
1 - Quel est le type de la bascule utilisée et son mode de fonctionnement ?

2 - Donner les chronogrammes de S, D, CLK, CL et Q.

3 - Peut-on remplacer la bascule D par une bascule JK.

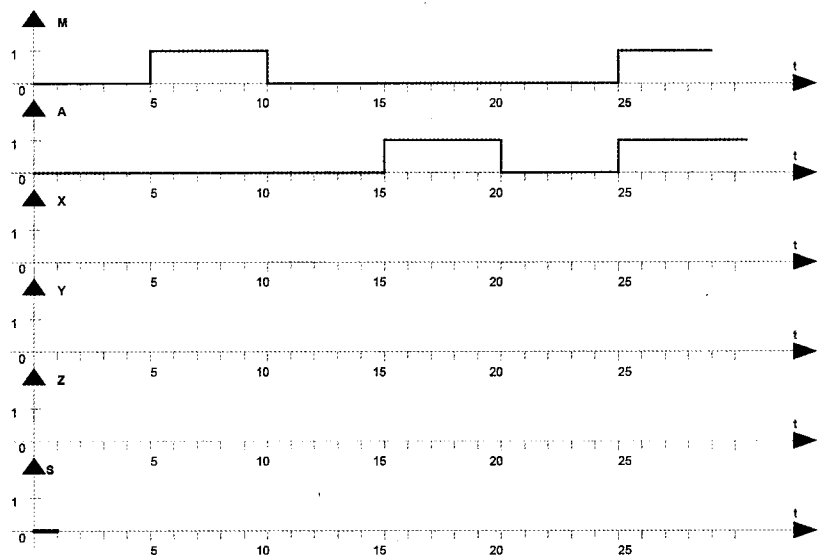
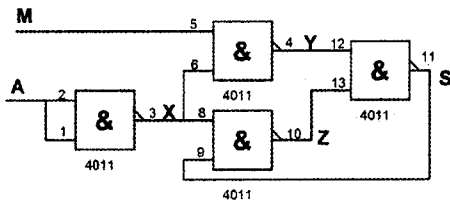
Exercice N°8 :

Soit le logigramme suivant. Déterminer, après l'élaboration des chronogrammes, quelle est l'information prioritaire ?



Exercice N°9 :

Soit le logigramme suivant. Déterminer, après l'élaboration des chronogrammes, quelle est l'information prioritaire ?



CORRIGÉS

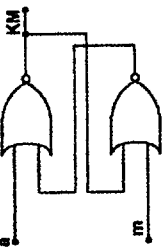
(Les fonctions mémoires)

Exercice N°1 :

1 - $KM = \overline{a(m + km)}$; la fonction réalisée par ce montage est une fonction mémoire à arrêt prioritaire.

2 - Logigramme en circuits NOR à deux entrées :

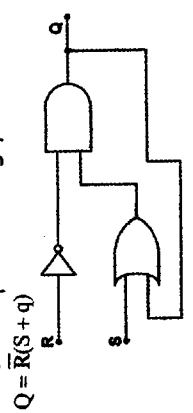
$$\overline{KM} = KM = \overline{a(m + km)} = a + (m + km)$$



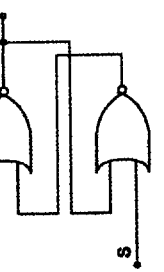
Exercice N°2 : Bascule RS

1 - Il y a deux façons de dessiner le logigramme d'une bascule RS :

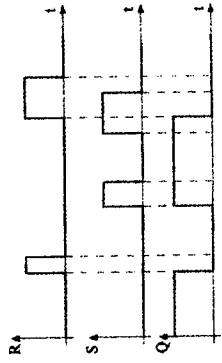
• avec les opérateurs logiques de base :



• avec deux opérateurs NOR :



Chronogrammes : (bascule à arrêt prioritaire) . On suppose que la bascule est initialisée à 1 à l'instant $t = 0$



2 - Le fonctionnement d'un télérupteur est de type séquentiel , car pour un même état des boutons poussoirs de commande , la lampe peut être soit allumée , soit éteinte .

Exercice N°3 : Circuit anti-rebonds

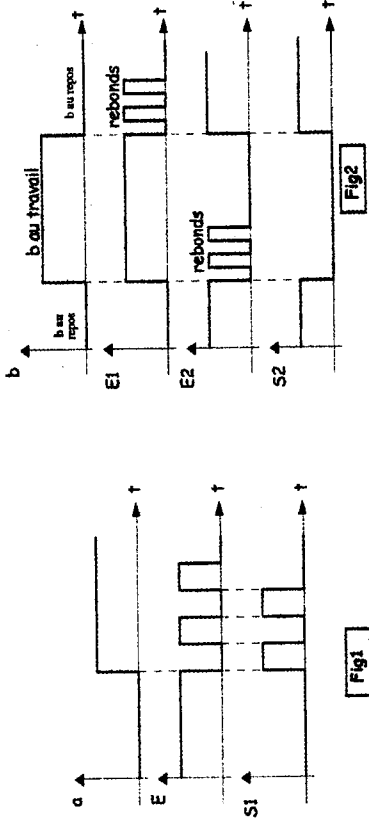


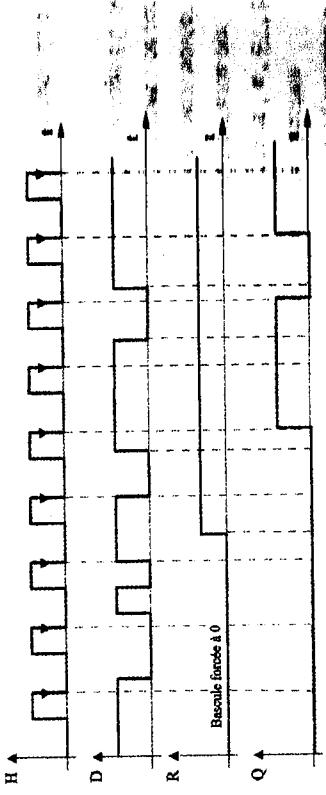
fig1 : à la fermeture le rebond du bouton poussoir "a" provoque une suite de crénreaux indésirables alors qu'on a effectué un seul appui .

Fig2 : L'utilisation d'un contact " b " à deux positions et d'une bascule élimine le phénomène de rebonds

Exercice N°4 : Bascule D - Bascule JK

1 - Bascule D :

La bascule D possède deux états stables et commandée par une seule entrée D . La sortie Q recopie l'état de D à chaque front descendant du signal d'horloge H . L'entrée asynchrone R est prioritaire . Si $R = 0$, la sortie sera forcée à zéro quelque soit les états des entrées D et H .



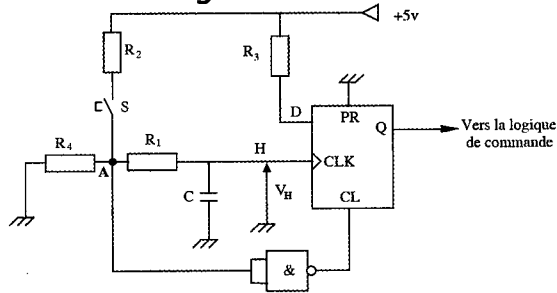
2 - Bascule JK :

Si $R = 0$ logique la bascule est forcée à zéro ($Q = 0$)

Si $R = 1$, la bascule JK est libérée de l'entrée de forçage , et sa sortie Q dépend uniquement des entrées synchrones J , K et H .

Exercice N°7 : Traitement d'une information

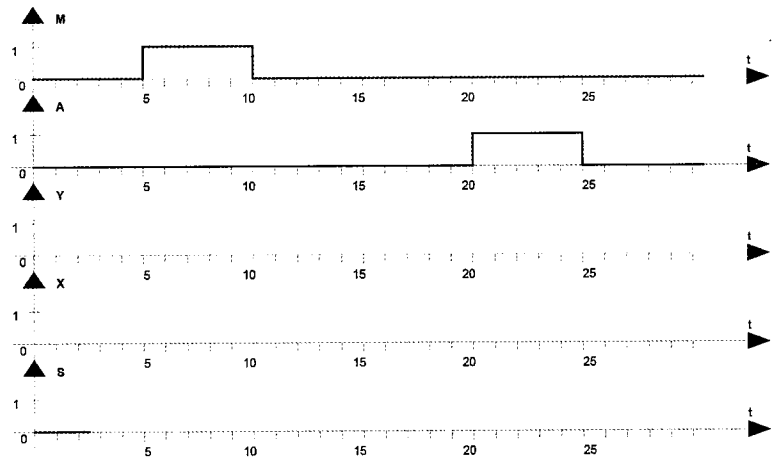
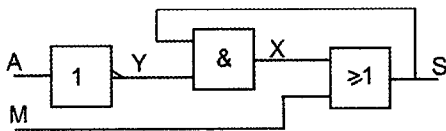
Soit le montage suivant :



- 1 - Quel est le type de la bascule utilisée et son mode de fonctionnement ?.
- 2 - Donner les chronogrammes de S , D , CLK , CL et Q .
- 3 - Peut-on remplacer la bascule D par une bascule JK .

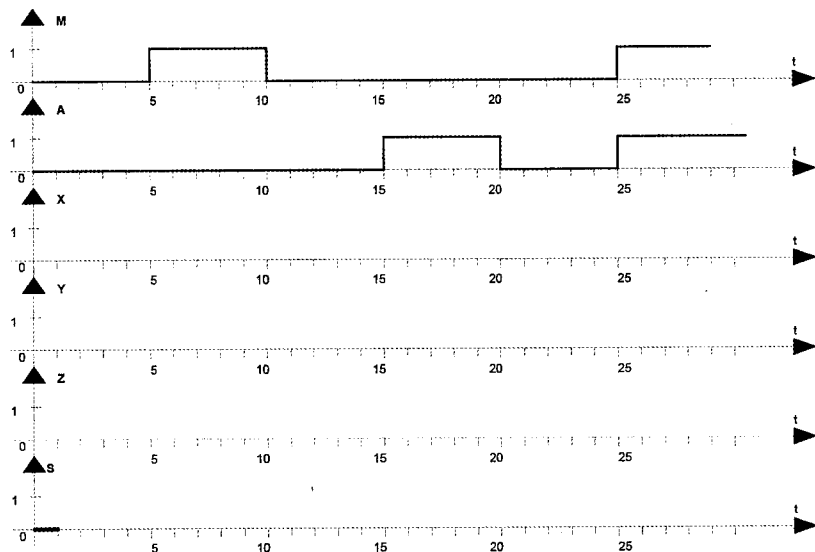
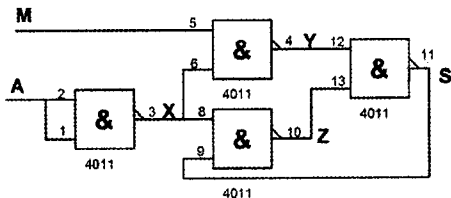
Exercice N°8 :

Soit le logigramme suivant. Déterminer, après l'élaboration des chronogrammes, quelle est l'information prioritaire ?



Exercice N°9 :

Soit le logigramme suivant. Déterminer, après l'élaboration des chronogrammes, quelle est l'information prioritaire ?



CORRIGÉS

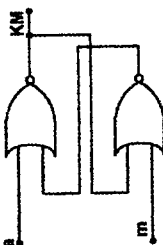
(Les fonctions mémoires)

Exercice N°1 :

1 - $KM = \overline{a(m + km)}$; la fonction réalisée par ce montage est une fonction mémoire à arrêt prioritaire.

2 - Logigramme en circuits NOR à deux entrées :

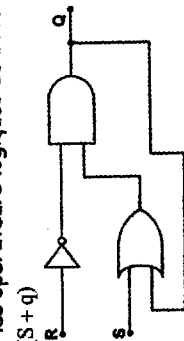
$$KM = KM = \overline{a(m + km)} = a \downarrow (m \downarrow km)$$



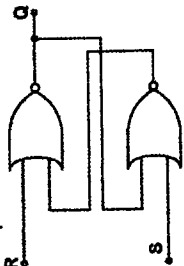
Exercice N°2 : Bascule RS

1 - Il y a deux façons de dessiner le logigramme d'une bascule RS :

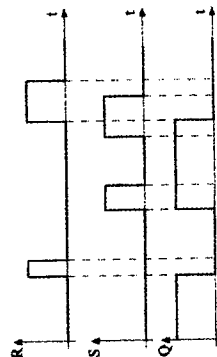
• avec les opérateurs logiques de base :



• avec deux opérateurs NOR :



Chronogrammes : (bascule à arrêt prioritaire). On suppose que la bascule est initialisée à 1 à l'instant $t = 0$



2 - Le fonctionnement d'un télérupteur est de type séquentiel, car pour un même état des boutons poussoirs de commande, la lampe peut être soit allumée, soit éteinte.

Exercice N°3 : Circuit anti-rebonds

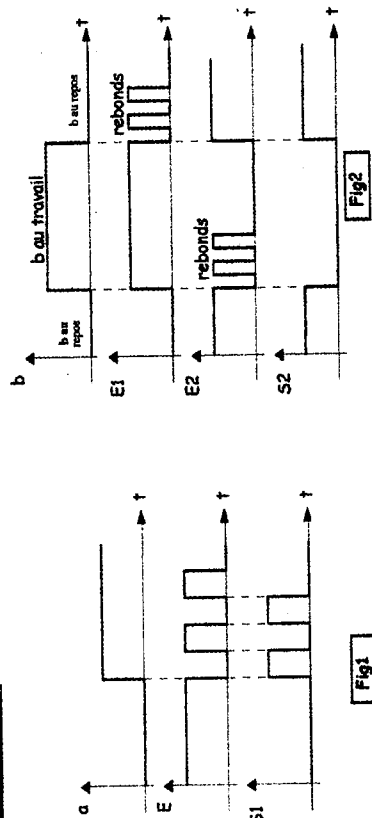


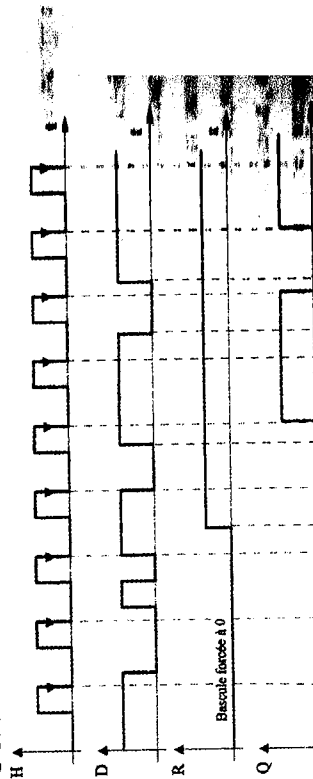
fig1 : à la fermeture le rebond du bouton poussoir "a" provoque une suite de créneaux indésirables alors qu'on a effectué un seul appui.

Fig2 : L'utilisation d'un contact "b" à deux positions et d'une bascule élimine le phénomène de rebonds

Exercice N°4 : Bascule D - Bascule JK

1 - Bascule D :

La bascule D possède deux états stables et commandée par une seule entrée D. La sortie Q recopie l'état de D à chaque front descendant du signal d'horloge H. L'entrée asynchrone R est prioritaire. Si $R = 0$, la sortie sera forcée à zéro quelque soit les états des entrées D et H.



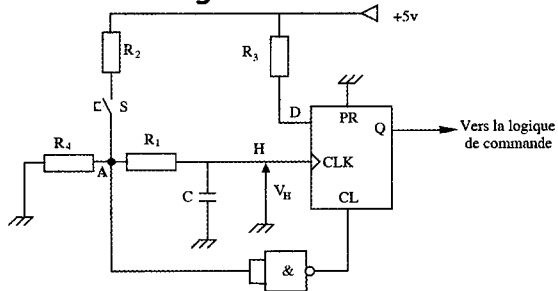
2 - Bascule JK :

Si $R = 0$ logique la bascule est forcée à zéro ($Q = 0$)

Si $R = 1$, la bascule JK est libérée de l'entrée de forçage, et sa sortie Q uniquement des entrées synchrones J, K et H.

Exercice N°7 : Traitement d'une information

Soit le montage suivant :



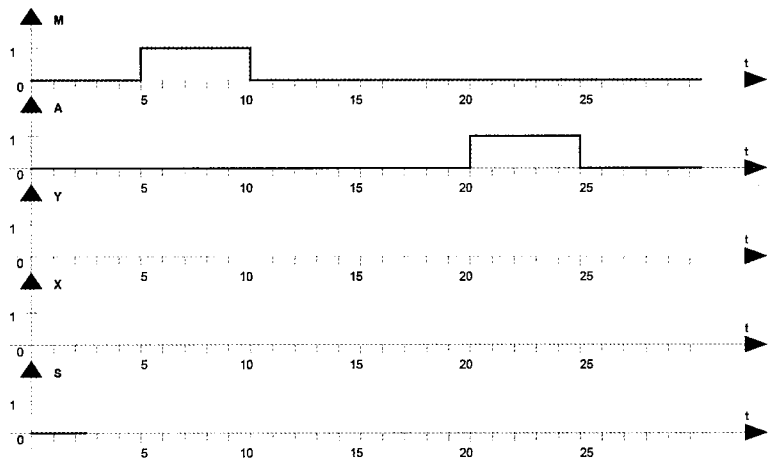
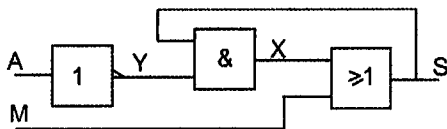
1 - Quel est le type de la bascule utilisée et son mode de fonctionnement ?

2 - Donner les chronogrammes de S, D, CLK, CL et Q.

3 - Peut-on remplacer la bascule D par une bascule JK.

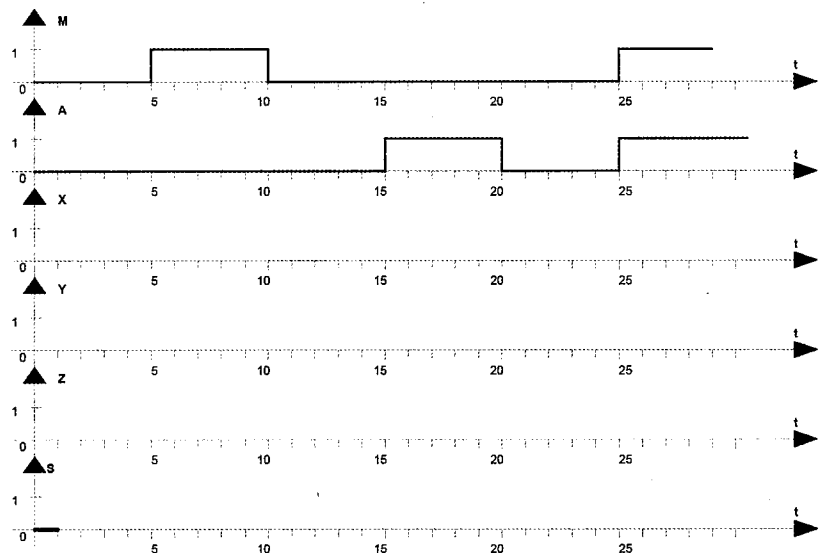
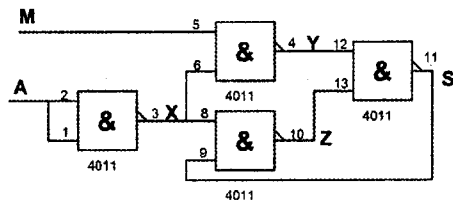
Exercice N°8 :

Soit le logigramme suivant. Déterminer, après l'élaboration des chronogrammes, quelle est l'information prioritaire ?



Exercice N°9 :

Soit le logigramme suivant. Déterminer, après l'élaboration des chronogrammes, quelle est l'information prioritaire ?



CORRIGÉS

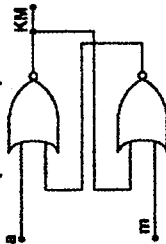
(Les fonctions mémoires)

Exercice N°1 :

1 - $KM = \overline{a(m + km)}$; la fonction réalisée par ce montage est une fonction mémoire à arrêt prioritaire.

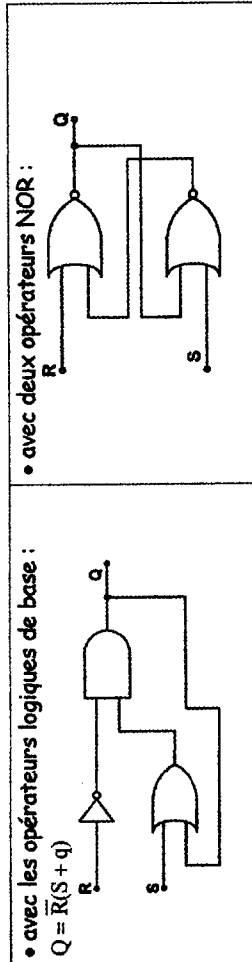
2 - Logigramme en circuits NOR à deux entrées :

$$\overline{KM} = KM = \overline{a(m + km)} = a + \overline{(m + km)} = a + \overline{m} + \overline{km}$$

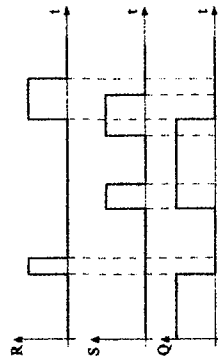


Exercice N°2 : Bascule RS

1 - Il y a deux façons de dessiner le logigramme d'une bascule RS :



Chronogrammes : (bascule à arrêt prioritaire). On suppose que la bascule est initialisée à 1 à l'instant $t = 0$



2 - Le fonctionnement d'un télérupteur est de type séquentiel , car pour un même état des boutons poussoirs de commande , la lampe peut être soit allumée , soit éteinte .

Exercice N°3 : Circuit anti-rebonds

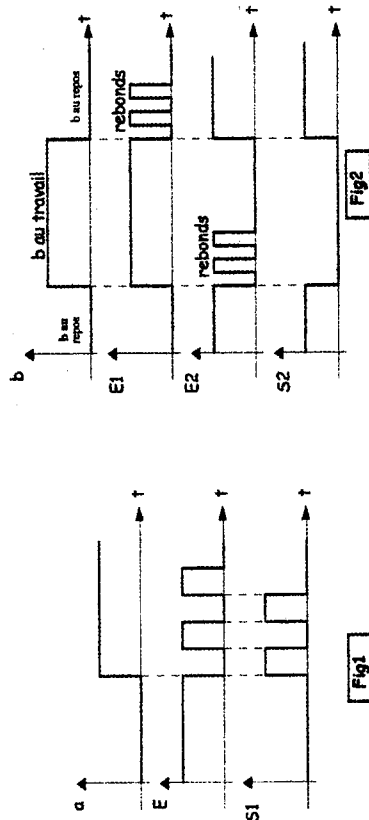


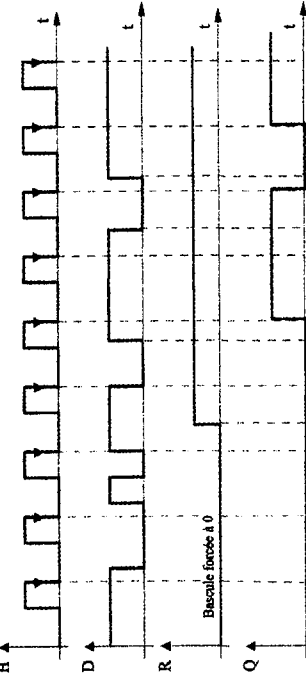
fig1 : à la fermeture le rebond du bouton poussoir "a" provoque une suite de créneaux indésirables alors qu'on a effectué un seul appui .

Fig2 : L'utilisation d'un contact " b " à deux positions et d'une bascule élimine le phénomène de rebonds

Exercice N°4 : Bascule D - Bascule JK

1 - Bascule D :

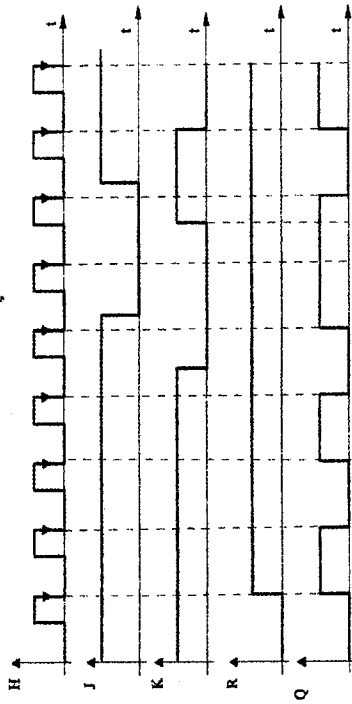
La bascule D possède deux états stables et commandée par une seule entrée D . La sortie Q recopie l'état de D à chaque front descendant du signal d'horloge H . L'entrée asynchrone R est prioritaire . Si $R = 0$, la sortie sera forcée à zéro quelque soit les états des entrées D et H .



2 - Bascule JK :

Si $R = 0$ logique la bascule est forcée à zéro ($Q = 0$)

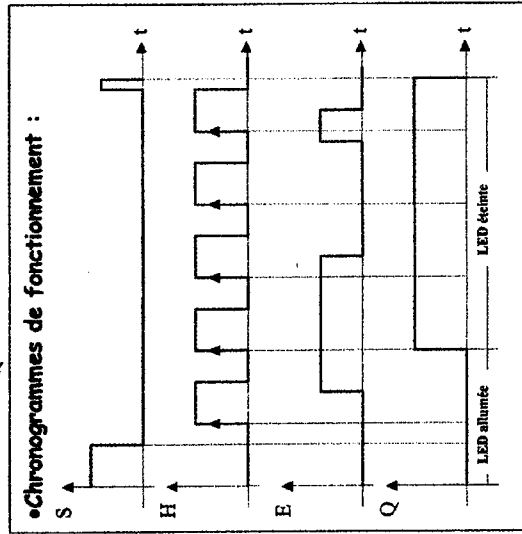
Si $R = 1$, la bascule JK est libérée de l'entrée de forçage , et sa sortie Q dépendra uniquement des entrées synchrones J , K et H .



Exercice N°5 : Bascule D

E est une variable binaire qui ne peut prendre que deux états soit 0, soit 1. S est un poussoir de mise à zéro de la bascule D : une impulsion sur S provoque l'initialisation de la bascule à 0 $\Rightarrow Q = 0$ et la diode LED s'allume.

• Chronogrammes de fonctionnement :



• Rôle :

La réaction de la sortie Q de la bascule permet de garder en permanence (tant que S n'est pas actionné) la première information (0 ou 1) appliquée à l'entrée E malgré l'existence du signal d'horloge H. Si E = 0, la LED reste toujours allumée et s'éteint si E = 1. Ce montage joue le rôle d'un circuit anti-rebonds. Pour l'initialiser à 0, on actionne le bouton poussoir S.

Exercice N°6 : Module mémoire d'un GRAFCET

- Table de vérité :

le passage d'une ligne à la suivante se fait toujours au flanc descendant du signal d'horloge H.

- Equation de Q :

La table de vérité donne $Q = ab$ quelque soit l'état de c. L'activation de la bascule (sa mise à 1) est obtenue obligatoirement par l'action simultanée des deux boutons poussoirs "a" ET "b". Sa mise à 0 (désactivation) est obtenue par l'action sur "c", et au moins un des deux boutons poussoirs "a" ou "b" n'est pas actionné (ou par une autre information de mise à 0 : forçage à 0 de la bascule).

a	b	c	J	K	Q
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0
0	1	0	1	0	0
0	1	0	1	1	0
1	0	0	0	0	0
1	0	0	0	1	0
1	0	1	0	1	0
1	1	0	1	0	1
1	1	0	1	1	1

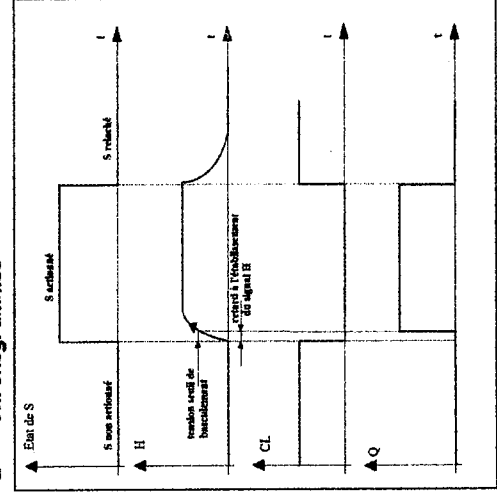
Remarque : Ce montage constitue un module mémoire d'un séquenceur électronique. IL a été réalisé pratiquement et a donné de bons résultats.

Exercice N°7 : Traitement d'une information

1 - Type et mode de fonctionnement :

Il s'agit d'une bascule D à front montant H, possédant deux entrées asynchrones de forçage à zéro ($CL = \text{Clear} = \text{effacer}$) et de forçage à 1 ($PR = \text{Preset} = \text{mise à 1}$). Elle fonctionne en mode synchrone (si $CL = 0$).

2 - Chronogrammes :



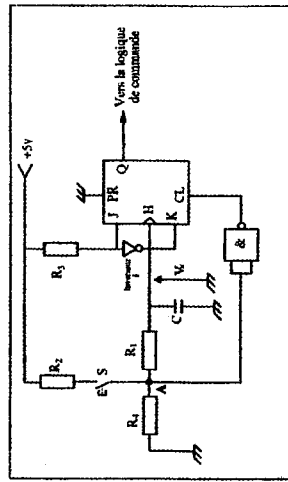
D'après le montage, on a toujours $D = 1$ et $PR = 0$. Si $S = 0$ alors $CL = 1$ et la bascule sera forçée à 0. Si $S = 1$, alors $CL = 0$ et la bascule sera libérée de l'entrée de forçage à zéro.

- Bouton poussoir non actionné : $S = 0$. Les deux entrées de la fonction NAND sont reliées à la masse à travers la résistance $R_4 \Rightarrow CL = 1$ et la bascule est forçée à zéro ($Q = 0$), de même l'entrée H est reliée à la masse à travers R_1 et $R_4 \Rightarrow H = 0$.
- Bouton poussoir actionné : $S = 1$: $S = 1 \Rightarrow$ la bascule est libérée de l'entrée de forçage ($CL = 0$). Le condensateur C se charge à travers R_2 et R_1 . A partir

d'une certaine tension V_H appelée tension seuil de basculement, la sortie Q recopie l'entrée $D \Rightarrow Q = 1$. Si on relâche S , la bascule sera forcée de nouveau à zéro et la tension V_H diminue jusqu'à atteindre 0 v

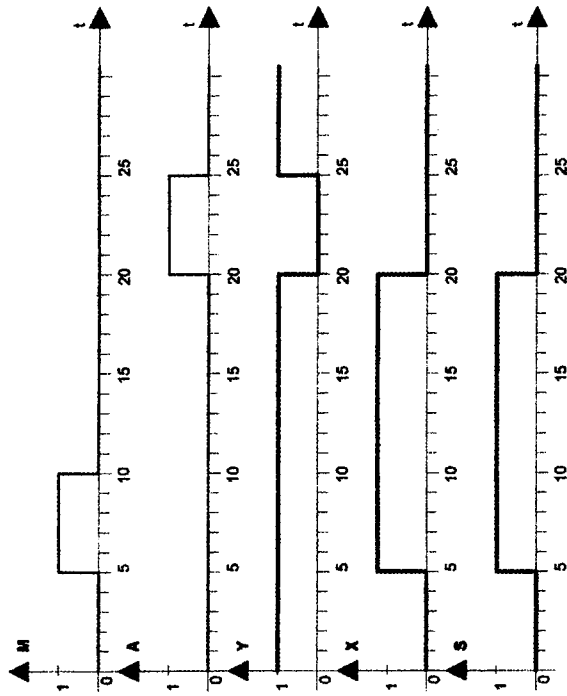
(le condensateur C se décharge à travers R_1 et R_4). Ce montage constitue un " anti-rebonds " et il apporte un retard à l'établissement de la tension d'entrée V_H de basculement .

3 - Autre montage à base de bascule JK :



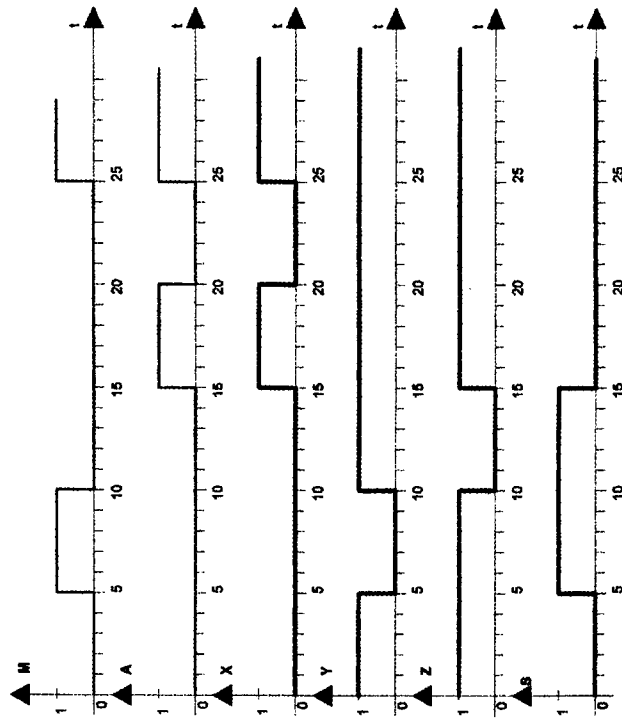
Il suffit de transformer une bascule JK en bascule D en reliant les deux entrées synchrones J et K par un inverseur I:

Exercise N°8 :



~82~

L'information prioritaire est M (marche), en effet la sortie prend la valeur 1 pour $M = A = 1$. Le montage réalise une fonction mémoire à marche prioritaire.



Le montage réalise une mémoire à arrêt prioritaire, en effet, pour $M = A = 1$ la sortie prend la valeur 0 quelque soit son état antérieur.

COMPTEURS/DÉCOMPTEURS

A - Compteurs asynchrones :

Exercice N°1 : Compteur asynchrone modulo 8

- 1-Définir un compteur asynchrone
- 2-Réaliser un compteur asynchrone modulo 8 en utilisant :
 - des bascules JK à front descendant et à entrée de forçage à 0 complémentée.
 - des bascules D à front montant et à entrée de forçage à 0 complémentée.

Exercice N°2 : Compteur asynchrone modulo 10

Faire la synthèse d'un compteur asynchrone modulo 10 en binaire naturel en utilisant les bascules JK avec horloge à front descendant et éventuellement des portes NAND à deux entrées .

Exercice N°3 : Compteur asynchrone modulo 7

Proposer un schéma de réalisation :

- 1 - d'un compteur asynchrone modulo 7 .
- 2 - d'un compteur asynchrone modulo 5 (cycle incomplet)

Exercice N°4 : Compteur asynchrone modulo 16

Donner le schéma d'un compteur asynchrone modulo 16 en utilisant des bascules JK à front descendant. Dessiner les chronogrammes de ce compteur .

B - Compteurs Asynchrones :

Exercice N°5

- 1-Réaliser un décompteur asynchrone modulo 8 en bascule D
- 2-Réaliser un décompteur asynchrone modulo 8 en bascule JK à front descendant

C - Compteurs et Décompteurs synchrones :

Exercice N°6 : Compteur synchrone modulo 5

- 1 - Donner la table de vérité d'une bascule D , d'une bascule JK .
- 2 - Donner le schéma d'un compteur synchrone modulo 5 :
 - En utilisant des bascules JK fonctionnant à front descendant .
 - En utilisant des bascules D à front montant

Exercice N°7 :

A partir des bascules JK synchrones , on veut réaliser un générateur de signaux triphasé . Le circuit possède trois sorties sur lesquelles apparaissent des signaux

On commence l'analyse à partir du temps $t = t_0$.

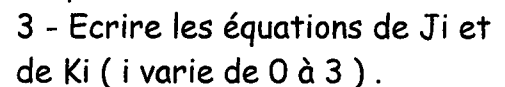


- ### Exercice N°8 :

Exercice N°9 :

- des bascules JK .
- des bascules D .

Soit le schéma logique suivant :



- ~ 85 ~

6 - Modifier le schéma logique ci-dessus comme suit :

- Débrancher l'horloge H de la bascule 0 et appliquer la sortie Q_3 à cette entrée .

- Débrancher Q_0 de la bascule 1 et appliquer à l'entrée l'horloge H . (Ne changer aucune autre connexion)

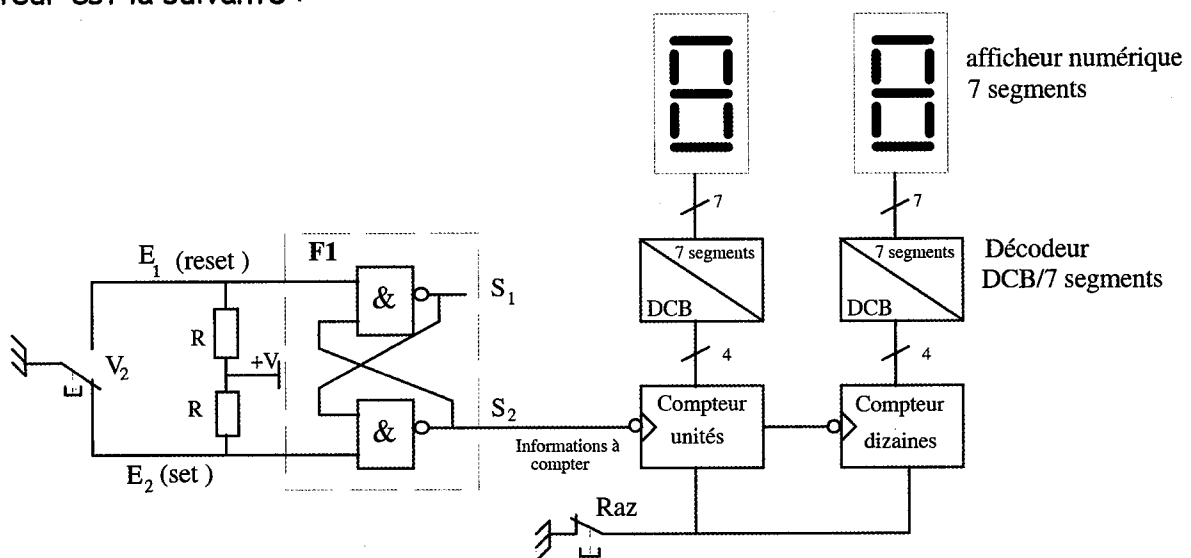
a - Dessiner le nouveau schéma logique .

b - Tracer les chronogrammes de H , Q_3 , Q_2 , Q_1 et Q_0 . En déduire le cycle et le modulo du nouveau compteur .

7 - Proposer un schéma logique d'un compteur asynchrone modulo 10 utilisant le même type de bascules (JK à front descendant) .

Exercice N°11 :

Le nombre d'impulsions envoyées par le capteur V_2 sur l'entrée du compteur apparaît codé en binaire sur les sorties . L'affichage de ce nombre se fait en lecture directe par l'intermédiaire d'afficheurs numériques 7 segments . L'organisation générale de ce compteur est la suivante :



1 - Donner le modulo de ce compteur (capacité maximale) .

2 - Donner le nom et le rôle de la fonction F1 .

3 - Quels sont les états logiques des sorties S_1 et S_2 à la mise sous tension ? . Etudier l'indétermination de cette fonction .

Le module " compteur dizaines " et le module " compteur unités " sont deux décades identiques et sont réalisés avec des bascules JK à front descendant . (quatre bascules A , B , C et D , la bascule D étant le poids le plus élevé) .

4 - Donner le modulo M de chaque decade .

5 - Rappeler la table de vérité simplifiée d'une bascule JK .

6 - Etude d'une decade :

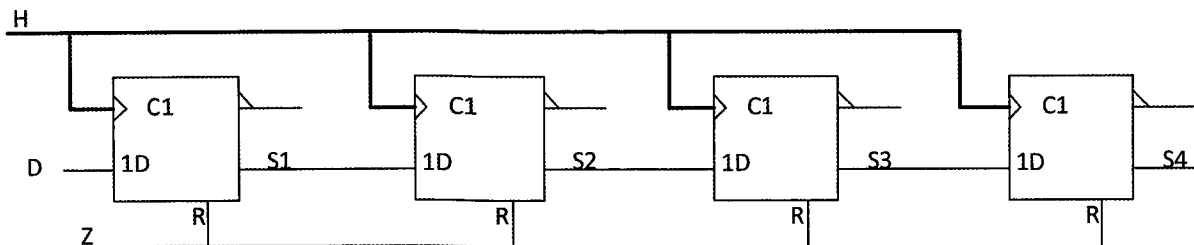
- Ecrire la table de transitions pour une decade .
- Donner Les équations simplifiées des entrées .

- Donner alors le schéma complet de câblage d'une décade .

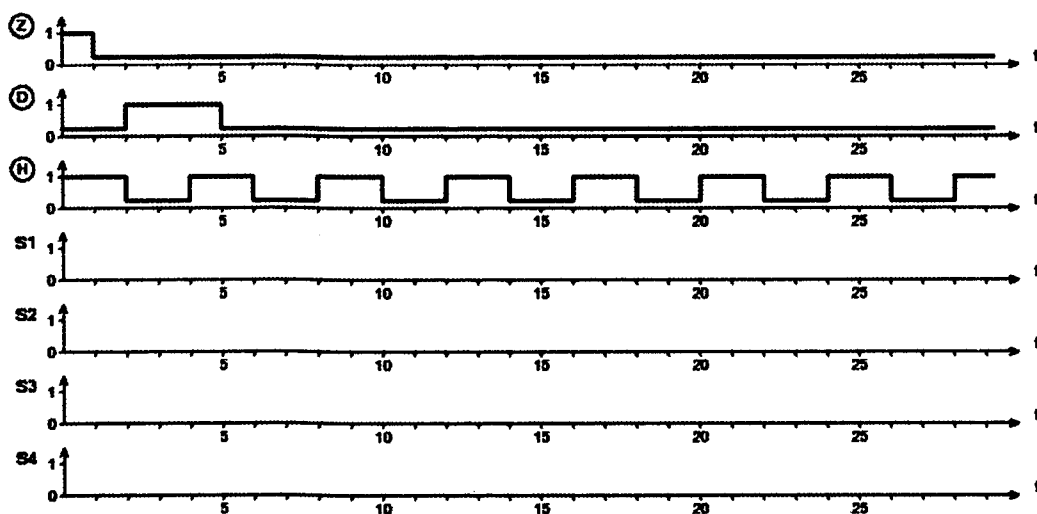
D - Registre à décalage :

Exercice N°12 :

- 1 - Donner le principe de fonctionnement d'un registre à décalage
- 2 - Soit le montage suivant construit autour d'une bascule D

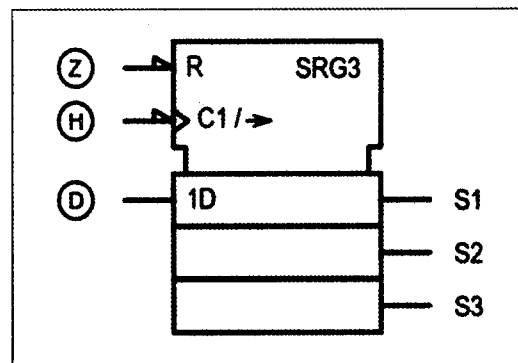


Etablir les chronogrammes des 4 sorties S1,S2,S3 et S4 en fonction de l'évolution des entrées .

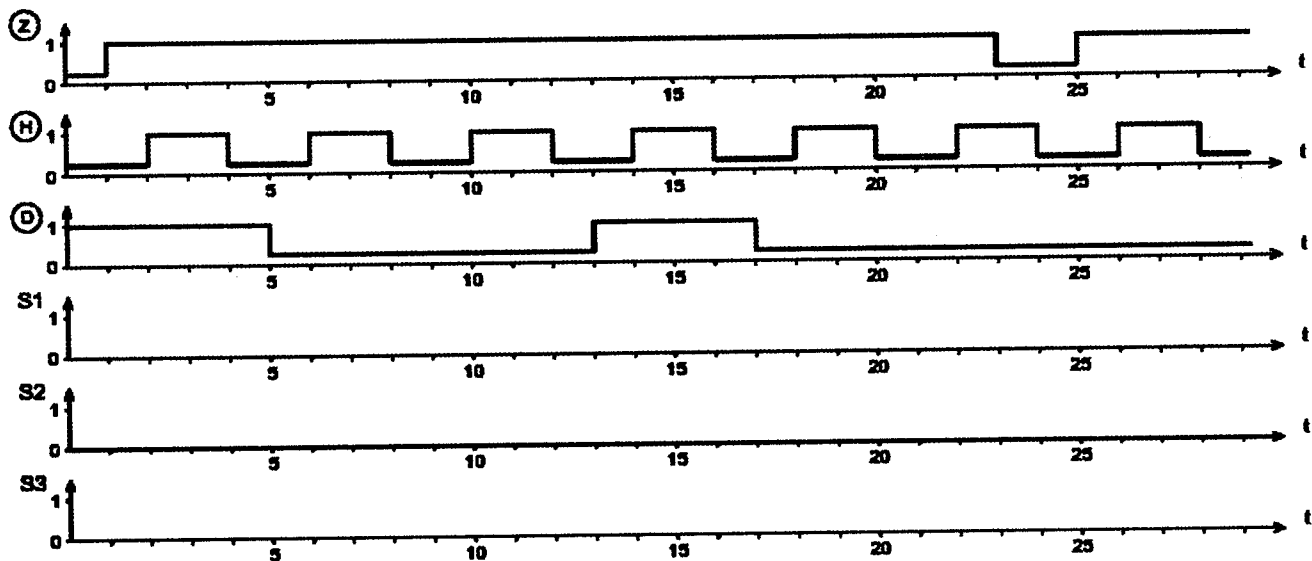


3 - Normalisation :

Le symbole du registre à décalage est noté SRG.
Le chiffre qui suit ce symbole est celui des cellules constituant le registre (3 en l'occurrence).
L'entrée de commande est toujours active sur un front. Elle est affectée du symbole de décalage ($\rightarrow$).
L'entrée est dans le bloc des entrées communes.
Elle agit sur toutes les cellules du registre.

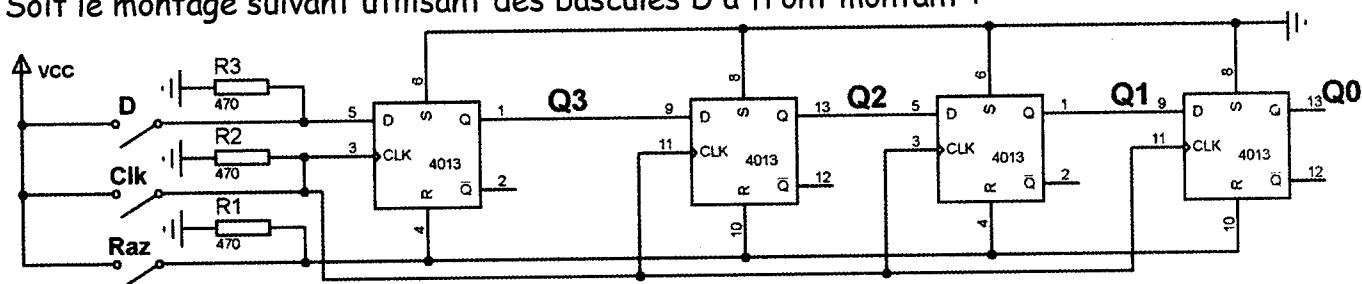


Compléter les chronogrammes des 3 sorties en fonction de l'évolution des entrées



Exercice N°13 : Mémorisation d'une information binaire à 3 bits Q2Q1Q0

Soit le montage suivant utilisant des bascules D à front montant :



1 - Compléter le tableau suivant :

Etape	Raz	D	Clk	Q3	Q2	Q1	Q0
Remise à 0	1	Φ	Φ				
Remise à 0	0	0	0				
Charger bit 1	0	1	$\uparrow$				
Charger bit 2	0	0	$\uparrow$				
Charger bit 3	0	1	$\uparrow$				
Charger bit 4	0	1	$\uparrow$				

2- Quelle est la fonction de ce montage ?

3- Donner le mode de chargement et le mode de transfert de ce circuit.

4- Quel est le type de décalage ?

5 - Donner sous forme d'un tableau la méthode permettant de mémoriser le mot binaire

Q3Q2Q1Q0 = 1001

CORRIGÉS

(Les compteurs / Décompteurs)

A-Compteurs asynchrones :

Exercice N°1 : compteur asynchrone modulo 8 :

1 - Définition : Un compteur asynchrone est un circuit logique composé de n bascules qui commutent en cascade à partir du signal d'horloge placé sur la 1^{ère} bascule. L'entrée d'horloge de la 2^{ème} bascule reçoit la sortie de la 1^{ère} bascule etc..

Front descendant : Hi est relié à la sortie Q de la bascule de rang (i-1).

Front montant : Hi est relié à la sortie Q de la bascule de rang (i-1).

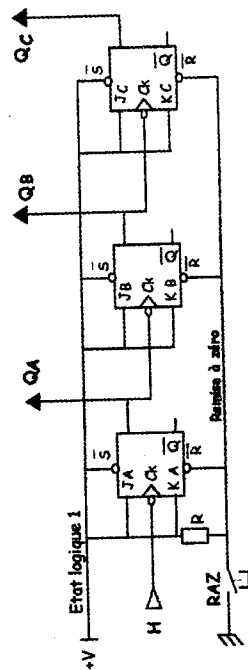
2 - Compteur asynchrone modulo N = 8 :

Le nombre de bascules est déterminé par : $2^{n-1} \leq N \leq 2^n$ avec N = modulo du compteur et n = nombre de bascules $\Rightarrow N=8 \Rightarrow 2^3$ donc n = 3 bascules.

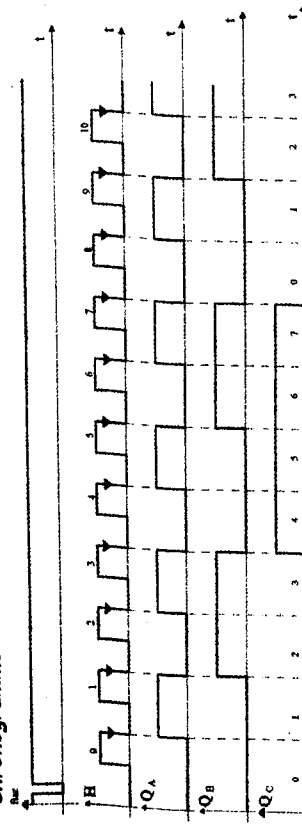
On utilise des bascules JK à front descendant et à entrée de forçage à 0 complémentée

- Table de transitions et schéma de câblage (Hi = Qi-1)

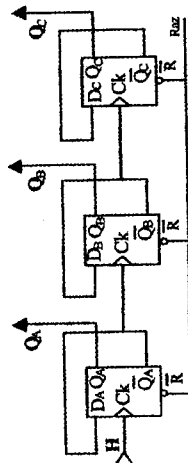
Cycle	QC	QB	QA
0	0	0	0
1	0	0	1
2	0	1	0
3	0	1	1
4	1	0	0
5	1	0	1
6	1	1	0
7	1	1	1



-Chronogrammes :



On utilise des bascules D à front montant et à entrée de forçage à 0 complémentée :



Remarques :

Compteur : - Bascule à front descendant : $H_i = Q_{i-1}$; - Bascule à front montant : $H_i = \bar{Q}_{i-1}$

Décompteur : - Bascule à front descendant : $H_i = \bar{Q}_{i-1}$; - Bascule à front montant : $H_i = Q_{i-1}$

Exercice N°2 : Réalisation d'un compteur asynchrone modulo 10

Nous avons besoin d'une entrée pour la mise à zéro de chaque bascule, puisque quatre bascules peuvent reconnaître 16 états et nous cherchons à en connaître que 10 : cela signifie qu'une 10^{ème} impulsion devra servir à la réinitialisation à zéro de toutes les bascules. A la 10^{ème} impulsion le compteur doit remettre l'état initial, c'est à dire à 0000.
Modulo 10 : le compteur compte de 0 à 10 - 1 = 9 en décimal.
de 0000 à 1001 en binaire.

La table de vérité relative à notre compteur est :

A la 10^{ème} combinaison, on doit initialiser toutes les bascules.

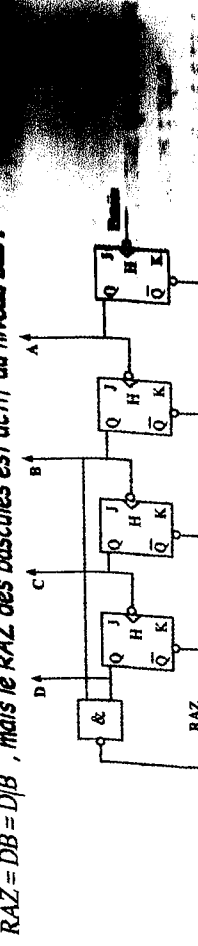
RAZ = $\overline{DCBA}$. On remarque que $B = D = 1$ à l'application de la 10^{ème} combinaison.

fois que pour la 10^{ème} combinaison. L'équation de la RAZ est :

RAZ = $\overline{DB}$

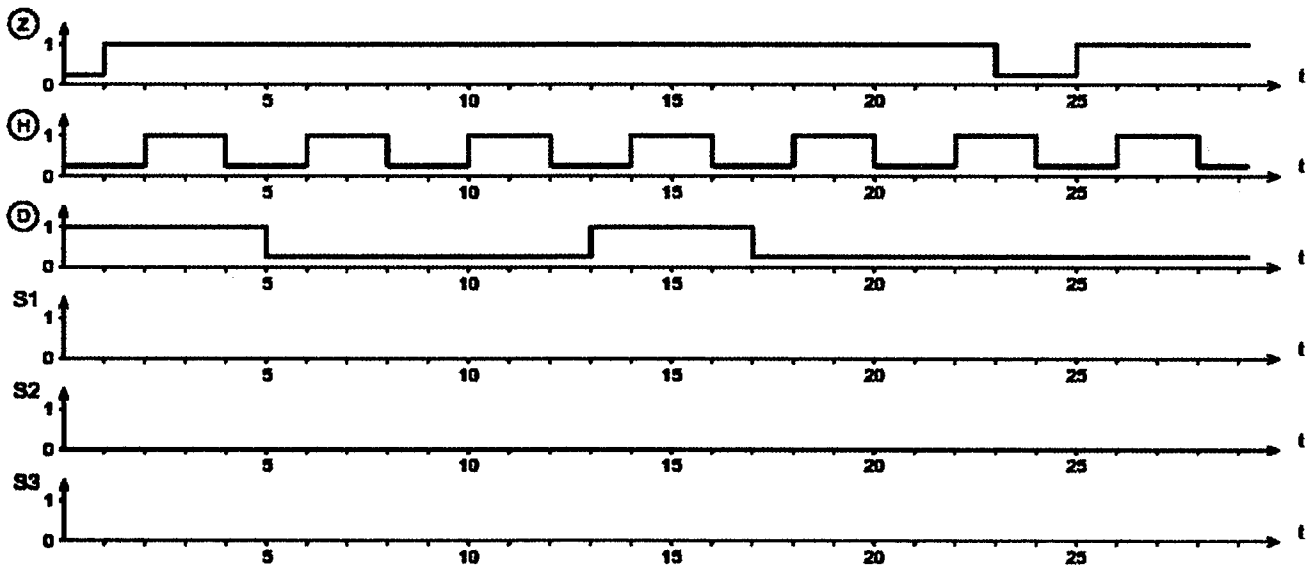
RAZ = $\overline{DB}$

RAZ = $\overline{DB} = \overline{D} \overline{B}$, mais le RAZ des bascules est actif au niveau bas.



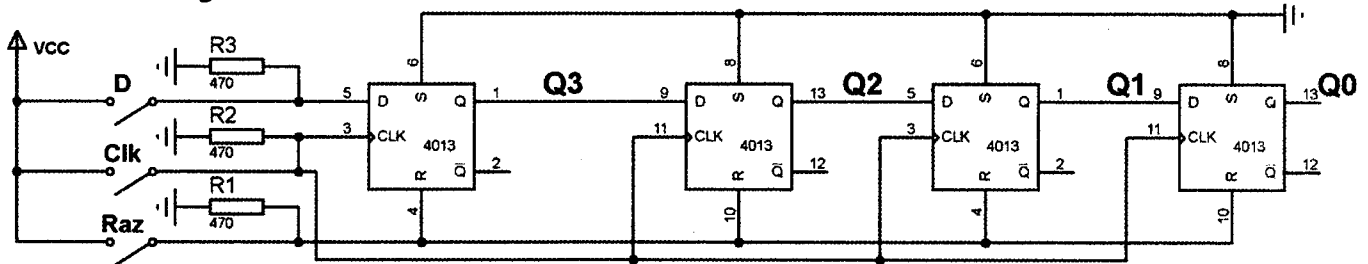
Exercice N°3 : Réalisation d'un compteur asynchrone modulo 7

Avec 2 bascules, on peut réaliser un compteur modulo 4 = 2² et avec 3 bascules un



Exercice N°13 : Mémorisation d'une information binaire à 3 bits Q2Q2Q0

Soit le montage suivant utilisant des bascules D à front montant :



1 - Compléter le tableau suivant :

Etape	Raz	D	Clk	Q3	Q2	Q1	Q0
Remise à 0	1	Φ	Φ				
Remise à 0	0	0	0				
Charger bit 1	0	1	$\uparrow$				
Charger bit 2	0	0	$\uparrow$				
Charger bit 3	0	1	$\uparrow$				
Charger bit 4	0	1	$\uparrow$				

2- Quelle est la fonction de ce montage ?

3- Donner le mode de chargement et le mode de transfert de ce circuit.

4- Quel est le type de décalage ?

5 - Donner sous forme d'un tableau la méthode permettant de mémoriser le mot binaire Q3Q2Q1Q0 = 1001

CORRIGÉS

(Les compteurs / Décompteurs)

A-Compteurs asynchrones :

Exercice N°1 : compteur asynchrone modulo 8 :

1 - Définition : Un compteur asynchrone est un circuit logique composé de n bascules qui commutent en cascade à partir du signal d'horloge placé sur la 1^{ère} bascule. L'entrée d'horloge de la 2^{ème} bascule reçoit la sortie de la 1^{ère} bascule etc..

Front descendant : Hi est relié à la sortie Q de la bascule de rang (i-1).

Front montant : Hi est relié à la sortie $\bar{Q}$ de la bascule de rang (i-1).

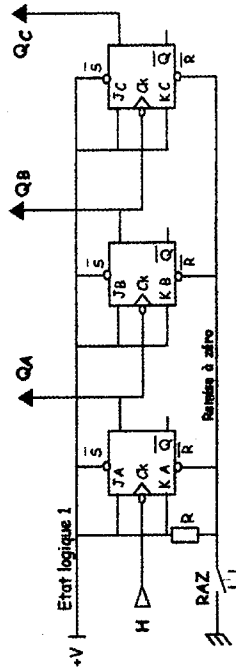
2 - Compteur asynchrone modulo N = 8 :

Le nombre de bascules est déterminé par : $2^{n-1} \leq N \leq 2^n$ avec N = modulo du compteur et n = nombre de bascules $\Rightarrow N=8=2^3$ donc n = 3 bascules.

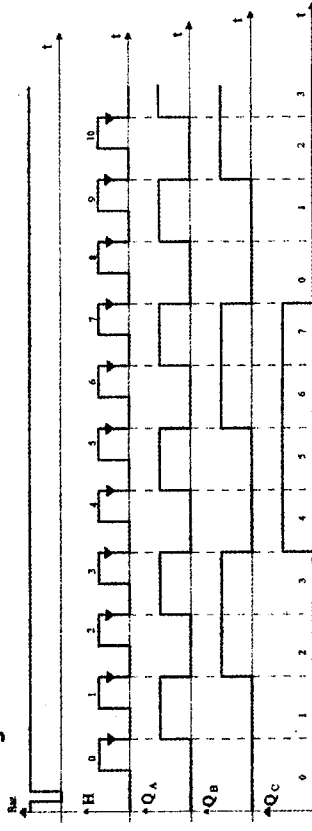
On utilise des bascules JK à front descendant et à entrée de forçage à 0 complémentée

- Table de transitions et schéma de câblage (Hi = Qi-1)

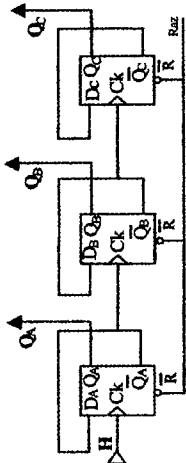
Cycle	QC	QB	QA
0	0	0	0
1	0	0	1
2	0	1	0
3	0	1	1
4	1	0	0
5	1	0	1
6	1	1	0
7	1	1	1



- Chronogrammes :



On utilise des bascules D à front montant et à entrée de forçage à 0 complémentée :



Remarques :

Compteur : - Bascule à front descendant : Hi=Qi-1 ; - Bascule à front montant : Hi = $\bar{Q}_{i-1}$

Décompteur : - Bascule à front descendant : Hi = $\bar{Q}_{i-1}$ - Bascule à front montant : Hi = Qi-1

Exercice N°2 : Réalisation d'un compteur asynchrone modulo 10

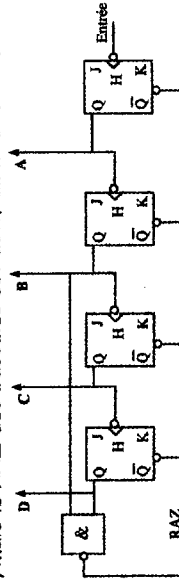
Nous avons besoin d'une entrée pour la mise à zéro de chaque bascule, puisque quatre bascules peuvent reconnaître 16 états et nous cherchons à en connaître que 10 ; cela signifie que la 10^{ème} impulsion devra servir à la réinitialisation à zéro de toutes les bascules. A la 10^{ème} impulsion le compteur doit revenir à l'état initial, c'est à dire à 0000.
Modulo 10 : le compteur compte de 0 à 10 - 1 = 9 en décimal, soit de 0000 à 1001 en binaire.
La table de vérité relative à notre compteur est :

A la 10^{ème} combinaison, on doit initialiser toutes les bascules :

RAZ = $\overline{DCBA}$. On remarque que B = D = 1 n'apparaît pour la 1^{ère} fois que pour la 10^{ème} combinaison. L'équation se réduit à :

RAZ = DB = DB

RAZ = $\overline{DB}$, mais le RAZ des bascules est actif au niveau bas.



Exercice N°3 : Réalisation d'un compteur asynchrone modulo 7

Avec 2 bascules, on peut réaliser un compteur modulo 4 = 2² et avec 3 bascules un

compteur modulo 8 = 2^3 . Avec n bascules, on peut réaliser un compteur modulo 2^n .

Pour réaliser un compteur modulo 7 ($2^2 < 7 < 2^3$) à partir d'un compteur modulo 8 (3 bascules), il faut remettre ce compteur à 0 (en agissant sur la remise à 0), après la 7ème combinaison. D'une façon générale, pour réaliser un compteur modulo X, il faut agir sur la remise à 0 après la Xième combinaison.

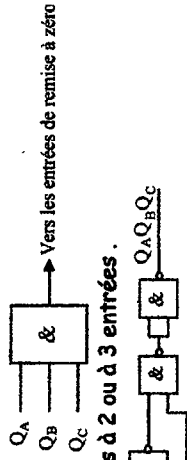
1 - Compteur asynchrone modulo 7 :

Décimal	Binaire		
	QC	QB	QA
0	0	0	0
1	0	0	1
2	0	1	0
3	0	1	1
4	1	0	0
5	1	0	1
6	1	1	0
7	1	1	1

7^{ème} combinaison à remettre à 0

La dernière valeur que l'on désire est 6 (110 en binaire). La combinaison qui suit 110 est 111. Donc quand les 3 bascules passent à 1, il faut remettre le compteur à 0 : c'est un problème de logique combinatoire :

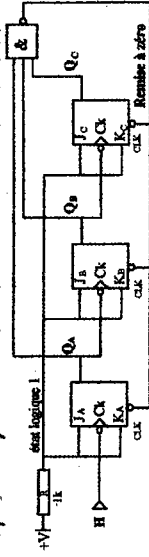
- Si les entrées de remise à zéro des bascules sont actives à l'état haut :



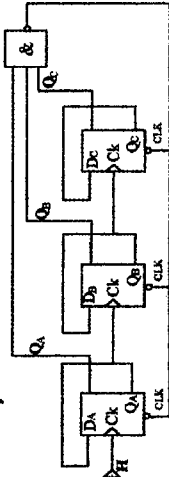
On peut utiliser les opérateurs universels à 2 ou à 3 entrées.

- Si les entrées de remise à zéro sont actives à l'état bas : on applique $\overline{QAQBQC}$ en mettant un inverseur à la sortie du ET ou on supprime l'inverseur si on utilise des opérateurs NAND.

• Réalisation du compteur asynchrone modulo 7 avec des bascules JK :



• Réalisation du compteur asynchrone modulo 7 avec des bascules D :



Ces compteurs comptent jusqu'à 6 puis repassent à 0 : il s'agit des compteurs modulo 7

2 - Compteur asynchrone modulo 5 :

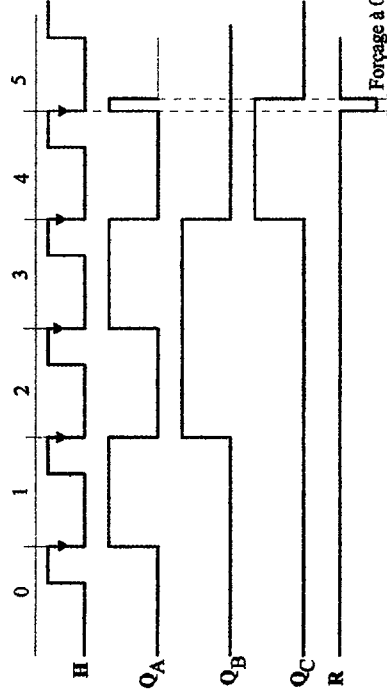
- Table de vérité :

Décimal	Binaire		
	QC	QB	QA
0	0	0	0
1	0	0	1
2	0	1	0
3	0	1	1
4	1	0	0
5	1	0	1

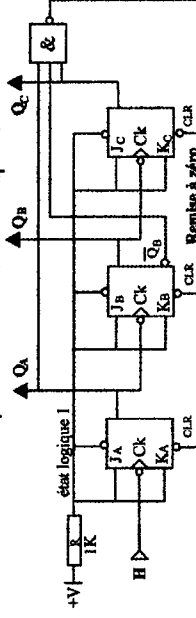
5^{ème} combinaison

Si le compteur doit revenir à zéro après la valeur N, on décode N+1 pour le remettre à zéro en agissant sur les entrées de remise à zéro.

- Chronogrammes (compteur utilisant des bascules JK à front descendant) :

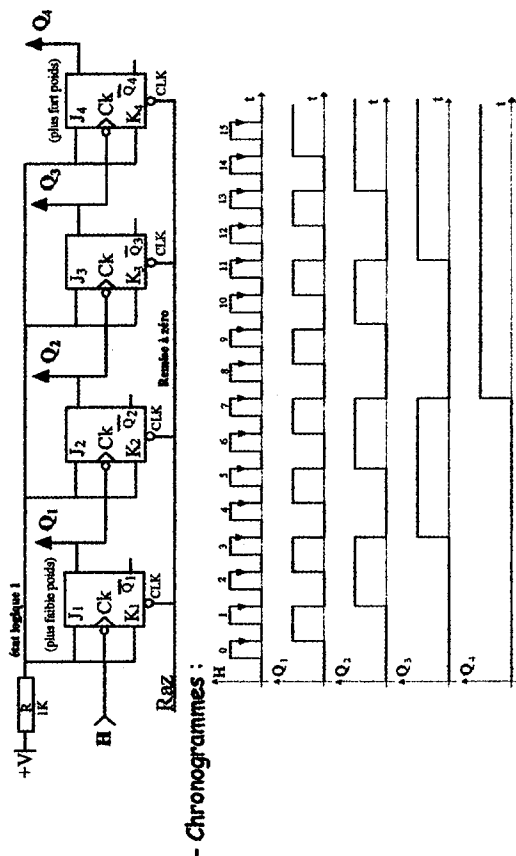


La combinaison $QAQBQC = 101$ n'apparaît que le temps nécessaire à son décodage et à la commutation des bascules, d'où le schéma du compteur :



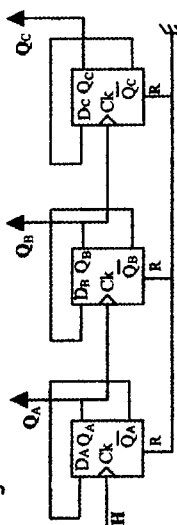
Exercice N°4 : Compteur asynchrone modulo 16 en bascules JK

Pour avoir un compteur asynchrone modulo 16 (cycle complet), on a besoin de 4 bascules JK ($2^4 = 16$). Le signal d'horloge d'une bascule de rang (i) est le signal de sortie non complétée de la bascule de rang (i - 1) :



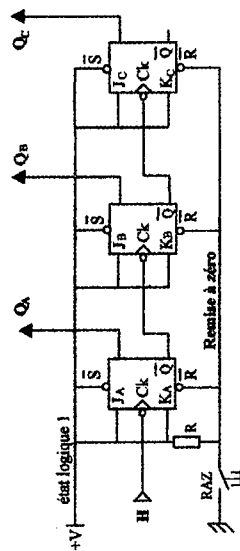
Exercice N°5 : Décompteur asynchrone

- 1 - Décompteur modulo 8 en bascules D à front montant :
 - cycle à décompter : 7 à 0.
 - Nombre de bascules : 3 bascules D à front montant ($H_i = Q_{i-1}$).
 - schéma de câblage :

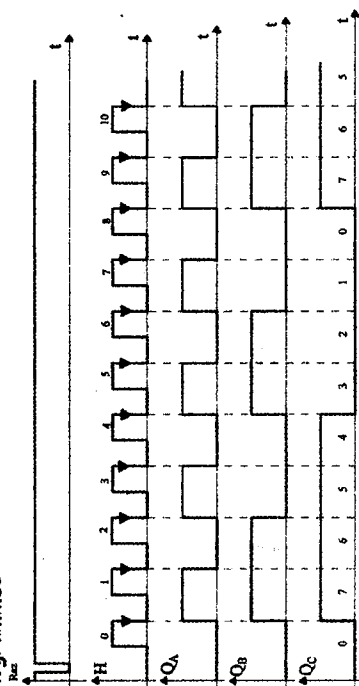


2- Décompteur modulo 8 en bascules JK à front descendant :

- schéma de câblage : ($H_i = \overline{Q_{i-1}}$)



- chronogrammes :



C - Compteurs et Décompteurs synchrones :

Exercice N°6 : Compteur synchrone modulo 5

- 1 - Table de vérité simplifiée :

- d'une bascule JK :

J	K	Q_n	Q_{n+1}
0	0	0	0
1	0	0	1
0	1	1	0
1	1	1	1

- d'une bascule JK :

J	K	Q_n	Q_{n+1}
0	0	0	0
1	0	0	1
0	1	1	0
1	1	1	1

2 - Réalisation d'un :

- Compteur synchrone modulo 5 en bascules JK :

On a besoin de trois bascules (2^3 combinaisons = 8), il faudra donc éliminer 3 combinaisons.

Table de vérité :

No	Q_c	Q_b	Q_a	J_c	K_c	J_b	K_b	J_a	K_a
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
1	0	0	1	0	0	1	0	0	1
2	0	1	0	0	0	0	0	1	0
3	0	1	1	1	0	0	1	0	1
4	1	0	0	0	1	0	0	0	0

- Equations :

N°	Q _A Q _B		Q _C Q _B		Q _C Q _B		Q _C Q _B	
	00	01	11	10	00	01	11	10
0	0	0	0	-	0	-	-	0
1	0	1	-	-	1	-	-	-

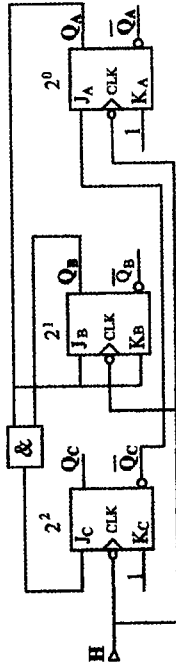
$J_C = Q_A Q_B$

N°	Q _A Q _B		Q _C Q _B		Q _C Q _B		Q _C Q _B	
	00	01	11	10	00	01	11	10
0	-	0	-	-	0	-	-	-
1	-	1	-	0	1	1	-	-

$K_C = 1$

$$J_A = \bar{Q}_C ; K_A = K_C = 1 ; J_B = K_B = Q_A ; J_C = Q_A Q_B$$

Schéma du compteur synchrone modulo 5 :



• Compteur synchrone modulo 5 en bascules D :

-Table de vérité :

N°	Q _C	Q _B	Q _A	D _C	D _B	D _A
0	0	0	0	0	0	1
1	0	0	1	0	1	0
2	0	1	0	0	1	1
3	0	1	1	1	0	0
4	1	0	0	0	0	0

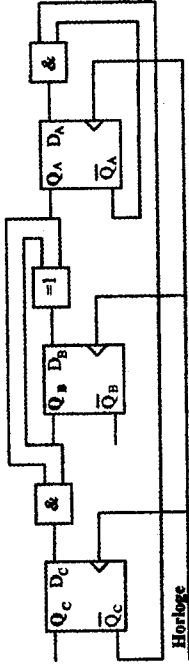
-Equations des entrées :

N°	Q _A Q _B		Q _C Q _B		Q _C Q _B		Q _C Q _B	
	00	01	11	10	00	01	11	10
0	0	0	-	-	0	1	-	-
1	0	1	-	-	1	0	-	-

Basculer C : $D_C = Q_A Q_B$; Basculer B : $D_B = \bar{Q}_A Q_B + Q_A \bar{Q}_B = Q_A \oplus Q_B$; Basculer A : $D_A = Q_A Q_C$

~ 95 ~

Schéma du compteur en bascules D :



Le procédé de remise à 0 n'est pas mentionné sur le schéma.

Exercice N°7 : Compteur synchrone modulo 8

1 - Table de vérité : Il y a 3 sorties , donc $2^3 = 8$ combinaisons . Les signaux sont périodiques . L'analyse de fonctionnement doit se faire pour une période . Les deux dernières lignes peuvent être supprimées .

N°	Entrées				Sorties			
	Q _A	Q _B	Q _C	J _A	K _A	J _B	K _B	J _C
4	0	0	1	1	0	0	0	0
5	1	0	1	0	0	0	0	1
1	1	0	0	0	0	1	0	0
3	1	1	0	0	1	0	0	0
2	0	1	0	0	0	0	0	1
6	0	1	1	0	0	0	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	1	1	1	0	0	0	0	0

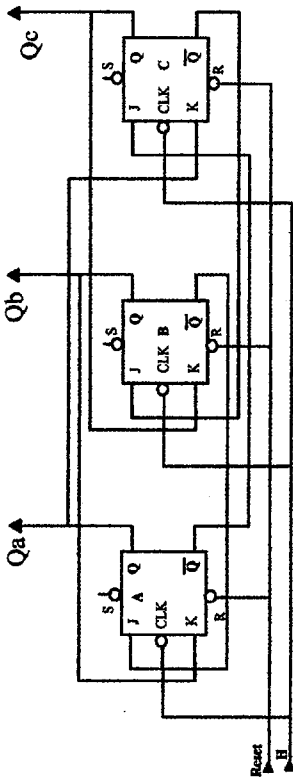
2 - Equations :

N°	Q _A Q _B		Q _C Q _B		Q _C Q _B		Q _C Q _B	
	00	01	11	10	00	01	11	10
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	1	0	0	0

Basculer A : $J_A = Q_B$; Basculer B : $J_B = \bar{Q}_C$; Basculer C : $J_C = Q_A$

~ 96 ~

3 - Schéma du générateur :



Exercice N° 8

- Décompteur synchrone modulo 5 en bascules JK :

Dans ce type de circuit, le sens de comptage est inversé. La méthode exposée pour les compteurs synchrones reste valable.

- Table de transitions :

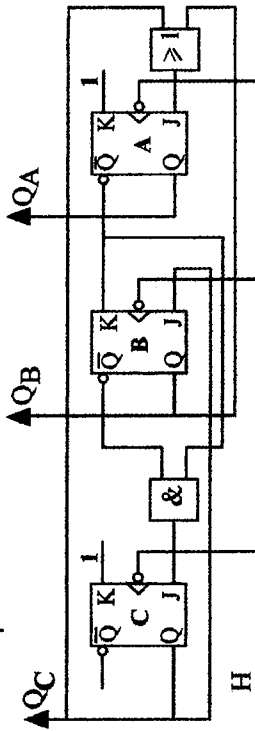
N°	Qc	Qb	Qa	Jc	Kc	Jb	Kb	Ja	Ka
4	1	0	0	1	1	1	1	1	1
3	0	1	1	0	1	0	0	0	1
2	0	1	0	0	1	1	1	1	1
1	0	0	1	0	1	0	0	0	1
0	0	0	0	1	1	0	0	0	0

Qc	Qb	Qa	Jc	Kc	Jb	Kb	Ja	Ka
0	0	0	1	1	1	1	1	1
0	1	0	0	1	0	0	0	1
0	1	1	0	1	1	1	1	1
1	0	0	0	1	0	0	0	1
1	0	1	0	1	1	1	1	1
1	1	0	0	1	0	0	0	1
1	1	1	0	1	1	1	1	1

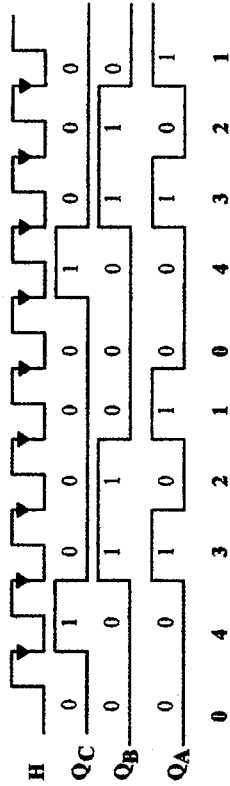
On peut déterminer les équations restantes :

$$J_A = Q_B + Q_C \text{ et } K_A = 1; J_B = Q_C \text{ et } K_B = \bar{Q}_A$$

- Schéma du décompteur :



- Chronogrammes :



Exercice N° 9 : Compteur synchrone modulo 8

• En utilisant des bascules JK :

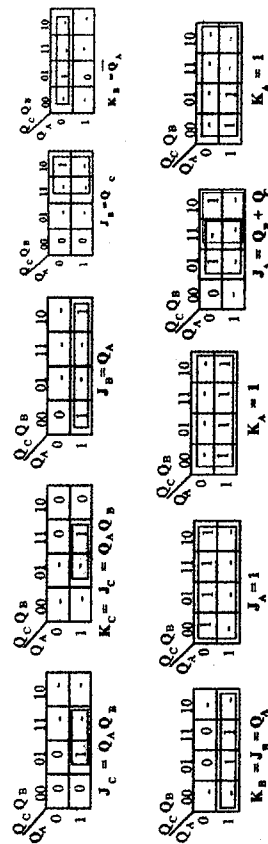
Le compteur modulo 8 est un compteur de 0 à 7, qui compte 8 transitions d'horloge. Le nombre de bascules nécessaires pour ce compteur est de 3. Le fonctionnement est celui d'un compteur binaire à 3 bits jusqu'à ce qu'il atteigne le nombre binaire 111 → (7) 10

Rappel : table de transitions de 1

Transitions		Entrées	
Q _n	Q _{n+1}	J	K
0	0	0	φ
0	1	1	φ
1	0	φ	1
1	1	φ	0

No	Qc	Qb	Qa	Jc	Kc	Jb	Kb	Ja	Ka
0	0	0	0	0	1	0	1	1	1
1	0	0	1	0	1	1	1	0	1
2	0	1	0	0	1	0	0	1	1
3	0	1	1	1	1	1	1	0	1
4	1	0	0	0	1	0	0	1	1
5	1	0	1	0	1	1	1	0	1
6	1	1	0	0	1	0	0	1	1
7	1	1	1	1	1	1	1	0	1

- Equations :



- Schéma du compteur :

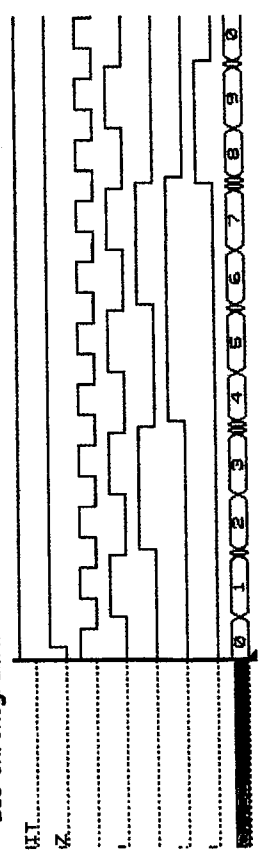
4 - Table de vérité : (état initial : $Q_3 = Q_2 = Q_1 = Q_0 = 0$).

N°	Q3	Q2	Q1	Q0
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1

D'après le schéma logique du compteur (ou en réalisant la simulation par le logiciel « ISIS »

Le modulo de ce compteur est 10 .

Les chronogrammes sont les suivants :



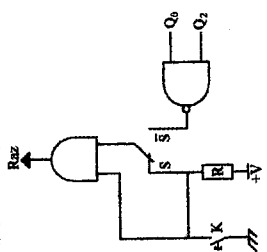
5 - a - Combinaison des sorties :

On veut avoir un compteur modulo 5 qui compte de 0 à 4 . La 5^{ème} impulsion doit remettre le compteur à zéro : $5(10) = 0101(2) = \bar{Q}_3 Q_2 \bar{Q}_1 Q_0$

Il n'est pas nécessaire de tenir compte des états de Q_3 et Q_1 car la première apparition de $Q_2 = 1$ et $Q_0 = 1$ a lieu à la 5^{ème} impulsion . L'équation de remise à zéro se réduit à :

Raz = $Q_0 Q_2$.

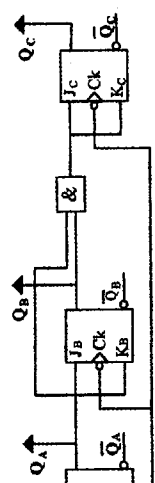
5 - b - Circuit combinatoire :



Position S : on a un compteur modulo 5 .

Position $\bar{S}$: On a un compteur modulo 10 .

Le schéma du compteur devient :



• En utilisant des bascules D :

Rappel : table de transitions de la bascule D :

Transition	Entrées
Q_n	Q_{n+1} D
0	0
0	1
1	0
1	1

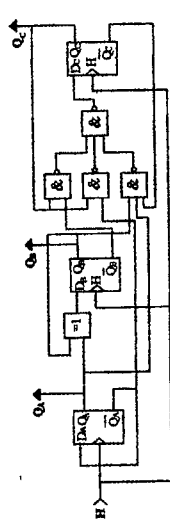
- Equations :

Q_n	Q_{n+1}	D
0	0	0
0	1	1
1	0	0
1	1	1

- Table de transitions :

N°	QC	QB	QA	DC	DB	DA
0	0	0	0	0	0	1
1	0	0	1	0	1	0
2	0	1	0	0	1	1
3	0	1	1	1	0	0
4	1	0	0	1	0	1
5	1	0	1	1	1	0
6	1	1	0	1	1	1
7	1	1	1	0	0	0

Logigramme :



Exercice N°10 :

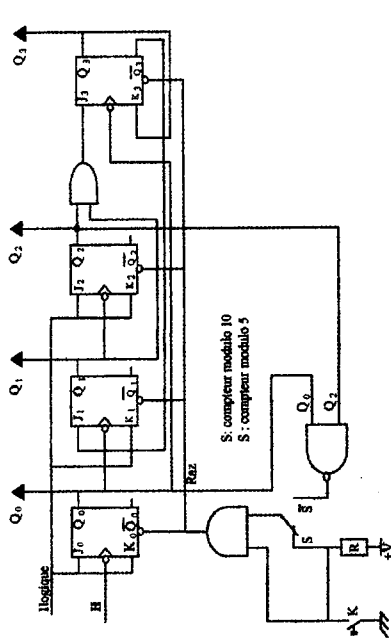
1 - Identification : Les bascules utilisées sont de type JK à front descendant .

2 - Table de vérité simplifiée d'une bascule JK . 3 - Equations

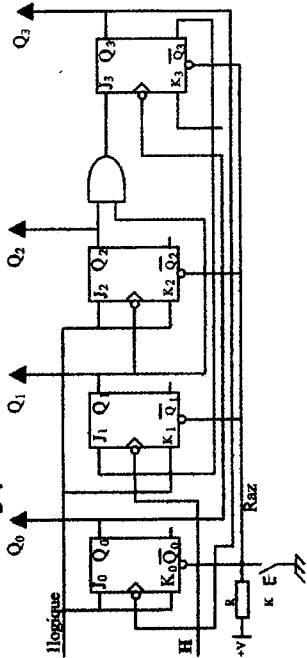
J	K	Q_n	Q_{n+1}
0	0	0	0
1	0	0	1
0	1	1	0
1	1	1	1

$J_0 = 1$ et $K_0 = 1$; $J_1 = \bar{Q}_3$ et $K_1 = 1$; $J_2 = K_2 = 1$

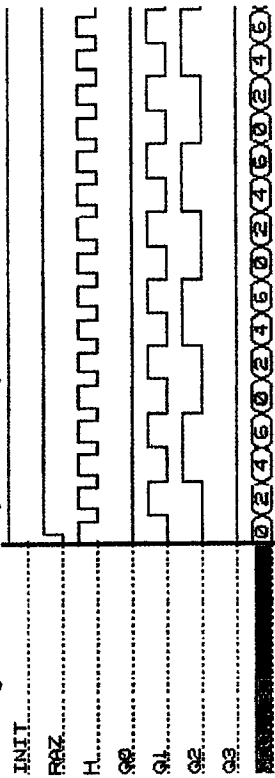
et $J_3 = Q_1 Q_2$ et $K_3 = Q_3$



6 - a - Nouveau schéma logique :

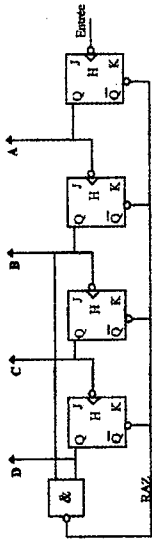


6 - b - Chronogrammes : au départ le compteur est supposé initialisé à 0 .



Le nouveau compteur décrit cycle suivant : 0 - 2 - 4 - 6 . C'est un compteur modulo 4 .

7 - Compteur asynchrone modulo 10 :



Exercice N°11 :

1 - Modulo du compteur :

Le compteur permet d'afficher des nombres de 0 à 99 , son modulo est 100 .

2 - Nom et rôle de la fonction F1:

C'est une bascule RS asynchrone utilisée comme un circuit anti-rebonds .

3 - Etats logiques de S₁ et S₂ :

A la mise sous tension E₁E₂ = 10 , la bascule est mise à 0 :

S₁ = 0 et S₂ = 1 . Les combinaisons E₁E₂ = 11 et E₁E₂ = 00 ne peuvent exister , il n'y a pas d'indétermination .

4 - Modulo : le modulo d'une décade est 10 (0 à 9) .

5 - Table de vérité simplifiée d'une bascule JK :

J	K	Q	Q ⁿ⁺¹	Symbol
0	0	0	0	μ_0
1	0	1	1	ϵ
0	1	0	0	δ
1	1	1	0	μ_1

6 - Etude d'une décade :

- Table de transitions : (compteur synchrone modulo 10 en bascules JK)

N°	Q _D	Q _C	Q _B	Q _A	J _D	K _D	J _C	K _C	J _B	K _B	J _A	K _A
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1
2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
3	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1
4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
5	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1
6	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
7	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1
8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
9	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1

- Les équations simplifiées des entrées :

$Q_b Q_c$	00	01	11	10
$Q_b Q_a$	00	01	11	10
00	1	1	1	1
01	-	-	-	-
11	-	-	-	-
10	1	1	1	1

$$JA = 1$$

$Q_b Q_c$	00	01	11	10
$Q_b Q_a$	00	01	11	10
00	0	0	0	0
01	0	0	0	0
11	0	0	0	0
10	0	0	0	0

$$JC = Q_a Q_b$$

$Q_b Q_c$	00	01	11	10
$Q_b Q_a$	00	01	11	10
00	0	0	0	0
01	1	1	1	1
11	-	-	-	-
10	-	-	-	-

$$KA = 1$$

$Q_b Q_c$	00	01	11	10
$Q_b Q_a$	00	01	11	10
00	0	0	0	0
01	0	0	0	0
11	0	0	0	0
10	0	0	0	0

$$JB = Q_a \bar{Q}_b$$

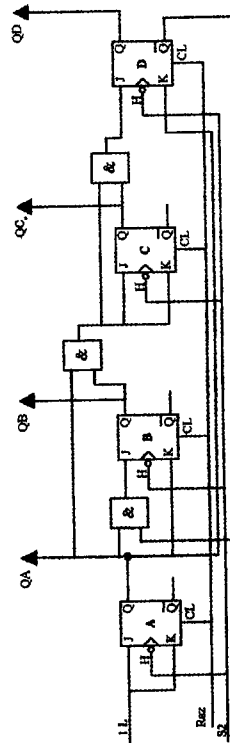
$Q_b Q_c$	00	01	11	10
$Q_b Q_a$	00	01	11	10
00	-	-	-	-
01	-	-	-	-
11	1	1	1	1
10	0	0	0	0

$$KB = Q_a$$

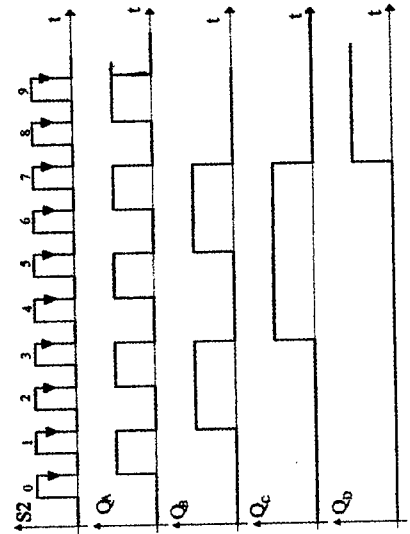
$Q_b Q_c$	00	01	11	10
$Q_b Q_a$	00	01	11	10
00	-	-	-	-
01	-	-	-	-
11	-	-	-	-
10	-	-	-	-

$$KD = Q_a$$

- Le schéma complet de câblage d'une décade :



Chronogrammes :

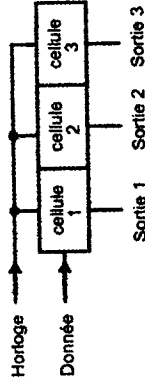


D - Registre à décalage :

Exercice N°12 :

1 - Principe de fonctionnement :

Une donnée D est présentée à l'entrée de la structure. Un signal d'horloge H permet à chaque période de déplacer la donnée vers la cellule suivante



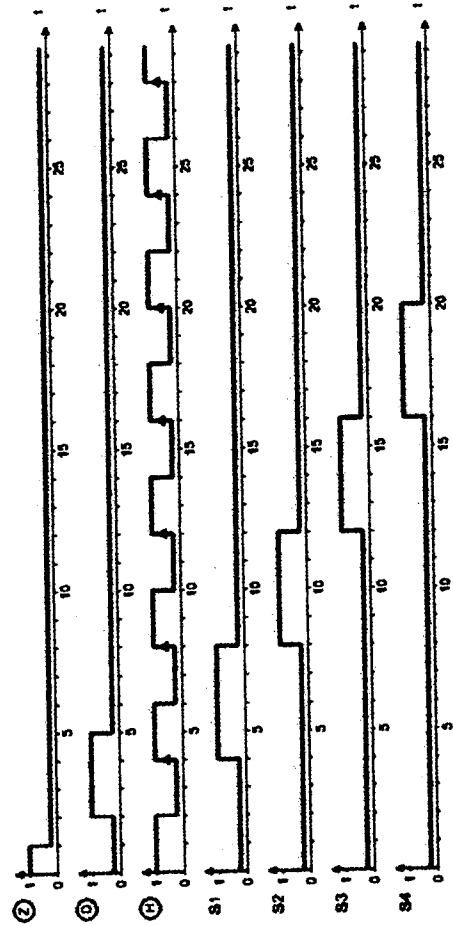
Il existe 4 types de registres :

- registre à entrées séries et sorties séries
- registre à entrées séries et sorties parallèles
- registre à entrées parallèles et sorties séries
- registre à entrées parallèles et sorties parallèles

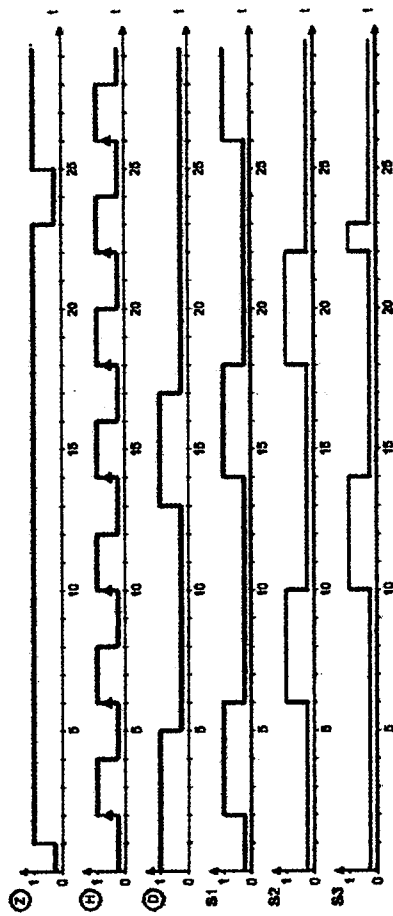
Ces registres peuvent servir à réaliser :

- un retard temporel entre le signal d'entrée et le signal de sortie.
- une conversion série / parallèle d'un mot binaire

2 - Chronogrammes :



3 - Normalisation : Chronogrammes :



Exercice N°13 :

1 - Tableau de fonctionnement :

Etape	Raz	D	Clk	Q3	Q2	Q1	Q0
Remise à 0	1	0	0	0	0	0	0
Remise à 0	0	0	0	0	0	0	0
Charger bit 1	0	0	1	1	0	0	0
Charger bit 2	0	0	1	0	1	0	0
Charger bit 3	0	0	1	1	0	1	0
Charger bit 4	0	0	1	1	1	0	1

2 - Ce montage permet de mémoriser un mot binaire de 4 bits.

3 - Le mode de chargement : série , mode de transfert : parallèle

4 - type de décalage : à droite

5 - mémorisation de Q3Q2Q1Q0 = 1001

Etape	Raz	D	Clk	Q3	Q2	Q1	Q0
Remise à 0	1	0	0	0	0	0	0
Remise à 0	0	0	0	0	0	0	0
Charger bit 1	0	0	1	1	0	0	0
Charger bit 2	0	0	1	0	1	0	0
Charger bit 3	0	0	1	0	0	1	0
Charger bit 4	0	0	1	1	0	0	1

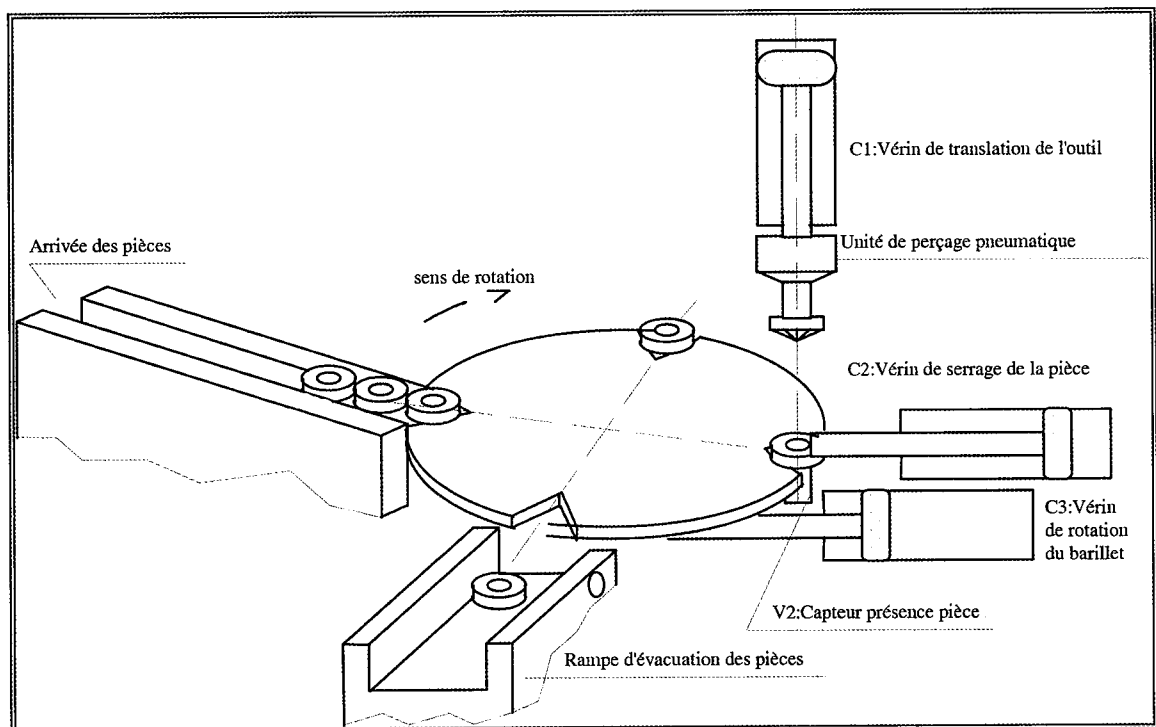
SYSTÈMES SÉQUENTIELS

GRAFCET

Exercice N°1 MACHINE À CHANFREINER LES DOUILLES ÉLECTRIQUES

- **Cahier des charges** : Les douilles électriques sont réalisées sur un tour automatique. A la sortie, seul reste à usiner le chanfrein. On se propose d'étudier un poste automatisé pour le chanfreinage.

- **Présentation** :



Machine à chanfreiner les douilles électriques

- **Fonctionnement souhaité** :

Les vérins C_1 , C_2 , C_3 sont de type double effet et ils sont pilotés par des distributeurs 5/4/2 bistables. Un commutateur sélecteur de cycle permet de choisir entre deux modes de marches :

- Marche normale continue : sélecteur sur position C ;
- Marche cycle par cycle : sélecteur sur position $\bar{C}$.

Une action sur un bouton poussoir V_1 commande le fonctionnement suivant :

- Serrage de la pièce (Vérin C_2);
- Chanfreinage (Vérin C_1);
- Rotation du plateau rotatif de $1/4$ de tour (Vérin C_3).

Le plateau est supposé initialement chargé .On note par C_i : vérin i (avec $i = 1, 2$ ou 3) ; $12M_i$: pilotage du retour de C_i ; $14M_i$: pilotage de la sortie de C_i ; I_{i0} : capteur pour la position rentrée de C_i ; I_{i1} : capteur pour la position sortie de C_i .

- 1 - Etablir le GRAFCET du point de vue système , de point de vue partie opérative et de point de vue partie commande .
- 2 - Dresser le tableau d'analyse donnant l'activation et la désactivation de chaque étape .
- 3 - donner le schéma de câblage du séquenceur pneumatique .

Exercice N°2 PRESSE PNEUMATIQUE A DORER LES LIVRES

Description :

Le système ci-contre représente une presse à dorer les livres (écrire le nom du livre en jaune sur la première page cartonnée) . Il est constituée par :

- un chariot sur lequel on pose le livre . Le mouvement de ce chariot est lié à celui du vérin C_1 .
- un vérin C_3 qui applique le livre contre la presse fixe
- les capteurs de fin de course du vérin C_1 sont I_{10} et I_{11} (actionnés par le chariot) .
- les capteurs de fin de course du vérin C_2 sont I_{20} et I_{21} .
- les capteurs de fin de course de C_3 sont I_{30} et I_{31} (I_{31} est actionné par la chariot) .

Déroulement du cycle :

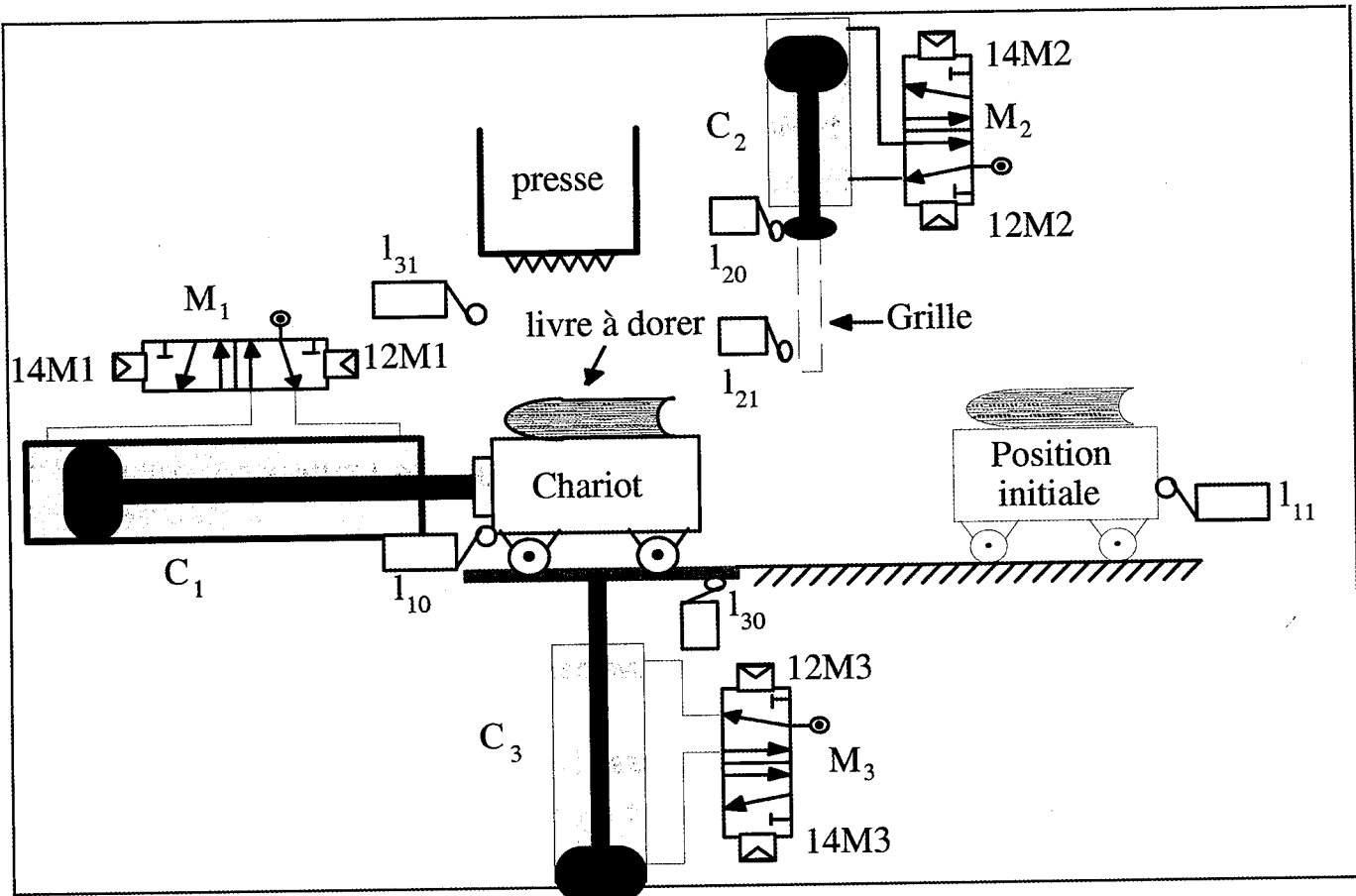
La position du repos correspond à : vérin C_1 : tige sortie ; vérin C_2 : tige rentrée ; vérin C_3 : tige rentrée .

On dépose le livre sur le chariot (position initiale définie par le dessin du chariot en trait fin) . L'action sur deux boutons poussoirs de mise en marche " m " et " n " fait démarrer le cycle suivant :

- déplacement du chariot avec le livre par le vérin C_1 jusqu'au plateau du vérin C_3 (position définie par le dessin du chariot en trait fort) .
- fermeture de la grille de sécurité par le vérin C_2 .
- montée du chariot avec le livre par le vérin C_3 pour réaliser la dorure de la page cartonnée du livre .

Le livre est maintenu en pression contre la presse grâce à un temporisateur qui donne une durée nécessaire à cette phase (10s) .

- à la fin de l ' opération de la dorure le vérin C_3 fait descendre le chariot donc le livre .
- le vérin C_2 réalise le soulèvement de la grille de protection
- le vérin C_1 fait avancer le chariot vers la droite et le cycle est terminé .



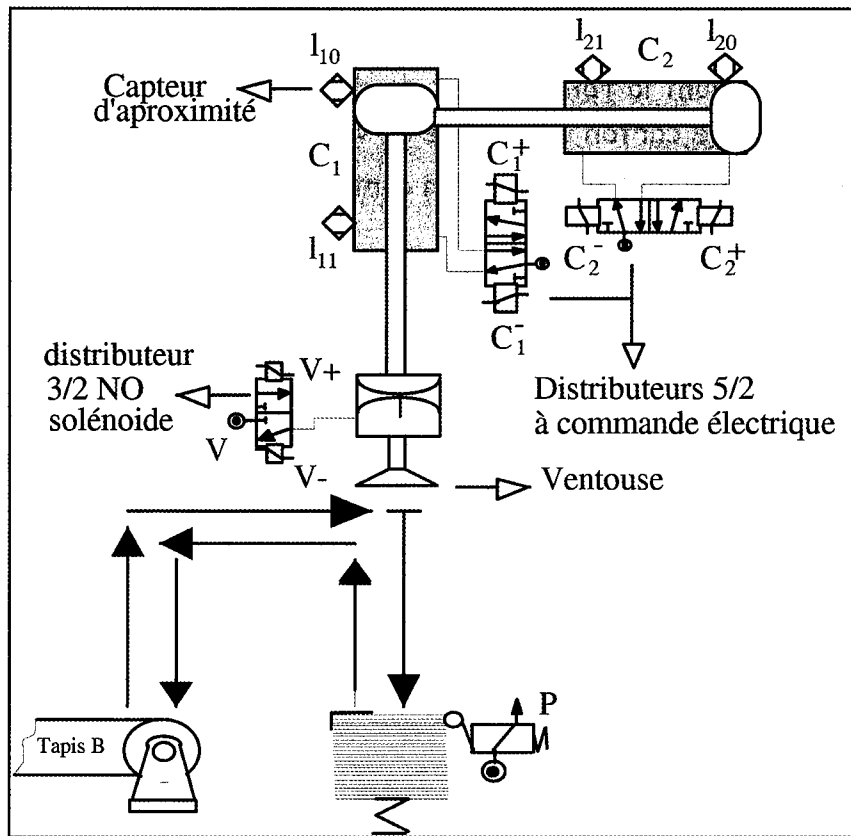
Remarques : le déplacement du chariot par C_3 n'est pas gêné par le vérin C_2 . Le livre est posé manuellement sur le chariot.

- 1 - Etablir les GRAFCET du point de vue système et de point de vue partie commande.
- 2 - Dessiner le schéma de câblage du séquenceur pneumatique en modules mémoires Climax

Exercice N°3 SYSTEME AUTOMATIQUE DE MISE SOUS ENVELOPPE

Présentation générale :

Devant la nécessité d'expédier de plus en plus de courrier, certaines sociétés (les banques par exemple) ont été amenées à automatiser la mise sous enveloppe de ce courrier. La machine est composée de plusieurs postes avec des transferts simultanés en pas à pas tels que l'alimentation automatique en enveloppes, la mise en forme et la mise sous enveloppe des documents. On s'intéresse uniquement au poste d'alimentation en enveloppes.



Poste d'alimentation automatique en enveloppes :

Le vérin C_1 comporte une ventouse assurant la prise et la pose d'enveloppes . Le fonctionnement du ventouse est lié à chaque action des vérins C_1 et C_2 par :

$V+$: désigne la création du vide pour la prise d'une enveloppe .

$V-$: désigne la création du pression pour la pose d'une enveloppe qui se passe en 5 secondes

m : est un bouton marche-arrêt (non représenté) .

P = est un capteur contrôlant la présence d'une enveloppe au poste à décharger , le système fonctionne d'une manière continue tant que la capteur P est actionné .

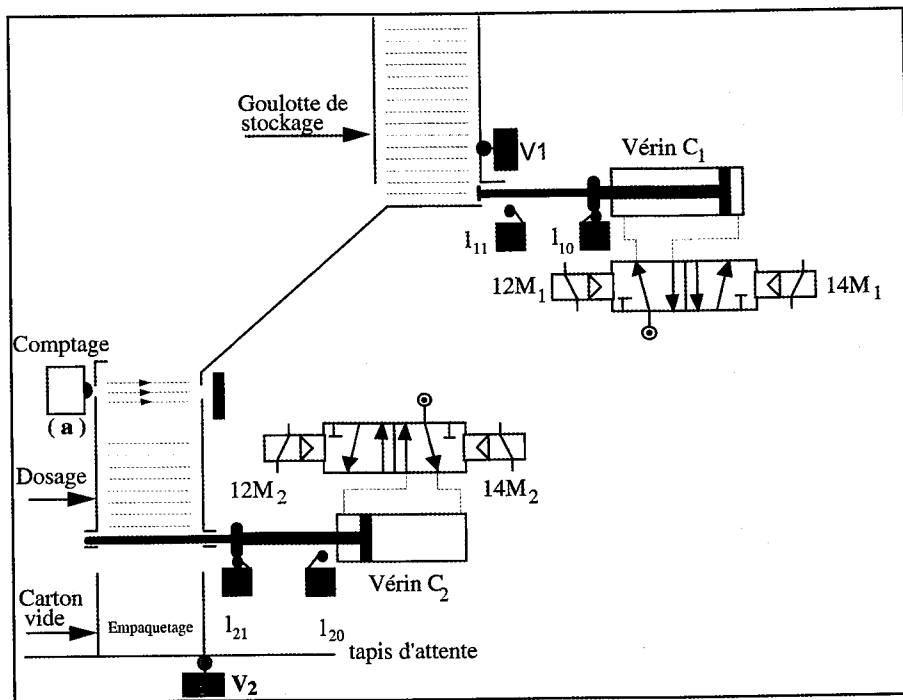
- 1 - Etablir le GRAFCET du point de vue partie commande .
- 2 - Ecrire les équations des sorties .
- 3 - Donner le schéma de câblage du séquenceur en modules électroniques .

Exercice N°4

SYSTEME D'EMPAQUETAGE

- **Description** : Le poste comprend:
 - une goulotte de stockage servant à alimenter l'alvéole de dosage par l'intermédiaire du vérin C_1 .
 - une rampe d'amenée des plaquettes munie d'un dispositif de comptage par la cellule photoélectrique (a).

- une alvéole de dosage dont la fonction est de doser à 10 les plaquettes à emballer qui seront transférées dans le carton vide grâce au vérin C_2 .
- un tapis d'attente permettant d'amener un carton vide et de l'évacuer une fois rempli. Le tapis est mû par un moteur asynchrone et triphasé commandé et protégé par un discontacteur KM.
- un tapis de sortie servant à amener les cartons remplis à la zone de stockage.



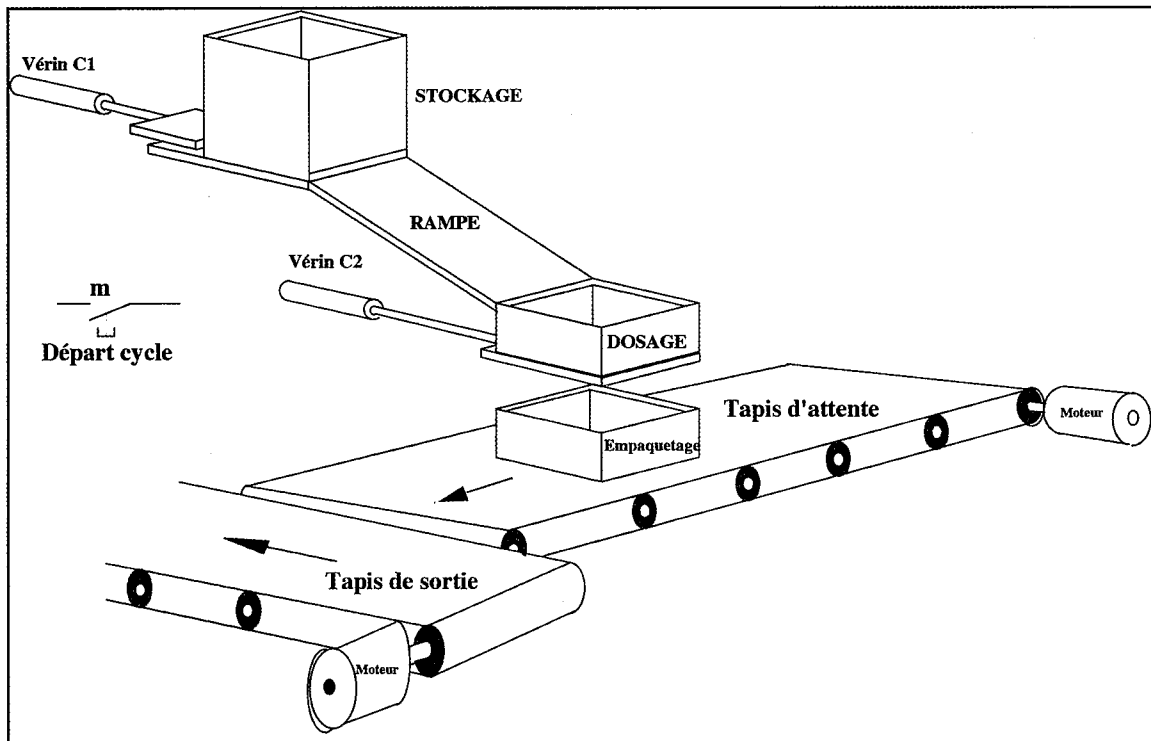
- Fonctionnement :

Le cycle permet la préparation d'un nouveau paquet de dix (10) plaquettes dans l'alvéole de dosage dès que le lot précédent sera évacué dans le carton d'emballage, le tapis est à l'arrêt et un bouton de départ cycle "m" est actionné. Les plaquettes en plastique sont stockées dans une goulotte. Etant donnée leur épaisseur et les déformations possibles, un contrôle rigoureux de ce nombre est obtenu grâce à un compteur associé au système. La présence des plaquettes prêtes à être évacuées est indiquée par le capteur " V_1 ". Elles sont poussées par le vérin " C_1 " et comptées par la cellule photoélectrique "a". A la dixième plaquette, le vérin " C_1 " s'arrête. Le tapis d'attente avance, amenant un carton vide dont la présence au dessous de l'alvéole de dosage sera détectée par le capteur " V_2 ". Le tapis s'arrête alors et deux secondes plus tard (2s), le vérin " C_2 " ouvre le passage des plaquettes vers le carton vide en vue de le remplir.

Pour des raisons de sécurité on prévoit un arrêt du vérin " C_2 " de deux secondes (2s) avant qu'il revienne à sa position initiale (refermeture de l'alvéole de dosage).

Dès le retour du vérin "C₂", le tapis est mis en marche pendant 2 secondes pour permettre l'évacuation du carton plein et un nouveau cycle peut commencer.

N.B : On désigne par N une variable logique associée au nombre de plaquettes n , tel que pour $n < 10$ on a $N = 0$ et pour $n = 10$ on a $N = 1$.



- 1 - D'après le fonctionnement ainsi décrit , on demande d'établir le GRAFCET selon les trois points de vue (système , partie opérative et partie commande) .
- 2 - Ecrire les équations de la troisième étape et de la sortie KM .
- 3 - Etablir le schéma de câblage du séquenceur pneumatique (technologie CLIMAX) .

Exercice N°5 SYSTEME DE REMPLISSAGE DE BOUTEILLES

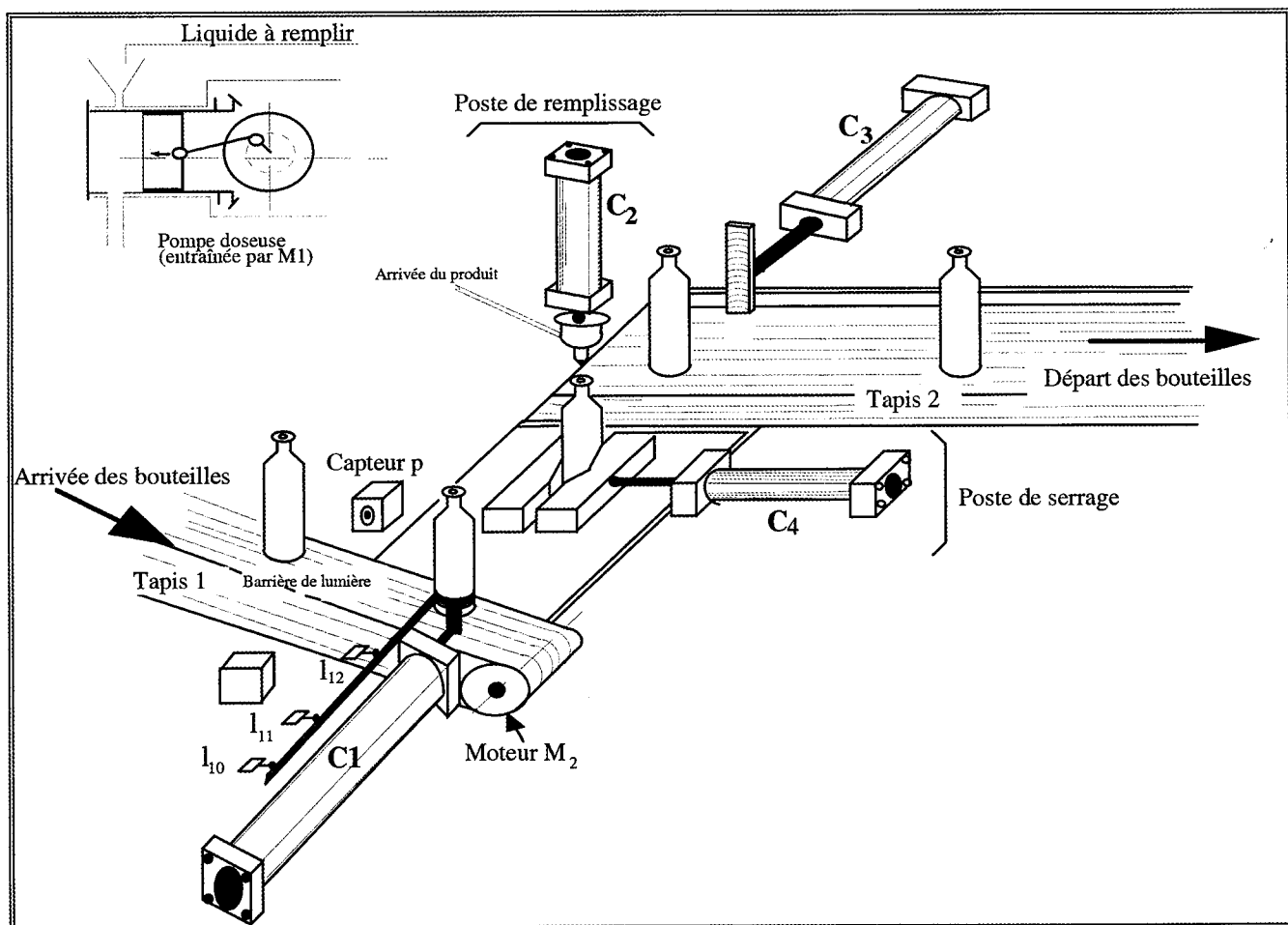
Les bouteilles arrivent par un tapis roulant entraîné par un moteur M₂ et sont détectées par un capteur " P" à enclenchement retardé . La mise à 1 du capteur P provoque les opérations suivantes :

- déplacement de la bouteille sous le poste de remplissage .
- serrage par C₄ .
- simultanément descente du vérin C₂ et sortie du vérin de maintien C₃ .
- rotation du moteur M₁ de la pompe doseuse par un contacteur KM₁ jusqu'à N = 10 tours (si N = 10 tours fin de dosage)
- remonté de C₂ et en même temps desserrage par C₄ .

- déplacement de la bouteille remplie vers le tapis 2 maintenue par les deux vérins C_1 et C_3
- rentrée du vérin C_1 .

Remarques :

- Le système ne peut démarrer si les pièces viennent de manquer.
- Le déplacement de C_1 et de C_2 ne peut être gêné par le poste de serrage.
- L'entraînement du tapis 1 est asservi au déplacement du vérin C_1 .



Identification des capteurs détectant les positions des actionneurs :

Vérin C_1	Vérin C_2	Vérin C_3	Vérin C_4
l_{10} : tige rentrée	l_{20} : tige rentrée	l_{30} : tige rentrée	l_{40} : tige rentrée
l_{11} : tige sortie	l_{21} : tige sortie	l_{31} : tige sortie	l_{41} : tige sortie
l_{12} : tige sortie			

Tous les vérins sont de type double effet et sont commandés chacun par un distributeur 5/2 à pelotage pneumatique . La sortie du vérin C_i est commandée par l'information C_i^+ , sa rentrée par C_i^-

On demande d'établir le GRAFCET selon deux points de vue

(système et partie commande) sans tenir compte de l'entraînement des tapis roulants .

Exercice N°6

MALAXEUR DOSEUR

Description du système et fonctionnement :

Un malaxeur pivotant N doit être alimenté par :

- deux produits liquides (A) et (B) , contenus chacun dans une citerne équipée à sa base d'une électrovanne .

- un produit solide sous la forme de briquettes solubles amenées par un tapis roulant 1 .La quantité des deux produits (A) et (B) est déterminée par pesage sur la bascule C ((A) puis (B)) dont le réservoir est équipé d'une électrovanne à sa base , permettant le déversement du contenu dans le malaxeur .La bascule C fournit trois informations grâce à trois contacts à fermeture réglés pour signaler les positions suivantes :

- S3 = poids nul.

- S4 = poids prédéterminé du produit (A).

- S5 = poids prédéterminé du produit (A) + (B)

(fin de remplissage de (B)).

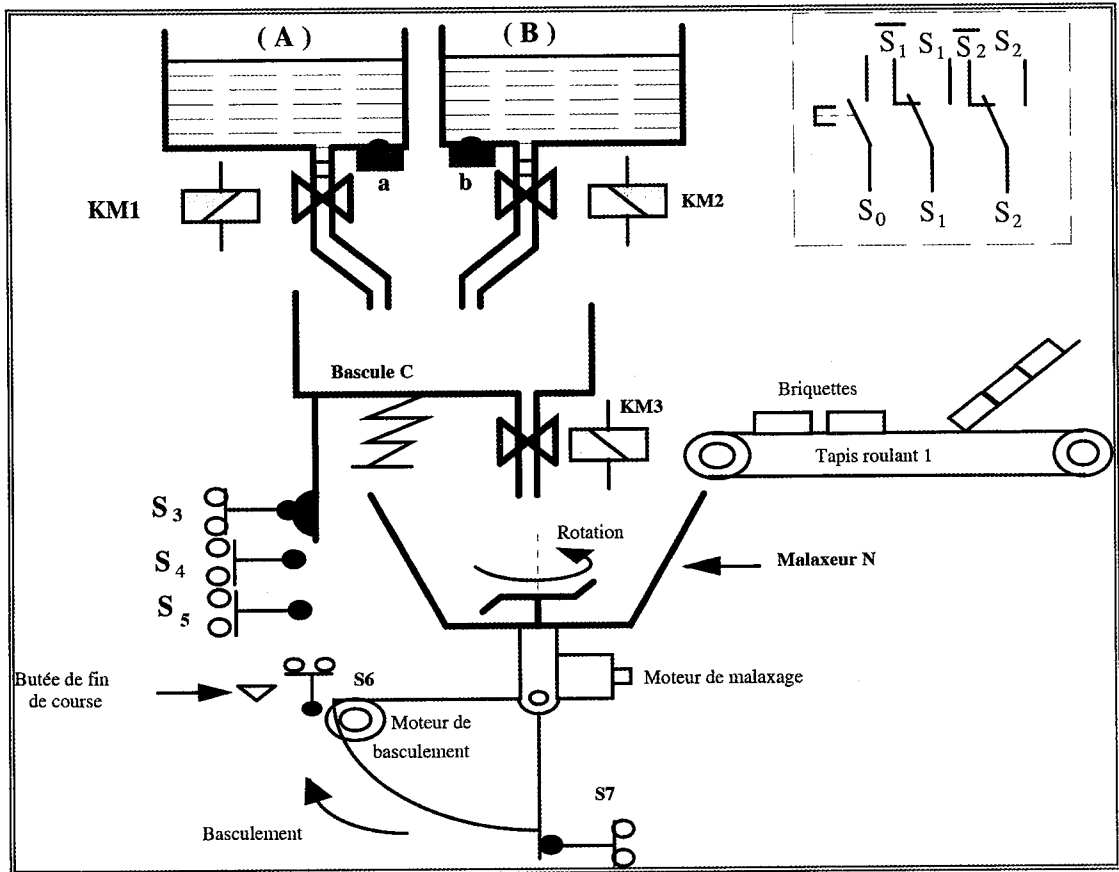
Les caractéristiques du mélange final dépendent de la quantité de briquettes utilisées pour le malaxeur soit 2 ou 3 briquettes . Les briquettes sont comptées au moment de leur chute dans le malaxeur , la présélection de la quantité de briquettes est faite par un commutateur S_2 à deux positions . Après chargement complet (produits liquides (A) et (B) + produit solide) , le moteur de malaxage se met en rotation . Après 20 secondes de malaxage , le malaxeur bascule pour se vider . Le moteur de malaxage continue à tourner afin d'aider l'évacuation du mélange obtenu . Lorsque le malaxeur atteint le point limite de basculement , le moteur de malaxage s'arrête. Le malaxeur revient à son point de départ pour accomplir un nouveau cycle .

Un commutateur S_1 permet le choix entre deux fonctionnements possibles : marche cycle par cycle ou marche continue . Après malaxage , le mélange obtenu est reversé dans une boîte posée sur le tapis roulant 2 (qui ne figure pas dans le système et qui ne fait l'objet d'étude) .

1 - Etablir les GRAFCET du point de vue système et du point de vue partie commande .

2 - Ecrire les équations des étapes et des sorties .

Schéma d'organisation générale :



Variables d'entrées :

- S_0 : départ cycle.
- Commutateur (S_1): S_1 : marche continue . $\overline{S_1}$: marche cycle par cycle .
- Commutateur (S_2): S_2 : sélection 3 briquettes. $\overline{S_2}$: sélection 2 briquettes.
- S_3 : poids nul . • S_4 : poids prédéterminé du produit (A) .
- S_5 : poids prédéterminé du produit (A) + (B) . • S_6 : fin de basculement du malaxeur .
- S_7 : malaxeur en position de travail . • S_8 : capteur d'information comptage briquettes.(non représenté)

Variables de sorties :

- KM1 : commande de la vanne A . • KM2 : commande de la vanne B .
- KM3 : commande de la vanne C . • KM4 : commande du moteur de malaxage .
- KM5 : commande du moteur de basculement du malaxeur (descente) .
- KM6 : commande du moteur de basculement du malaxeur (montée)
- KM7 : commande du moteur du tapis roulant 1 . • KM8 : Commande du moteur du tapis roulant 1

Exercice N°7 POSTE DE PERÇAGE ET D'ALÉSAGE

Fonctionnement et présentation : Un plateau tournant d'une machine automatisée qui doit produire des pièces en grande série , comporte quatre postes de travail : **un poste de chargement , un poste de perçage , un poste d'alésage et un poste d'évacuation .**

Le système comporte :

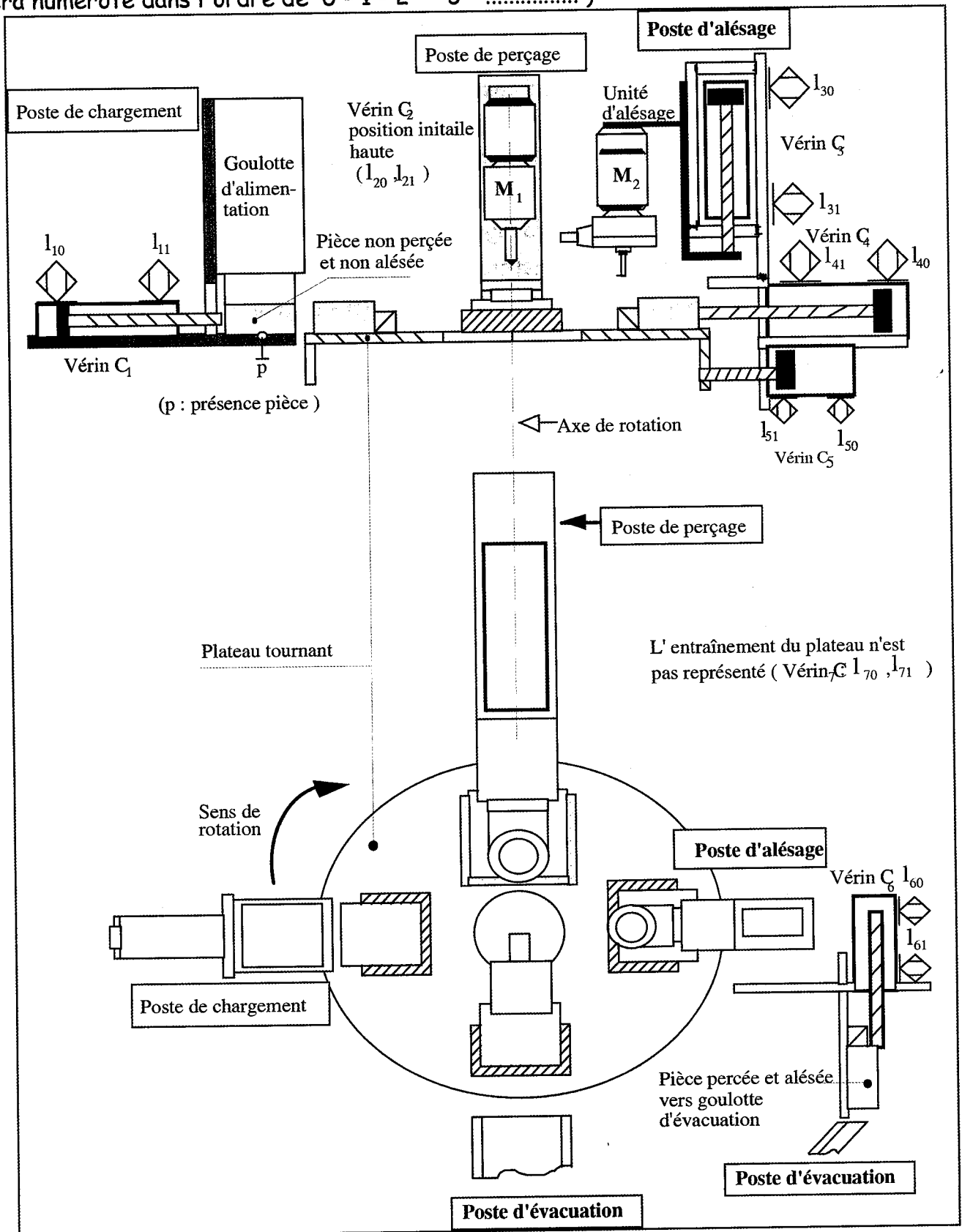
- Un vérin C_7 (I_{70} , I_{71}) , à double effet permet la rotation de 90° du plateau supportant les pièces à usiner . Le verrouillage du plateau est réalisé à l'aide du vérin double effet C_5 (I_{50} , I_{51}) (le vérin C_7 est absent de la figure) .
- Un vérin C_1 (I_{10} , I_{11}) permet de transférer les pièces de la goulotte d'alimentation au plateau tournant . Les pièces descendent par gravité dans la goulotte . A l'extrémité de la tige est fixée une équerre destinée à maintenir les pièces suivantes lorsque le vérin est en cours de déplacement .
- Un vérin C_8 (I_{80} , I_{81} n'est pas représenté sur la figure) assure le blocage de la pièce au poste de perçage et un vérin C_2 (I_{20} , I_{21}) réalise le déplacement de l'unité de perçage . La rotation de la broche porte-foret est assurée par un moteur asynchrone M_1 commandé et protégé par un discontacteur KM_1 .
- Un vérin C_4 (I_{40} , I_{41}) assure le blocage de la pièce au poste d'alésage et un vérin C_3 (I_{30} , I_{31}) réalise le déplacement de l'unité d'alésage . La rotation de la broche porte-tête à aléser est assurée par un moteur asynchrone M_2 commandé et protégé par un discontacteur KM_2 .
- Un vérin C_6 (I_{60} , I_{61}) permet de transiter les pièces du plateau tournant à la rampe d'évacuation . Tous les vérins sont alimentés par des distributeurs 5/2 bistables à pilotage électrique . Le pilotage qui permet d'obtenir la sortie de la tige du vérin C_i sera repéré par C_i^+ . Le pilotage qui permet d'obtenir la rentrée de la tige du vérin C_i sera repéré C_i^- .

Sur l'ordre de l'opérateur (impulsion sur un bouton poussoir m) , le plateau déverrouillé , tourne de 90° . Après verrouillage de celui-ci , les quatre postes deviennent actifs simultanément (chargement et serrage-perçage et serrage-alésage et déchargement d'une pièce) . Au début de fonctionnement , le plateau est chargé manuellement .

Une option peut être choisie par l'opérateur : le fonctionnement cycle par cycle (inverseur en position $\bar{C}$) ou cycle continue (inverseur en position C) .

- 1 - Etablir les GRAFCET du point de vue système et du point de vue partie commande .
- 2 - Identifier sur le GRAFCET le début et la fin de chaque divergence et de chaque convergence .

3 - Ecrire les équations de l'étape initiale (0), de l'étape 1 et de l'étape 3 (le GRAFCET sera numéroté dans l'ordre de 0 - 1 - 2 - 3 -)



Exercice N°8

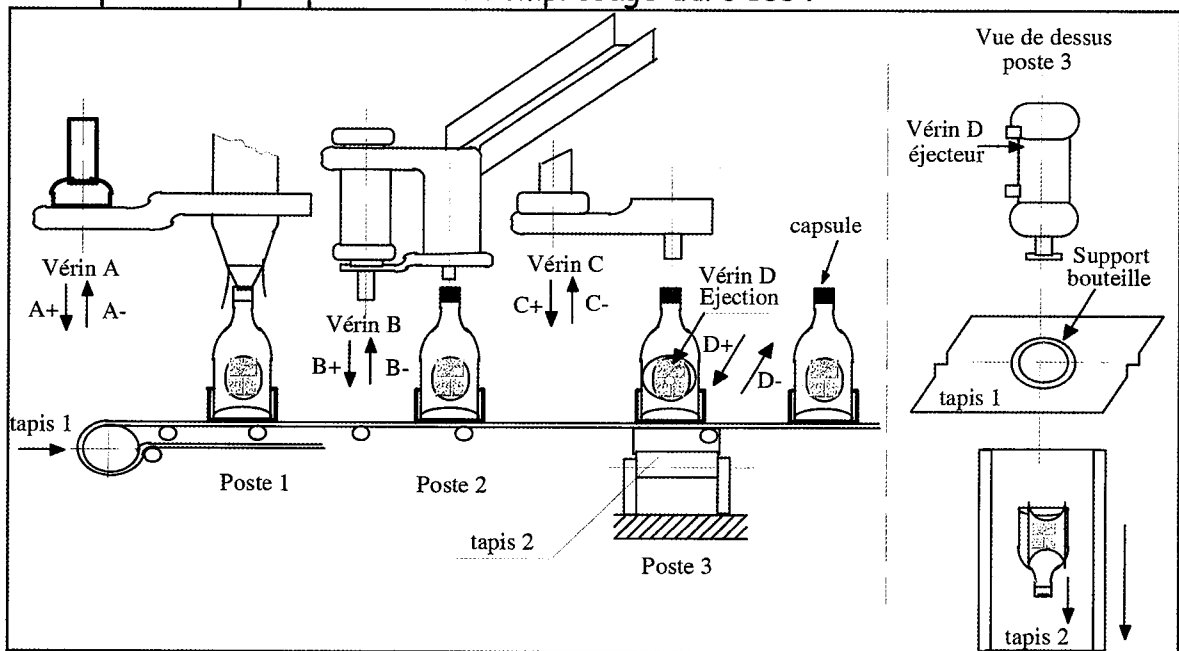
DISPOSITIF DE REMPLISSAGE-FERMETURE ET CONTRÔLE DE BOUTIELLES

Principe de fonctionnement : Un système de conditionnement de produit en bouteille est constitué d'un tapis roulant, possédant sur un pas régulier des supports pour le maintien des bouteilles. Le tapis se déplace simultanément devant les trois postes qui sont dans l'ordre :

- Remplissage de la bouteille (poste 1).
- Fermeture de la bouteille (machine à boucher) (poste 2)
- contrôle de la fermeture (poste 3).

Les trois opérations se font successivement et en même temps . Il faut donc la fin des trois opérations pour avancer le tapis d'un pas .

Cycle de fonctionnement : Les bouteilles déposées automatiquement sur le tapis (ne pas en tenir compte) arrivent vides devant le poste de remplissage 1 . Le remplissage se fait et en même temps , la bouteille précédente est bouchée , pendant que celle de devant est contrôlée (présence de bouchon) . Quand ces trois opérations sont terminées , le système avance d'un pas . Chaque opération de remplissage dure 10s .



Remarques : Le système comporte quatre unités :

- vérin A : permet de rendre le système étanche pendant le remplissage (descente du vérin pour couvrir la bouteille - remplissage - remontée du système) .
- vérin B : système de fermeture de la bouteille - capsule en plastique (un aller et retour du vérin) .
- vérin C : contrôle de la présence de la capsule (un aller et retour du vérin) .

Prévoir dans le Grafcet , la possibilité d'absence de la capsule sur la bouteille . dans ce cas la bouteille ne doit pas partir vers le conditionnement et doit être évacuée sur le tapis 2

- vérin D : système d'éjection des bouteilles sans capsule (un aller - retour) .

(Si la capsule est absente le capteur de fin de course C_1 sera actionné , si non la tige du vérin se bloquera et 8s après elle rentrera) .

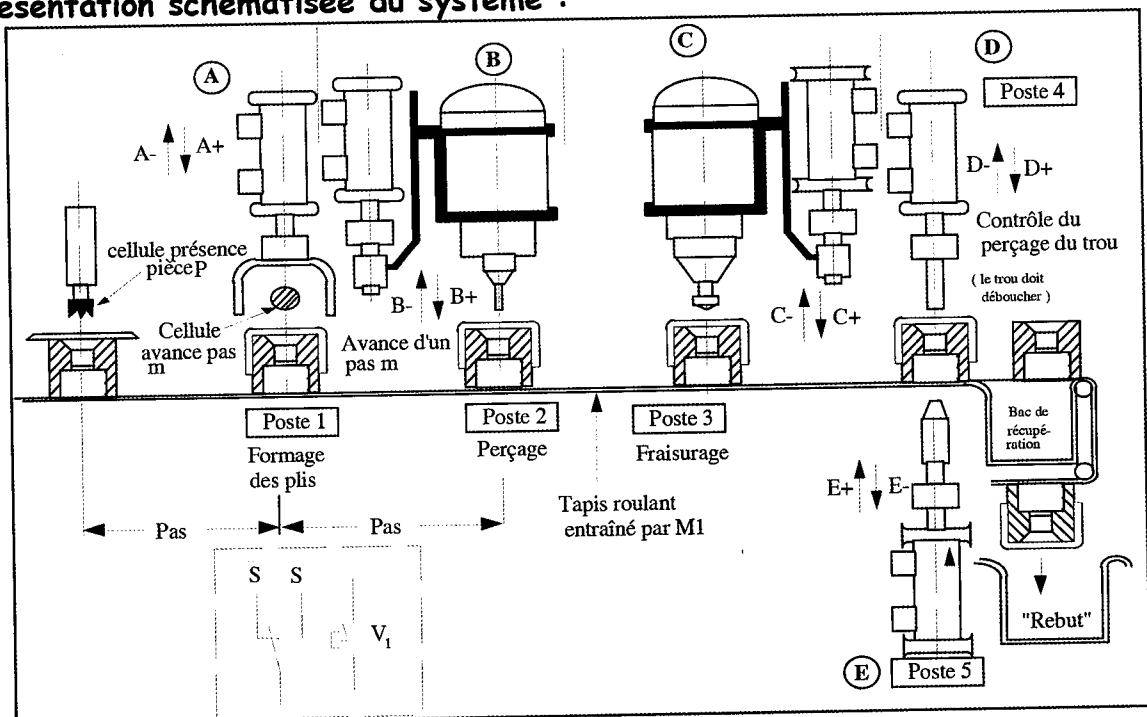
Fonction assurée	Actionneurs	Préactionneurs	Capteurs magnétiques
Remplissage bouteille	Vérin A double effet	distributeur 5/2 bistable	a_0 : début course a_1 : fin de course
Fermeture bouteille	Vérin B double effet	distributeur 5/2 bistable	b_0 : début course b_1 : fin de course
Présence capsule	Vérin C double effet	distributeur 5/2 bistable	c_0 : début course c_1 : fin de course
Ejection bouteille	Vérin D double effet	distributeur 5/2 bistable	d_0 : début course d_1 : fin de course

Prévoir un bouton V_1 pour le départ cycle et un bouton V_2 pour la présence bouteille .
Etablir le GRAFCET du point de vue partie commande .

Exercice N°9 SYSTÈME DE MISE EN FORME (pliage et perçage des pièces)

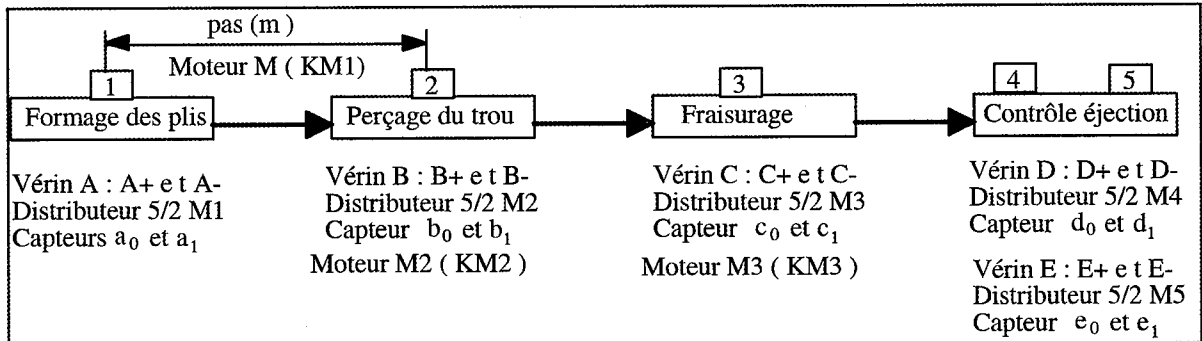
- **Description du système :** Les pièces arrivent découpées et brasées . Elles sont mises en place sur la tapis roulant entraîné par un moteur $M1$ (commandé et protégé par un discontacteur $KM1$) , une cellule " P " contrôle leur présence . Les opérations d'usinage sur les postes ① , ② , ③ se déroulent successivement . Le poste ⑤ éjecte les pièces après contrôle du perçage . Si le perçage est mal exécuté , la pièce reste sur son support sans déclencher le système d'éjection et la pièce tombera dans un panier " rebut " . Si le perçage est bon , la tige du vérin E remontera en position haute (durée 5s) .

- **Représentation schématisée du système :**



Les 5 vérins sont pneumatiques équipés de détection magnétique et commandé chacun par un distributeur bistable 5/2 à commande électrique . Un bouton poussoir V_1 commande le départ du cycle . Un commutateur S permet de choisir : cycle par cycle S , ou cycle continu $\bar{S}$.

- Cycle à obtenir :

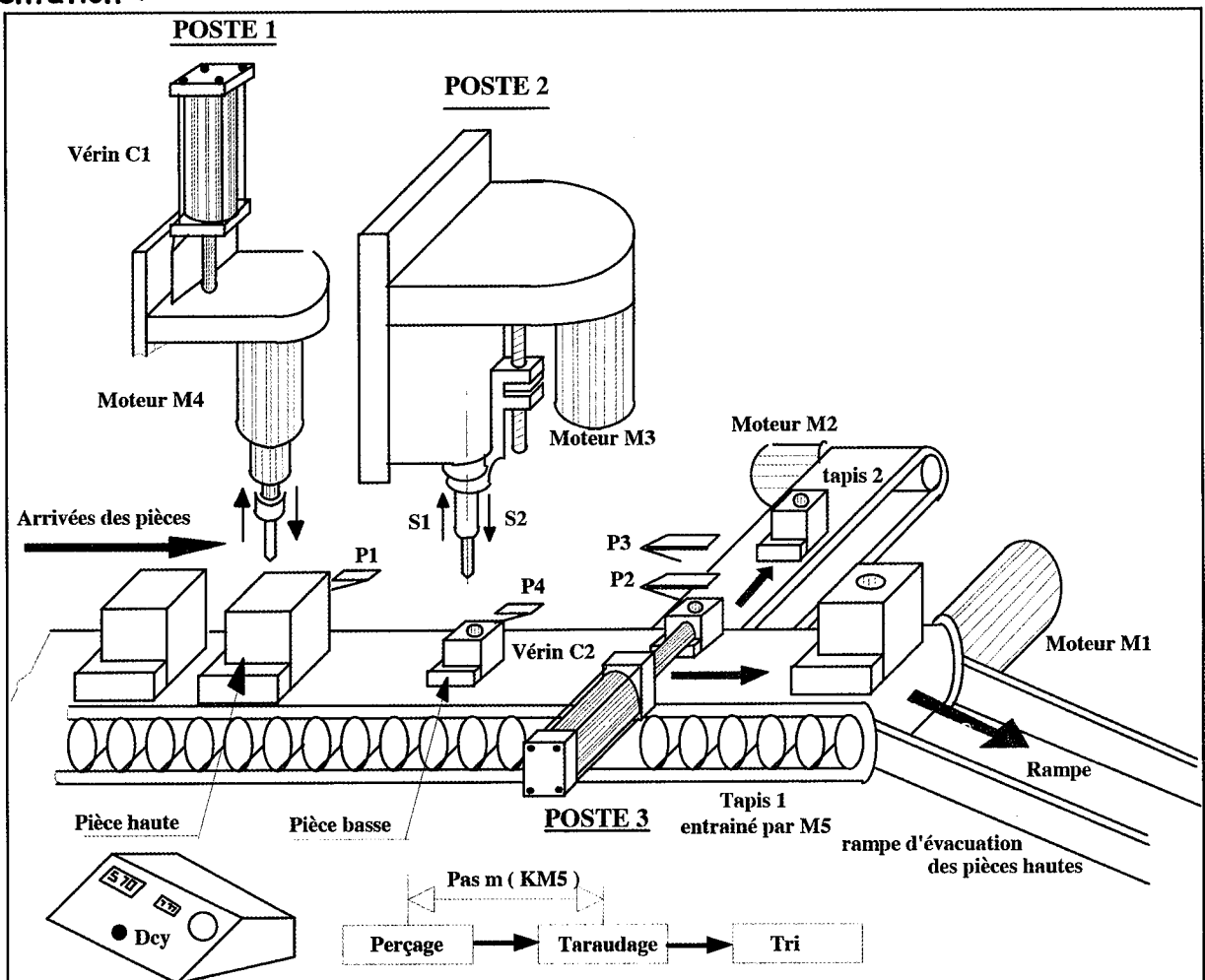


On demande le GRAFCET de point de vue système et partie commande .

Exercice N°10

POSTE DE PERCAGE ET DE TARAUDAGE

Présentation :



La cellule de perçage et de taraudage est constituée d'un tapis roulant 1(entraîné par un moteur M5) , possédant sur un pas régulier m , des supports pour le maintien de deux types de pièces (pièces basses et pièces hautes) .

Le tapis 1 se déplace devant les trois postes qui sont dans l'ordre :

- Poste 1 : perçage des deux types de pièces .
- Poste 2 : taraudage des deux types de pièces .
- Poste 3 : tri des pièces .

Fonctionnement du système :

L'action sur l'interrupteur Dcy actionne le moteur M1 pour avancer le tapis d'un pas . La présence des pièces devant les postes d'usinage déclenche simultanément les opérations suivantes :

- perçage :

- rotation de M4 et descente de l'unité de perçage par C1 .
- Dégagement de l'unité tout en maintenant la rotation de M4

- taraudage :

- rotation (sens avant) et descente de l'unité par M3 .
- dégagement de l'unité par inversion de sens de rotation de M3 .

- tri :

- les pièces hautes sont évacuées par gravité vers la rampe .
- les pièces basses sont éjectées par le vérin C2 vers le tapis 2 entraîné par M2 .

Une fois les trois opérations sont terminées , le système se trouve dans un état d'arrêt (repos) . Le fonctionnement reprend automatiquement , tant que Dcy reste actionné .

Remarque : pour simplifier l'étude , ne pas tenir compte du fonctionnement du tapis 2 .

Identification des préactionneurs et des capteurs :

Actionneurs	Préactionneurs	Capteurs
Vérin C1	Distributeur : 4/5/2 (12M1 - 14M1)	I ₁₀ : I ₁₁
Vérin C2	distributeur : 4/5/2 (12M2 - 14M2)	I ₂₀ : I ₂₁
Moteur M3	discontacteur inverseur (KM3-KM3')	S ₂ : position basse . S ₁ : position haute
Moteur M5	Discontacteur KM5	pas m
Moteur M1	Discontacteur KM1	
Moteur M2	Discontacteur KM2	
Moteur M4	Discontacteur KM4	

Etablir le GRAFCET selon les trois points de vue : système , partie opérative et partie commande .

Exercice N°11 CHAINE DE CONDITIONNEMENT DE MEDICAMENTS

I - Présentation du système :

L'industrie pharmaceutique conditionne les cachets de médicaments dans des flacons. Ces flacons, une fois remplis sont rangés dans des cartons pour être expédiés vers les points

de distribution. L'étude proposée porte sur le poste de remplissage des cartons par des flacons qui arrivent sur une chaîne pour être disposés dans les cartons.

II - Poste de rangement des flacons :

1 - **Constitution:** le système représenté ci-dessous est constitué essentiellement par:

a - Un tapis roulant qui amène les cartons dans la zone de rangement. L'alimentation de ce tapis en cartons se fait manuellement.

b - Un mécanisme de prise de flacons: ce mécanisme est constitué d'un bras articulé mû par un vérin rotatif C1, un vérin C2 lié au bras et une ventouse V fixée sur la tige du vérin C2. Ce mécanisme se déplace linéairement sur l'axe Z avec gestion des positions sur cet axe.

c - Un mécanisme d'avance pas à pas du plateau suivant l'axe X.

d- Un tapis roulant qui évacue les cartons pleins (le déchargement de ces cartons se fait manuellement).

e- Un convoyeur d'alimentation de la chaîne en flacons. La pose de ces flacons sur le convoyeur se fait manuellement.

2 - Fonctionnement:

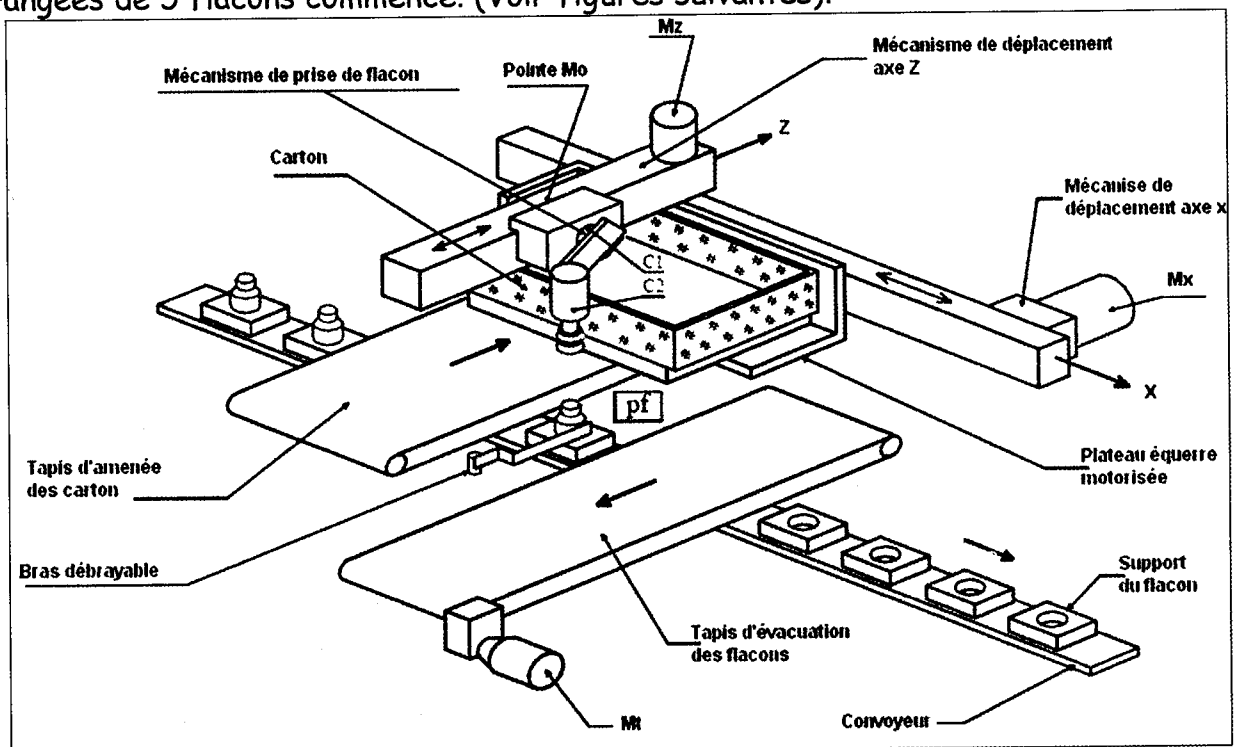
a - Conditions initiales:

- Le mécanisme de prise de flacons est en position initiale M_0 (fig.1) détectée par un capteur pz.

- Le carton vide est amené sur le plateau. Il est détecté par le capteur pc.

- Le plateau est en position initiale détectée par le capteur px.

b - **Description du cycle de remplissage d'un carton:** Dès qu'un flacon est présent au-dessous de la ventouse V (détection par pf), le cycle de remplissage du carton par 4 rangées de 5 flacons commence. (Voir figures suivantes).



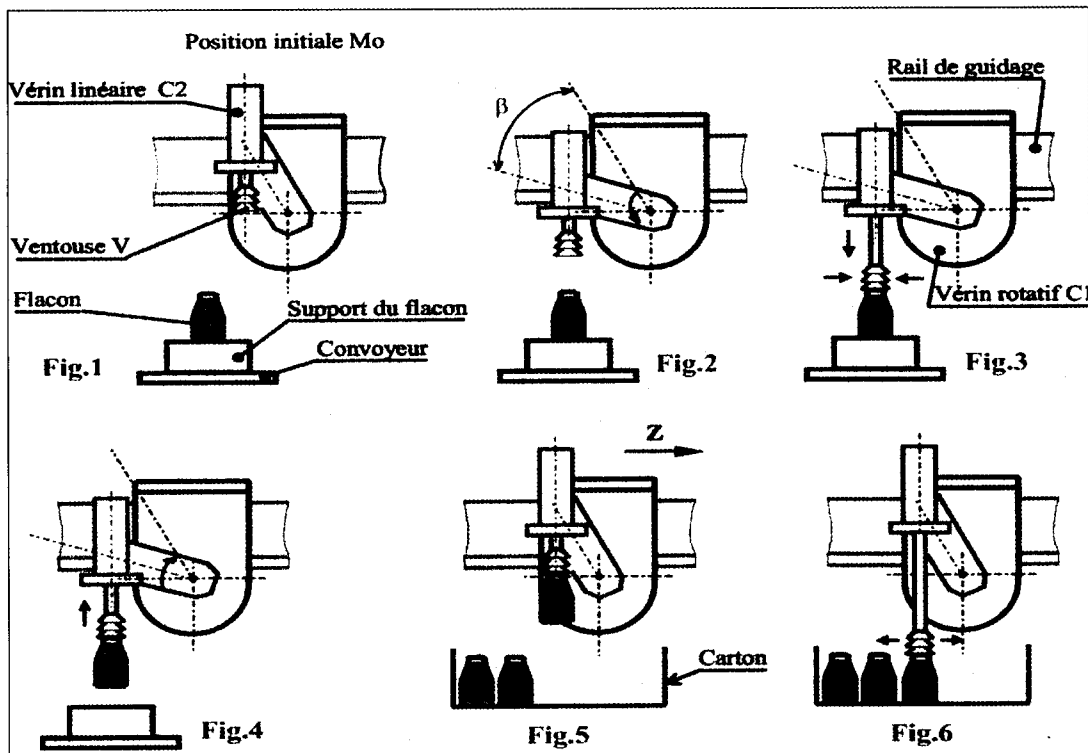
Formation d'une rangée de 5 flacons:

-Rotation de la tête du vérin rotatif C1 vers le bas (fig 2).

-Descente de la tige du vérin C2 et prise du flacon par la ventouse V (fig 3).

- Montée de la tige du vérin C2 et rotation du vérin C1 vers le haut (fig 4).
- Déplacement du mécanisme suivant l'axe Z . Compte tenu de la position du dernier flacon posé (fig.5).
- Descente de la tige du vérin C2 et libération du flacon dans le carton (fig 6).
- Montée de la tige du vérin C2.
- Retour du mécanisme à la position initiale Mo (déplacement suivant Z) . Ce cycle se répète 5 fois pour la formation d'une rangée de flacons.

Remplissage du carton par la formation de 4 rangées: A la fin de chaque rangée, le carton se déplace suivant l'axe X d'un pas et le cycle de formation de la rangée suivante commence; jusqu'à la fin de la quatrième rangée. Le mécanisme de prise de flacons et celui d'avance du plateau reviennent alors à leurs positions initiales. Le carton plein sera alors posé manuellement sur le tapis d'évacuation qui est mû par le moteur Mt. C'est la fin du cycle.



Actionneur	Préactionneur	Capteur
Vérin rotatif pneumatique C1	distributeur M1 (14M1 : rotation vers le bas) (12M1: rotation vers le haut)	l_{11} : position basse l_{10} : position haute
Vérin linéaire pneumatique C2	distributeur M2 (14M2: sortie; 12M2: rentrée)	l_{21} : position sortie l_{20} : position de rentrée
Ventouse pneumatique V	distributeur M3 (14M3: préhension; 12M3: libération)	l_{31} : flacon pris l_{30} : flacon libéré
Moteur pas à pas Mz	deux relais KM1z: déplacement à droite sur Z. KM2z: déplacement à gauche sur Z.	Système de gestion de position basse sur un codeur incrémental à sortie zi
Moteur pas à pas Mx	deux relais	Système de gestion de position basse sur un

	KM 1 x: avance sur l'axe X. KM2x: retour sur l'axe X.	codeur incrémental à sortie xi
Moteur Mt de tapis d'évacuation	contacteur KM2	

pf : Capteur infrarouge détectant la présence du flacon sous le dispositif de prise de flacon .

pc : capteur présence carton .

pz : capteur mécanique à galet détectant la position initiale du dispositif de prise de flacon

px : capteur mécanique à galet détectant la position initiale du plateau .

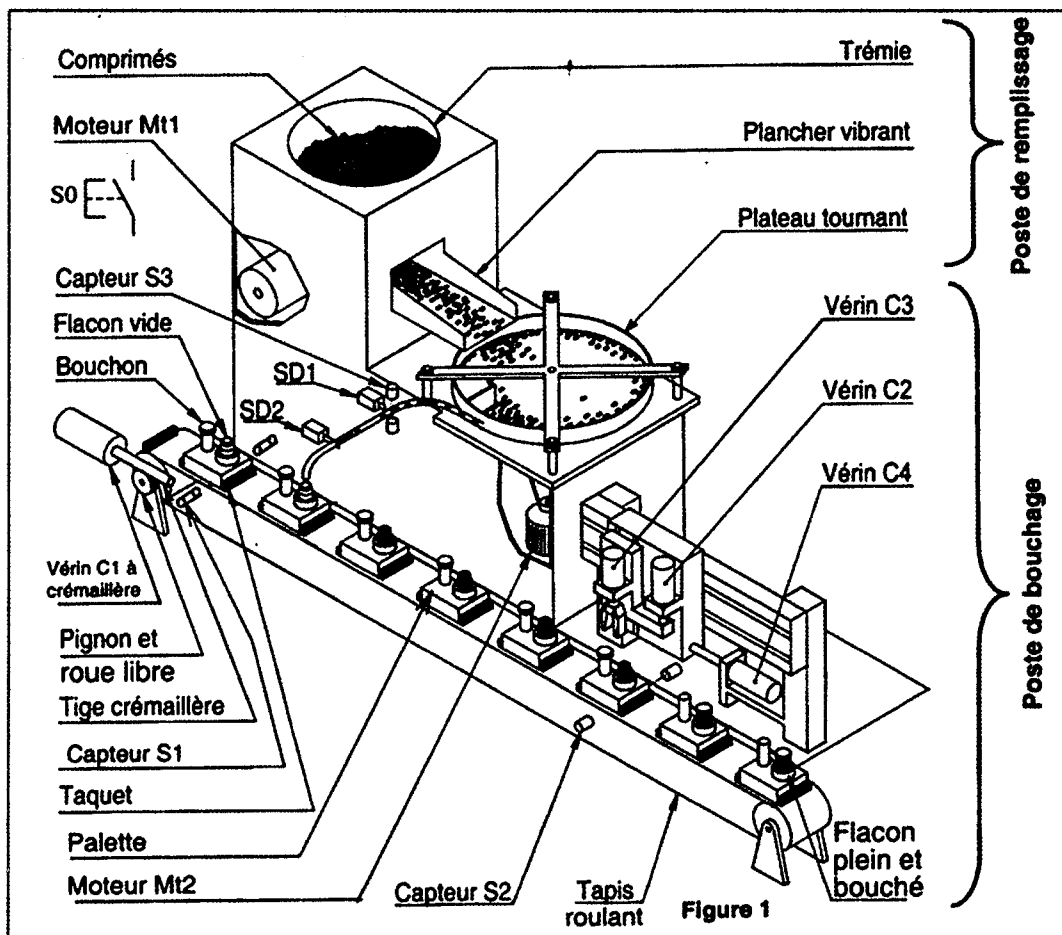
Etablir les GRAFCET du point de vue système et du point de vue partie commande .

Exercice N°12

SYSTEME DE CONDITIONNEMENT DE COMPRIMES PHARMACEUTIQUES

1 -Présentation générale du système :

Le système ci-dessous assure le remplissage de flacons par des comprimés pharmaceutiques , puis leur bouchage .



2 - description du fonctionnement :

Afin de remplir, boucher et évacuer des flacons de médicaments , le système doit assurer les opérations suivantes :

a - Amenés des palettes : (Vérin C1)

Cette opération débute si une palette est présente en face du capteur S1. suite à une action sur un bouton de départ cycle SO , le système déclenche le cycle suivant :

- Déplacement d'une palette au dessous du poste de remplissage (capteur L11)
- Déplacement d'une palette au dessous du poste de bouchage (position détectée par le capteur S2)

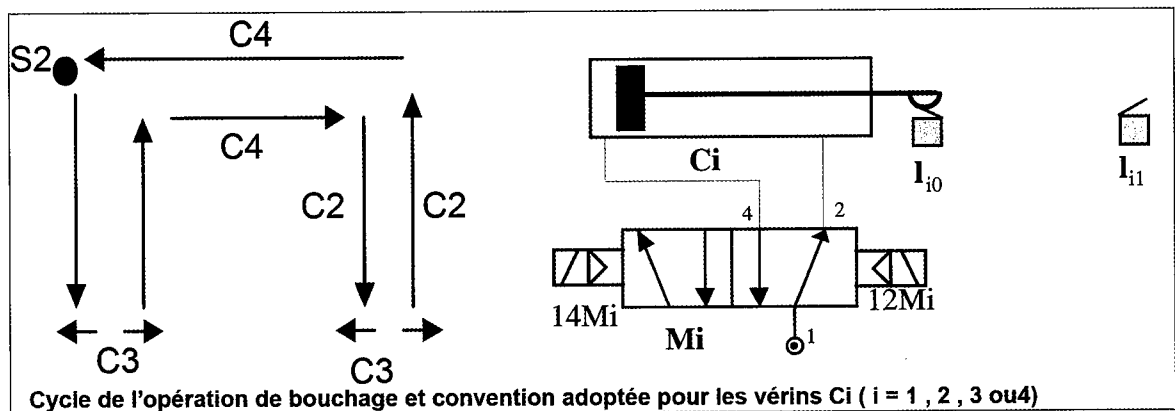
b - Opération de remplissage :

La détection d'une nouvelle palette (flacon + bouchon) par la capteur S1 provoque :

- la vibration du plancher actionné par le moteur pas à pas Mt1 (préactionneur : contacteur KM1) , la rotation du plateau entraînée par le moteur à courant continu Mt2 (Préactionneurs KM2) contrôlé en vitesse et l'ouverture du sas supérieur (commandé par un solénoïde SD1 : Préactionneurs : relais KA1) permettant la descente des comprimés . Un compteur des comprimés est incrémenté par des impulsions provenant d'un capteur infrarouge S3 placé à proximité du sas supérieur .

- l'arrêt des deux moteurs (Mt1 et Mt2) si le nombre des comprimés est égale à N (avec $N=12$) , le sas supérieur se ferme, le compteur C est remis à zéro et le sas inférieur (commandé par un solénoïde SD2 : préactionneur : relais KA2) s'ouvre ce qui permet le descente des comprimés pendant un temps $t = 5s$ (Temporisateur T).

c - Opération de bouchage :



La détection d'une palette par le capteur S2 (palette au niveau de poste de bouchage , provoque les opérations suivantes :

- prise du bouchon.
- positionnement du bouchon au dessus du flacon.
- bouchage du flacon.

Les opérations de remplissage et de bouchage reprennent tant qu'une palette est détectée par le capteur S1 ou le capteur S2 .

En se basant sur le fonctionnement du système donner le GRAFCET d'un point de vue de la partie commande .

Exercice N°13 **MACHINE AUTOMATIQUE A SCIER DES BARRES**

1 - Présentation du système : Le système permet de scier des barres et des profilés métalliques à des longueurs réglables et répéter automatiquement la même coupe autant de fois qu'on désire (voir schéma : Machine automatique à scier les barres). Il comporte :

- ♦ Un étau mobile M monté sur un chariot. L'étau étant serré permet la translation de la barre par un vérin C4.
- ♦ Un étau F immobilisant la barre au moment de sciage.
- ♦ Une scie entraînée en rotation par le moteur MSC et dont la descente et la montée est commandée par le vérin C1.

N.B : le moteur de rotation MSC de la scie ne fait pas partie de l'étude . On le considère qu'il se met en rotation dès la mise sous tension du système .

2 - Fonctionnement du système : Le chargement et le déchargement du système sont effectués manuellement . Lorsqu'une barre est chargée un capteur k est actionné et le système attendra une impulsion de départ de cycle donnée par Dcy.

Les conditions de départ du cycle sont :

- ♦ Scie en position haute .
- ♦ Etau fixe serré
- ♦ Etau mobile desserré
- ♦ Chariot en position gauche

Le cycle permet de réaliser 10 sciages. Le nombre de pièces coupées est déterminé par un compteur qu'on étudiera par la suite.

Après la mise en place d'un barreau de fer (détecté par un capteur k), une action sur le bouton départ cycle provoque :

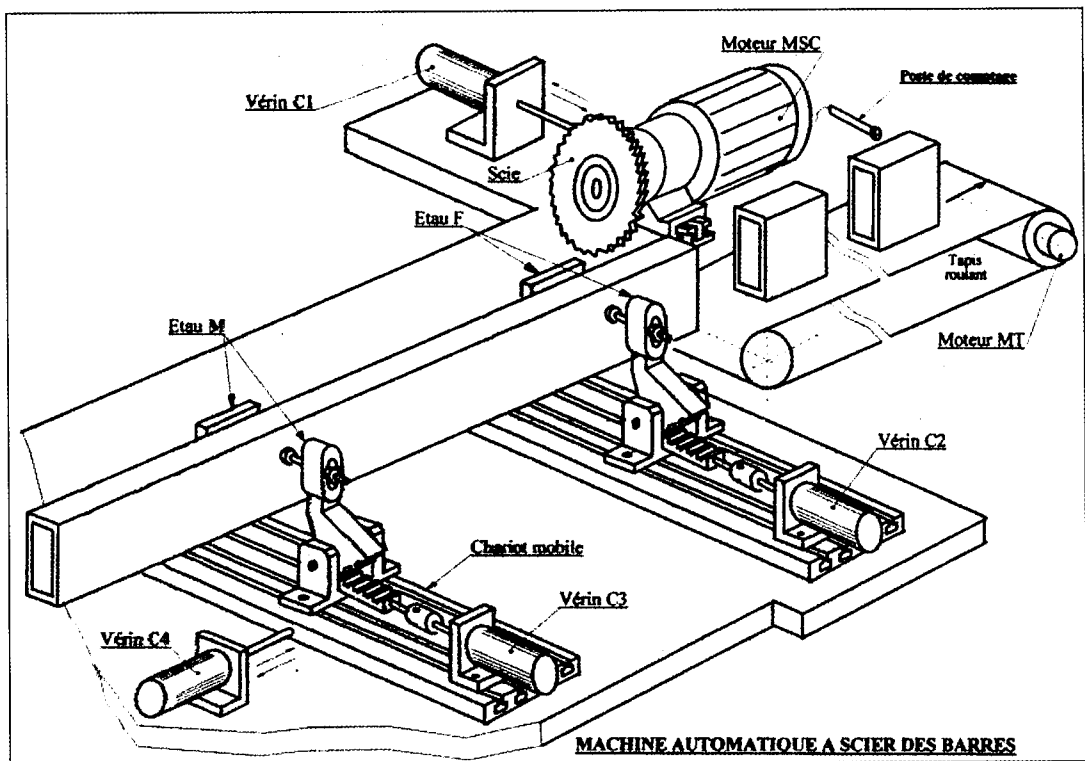
- ♦ Le serrage de l'étau mobile.
- ♦ Desserrage de l'étau fixe et translation du chariot à droite.
- ♦ Serrage de l'étau fixe.
- ♦ Desserrage de l'étau mobile et sciage.
- ♦ Translation du chariot à gauche et sciage.
- ♦ Remontée de la scie.
- ♦ Evacuation de la pièce sciée par un tapis roulant vers une ligne flexible d'usinage.

En fonction de l'information fournie par le système de comptage , le cycle décrit l'une des séquences suivantes :

- ♦ si le nombre des pièces est inférieur à 10 ($n = 0$) le cycle reprend .
- ♦ si le nombre des pièces est égale à 10 ($n = 1$) le système se termine .

3 - Identifications :

Actions	Rep	Actionneurs	Préactionneurs	Rep	Capteurs	Rep
Descente de la scie	C ₁	Vérin simple effet	Distributeurs 3/2 monostable	M ₁	Fin descente Fin montée	I ₁₀ I ₁₁
Serrage pièce étau fixe	C ₂	Vérin double effet	Distributeur 5/2 bistable	M ₂	Etau serré Etau ouvert	I ₂₁ I ₂₀
Serrage pièce étau mobile	C ₃	Vérin double effet	Distributeur 5/2 bistable	M ₃	Etau serré Etau ouvert	L ₃₁ L ₃₀
Translation étau mobile	C ₄	Vérin double effet	Distributeur 5/2 bistable	M ₄	Tige sortie Tige rentrée	I ₄₁ I ₄₀
Tapis roulant	MT	Moteur asynchrone	Discontacteur	KM1		



SCI → 14Mi ; → RCI → 12Mi

Dcy : bouton poussoir de départ cycle .

k : capteur présence d'un barreau de fer.

n : information fournie par le compteur.

MSC : moteur asynchrone triphasé à rotor en court circuit 220/380v . **MT** : moteur entraînant le tapis . Il est actionné par la présence d'une pièce découpée (détectée par un capteur à métaux h) .

Donner les GRAFCET du point de vue partie opérative et le GRAFCET du point de vue partie commande .

Exercice N°14

DISTILLERIE INDUSTRIELLE

I – Présentation du système : Ce système permet d'extraire par distillation l'essence et l'eau de fleurs d'orangers . L'essence est un produit de base utilisé en parfumerie , elle est stockée dans un réservoir . L'eau de fleurs d'orangers est un produit à usage courant , elle est mise en bouteilles pour la commercialisation .

II– Description : Le schéma ci-dessous représente le système qui est constitué par :

- Un poste de distillation et un séparateur .
- Une chaîne de mise en bouteilles .
- Une salle de commande qui permet le contrôle et la commande du système .

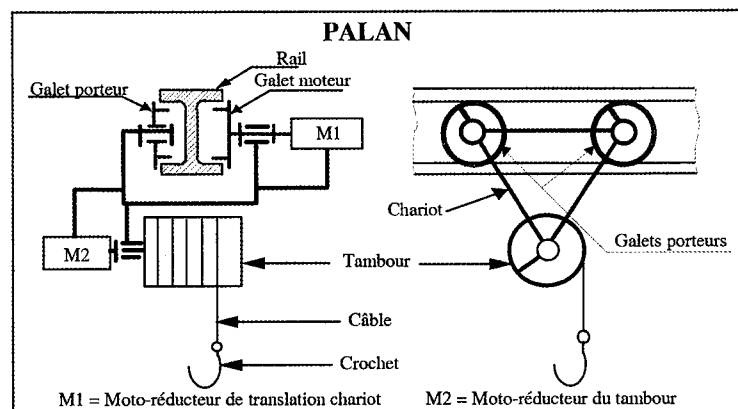
1 - Le poste de distillation et le séparateur : Le poste de distillation est constitué par un palan de lavage , un chaudron et un condenseur . Le chaudron est chargé par cinq paniers , contenant chacun 100 Kg de fleurs d'orangers , à l'aide de palan . L'aménagement des paniers et de leur accrochage au câble du palan ne font pas partie de cette étude .

Le chaudron contient de l'eau potable dans laquelle sont immergés les paniers et qui est portée à ébullition grâce à des résistances chauffantes .

La vapeur produite est dirigée vers le condenseur qui la transforme en liquide . Ce liquide est un mélange d'essence et de l'eau de fleurs . Ce mélange passe par un séparateur muni de deux sorties :

- une sortie pour l'essence de fleurs qui est reliée à un réservoir non représenté.
- une sortie pour l'eau de fleurs d'orangers . Cette eau sera mise en bouteilles.

2 - La chaîne de mise en bouteilles: Elle est constituée principalement par un poste de remplissage et un poste de bouchage . L'alimentation de ces postes en bouteilles se fait par un même tapis roulant qui possède sur des pas réguliers des supports pour le maintien des bouteilles .



III– Fonctionnement du palan :

1 - Description du palan: Le palan est utilisé pour charger et décharger les paniers de fleurs d'orangers dans le chaudron . Il est principalement constitué par :

- Un chariot mû par un moto-réducteur (**M1**) qui permet le déplacement horizontal de

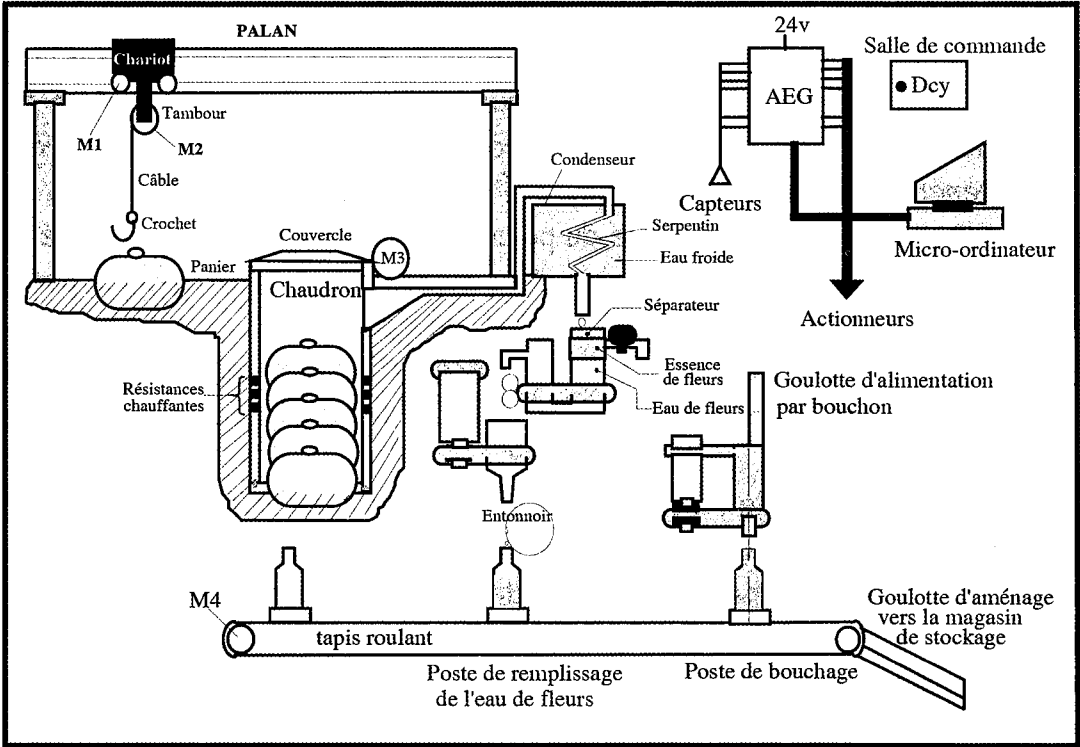
l'ensemble sur un rail en forme de I

•Un tambour mû par un moto-réducteur (M2) sur lequel s'enroule un câble terminé par un crochet . Le freinage de ce moteur est assuré par un frein électromagnétique

2 - Cycle de chargement des paniers :

On admet , pour le départ de ce cycle , que la condition **chaudron ne contient aucun panier** est vérifiée . L'action sur le bouton poussoir **Dcy** entraîne par ordre :

- L'ouverture du couvercle effectuée par le moteur **M3** .
- Le chargement de cinq paniers , un par un , dans le chaudron
- La fermeture du couvercle .
- La fin du cycle de chargement des paniers .



Ainsi le crochet initialement en position basse , décrit des cycles en U renversé (Π) . Pour compter le nombre de paniers on utilise un compteur (C1) modulo cinq incrémenté à la fin de chaque cycle en U renversé .

Action		Actionneurs	Préactionneurs	Capteurs associés
MONTER	M	Moteur électrique (M2)	KM21	h
DESCENDRE	D		KM22	b
TRANSLATER vers chaudron	T ⁺	Moteur électrique (M1)	KM11	d
TRANSLATER en sens arrière	T ⁻		KM12	g
OUVRIR couvercle	Oc	Moteur électrique (M3)	KM31	o
FERMER couvercle	Fc		KM32	f
COMPTER	P1	Compteur (C1)	P1	C1
	Z1		Z1	
Départ cycle				Dcy

Etablir le GRAFCET selon un point de vue PC.

Exercice N°15 **UNITE DE BOUCHONNAGE DE FLACONS**

I - Description: Le système à étudier fait partie d'une chaîne de fabrication de produits de beauté. Il permet de boucher des flacons de parfum de type aérosol. Il comprend :

Poste 1 : (alimentation en bouchons)

-Un tapis roulant Tr1 menu d'empreintes permettant l'aménage des bouchons.

Poste2 (alimentation des flacons vides)

-Un tapis roulant Tr2 menu d'empreintes servant à l'aménage des flacons .

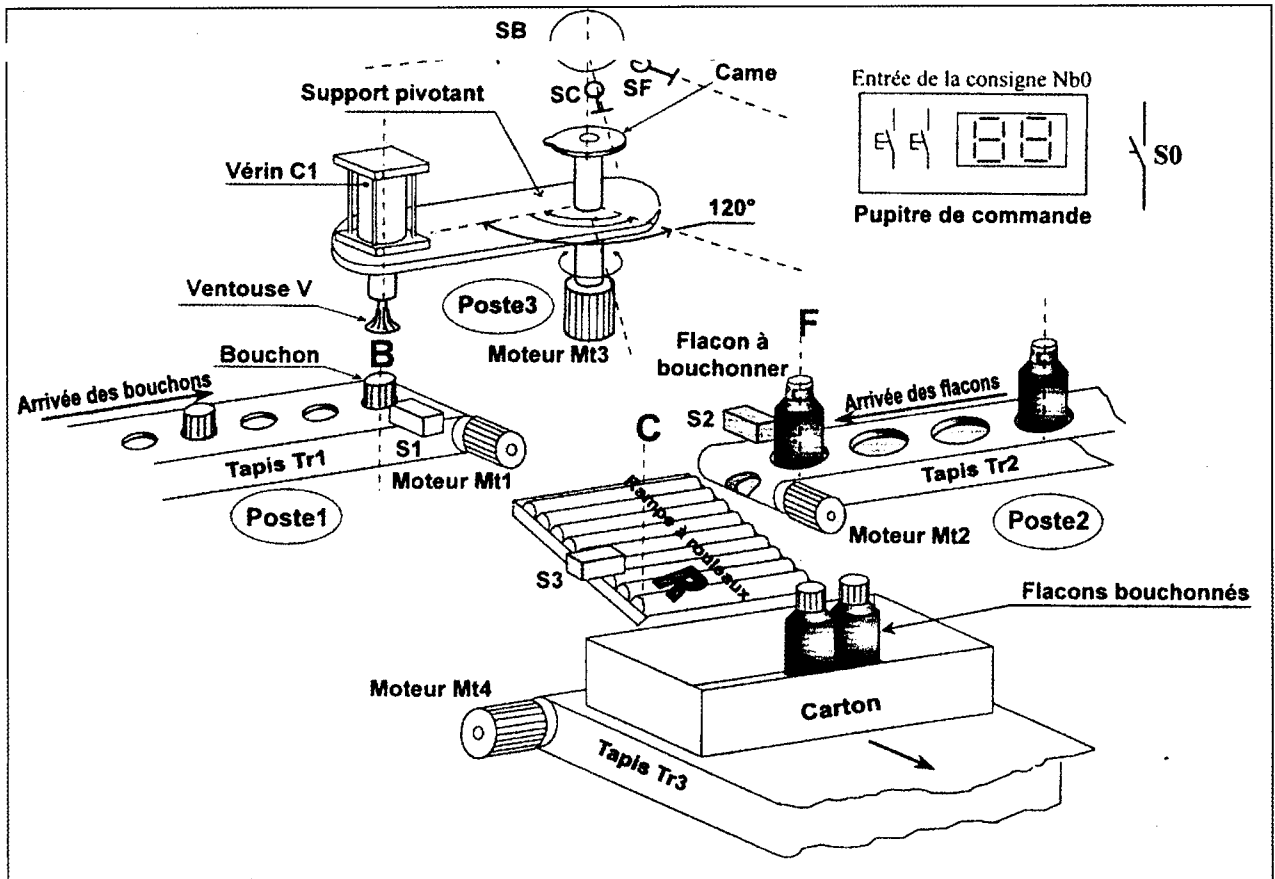
Poste 3 (bouchonnage des flacons)

-Une ventouse V pour préhension et la pose d'un bouchon.

- Un support pivotant pouvant occuper trois positions B , F , et C.

- Une rampe à rouleaux permettant par gravité de mettre un flacon bouchonné dans la carton.

- Un tapis roulant TR3 d'évacuation des cartons remplis.



II - fonctionnement :

Etat initial : Ventouse V en position haute . Support pivotant en position B (capteur SB1=1)

Cycle de production automatique :

L'opérateur introduit à partir du pupitre la valeur initiale Nbo d'un compteur , Nbo étant le nombre de flacons à bouchonner , puis il actionne sur le bouton S0 pour le départ du cycle . L'évolution de la production se déroule dans l'ordre chronologique suivant :

1 - simultanément :

a - Aménage d'un bouchon par le tapis Tr1 vers le poste3

b - Aménage d'un flacon par le tapis TR2 vers le poste3.

2 - Prise du bouchon par la ventouse : Descente de la ventouse V . Activation de la ventouse V par la prise du bouchon . Montée de la ventouse avec le bouchon .

3 - Pivotement de la ventouse V avec le bouchon de la position B (dessus du bouchon) à la position F(dessus flacon).

4 - Descente de la ventouse V pour enfoncer le bouchon sur le flacon.

5 - remontée du flacon bouchonné.

6 - Pivotement de l'ensemble (flacon bouchonné) au dessus de la rampe à rouleaux R (position C).

7 - Libération du flacon bouchonné sur la rampe R(le déplacement des flacons sur la rampe se fait par gravité).

8 - Retour de la ventouse à sa position initiale B et décrémentation du compteur.

9 - Le cycle se répète tant que le compteur n'indique pas zéro .Lorsque le compteur indique zéro le système revient à l'état initial.

Action	Actionneur	Préactionneur	Capteur
Amener un bouchon par le tapis TR1	Moteur DC Mt1	KM1	S1 : arrivée bouchon
Amener un bouchon par le tapis TR2	Moteur DC Mt2	KM2	S2 : arrivée flacon
Préhension du bouchon par la ventouse	Ventouse V : Active inactive	14M0 12M0	L01 : ventouse activée L00 : ventouse inactivée
	Vérin C1 SC1 : descendre ventouse RC1 : remonter ventouse	14M1 12M1	L11 : V en bas L10 : V en haut
Pivoter la ventouse entre B,F et C	Moteur pas à pas Mt3 : Sens AV de B à F Sens AR de F à C puis de C à B	KM31 KM32	SF : V au dessus du flacon. SB : V au dessus du bouchon SC : V au dessus du carton
Actionner tapis TR3	Moteur DC Mt3	KM4	

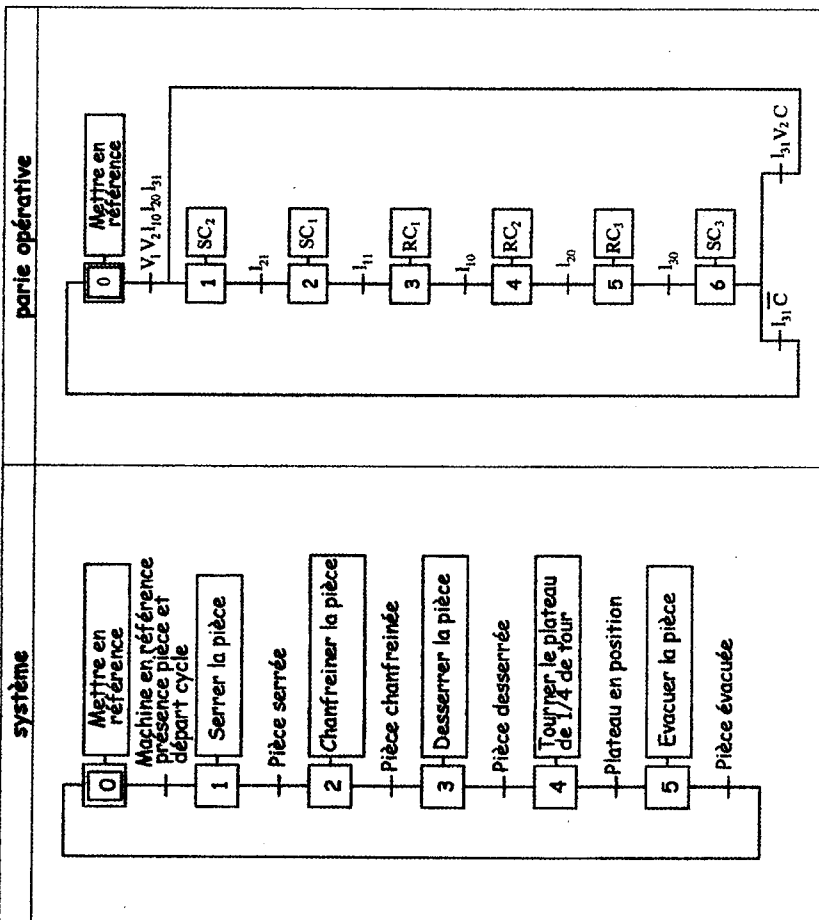
Etablir les GRAFCET selon un point de vue système et selon un point de vue de la partie commande.



(GRAFCET)

Exercice N°1 MACHINE A CHANFREINER LES DOUILLES ELECTRIQUES

1 - GRAFCET du point de vue :

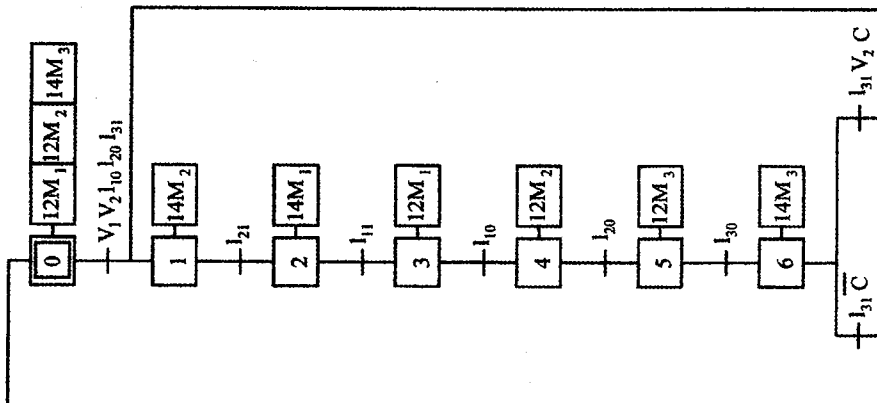


Le GRAFCET de point de vue système , écrit en termes généraux , traduit les données du cahier des charges . Il est compréhensible par toute personne non spécialisée et décrit le fonctionnement global du système sans préciser la technologie adoptée .

Le GRAFCET PO est compréhensible seulement par les personnes spécialisées . Il spécifie la technologie de la partie opérative ainsi que les types d'informations qui dialoguent avec la partie commande .

- Partie commande :

Ce type de GRAFCET prend en compte les choix technologiques . Il est compréhensible uniquement par les personnes spécialisées .



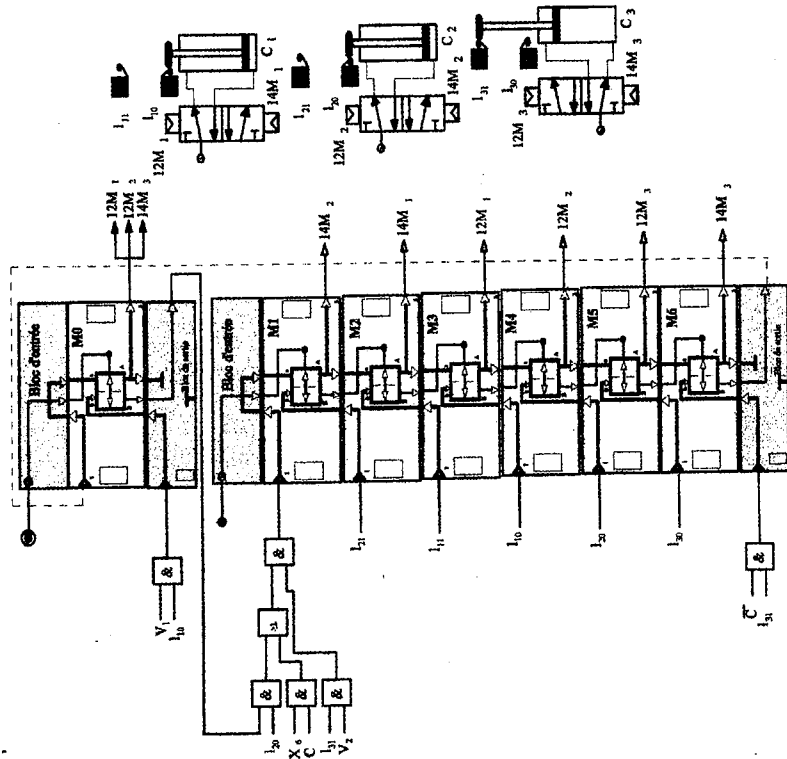
A partir de l'étape 6 , l'opérateur doit choisir entre deux modes de fonctionnement :

- Cycle continu : le système continue à produire tant que la pièce est présente et le sélecteur en position C . Si la pièce vient de manquer , le système s'arrête .
- Cycle par cycle : le système revient à sa position initiale et ne peut démarrer que lorsque l'on actionne de nouveau le bouton marche en présence des pièces .

2 - Tableau d'analyse :

N° de l'étape	Activation	Désactivation	Sortie
0	$X_6 I_{31} \bar{C}$	X_1	$12M_1-12M_2-14M_3$
1	$X_0 V_1 V_2 I_{10} I_{20} I_{31} + X_0 I_{31} V_2 C$	X_2	$14M_2$
2	$X_1 I_{21}$	X_3	$14M_1$
3	$X_2 I_{11}$	X_4	$12M_1$
4	$X_3 I_{10}$	X_5	$12M_2$
5	$X_4 I_{20}$	X_6	$12M_3$
6	$X_5 I_{30}$	$X_0 X_1$	$14M_3$

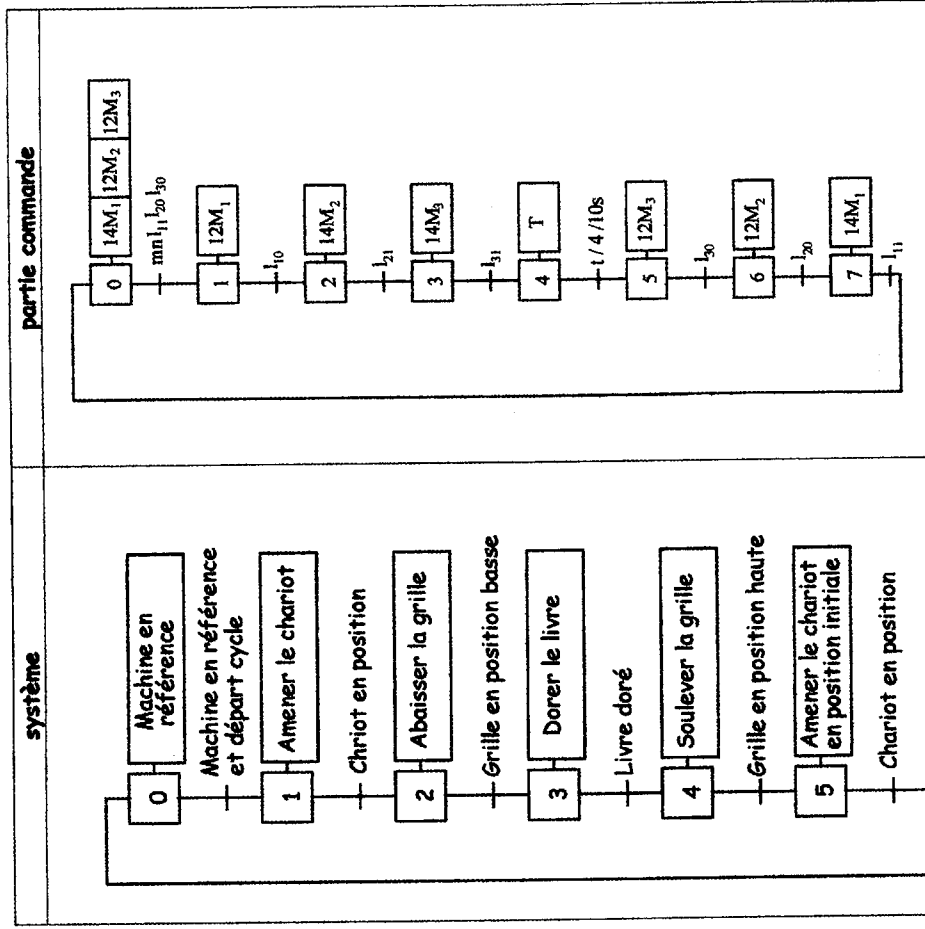
3 - Séquenceur pneumatique en modules Climax : On a 7 étapes, il nous faut 7 modules mémoires :



Exercice N°2

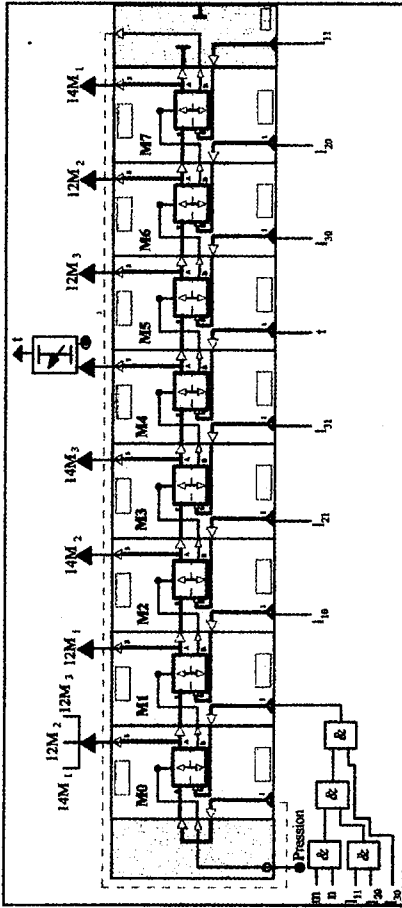
PRESSE PNEUMATIQUE À DORER LES LIVRES

1 - GRAFCET du point de vue :



2 - Schéma de câblage du séquenceur pneumatique (technologie Climax) :

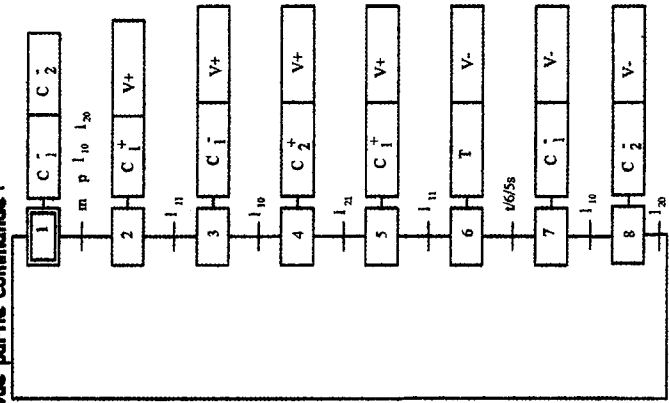
Le GRAFCET du point de vue partie commande comporte 8 étapes, le séquenceur sera réalisé avec 8 modules mémoires. Un temporisateur pneumatique fixera le temps nécessaire pour dorer le livre (10s).



Exercice N°3

SYSTÈME AUTOMATIQUE DE MISE SOUS ENVELOPPE

1 - GRAFCET du point de vue partie commandée :



~ 135 ~

2 - Equations des sorties :

$$C_1^+ = X_2 + X_5 ; C_1^- = X_1 + X_3 + X_7 ; T = X_6$$

$$V^+ = X_0 + X_4 + X_8 ; V^- = X_2 + X_3 + X_4 + X_5$$

3 - Séquenceur électronique

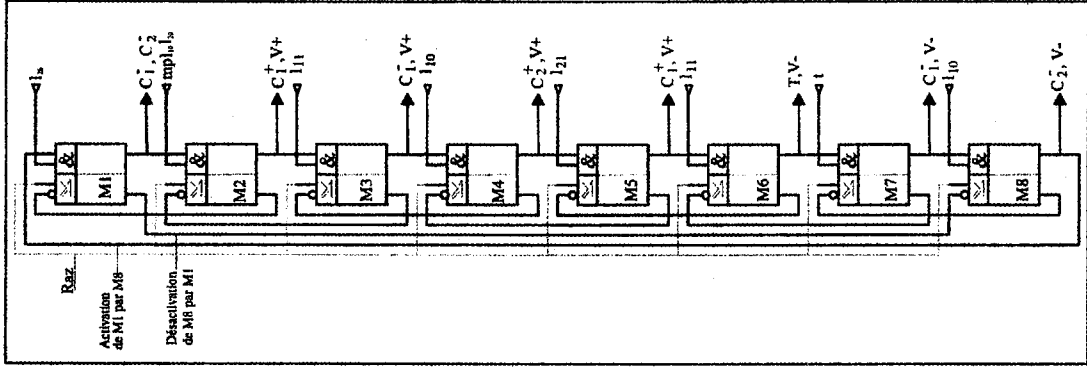
Le GRAFCET comporte 8 étapes, il nous faut 8 modules étapes. Le symbole d'un module électronique est le suivant :



Pour câbler le séquenceur on doit chercher pour chaque étape les conditions d'activation et les conditions de désactivation.

Exemple : pour l'étape N°1 :

- conditions d'activation : étape précédente active (étape 8) ET réceptivité précédente vraie ($I_{20} = 1$).
 - conditions de désactivation : étape suivante active (étape 2) OU un ordre extérieur de mise à zéro.
- La sortie complétée de l'étape n désactive l'étape n - 1 (désactivation par l'état logique 0 car quand $S = 1$ alors $\bar{S} = 0$)

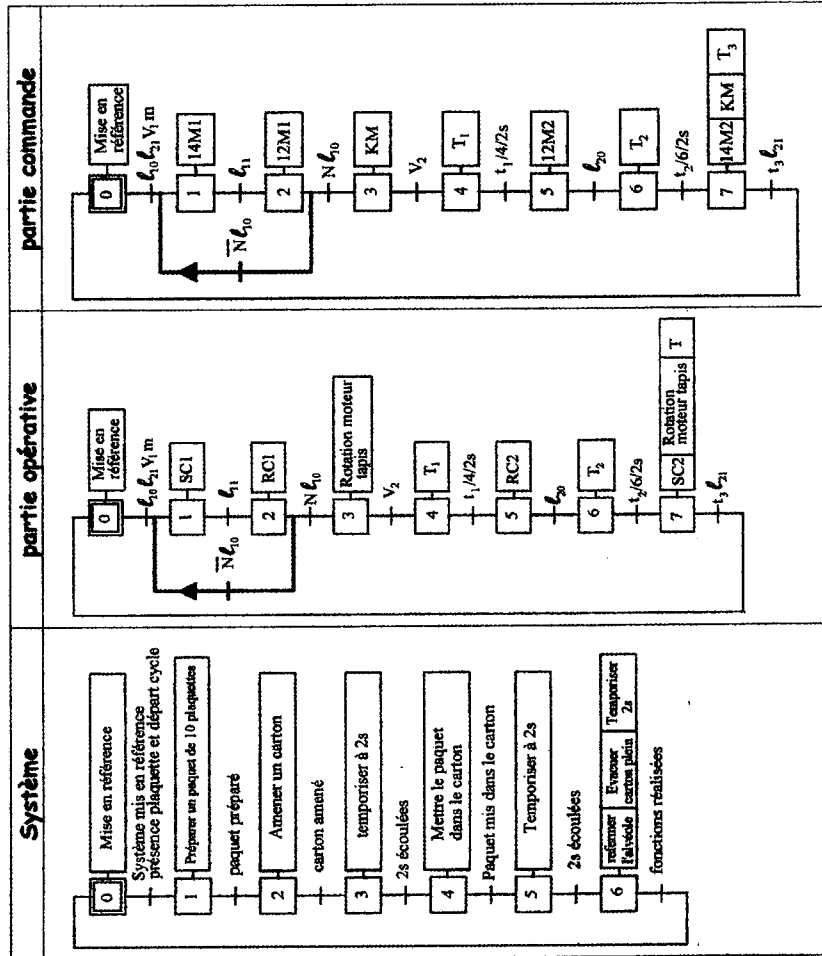


~ 136 ~

Exercice N°4

SYSTÈME D'EMPAQUETAGE

1 - GRAFCET selon un point de vue :



2 - Equations des sorties :

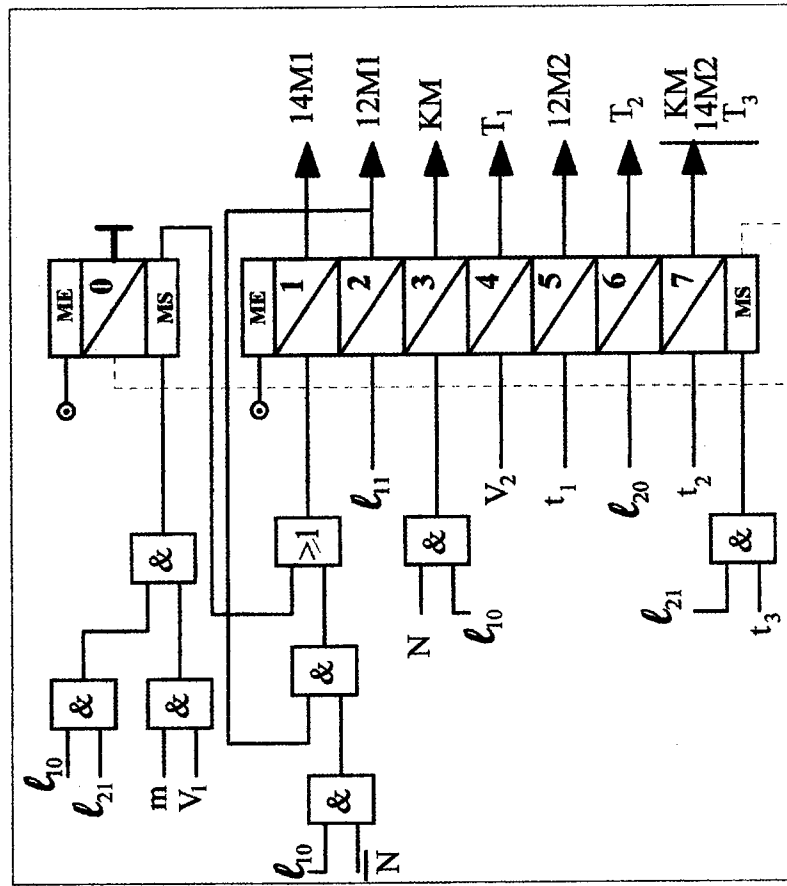
$$KM = X_3 + X_7 ; X_3 = (X_2 N l_{10} + m_3) \bar{X}_4$$

3 - Le schéma de câblage du séquenceur pneumatique (technologie CLIMAX) :

La reprise de séquence permet d'exécuter les étapes 1 et 2 plusieurs fois (ici 10 fois) tant que la réceptivité $N l_{10}$ n'est pas vraie . Si $N l_{10}$ est vraie on va sortir du boucle et le système continue à évoluer normalement .

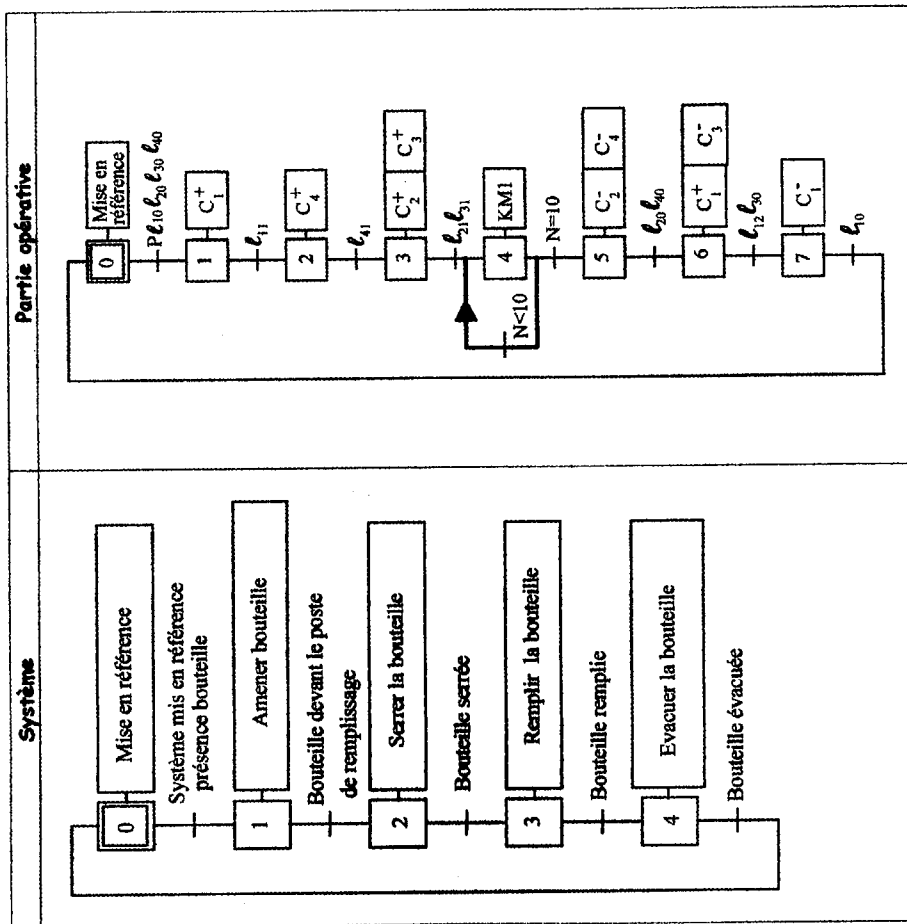
On peut remplacer la séquence à répéter (étape 1 et 2) par un sous programme , on obtiendra deux GRAFCET qui fonctionnent en coordination , dans ce cas le séquenceur comportera un module mémoire de plus . On procède autrement en prenant l'étape 0 seule comme un séquenceur isolé , le reste des étapes constitueront le deuxième séquenceur .

Le schéma du séquenceur sera plus simple à représenter en utilisant le symbole suivant : (technologie pneumatique Climax) .



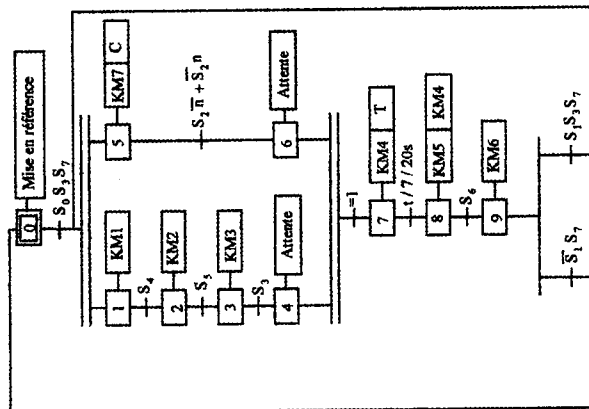
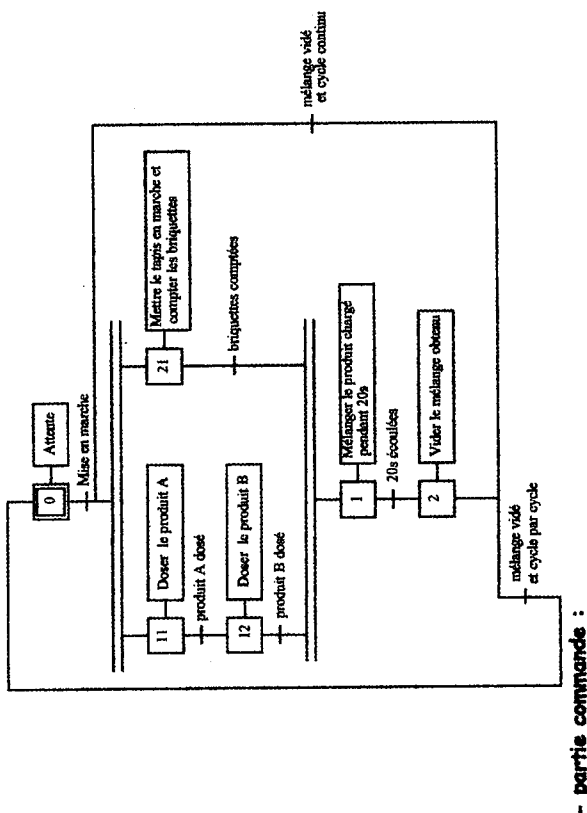
ME : module d'entrée ; MS : module de sortie .

Exercice N°5 SYSTÈME DE REMPLISSAGE DE BOUTEILLES



Exercice N°6 : MALAXEUR DOSEUR

- 1 - GRAFCET du point de vue :
- Système : Soit C un compteur délivrant une information « n ». Si $n = 1$ le capteur S8 sera actionné deux fois (deux briquettes). Si $n = 0$ le capteur S8 sera actionné trois fois (trois briquettes).



- partie commande :

Exercice N°7

- Système :



- Séquences simultanées :

A partir de l'étape 3, la réceptivité $_{15|170}$ provoque l'activation simultanée des étapes 4, 6, 10 et 14. Ensuite les séquences 4 - 5 (chargement) ; 14 - 15 (déchargement) ; 6 - 7 - 8 - 9 (perçage) ; 10 - 11 - 12 - 13 (alésage) évoluent de façon indépendante, ce sont des séquences simultanées. L'étape 0 ne peut être active que si les étapes 5 - 9 - 13 - 15 sont actives en même temps et que la réceptivité précédente (Cl_{1-90}^{1-60}) soit vraie.

- Séquences exclusives :

Si les étapes 5 - 9 - 13 - 15 sont actives, il faut faire le choix entre deux évolutions possibles suivant l'état logique des deux réceptivités ($C_{10}I_{90}I_{40}I_{60} = R_1$) et ($\overline{C}P_{10}I_{90}I_{40}I_{60} = R_2$). Si R_1 et vraie l'étape 0 s'active et le système s'arrête. (marche cycle par cycle). Si $R_2 = 1$, on saute l'étape 0 pour exécuter la séquence de préparation et le système continue à produire tant que $P = 1$ (marche continue).

3 - Equation :

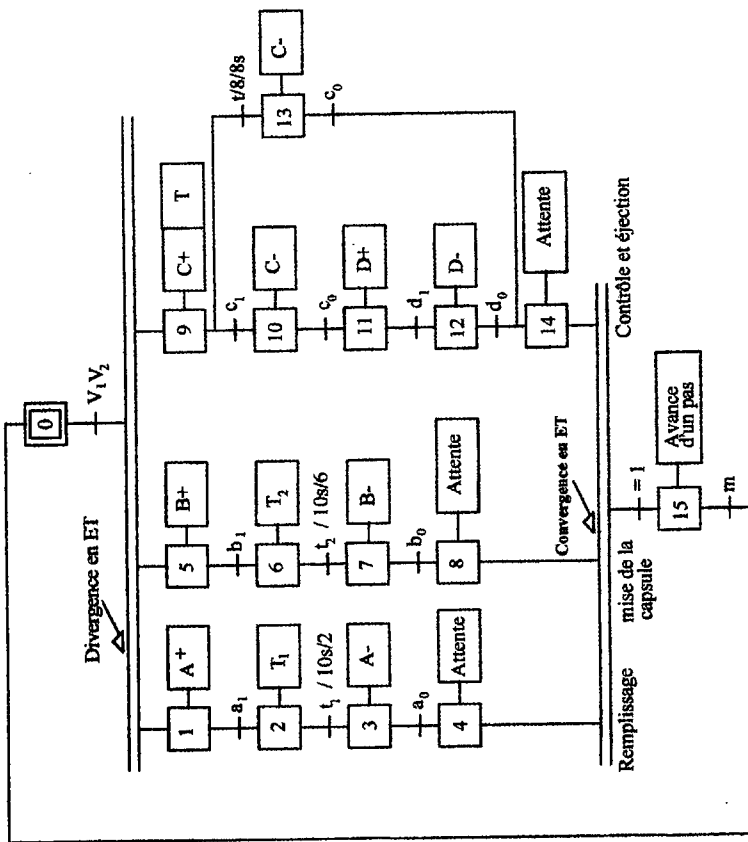
- de l'étape 0 : $X_0 = X_5 X_9 X_{13} X_{15} C_{10} I_{90} I_{40} I_{60} m_0 \overline{X}_5$.

- de l'étape 1 : $X_1 = (X_0 m P I_{10} I_{20} I_{30} I_{40} I_{50} I_{60} I_{70} I_{80} + X_5 X_9 X_{13} X_{15} \overline{C} P I_{10} I_{90} I_{40} I_{60} + m_1) \overline{X}_2$

- de l'étape 3 : $X_3 = (X_2 I_{71} + m_3) \overline{(X_4 X_6 X_{10} X_{14})}$.

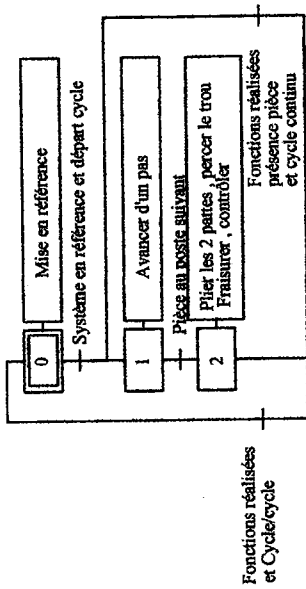
Exercice N°8

DISPOSITIF DE REMPLISSAGE-FERMETURE ET CONTRÔLE DE BOUTEILLES
GRAFCET du point de vue partie commande :

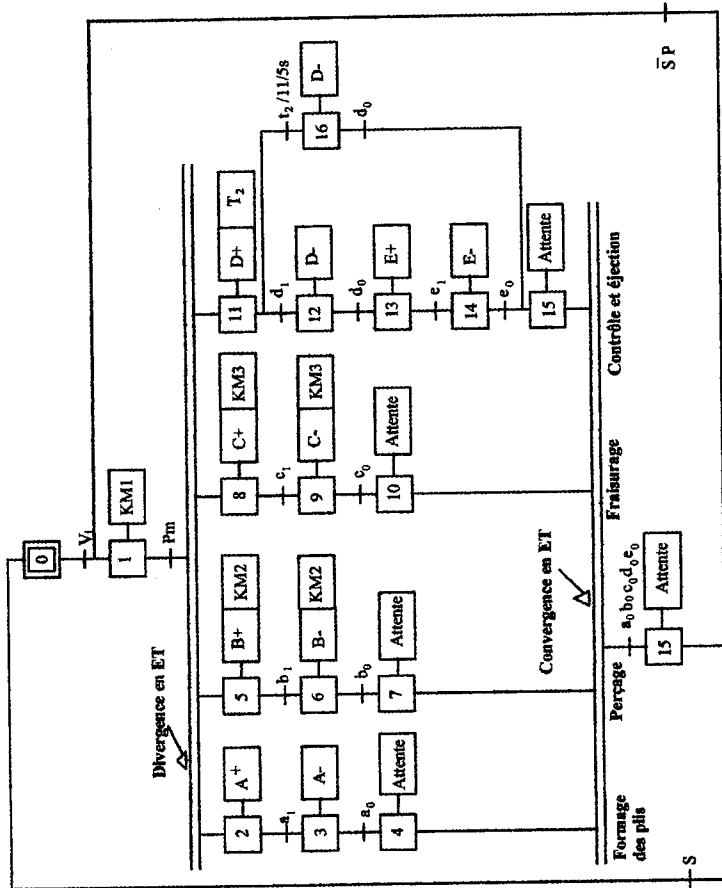


Exercice N°9 SYSTÈME DE MISE EN FORME(pliage et perçage des pièces).
GRAFCET selon un point de vue :

- système :



- partie commande :



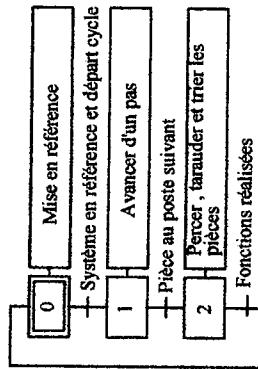
Pièce mal percée : perçage non débouchant , la tige du vérin E se bloque , dans ce cas le capteur d_1 ne sera pas actionné et l'étape 12 ne s'active pas . Si le blocage dure 5s , il sera demandé à la tige de remonter en position haute sans déclencher le système d'éjection . La pièce tombera dans un panier "rebut" .

Pièce bien percée : la tige du vérin E actionne d_1 et déclenche ainsi le système d'éjection

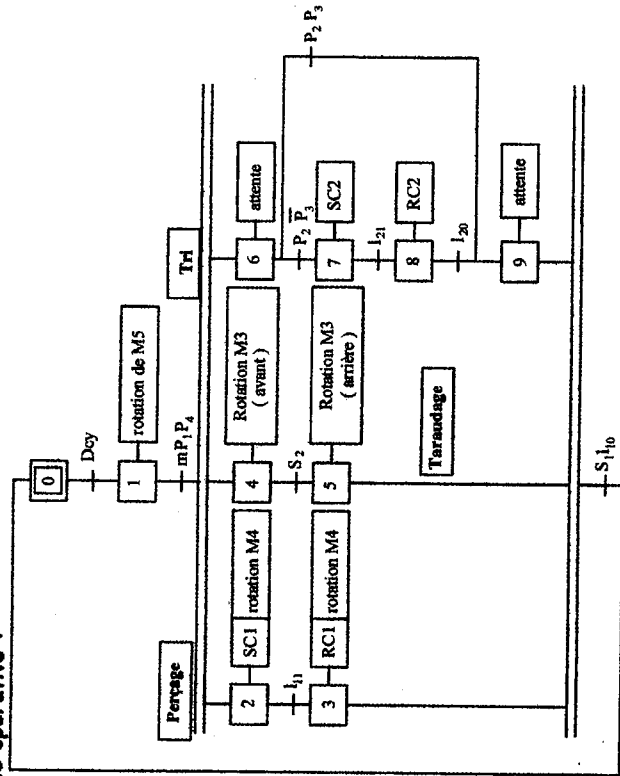
Exercice N°10 POSTE DE PERÇAGE ET DE TARAUDAGE

GRAFCET selon un point de vue :

- système :

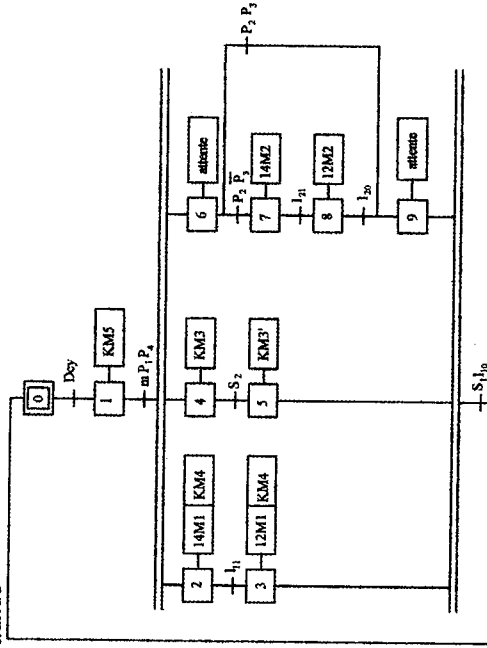


- partie opérative :



~ 145 ~

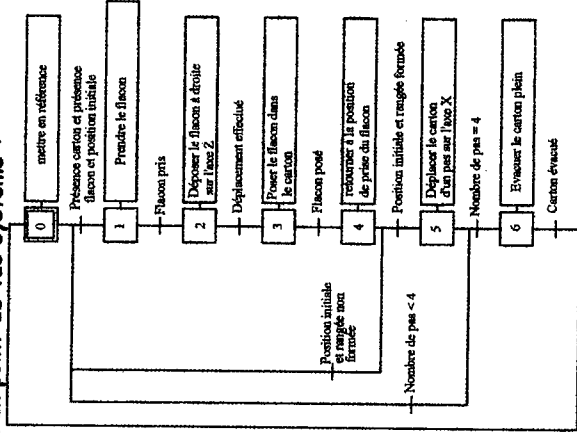
- partie commande :



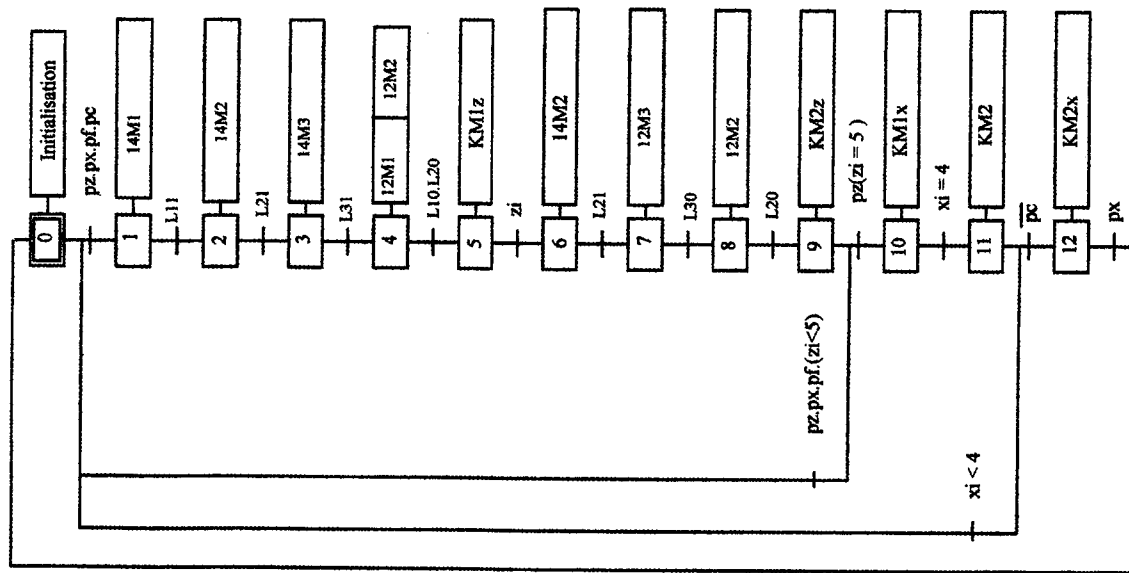
~ 146 ~

Exercice N°11 CHAÎNE DE CONDITIONNEMENT DE MEDICAMENTS

- GRAFCET selon un point de vue système :

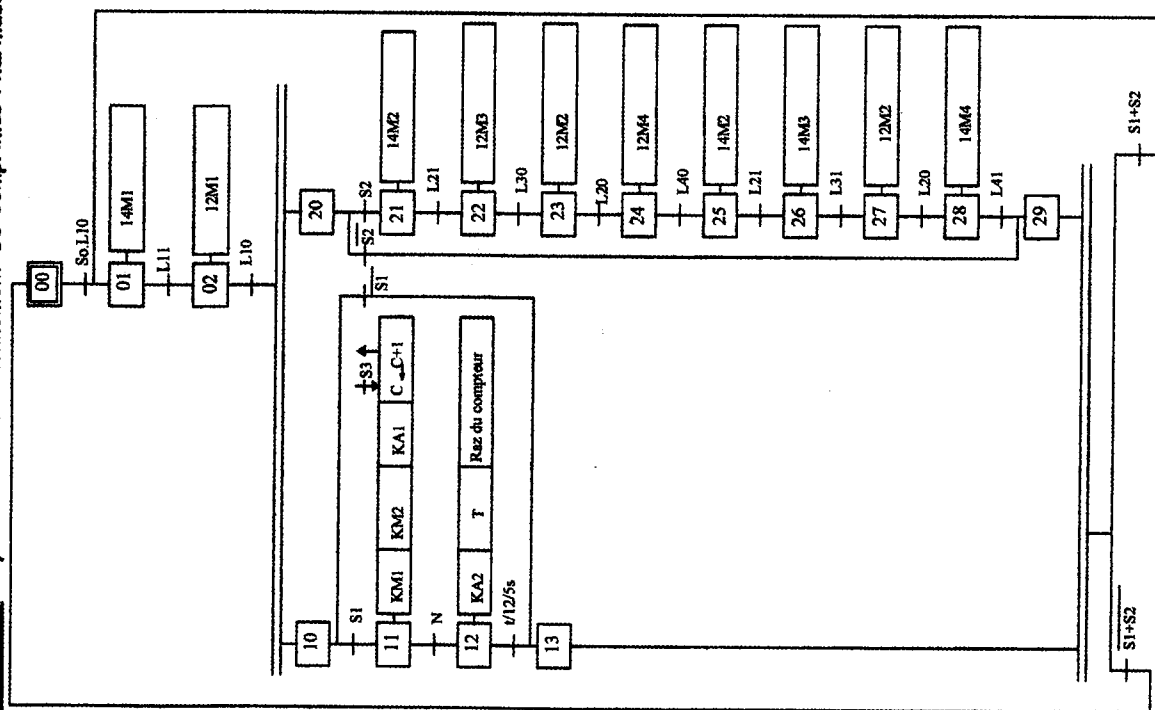


- GRAFCET du point de vue partie commande :



~147~

Exercice N°12 : Système de Conditionnement De Comprimés Pharmaceutiques

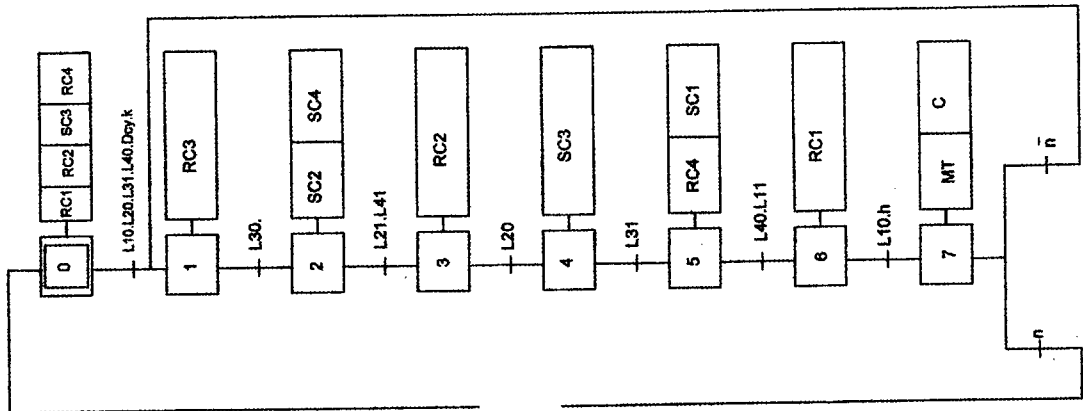


~148~

Exercice N°13 MACHINE AUTOMATIQUE À SCIER DES BARRES

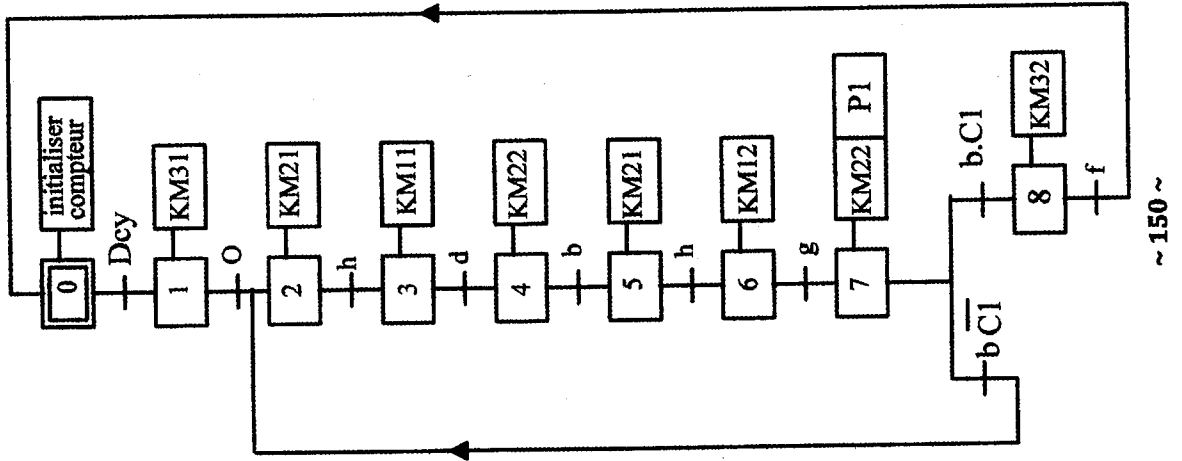
GRAFCET PO :

GRAFCET PC :



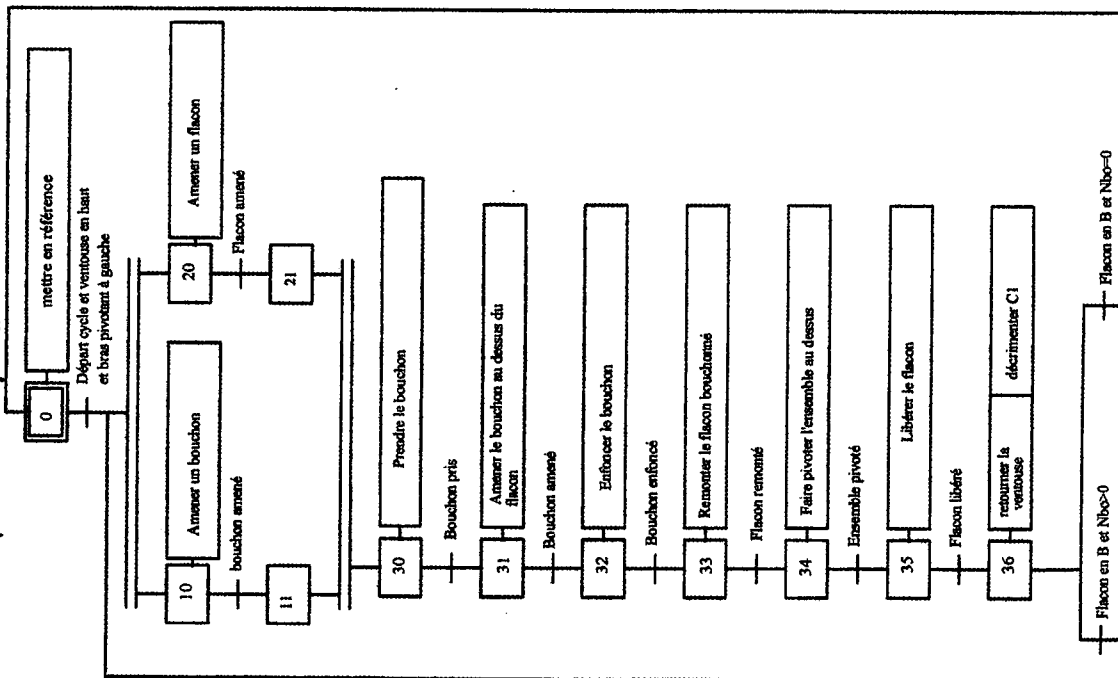
~ 149 ~

Exercice N°14 : Distillerie Industrielle



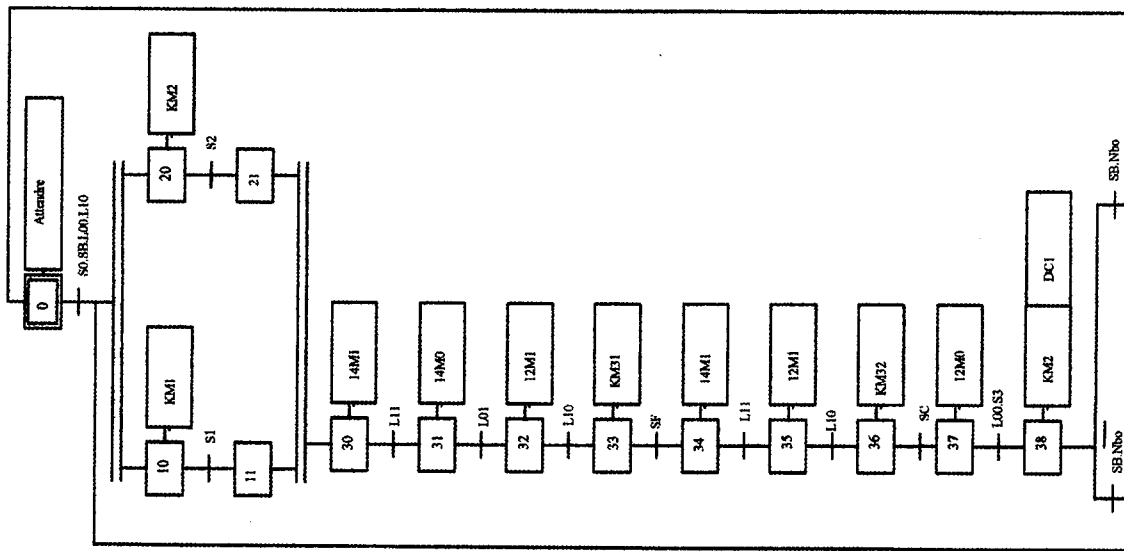
~ 150 ~

Exercice N°15 **UNITE DE BOUCHONNAGE DE FLACONS** - GRAFCET selon un point de vue système



~ 151 ~

- GRAFCET selon un point de vue PC

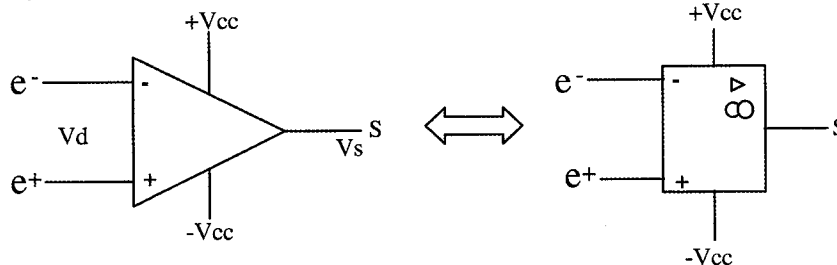


~ 152 ~

LES AMPLIFICATEURS LINEAIRES INTEGRES (A.L.I)

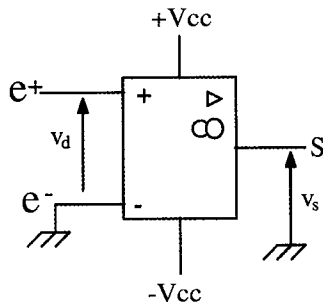
Exercice N°1

1 - Identifier le symbole suivant :



2 - donner les caractéristiques , le schéma équivalent et la caractéristique de transfert d'un amplificateur linéaire intégré (A.L.I) dans le cas où il est supposé réel , ou parfait

Exercice N°2



A.L.I en boucle ouverte : On applique à l'entrée une tension sinusoïdale

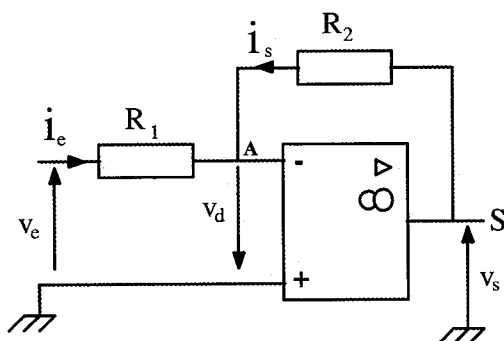
$$v_d = e^+ - e^- = e^+ = V_{dm} \sin(\omega t) = 10 \sin(\omega t)$$

Tracer les tensions v_d et v_s pour :

a - $+V_{cc} = +15V$ et $-V_{cc} = -15V$
et $-V_{cc} = 0V$.

b - $+V_{cc} = +5V$

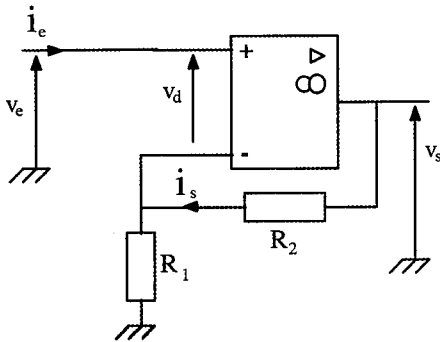
Exercice N°3 : Soit le montage suivant où l'ALI est supposé parfait :



1 - Exprimer la tension de sortie v_s en fonction de R_1 , R_2 et V_e . Quelle est la fonction réalisée ?

2 - Si v_e est une tension triangulaire de 10V crête à crête et pour $R_2 = 2R_1$, tracer la courbe v_s

Exercice N°4 : Soit le montage suivant où l'ALI est supposé parfait :

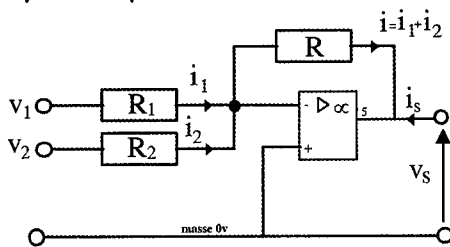


1 - Exprimer la tension de sortie v_s en fonction de R_1 , R_2 et v_e . Quelle est la fonction réalisée ?

2 - Si v_e est une tension sinusoïdale de 8V crête à crête et pour $R_2 = 2R_1$, tracer la courbe v_s

Exercice N°5

Soit le montage suivant où l'ALI est supposé parfait et alimenté par deux tensions symétriques $\pm 15V$.



1 - Exprimer la tension de sortie v_s en fonction de v_1 , v_2 , R_1 , R_2 et R .

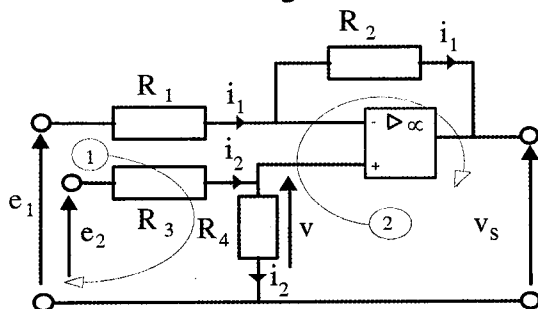
2 - Que devient l'expression de v_s pour $R_1 = R_2 = R$? quelle est la fonction réalisée ?

3 - On donne $v_1(t) = 0,1\sin(100\pi t)$ et $v_2(t) = 0,2\sin(100\pi t)$. Avec $R_1 = R_2 = R = 10K\Omega$.

Tracer (sur une même échelle) les courbes $v_1(t)$, $v_2(t)$ et $v_s(t)$.

Exercice N°6

On donne le montage suivant :



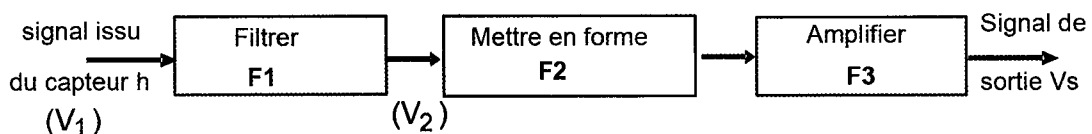
1 - On réalise le montage ci-dessus. Donner l'expression de v_s en fonction de e_1 , e_2 et les différents résistors du montage. Si on prend $\frac{R_4}{R_3} = \frac{R_2}{R_1} = 1$, quelle est alors l'opération réalisée par ce montage ?

2 - On donne $e_1(t) = 0,2\sin(100\pi t)$ et $e_2(t) = 0,3\sin 100\pi t$, tracer la courbe $v_s(t)$.

- Expression de $v_s(t)$: $v_s(t) = e_2(t) - e_1(t) = \sin 100\pi t$.

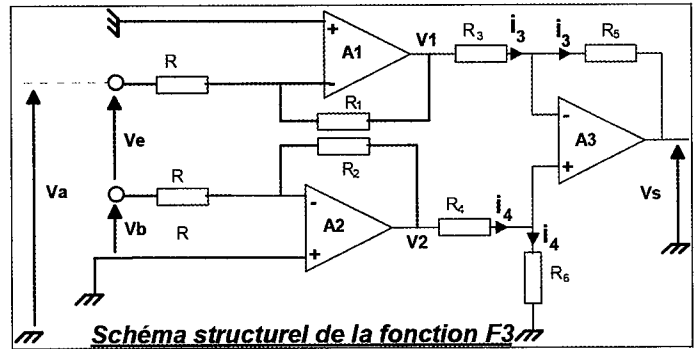
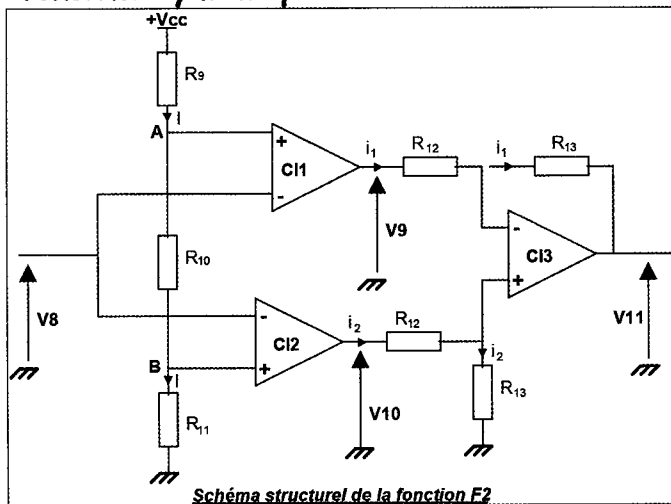
Exercice N°7

Un capteur à métaux h fournit un signal de faible amplitude, pour cela nous avons besoin de filtrer, de mettre en forme et d'amplifier ce signal suivant le schéma synoptique suivant :



Tous les amplificateurs linéaires intégrés sont supposés parfaits et alimentés par deux

tensions symétriques $+V_{cc}$ et $-V_{cc}$.



On pose $R_3=R_4=R_5=R_6$ et $R_1 = R_2$

1 - Etude de la fonction F2 :

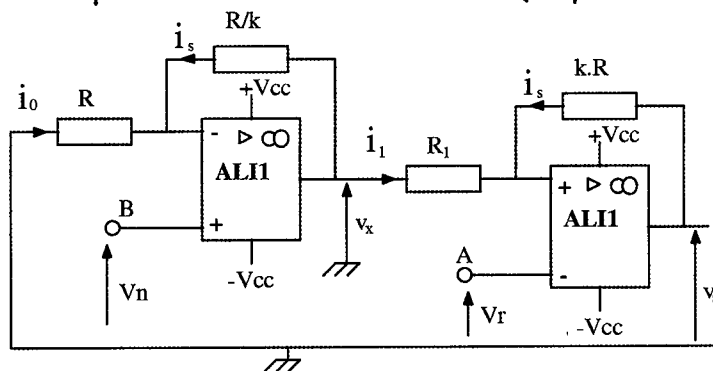
- Quel est le régime de fonctionnement des amplificateurs CI1 et CI2 ?
- Exprimer les tensions V_A et V_B (respectivement au point A et au point B) en fonction de V_{cc} , R_9 , R_{10} , et R_{11} .
- Calculer V_A et V_B pour $V_{cc} = 15v$, $R_9 = R_{11}=100K\Omega$ et $R_{10} = 5,6K\Omega$.
- Quelles conditions doivent vérifier V_A , V_B et V_8 pour avoir $V_9 = V_{10} = +V_{cc}$?

2 - Etude de la fonction F3 :

- Exprimer V_e en fonction de V_a et V_b .
- Exprimer V_1 en fonction de V_a , R et R_1 .
- Exprimer V_2 en fonction de V_b , R et R_1 .
- Démontrer que $V_s = V_2 - V_1$.
- Déduire l'expression de V_s en fonction de V_e , R et R_1 .

Exercice N°8 : Amplificateur soustracteur

La vitesse d'un moteur M à courant continu est réglée par action sur les valeurs de sa tension d'alimentation U par un système électronique commandée par une tension V_s obtenue à la sortie d'un amplificateur soustracteur AS (représenté par la figure suivante :



L'entrée A de cet amplificateur est alimentée par une tension continue V_r (tension de

référence), alors que l'entrée B reçoit une tension V_n délivrée par une dynamo tachymétrique telle que $V_n = 0,01.n$ (n = vitesse en tr/mn et V_n en volts) .

L'amplificateur soustracteur AS est composé de deux amplificateurs linéaires ALI1 et ALI2 supposés parfaits.

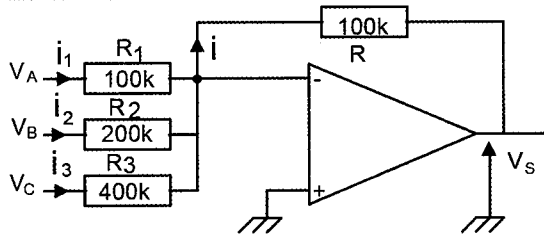
1 - Pour l'ALI1 , exprimer V_x en fonction de V_n et k .

2 - Exprimer $R_{1.i_1}$ en fonction de V_x et V_r .

3 - Exprimer V_s en fonction de V_r , $R_{1.i_1}$ et k puis en fonction de V_x , V_r et k .

4 - Montrer que V_s peut s'exprimer sous forme $V_s = C.(V_r - V_n)$ où C est un coefficient que l'on exprimera .

Exercice N°9 : Soit le montage suivant :



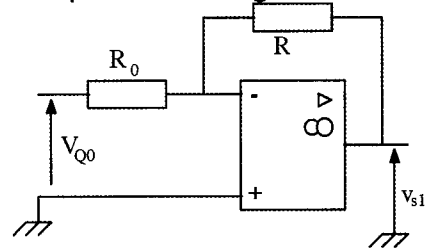
1 - déterminer les expressions de V_s en fonction de V_A , V_B et V_C . Quelle est la fonction remplie par ce montage ?

2 - V_A , V_B et V_C sont les sorties d'un compteur asynchrone utilisant trois bascules A, B et C de type JK.

Le 1 logique est équivalent à 8v et le 0 logique sera 0v . Si le compteur affiche 7 , déterminer la valeur de V_s .

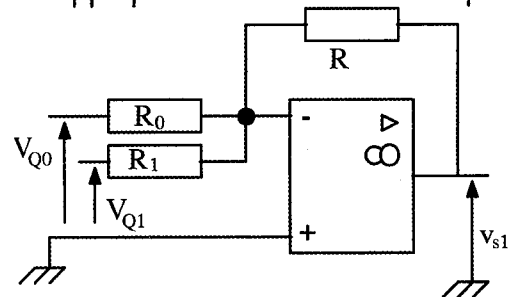
Exercice N°10 : Dans cette étude , les ALI sont supposée parfaits avec une tension de saturation $V_{sat} = \pm 15v$.

1 - On considère le montage suivant dans lequel V_{Q0} , tension recueillie à la sortie Q_0 d'un compteur , est égale à 5v .



- quelle est la nature de ce montage ?
- Compléter, sur le schéma ci-dessus , le sens des différents courants et des différentes tensions .
- Exprimer la tension de sortie V_{S1} en fonction de la tension d'entrée V_{Q0} et des résistances R_0 et R .
- Calculer V_{S1} pour $R_0 = 80k\Omega$ et $R = 800\Omega$.

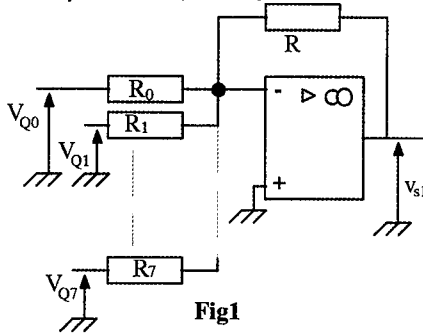
2 - On ajoute un resistor dont la résistance est $R_1 = 40k\Omega$ à l'entrée inverseuse de l'ALI et on applique la tension délivrée par la sortie Q_1 du compteur avec $V_{Q1} = 5v$.



- Exprimer V_{S1} en fonction des tensions V_{Q0} et V_{Q1} et des résistances R_0 , R_1 et R .

3 - On place 8 resistors à l'entrée négative de l'ALI et on applique les 8 sorties du

compteur Q_0 à Q_7 .



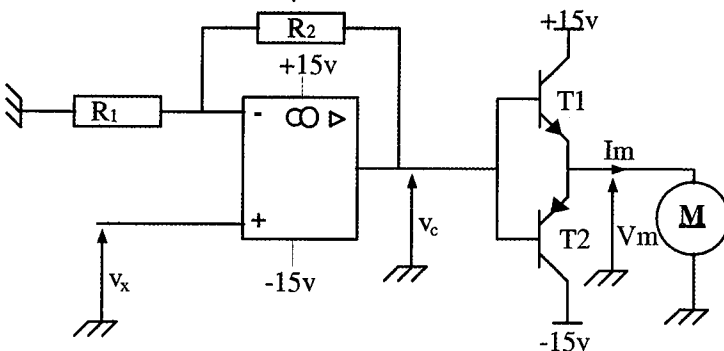
On donne $R=0,8\text{ k}\Omega$, $R_0=80\text{ k}\Omega$, $R_1=40\text{ k}\Omega$,
 $R_2=20\text{ k}\Omega$, $R_3=10\text{ k}\Omega$, $R_4=5\text{ k}\Omega$, $R_5=2,5\text{ k}\Omega$,
 $R_6=1,25\text{ k}\Omega$, $R_7=0,625\text{ k}\Omega$

• Exprimer la tension de sortie V_{S1} en fonction des tensions d'entrée V_{Q0} à V_{Q7} et des résistances R et R_0 à R_7 .

- Déterminer la tension maximale dans le cas où toutes les entrées sont à 5v.
- Déterminer la tension de sortie V_{S1} dans le cas où le compteur affiche $Q_7Q_6Q_5Q_4Q_3Q_2Q_1Q_0 = 10001010$.

Exercice N°11

Pour piloter un moteur à courant continu M dans les deux sens de rotation on utilise le circuit électronique suivant :



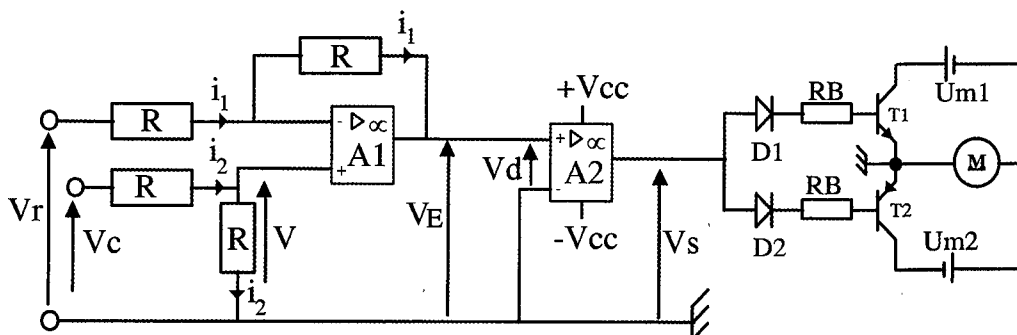
- 1 - Ecrire l'expression de V_c en fonction de V_x , R_1 et R_2 .
- 2 - Quelle est la valeur de V_c pour $R_2 = 2.R_1$?

3 - Compléter le tableau suivant :

Tension de pilotage	Signe de V_c	Etat des transistors	
		T1	T2
$V_x > 0$			
$V_x < 0$			

Exercice N°12

Soit le montage suivant permettant de déterminer la différence entre la tension V_c et la tension V_r :



1 - Montrer que $V_E = V_C - V_r$.

2 - L'ALI A2 est en boucle ouverte, exprimer V_s en fonction de V_E

3 - Connaissant l'expression de $V_E = V_C - V_r$ et sachant que l'ALI se sature à +12v ou à -12v quelle est la valeur de V_s dans les cas suivants : $V_C > V_r$; $V_C = V_r$ et $V_C < V_r$.

4 - Le moteur est alimenté par deux sources de tension

$U_{m1} = U_{m2} = U_m = 30v$ et par l'intermédiaire de deux transistors complémentaires T1 et T2.

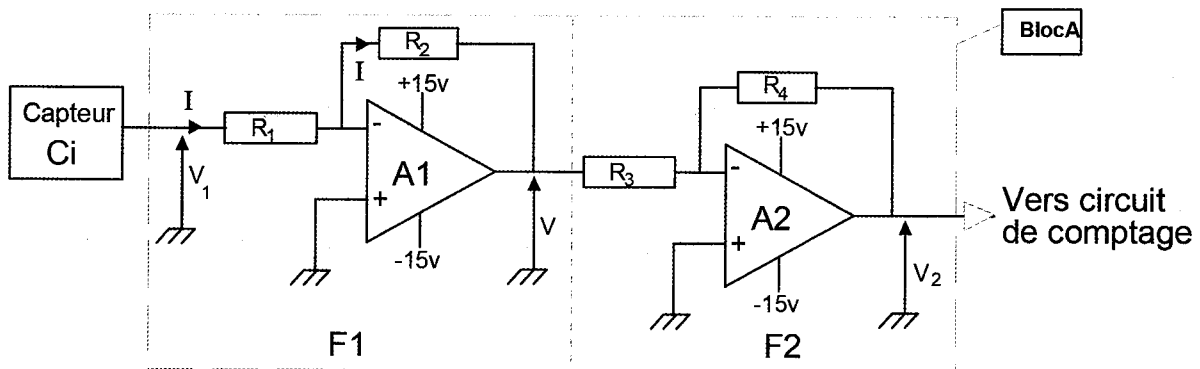
Compléter le tableau suivant :

V_s	Etat de D1	Etat de D2	Etat de T1	Etat de T2
+12v				
-12v				

Compléter alors la phrase suivante : on constate que lorsque V_s change de signe le courant de alors le sens de rotation

Exercice N°13

La rampe d'évacuation d'un système est équipée d'un capteur Ci qui délivre une faible tension (1v). Cette information est incapable de commander un circuit de comptage, d'où l'utilisation du bloc A représenté par le schéma suivant (tous les A.L.I sont supposés parfaits) :



1 - Etude de la fonction F1 :

a - Exprimer V_1 en fonction de R_1 et I .

b - Exprimer V en fonction de R_2 et I .

c - Déduire l'expression de V en fonction de R_1 , R_2 et V_1

d - Quelle est la fonction réalisée par F1 ?

2 - Etude de la fonction F2 :

a - En s'aidant de l'étude précédente, donner l'expression de V_2 en fonction de R_3 , R_4 et V .

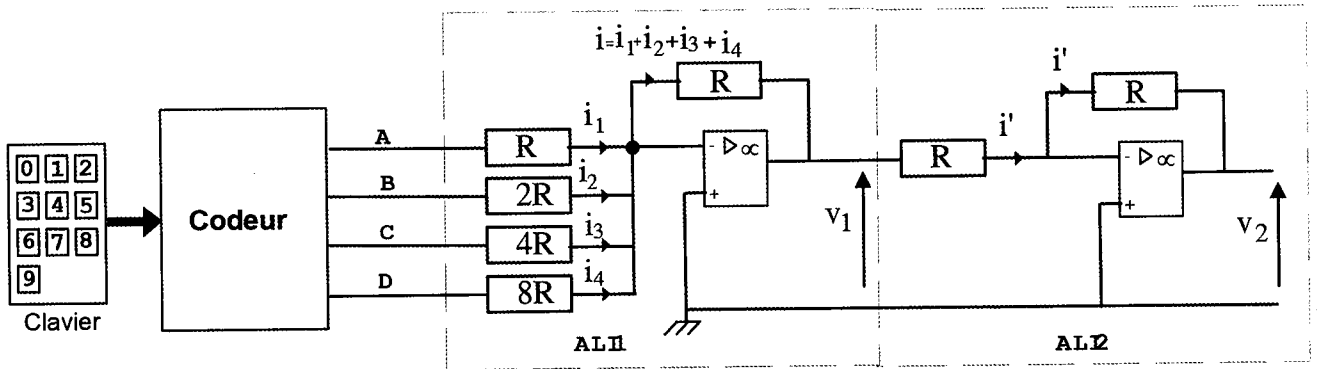
b - Pour $R_3 = R_4$, déduire le type du montage.

c - Exprimer alors V_2 en fonction de R_1 , R_2 et V_1 .

d - Calculer la valeur de V_2 pour $V_1 = 1v$, $R_1 = 2K\Omega$ et $R_2 = 10K\Omega$.

Exercice N°14

Dans un système un moteur M entraîne un convoyeur à bande à 9 vitesses différentes. L'opérateur sélectionne sa vitesse à l'aide d'un clavier utilisant les symboles du système décimal (0 à 9). Le codeur convertit ces informations décimales en informations binaires sur 4 bits (A, B, C et D) :



Les entrées numériques (A, B, C et D) peuvent avoir les états logiques 0 ou 1, ce qui correspond respectivement à 0v ou 2v. (exemple pour l'entrée A : A = 1 logique $\Leftrightarrow V_A = 2v$; A = 0 logique $\Leftrightarrow V_A = 0v$).

1 - Etude de L'ALI1 :

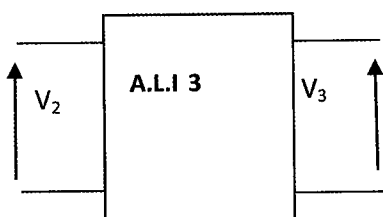
- donner les expressions des courants i_1 , i_2 , i_3 et i_4 en fonction de R et des entrées V_A ou V_B ou V_C ou V_D ;
- Donner l'expression de V_1 en fonction de R et de i_1 , i_2 , i_3 et i_4 .
- Donner l'expression de V_1 en fonction des entrées V_A , V_B , V_C et V_D . En déduire la fonction réalisée par L'ALI1.

2 - Etude de l'ALI2 :

- Ecrire l'expression de V_2 en fonction de V_1 . En déduire la fonction réalisée par L'ALI2.
- Ecrire l'expression de V_2 en fonction de V_A , V_B , V_C et V_D .
- L'opérateur choisit, à l'aide d'un clavier, la vitesse 5 en appuyant sur la touche correspondante :

- donner la mot binaire correspondant à la sortie du codeur :
- Calculer la valeur de la tension V_2 pour cette vitesse 5 :
- Calculer la valeur minimale et la valeur maximale que peut prendre la tension V_2 :

3 - Etude de L'ALI3 :

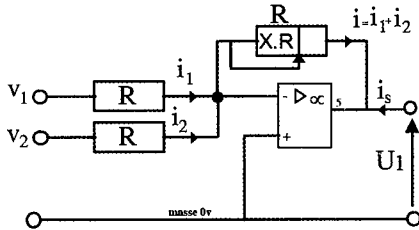


L'A.L.I 3 est un suiveur .

Dessiner le montage correspondant. Donner l'expression de V_3 en fonction de V_2 . Quelle est la fonction réalisée par L'A.L.I3 ?

Exercice N°15

Soit le montage suivant qui réalise un sommateur inverseur avec amplification variable :

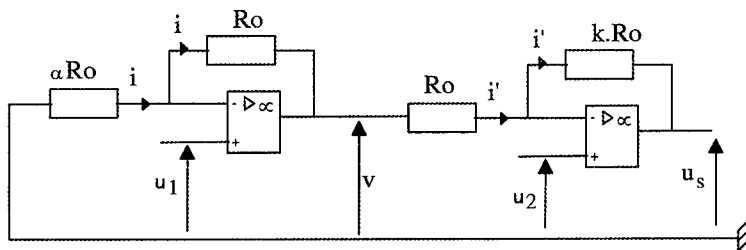


1 - donner l'expression de U_1 en fonction de V_1 et V_2 (faites la démonstration)

2 - Quelles sont les valeurs limites de U_1 ?

Exercice N°16

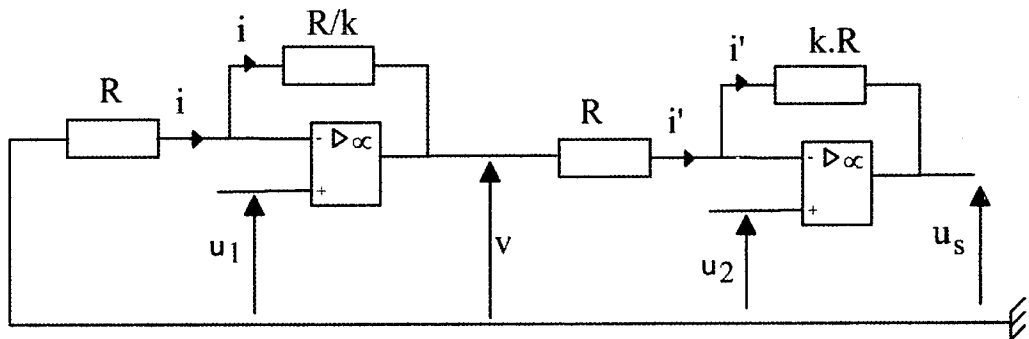
On considère le montage ci-dessous



, trouver l'expression de la tension de sortie u_s en fonction de k , α , u_1 et u_2 . Quelle valeur doit-on donner à α pour que u_s soit proportionnelle à $u_2 - u_1$?

Montrer que le dispositif de la figure suivante est un amplificateur de différence qui délivre à la sortie la tension $u_s = A(u_2 - u_1)$.

Exprimer le gain différentiel A en fonction du coefficient k sans dimension.



CORRIGÉS

(Les A.L.I.)

Exercice N°1

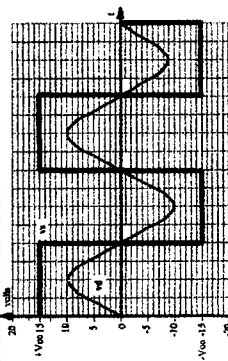
1 - Identification : C'est le symbole (deux versions) d'un Amplificateurs Linéaire Intégré (A.L.I.), appelé aussi amplificateur opérationnel (AOP)
 e^+ = entrée non inverseuse ; e^- = entrée inverseuse ; s = sortie ; $+V_{cc}$ et $-V_{cc}$: deux bornes d'alimentation

2 - Caractéristiques et schéma équivalent :

Amplificateur réel	Amplificateur idéal
- Amplification différentielle élevée : $A_{vo} = \frac{V_s}{V_d}$ - Tension différentielle d'entrée $V_d = V_{e^+} - V_{e^-}$ - Impédance d'entrée élevée : Z_e - Impédance de sortie très faible : Z_s - courant de décalage faible : $i_{e^+} = i_{e^-} \approx 0$	- Amplification différentielle infinie $A_{vo} = \infty$ - Tension différentielle d'entrée $V_d = 0$ - Impédance d'entrée élevée : $Z_e = \infty$ - Impédance de sortie très faible : $Z_s = 0$ - courant de décalage faible : $i_{e^+} = i_{e^-} = 0$
Schéma équivalent réel :	Schéma équivalent idéal :
Caractéristique de transfert :	Caractéristique de transfert :

Exercice N°2 : A.L.I. en boucle ouverte

a - $+V_{cc} = +15V$ et $-V_{cc} = -15V$

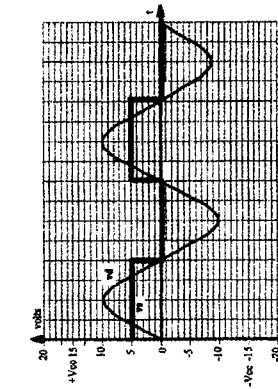


• Si $v_d > 0$ alors $v_s = +15V$

• Si $v_d < 0$ alors $v_s = -15V$

La tension v_s (signal carré) est d'amplitude égale à la tension de polarisation $15V$ et de même signe que la tension différentielle d'entrée v_d : L'ALI fonctionne en saturation

b - $+V_{cc} = +5V$ et $-V_{cc} = 0V$



• Si $v_d > 0$ alors $v_s = +5V$

• Si $v_d < 0$ alors $v_s = 0V$

Exercice N°3

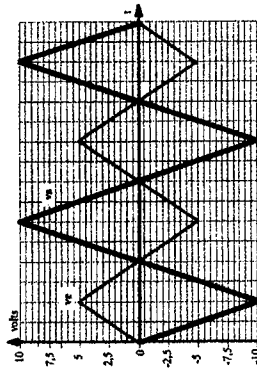
1 - Expression de v_s : $v_e = R_1 i_e$; $v_s = R_2 i_s$. Au point A, la loi des nœuds donne :

$$i_s = -i_e \Leftrightarrow \frac{v_s}{R_2} = -\frac{v_e}{R_1} \Leftrightarrow \frac{v_s}{v_e} = -\frac{R_2}{R_1} \text{, soit } A_v = \frac{v_s}{v_e} = -\frac{R_2}{R_1}$$

l'expression de v_s : $v_s = -\frac{R_2}{R_1} v_e$. La tension de sortie dépend uniquement des composants extérieurs utilisés. Pour $R_2 > R_1$: le montage réalise un amplificateur inverseur. Pour $R_2 < R_1$: le montage réalise la division de la tension d'entrée v_e avec une inversion de phase. Pour $R_2 = R_1$: le montage permet d'inverser la tension d'entrée v_e .

2 - Si v_e est un signal triangulaire de $10V$ crête à crête, alors $A_v = \frac{v_s}{v_e} = -\frac{R_2}{R_1} = -2$

$\Rightarrow v_s = -2v_e$ est une tension triangulaire de $20V$ crête à crête et en opposition de phase/à v_e



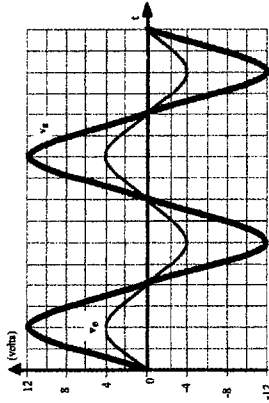
Exercice N°4

1 - Expression de v_s : $v_e = R_1 i_e$; $v_s = (R_1 + R_2) i_e$ avec $i_e = i_s = -\frac{v_e}{R_1}$.

L'amplification en tension est : $A_v = \frac{v_s}{v_e} = \frac{R_1 + R_2}{R_1} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$ la tension de sortie :

$v_s = (1 + \frac{R_2}{R_1}) v_e$, est toujours positive. Le montage est amplificateur non inverseur.

2 - Pour $R_2 = R_1$, $v_s = 3v_e$ est une tension sinusoïdale de 3.8 = 24v crête à crête et en phase.



Exercice N°5

1 - Expression de v_s :

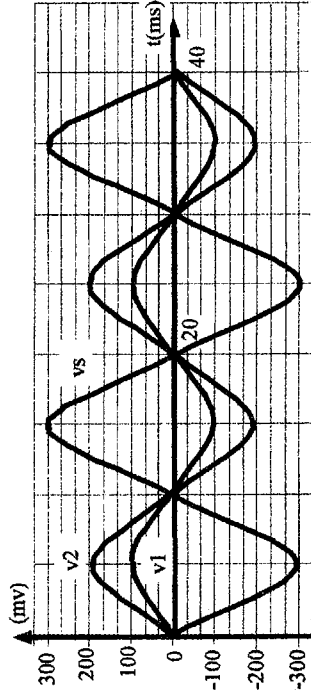
$$v_1 = R_1 i_1 ; v_2 = R_2 i_2 \text{ et } v_s = -R(i_1 + i_2) \text{ d'où } v_s = R(\frac{v_1}{R_1} + \frac{v_2}{R_2})$$

2 - Si $R_1 = R_2 = R$ alors $v_s = -(v_1 + v_2)$; Le montage réalise un **sommeur inverseur**.

$$\text{Cas général : } v_s = -\sum_{k=1}^n \frac{R}{R_k} v_k = -R(\frac{v_1}{R_1} + \frac{v_2}{R_2} + \dots + \frac{v_n}{R_n})$$

3 - Courbes v_1 , v_2 et v_s pour $R_1 = R_2 = R = 10K$.

$$v_s = -(v_1 + v_2) \rightarrow v_s = -(0.1 \sin 100\pi t + 0.2 \sin 100\pi t) = -0.3 \sin 100\pi t$$



~ 163 ~

Exercice N°6

1 - Expression de v_s :

$$\text{D'après la maille ① : } i_1 = \frac{e_1 - v}{R_1} \text{ , la maille ② : } i_1 = \frac{v - v_s}{R_2}$$

On peut écrire : $\frac{v - v_s}{R_2} = \frac{e_1 - v}{R_1}$ ③. En mettant v en facteur, l'équation ③ devient :

$$v_s = v(1 + \frac{R_2}{R_1}) - e_1 \frac{R_2}{R_1} \text{ ④. En appliquant le diviseur des tensions : } v = e_2 \frac{R_4}{R_3 + R_4} \text{ . On remplace } v \text{ par son expression dans l'équation ④ :}$$

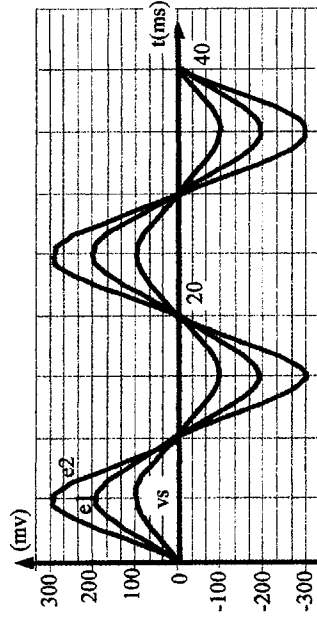
$$v_s = e_2 \frac{R_4}{R_3 + R_4} (1 + \frac{R_2}{R_1}) - e_1 \frac{R_2}{R_1}$$

Si on prend : $\frac{R_4}{R_3} = 1$, l'expression de v_s devient :

$$v_s = e_2 \frac{R_3}{R_3 + R_4} (1 + \frac{R_2}{R_1}) - e_1 \frac{R_2}{R_1} \frac{1}{1 + \frac{R_2}{R_1}} (1 + 1) - e_1 = e_2 - e_1$$

Soit $v_s = e_2 - e_1$. Opération réalisée : **soustraction**.

2 - Courbes : $v_s(t) = e_2(t) - e_1(t) = \sin 100\pi t$



Exercice N°7

1 - Etude de la fonction F2 :

a - Les deux A.L.I. CI1 et CI2 sont en boucle ouverte, donc ils fonctionnent en régime de saturation.

b - Expression de V_A et de V_B :

On applique le diviseur des tensions puisque les trois résistances R_9 , R_{10} et R_{11} sont

~ 164 ~

traversées par le même courant i :

$$V_A = \frac{R_{10} + R_{11}}{R_9 + R_{10} + R_{11}} V_{CC} \quad \text{et} \quad V_B = \frac{R_{11}}{R_9 + R_{10} + R_{11}} V_{CC}$$

c - Calcul de V_A et de V_B :

$$V_A = \frac{5,6 + 100}{100 + 100 + 5,6} 15 = 7,7\text{V} \quad \text{et} \quad V_B = \frac{100}{100 + 100 + 5,6} 15 = 7,3\text{V}$$

d - V_A et V_B doivent vérifier les conditions suivantes pour que les deux ALI fonctionnent en régime de saturation : $V_A > V_B$ et $V_B > V_8$

2 - Etude de la fonction F3 : amplificateur

a - Expressions de V_e : $V_A = V_e + V_B \Leftrightarrow V_e = V_A - V_B$

b - Expression de V_1 : A1 est un amplificateur inverseur, donc $V_1 = -\frac{R_1}{R} V_A$.

c - Expression de V_2 : A2 est un amplificateur inverseur, donc $V_2 = -\frac{R_2}{R} V_B = -\frac{R_1}{R} V_B$

puisque $R_2 = R_1$.

d - $V_S = V_2 - V_1$? : $V_2 = (R_3 + R_6) i_4 \Rightarrow i_4 = \frac{V_2}{R_3 + R_6}$, $V_1 = R_3 i_3 + R_6 i_4$ ce qui donne

$$i_3 = \frac{V_1 - R_6 i_4}{R_3} = \frac{1}{R_3} (V_1 - R_6 \frac{V_2}{R_3 + R_6}) = \frac{V_1}{R_3} - \frac{V_2}{R_3 + R_6} \quad (\text{car } R_3 = R_6)$$

$$V_1 = -R_3 i_3 + R_6 i_4 = -R_3 (\frac{V_1}{R_3} - \frac{V_2}{R_3 + R_6}) + R_6 \frac{V_2}{R_3 + R_6}$$

$$V_1 = -V_1 + (\frac{R_3}{R_3 + R_6} + \frac{R_6}{R_3 + R_6}) V_2 = V_2 - V_1 \quad \text{car } R_3 = R_6 = R_4$$

e - Autre expression de V_S : $V_S = V_2 - V_1 = -\frac{R_2}{R} V_B + \frac{R_1}{R} V_A = \frac{R_1}{R} (V_A - V_B) = \frac{R_1}{R} V_e$.

Exercice N°8 : Amplificateur soustracteur

1 - Expression de V_x : $V_n + R i_0 = 0 \Rightarrow i_0 = -\frac{V_n}{R}$

$$V_x + \frac{R}{k} i_0 + R i_0 = 0 \Rightarrow V_x = -R(1 + \frac{1}{k}) i_0 = -R(1 + \frac{1}{k}) (-\frac{V_n}{R}) \quad \text{soit} \quad V_x = \frac{1+k}{k} V_n$$

2 - Expression de $R_1 i_1$: $V_r + R i_1 - V_x = 0 \Rightarrow R i_1 = V_x - V_r$

3 - Expression de V_S : $V_S + k R i_1 - V_r = 0 \Rightarrow V_S = V_r - k R i_1$ et soit en remplaçant $R i_1$:
 $V_S = V_r - k(V_x - V_r) = V_r - k V_x + k V_r = (1+k) V_r - k V_x$

4 - Dans $V_S = (1+k) V_r - k V_x$, on remplace V_x par son expression $V_x = \frac{1+k}{k} V_n$, il vient :

~ 165 ~

$V_S = (1+k) V_r - k \frac{1+k}{k} V_n = (1+k)(V_r - V_n)$, on pose $C = 1+k$, la nouvelle expression de V_S est

$V_S = C(V_r - V_n)$, donc le montage réalise un amplificateur inverseur dont le coefficient d'amplification C dépend de la valeur de K c'est-à-dire des valeurs des résistances branchées en boucle.

Exercice N°9

1 - Expression de V_S : $i_1 = \frac{V_A}{R_1} = \frac{V_A}{100 \cdot 10^3}$; $i_2 = \frac{V_B}{R_2} = \frac{V_B}{200 \cdot 10^3}$; $i_3 = \frac{V_C}{R_3} = \frac{V_C}{400 \cdot 10^3}$

$$V_S = -R i = -R(i_1 + i_2 + i_3) = -R(\frac{V_A}{R_1} + \frac{V_B}{R_2} + \frac{V_C}{R_3})$$

$$V_S = -100 \cdot 10^3 (\frac{V_A}{100 \cdot 10^3} + \frac{V_B}{200 \cdot 10^3} + \frac{V_C}{400 \cdot 10^3}) = -(V_A + \frac{1}{2} V_B + \frac{1}{4} V_C)$$

Le montage est un **sommeur inverseur**.

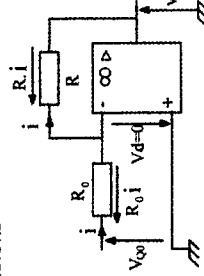
2 - Valeur de V_S : Le compteur affiche 7 en décimal, soit (111) en binaire, d'où :

$$V_A = 8\text{V} ; V_B = 8\text{V} \text{ et } V_C = 8\text{V. Soit } V_S = -(8 + \frac{1}{2} \cdot 8 + \frac{1}{4} \cdot 8) = -14\text{V}$$

Exercice N°10

1 - Ce montage réalise un amplificateur inverseur.

• Sens des courants et des tensions :



• Expression de V_{S1} : $V_{S1} = -\frac{R}{R_0} V_{00}$; • Valeur de V_{S1} : $V_{S1} = -\frac{800}{80 \cdot 10^3} \cdot 5 = 0,05\text{V}$

2 - Le montage réalise un **sommeur inverseur à deux entrées** : $V_{S1} = -R(\frac{V_{00}}{R_0} + \frac{V_{01}}{R_0})$

3 - Le montage réalise un **sommeur inverseur à 8 entrées** :

$$V_{S1} = -R(\frac{V_{00}}{R_0} + \frac{V_{01}}{R_1} + \frac{V_{02}}{R_2} + \frac{V_{03}}{R_3} + \frac{V_{04}}{R_4} + \frac{V_{05}}{R_5} + \frac{V_{06}}{R_6} + \frac{V_{07}}{R_7})$$

• Tension maximale : toutes les entrées prennent chacune 5v

$$V_{S1} = -0,8 (\frac{5}{80} + \frac{5}{40} + \frac{5}{20} + \frac{5}{10} + \frac{5}{5} + \frac{5}{2,5} + \frac{5}{1,25} + \frac{5}{0,625})$$

~ 166 ~

$$V_{S1} = -5, (0,01 + 0,02 + 0,04 + 0,08 + 0,16 + 0,32 + 0,64 + 1,28) \Rightarrow V_{S1} = -12,75v$$

• Pour le mot binaire Q7Q6Q5Q4Q3Q2Q1Q0 = 10001010 on a $V_{Q7}=V_{Q3}=V_{Q1} = 5v$, les autres tensions prennent la valeur 0v

$$V_{S1} = -R \left(\frac{V_{Q1}}{R_1} + \frac{V_{Q3}}{R_3} + \frac{V_{Q7}}{R_7} \right) = -0,8 \left(\frac{5}{40} + \frac{5}{10} + \frac{5}{0,625} \right) = -6,9v$$

Exercice N°11

1 - Expression de V_C : L'ALI est monté en amplificateur non inverseur : $V_C = (1 + \frac{R_2}{R_1}) V_X$.

2 - Valeur de V_C : $V_C = (1 + \frac{2R_2}{R_1}) V_X = 3V_X$

3 - Tableau de fonctionnement :

Tension de pilotage	Signe de V_C	Etat des transistors	
		T1	T2
$V_X > 0$	$V_C > 0$	Saturé	Bloqué
$V_X < 0$	$V_C < 0$	Bloqué	Saturé

Exercice N°12

1 - $V_E = V_C - V_T$? : $V_E = V_T - 2R_1 i_1 \Rightarrow i_1 = \frac{V_T - V_E}{2R_1}$, $V_C = 2V_T$; $V = V_T - R_1 i_1$

$$V_C = 2V_T = 2(V_T - R_1 i_1) = 2(V_T - R_1 \frac{V_T - V_E}{2R_1}) = V_T + V_E \text{ Ce qui donne } V_E = V_C - V_T$$

2 - Expression V_S : L'amplificateur fonctionne en boucle ouverte et il est supposé parfait, A_{VO} étant le gain en boucle ouverte :

$$V_S = V_d A_{VO} \text{ et comme } V_d = V_E, \text{ on peut écrire } V_S = V_E A_{VO}$$

3 - Valeur de V_S :

$$V_C > V_T : V_E > 0 \Rightarrow V_S = +V_{CC} = +12v, A2 \text{ est saturé à } +V_{sat}$$

$$V_C = V_T : V_E = 0 \Rightarrow V_S = 0v$$

$$V_C < V_T : V_E < 0 \Rightarrow V_S = -V_{CC} = -12v, A2 \text{ est saturé à } -V_{sat}$$

4 - Tableau de fonctionnement :

V_S	Etat de D1	Etat de D2	Etat de T1	Etat de T2
+12v	passante	non passante	saturé	bloqué
-12v	non passante	passante	bloqué	saturé

On constate que lorsque V_S change de signe le courant induit change de sens alors le sens de rotation de M s'inverse.

Exercice N°13

1 - Etude de la fonction F1 :

a - Expression de V_1 : $V_1 = R_1 I$

b - Expression de V : $V = -R_2 I$

c - Dédution de la nouvelle expression de V : $V = -R_2 I = -R_2 \cdot \frac{V_1}{R_1}$, soit $V = -\frac{R_2}{R_1} V_1$

d - La fonction F1 réalise un amplificateur inverseur.

2 - Etude de la fonction F2 :

a - Expression de V_2 : La fonction F2 réalise aussi un amplificateur inverseur, donc on peut

$$\text{écrire : } V_2 = -\frac{R_3}{R_1} V$$

b - Pour $R_3 = R_4 \Rightarrow V_2 = -V$: c'est un inverseur.

c - Autre expression de V_2 : $V_2 = -V = -\frac{R_2}{R_1} V_1$

d - Calcul de V_2 : $V_2 = \frac{10}{2} \cdot 1 = 5v$

Exercice N°14

1 - Etude de L'ALI1 :

a - Expressions des courants : $i_1 = \frac{V_A}{R}$; $i_2 = \frac{V_B}{2R}$; $i_3 = \frac{V_C}{4R}$; $i_4 = \frac{V_D}{8R}$

b - Expression de V_1 : $V_1 = -R I = -R(i_1 + i_2 + i_3 + i_4)$

c - Expression de V_1 en fonction V_A, V_B, V_C, V_D :

$$V_1 = -R I = -R \left(\frac{V_A}{R} + \frac{V_B}{2R} + \frac{V_C}{4R} + \frac{V_D}{8R} \right) \text{ et en simplifiant par R :}$$

$$V_1 = -(V_A + V_B + V_C + V_D) \text{ L'ALI1 réalise un sommateur inverseur.}$$

2 - Etude de L'ALI2 :

a - Expression de V_2 : $V_2 = -\frac{R}{R} V_1 = -V_1$; L'ALI2 fonctionne en inverseur.

$$b - V_2 = -V_1 = V_A + V_B + V_C + V_D$$

c -

• mot binaire à la sortie du codeur : (5)₁₀ = (0101)₂.

• Valeur de V_2 : Pour le mot binaire (0101)₂ correspond $V_D=0v$; $V_C=2v$; $V_B=0v$; $V_A=2v$, la valeur de V_2 est : $V_2 = V_A + V_B + V_C + V_D = 2 + 0 + 2 + 0 = 4v$

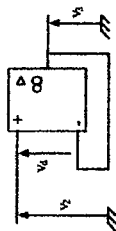
• Valeurs extrêmes de V_2 :

- Valeur min : $V_{2min} = 0v$ car $V_A = V_B = V_C = V_D = 0v$

- Valeur max : $V_{2max} = 2 + 2 + 2 + 2 = 8v$ car $V_A = V_B = V_C = V_D = 2v$

3 - Etude de L'ALI3 :

L'ALI 3 est un suiveur de tension :



La tension de sortie s'écrit : $v_3 = v_2$: la tension de sortie suit les variations de la tension d'entrée . Le montage à une haute impédance d'entrée et une basse impédance de sortie . Il est utilisé comme adaptateur d'impédance .

Exercice N°15

1 - expression de U_1 : $v_1 = R_i i_1 \Rightarrow i_1 = \frac{v_1}{R}$; $v_2 = R_i i_2 \Rightarrow i_2 = \frac{v_2}{R}$; $i = i_1 + i_2$

$$U_1 = -XRi = -XR(i_1 + i_2) = -XR(\frac{v_1}{R} + \frac{v_2}{R}) = -X(v_1 + v_2)$$

2 - Valeurs limites : Si $X = 0$ alors $U_1 = 0$. Si $X = 1$ alors $U_1 = -(v_1 + v_2)$
 $0 \leq X \leq 1 \Rightarrow 0 \leq U_1 \leq -(v_1 + v_2)$

Exercice N°16

$$u_1 = -\alpha R_0 i \Rightarrow i = -\frac{u_1}{\alpha R_0} ; \quad v = -(R_0 + \alpha R_0) i = -R_0(1 + \alpha)(-\frac{u_1}{\alpha R_0}) = \frac{(1 + \alpha)}{\alpha} u_1$$

$$-u_1 - k R_0 i + u_2 = 0 \Rightarrow i = \frac{u_2 - u_1}{k R_0} \quad \text{Or } v = R_0 i + u_2 = R_0 \frac{u_2 - u_1}{k R_0} + u_2 = \frac{1 + k}{k} u_2 - \frac{1}{k} u_1$$

Soit $v = \frac{1 + k}{k} u_2 - \frac{1}{k} u_1$ ② , et en égalisant ① et ② :

$$\frac{1 + k}{k} u_2 - \frac{1}{k} u_1 = \frac{(1 + \alpha)}{\alpha} u_1 \Rightarrow u_2 = (1 + k) u_1 - k \frac{(1 + \alpha)}{\alpha} u_1$$

Pour que us soit proportionnelle à $u_2 - u_1$, il faut réaliser la condition suivante : $\alpha = k$, l'équation de u_s devient :

$$u_s = (1 + k) u_2 - k \frac{(1 + \alpha)}{\alpha} u_1 = (1 + \alpha)(u_2 - u_1) \quad \text{et le rapport : } \frac{u_s}{u_2 - u_1} = 1 + \alpha = c''$$

$Ri + u_1 = 0 \Rightarrow i = -\frac{u_1}{R}$, d'autre part $v = -R(\frac{1}{k} + 1) i$ et son remplaçant i par son expression :

$$v = (\frac{1 + k}{k}) u_1 \quad \text{①}$$

$-u_s - k R i + u_2 = 0 \Rightarrow i = \frac{u_2 - u_s}{k R}$ qu'on remplace dans :

$v = R(1 + k) i + u_s = R(1 + k) \frac{u_2 - u_s}{k R} + u_s = \frac{1 + k}{k} u_2 - \frac{1}{k} u_s$ ② . On égalise les deux équations ① et ② :

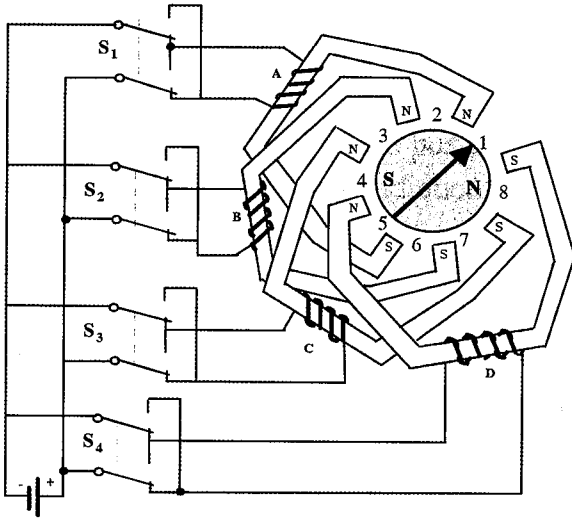
$$\frac{(1 + k)}{k} u_1 = \frac{1 + k}{k} u_2 - \frac{1}{k} u_s \Rightarrow u_s = (1 + k)(u_2 - u_1)$$

On pose $A = 1 + k$; $u_s = A(u_2 - u_1)$, le montage est un amplificateur de différence .

MOTEUR PAS À PAS À AIMANT PERMANENT

Exercice N°1

Soit le moteur pas à pas à aimant permanent ci-dessous dont le rotor comporte deux pôles N et S :



1 - quel est le mode d'alimentation de ce moteur ? Justifier.

2 - Donner le nombre de phases

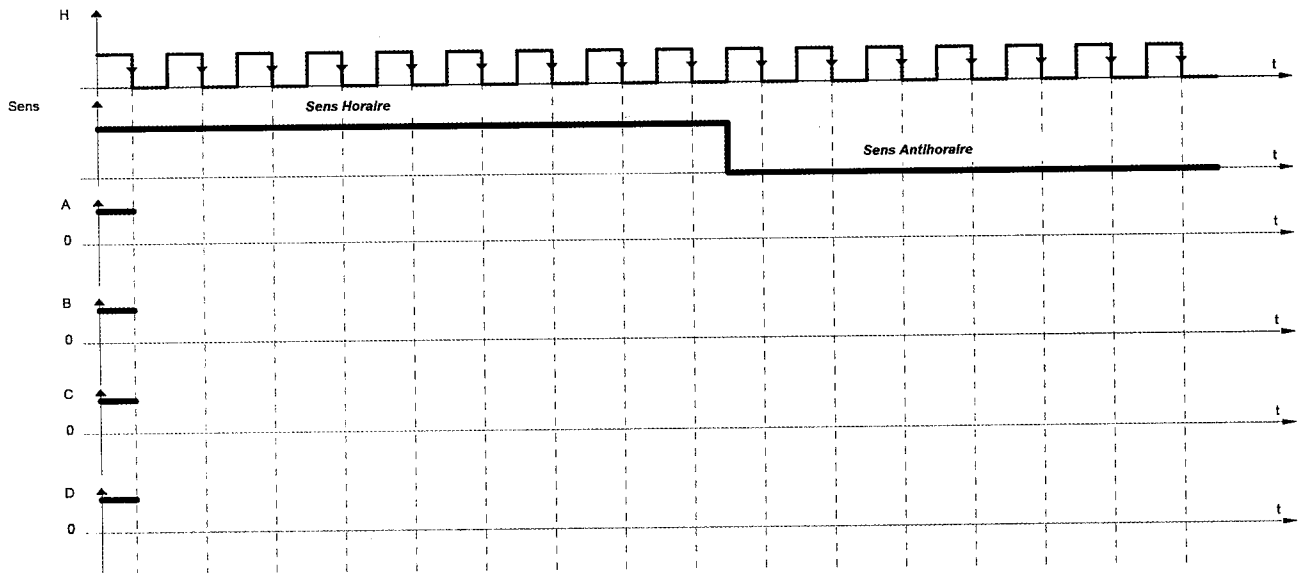
3 - Calculer son pas angulaire α en $^\circ$:

4 - Compléter les tableaux suivants :

S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	Position rotor	Sens
0	0	0	0	1	Sens antihoraire
0	0	0	1	8	

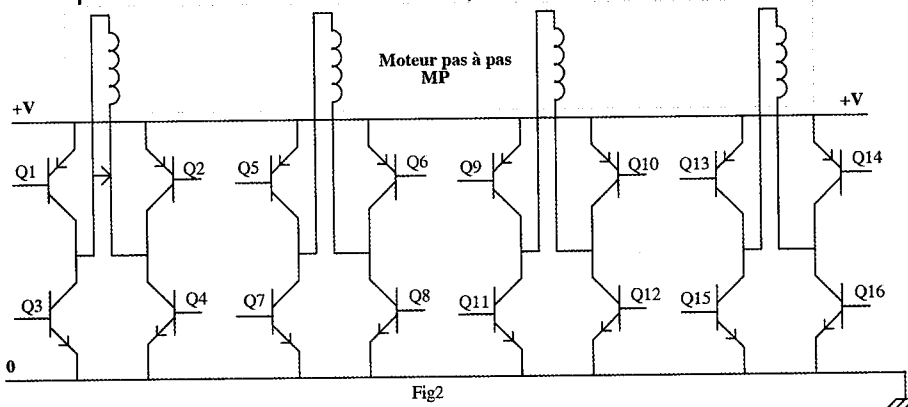
S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	Position rotor	Sens
0	0	0	0	1	Sens horaire
				8	
1	0	0	0	2	

5 - Compléter les chronogrammes suivants sachant que les tensions A , B , B et C commutent à chaque front descendant du signal d'horloge H



Exercice N°2

Le schéma suivant représente le circuit de commande (étage de sortie) d'un moteur pas à pas à aimant permanent de deux pôles au rotor. Les bases des transistors sont commandées par un circuit électronique approprié . Une seule bobine est excitée à chaque fois que le moteur effectue un pas (commutation symétrique)



1 - déterminer :

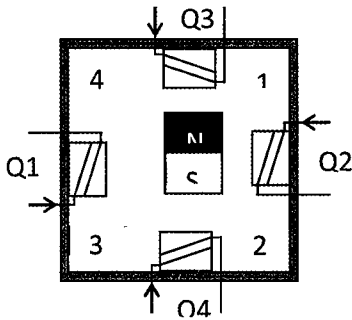
- le nombre des phases m .
- le nombre de pas par tour N_p/tr .
- le pas angulaire α .

2 - Suivant le nombre de pas trouvés compléter le tableau suivant :

Q ₁₆	Q ₁₅	Q ₁₄	Q ₁₃	Q ₁₂	Q ₁₁	Q ₁₀	Q ₉	Q ₈	Q ₇	Q ₆	Q ₅	Q ₄	Q ₃	Q ₂	Q ₁
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0

Exercice N°3 : Soit le schéma d'un moteur pas à pas suivant: (Q_1 , Q_2 , Q_3 et Q_4 sont des tensions positives ou nulles)

a - Compléter le tableau suivant :



Phases excitées				Position
Q4	Q3	Q2	Q1	
0	1	1	0	1
				2
				3
				4

b - Quel est le type de la commutation ?

c - Quel est le type du moteur ?

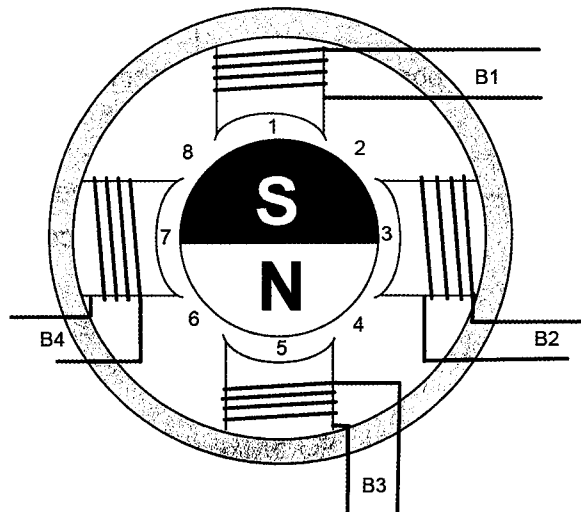
d - Déterminer le nombre de pas par tour .

e - Compléter le tableau indiquant la séquence du commutation pour que le moteur tourne dans le sens contraire

Q4	Q3	Q2	Q1
0	1	1	0

Exercice N°4 : L'ouverture ou la fermeture d'un électrovanne est commandée par un moteur pas à pas à aimant permanent dont la commande est assurée par un circuit électronique permettant la modification du mode de commutation . Le moteur peut être unipolaire ou bipolaire :

1 - 1^{er} cas moteur unipolaire :



a - Mode de fonctionnement 1 : une seule bobine est alimentée par pas :

- Compléter le tableau suivant :

Position du rotor	1	3	5	7
Bobines excitées				

-Donner le type de la commutation

b- Mode de fonctionnement 2 : 2 bobines sont alimentées par pas :

- Compléter le tableau suivant .

Position du rotor	2	4	6	8
Bobines excitées	B1 + B2			

-Donner le type de la commutation .

c - Mode de fonctionnement 3 : mode demi pas :

- Compléter le tableau suivant :

Position du rotor	1	2	3	4	5	6	7	8
Bobines excitées								B4+B1

-Donner le type de la commutation

2 - 2^{ème} cas : moteur bipolaire :

a - Mode de fonctionnement 1 : deux bobines sont alimentées par pas :

- Compléter le tableau suivant :

Position du rotor	1	3	5	7
Bobines excitées				

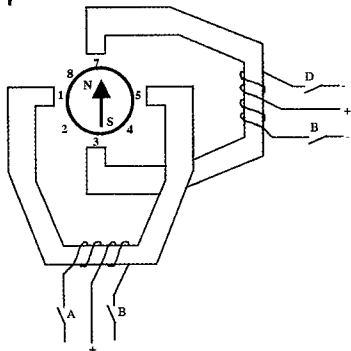
-Donner le type de la commutation .

b - Mode de fonctionnement 2 : mode demi pas

Position du rotor	1	2	3	4	5	6	7	8
Bobines excitées								B4+B1

-Donner le type de la commutation .

Exercice N°5 Soit le moteur pas à pas à aimant permanent dont le rotor comporte deux pôles N et S :



1-Modéliser le moteur pas à pas .

2 - Quel est le type de ce moteur ? Justifier la réponse .

3 -Donner le nombre de phases.

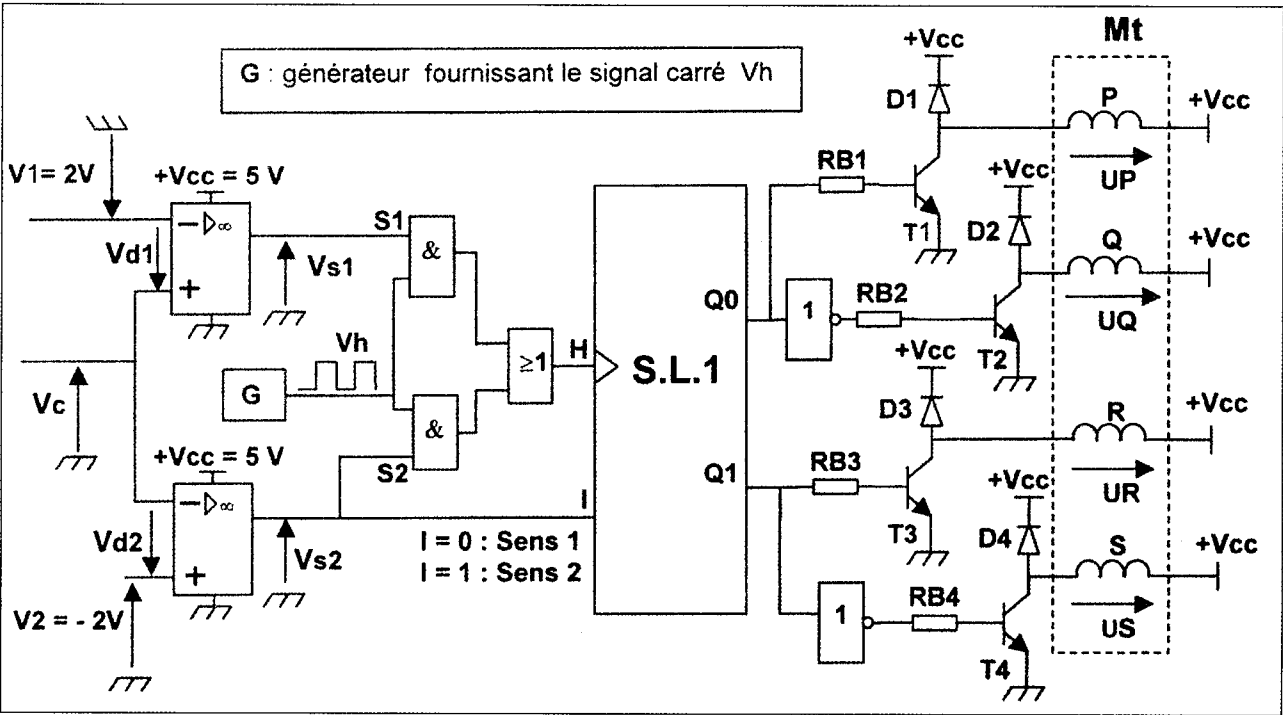
Compléter les tableaux suivants :

Mode1 : on alimente successivement chaque demi- enroulement							Mode2 : on alimente successivement chaque 2 demi- enroulements						
Séquence de commutation	A	B	C	D	Position rotor	sens de rotation	Séquence de commutation	A	B	C	D	Position rotor	sens de rotation
1					1		1					8	
2					3		2					6	
3							3						
4							4						

4 - Dédire le type de commutation .

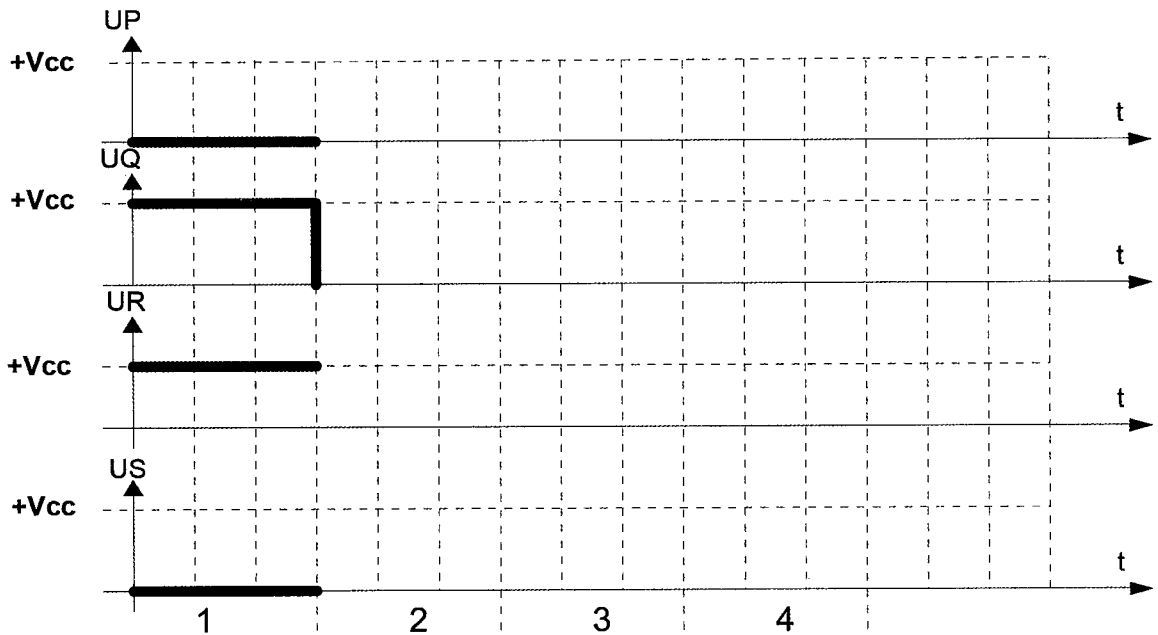
Exercice N°6

Le moteur pas à pas Mt à aimant permanent est commandé par une carte électronique dont le schéma structurel est le suivant .



S.L.1 = système logique assurant la commande du circuit de puissance composé par les transistors T₁ , T₂ T₃ et T₄.

1 - Compléter les chronogrammes des tensions UP , UQ , UR et US correspondant à un tourde quatre pas du moteur Mt dans le sens horaire



2 - Quel est le type de commutation du moteur pas à pas M_t

3 - Déterminer la période de signal V_h pour que la vitesse du moteur pas à pas M_t soit de 1 tour/seconde ; justifier la réponse .

Exercice N°7

Soit un moteur pas à pas à aimant permanent dont la commutation est assurée par une carte électronique à base de transistors et circuit intégré SAA1027 . Selon le mode de fonctionnement dans un sens et pendant un tour de ce moteur , l'état de fonctionnement des différents transistors est défini par le tableau suivant :

Pas	Commutation de la phase 1				Commutation de la phase 1			
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
1	1	0	0	1	1	0	0	1
2	0	1	1	0	1	0	0	1
3	0	1	1	0	0	1	1	0
4	1	0	0	1	0	1	1	0

D'après le tableau déduire :

1 - Le nombre de phases au stator m .

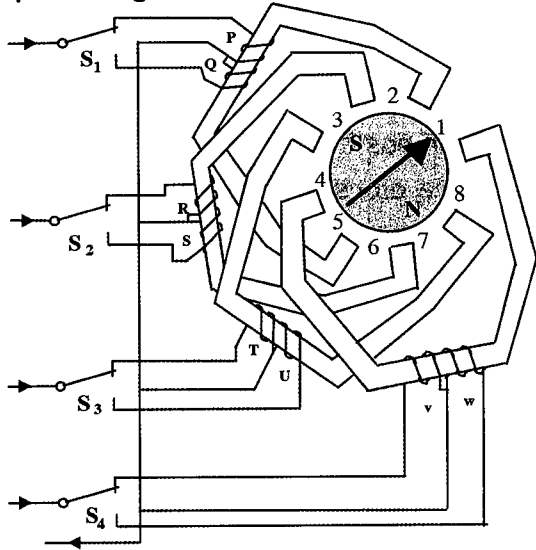
2 - Le type de la commutation des phases statoriques et par conséquent la valeur de K_1 et K_2 .

3 - Le pas angulaire α .

4 - Calculer le nombre de pôles au rotor .

5 - soient U_1 la d.d.p aux bornes de la phase1 et U_2 celle de la phase 2 . Donner les chronogrammes décrivant les polarités de U_1 et U_2 par pas pendant 10 pas de fonctionnement .

Exercice N°8 Soit le moteur pas à pas à aimant permanent défini par la figure ci-dessous .



- 1 - Préciser le nombre des phases .
- 2 - Préciser le nombre de pôles .
- 3 - Déterminer le nombre des positions par tour en admettant que les phases sont alimentées séparément .
- 4 - Déduire la pas angulaire .

Exercice N°9 : Un moteur pas à pas à aimant permanent ayant les caractéristiques suivantes : 4 phases au stator , deux pôles au rotor , puissance nominale 100w et sa commutation est bidirectionnelle symétrique dont le nombre de pas par seconde est $n'_{p/s} = 2$. Calculer :

- 1 - Le nombre de pas par tour .
- 2 - L'écart angulaire α en degré puis en radian .
- 3 - La vitesse de rotation n en tr/mn.

Exercice N°10 : Un moteur pas à pas est commandé par le circuit intégré SAA1027 dont le schéma interne simplifié est donné à la figure 1

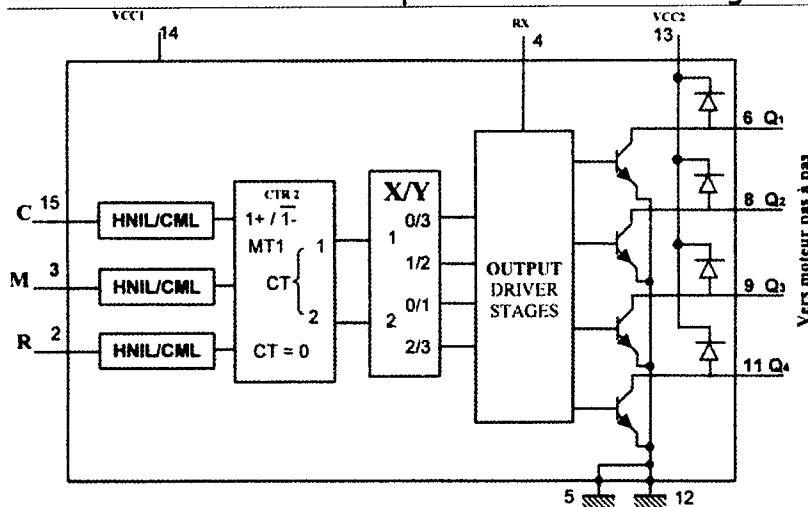


Figure 1

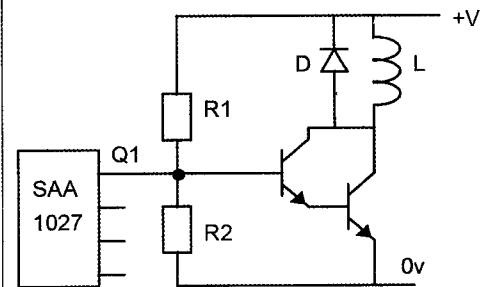
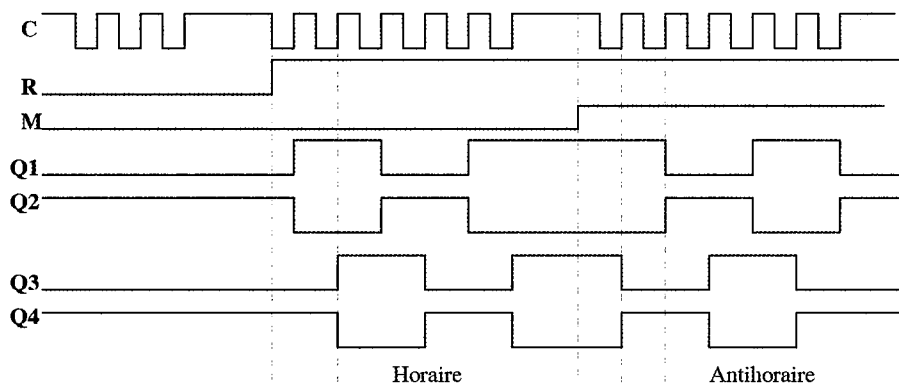


Figure 2

La figure 2 suivante correspond au schéma structurel du circuit qui permet la commande de l'une des bobines L du moteur pas à pas à partir d'une information provenant du circuit SAA1027

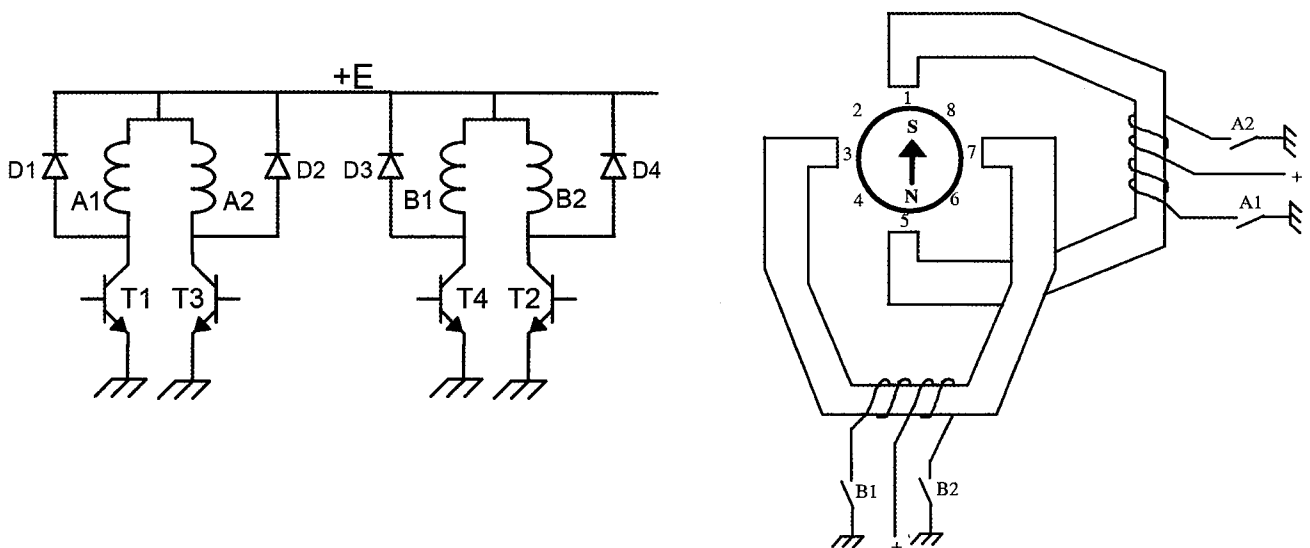
- 1 - Déduire le nombre des phase du moteur pas à pas . donner le rôle des ces phases.
- 2 - Sur quoi faut-il agir pour faire varier la vitesse du moteur pas à pas .
- 3 - Le moteur est-il de type unipolaire ou bipolaire, en déduire alors le coefficient k_1 .
- 4 - Les quatre bobines sont alimentées suivant les chronogrammes suivants :



La commutation est-elle symétrique ou asymétrique ? Déduire alors le coefficient k_2 .

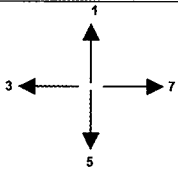
- 5 - Sachant que le moteur effectue 48 pas par tours , calculer le nombre de pôles du rotor
- 6 - Sur quoi faut-il agir pour inverser le sens de rotation ?

Exercice N°11 - **Commande unipolaire** : soit un moteur pas à pas à aimant permanent dont le circuit de commande de puissance est le suivant . Chaque enroulement est toujours alimenté sous la même polarité .

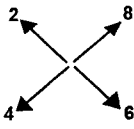


Compléter les tableaux suivants

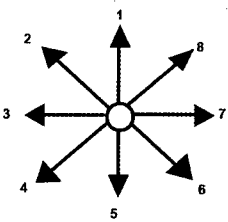
a - Commande par pas entier : une seule phase est alimentée à la fois , sens anti-horaire

Position	T1	T2	T3	T4		Bobines excitées
1	1	0	0	0		
3						
5						
7						

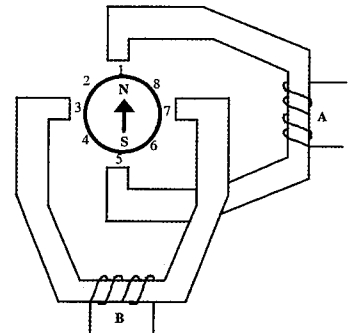
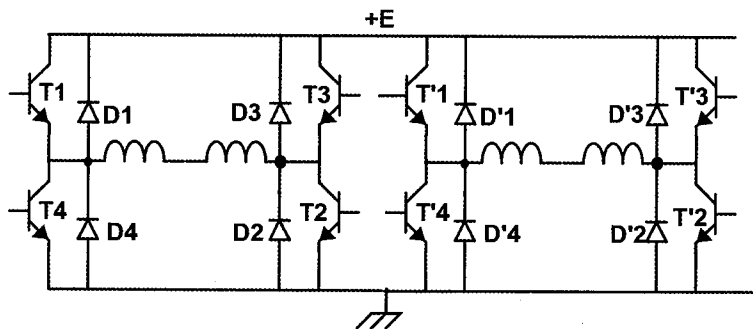
b - Commande par pas entier : deux phases alimentées en même temps (augmentation du couple moteur) , sens antihoraire :

Position	T1	T2	T3	T4	
2	1	1	0	0	
4					
6					
8					

c - Commande par demi-pas : (double le nombre de pas) , sens antihoraire .

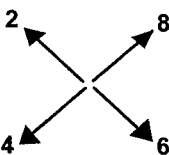
Position	T1	T2	T3	T4	
1	1	0	0	0	
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					

B - Commande bipolaire : elle permet d'augmenter le couple moteur : utilisation de la totalité des enroulements.



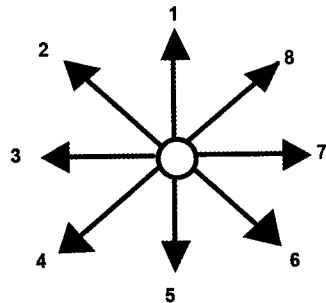
Compléter les tableaux suivants :

a - Commande par pas entier , sens antihoraire :

Position	T1	T2	T3	T4	T'1	T'2	T'3	T'4	
2	1	1	0	0	1	1	0	0	
4									
6									
8									

b - Commande par demi-pas , sens antihoraire .

Position	T1	T2	T3	T4	T'1	T'2	T'3	T'4
1	1	1	0	0	0	0	0	0
2	1	1	0	0	1	1	0	0
3								
4								
5								
6								
7								
8								

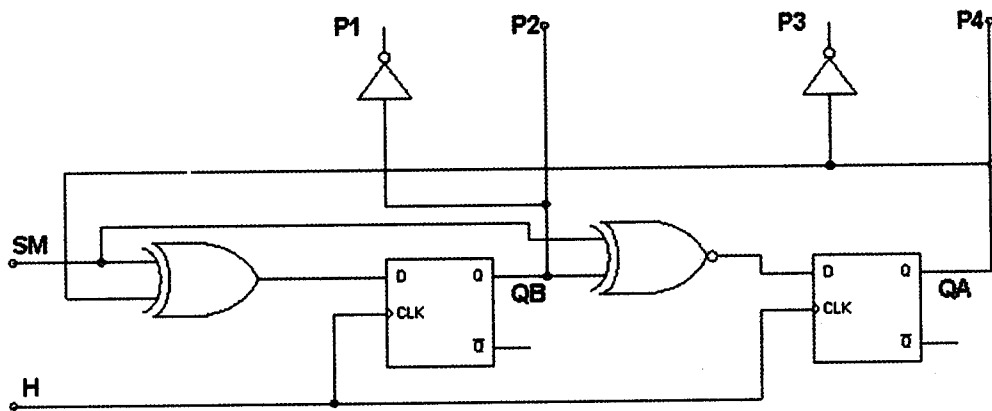


Exercice N°12

La plaque signalétique d'un moteur pas à pas à aimant permanent porte les indications suivantes :

Stator			Rotor	
Phases	Nbre de pôles	type d'alimentation	Nbre de pas par tour	Couple
4 demis enroulements P1,P2,P3,P4	8 pôles fixes	symétrique unidirectionnelle	96 p/tr	T=8,5Nm

On adopte le circuit suivant pour commander les phases P1 , P2 , P3 et P4 du stator :



1 - Déterminer les équations de D_A et D_B en fonction de Q_A , Q_B et SM .

2 - Tracer les chronogrammes des sorties Q_A et Q_B en fonction de SM et H et compléter la table de vérité :

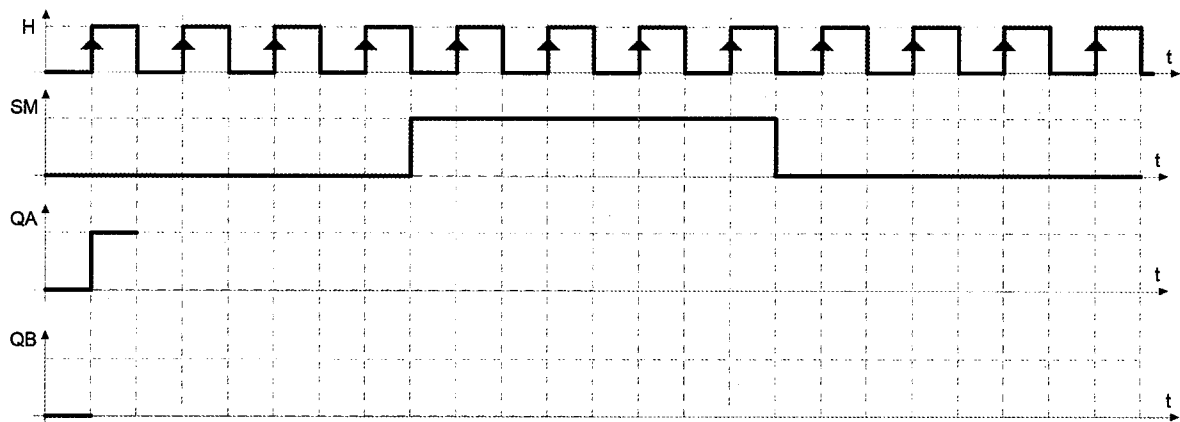


Table de vérité :

H	SM	Q_B^n	Q_A^n	Q_B^{n+1}	Q_A^{n+1}	P1	P2	P3	P4
↑	0	0	1	1	1	1	0	0	1
↑	0	0	1						
↑	0								
↑	0								
↑	1	1	0	1	1	0	1	1	0
↑	1	1	0						
↑	1								
↑	1								

3 - Combien de sens possède le moteur .

4 - Calculer le nombre de pôles $2p$ du rotor du moteur .



(Moteur pas à pas)

Exercice N°1 (Moteur pas à pas)

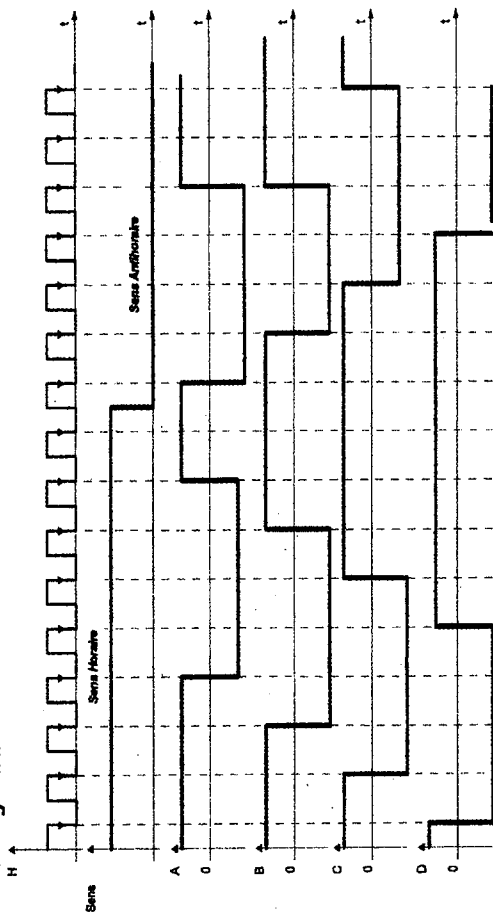
- 1 - Mode d'alimentation : bipolaire car chaque borne de chaque enroulement est alimentée successivement par une polarité positive puis négative (d'où le terme bipolaire).
- 2 - Nombre de phases : On compte 4 bobines , donc le moteur possède 4 phases
- 3 - Pas angulaire α en $^\circ$: $\alpha = \frac{360}{N_{p/p}} = \frac{360}{8} = 45^\circ$

4 - Tableaux de fonctionnement :

S_1	S_2	S_3	S_4	Position rotor	Sens
0	0	0	0	1	Sens antihoraire
1	0	0	0	2	
1	1	0	0	3	
1	1	1	0	4	
1	1	1	1	5	
0	1	1	1	6	
0	0	1	1	7	
0	0	0	1	8	

S_1	S_2	S_3	S_4	Position rotor	Sens
0	0	0	0	1	Sens horaire
0	0	0	1	8	
0	0	1	1	7	
0	1	1	1	6	
1	1	1	1	5	
1	1	1	0	4	
1	1	0	0	3	
1	0	0	0	2	

5 - Chronogrammes :



~ 181 ~

Exercice N°2

1 - On détermine :

- le nombre des phases : 4 phases
- le nombre de pas par tour : c'est un moteur bipolaire ($k_1 = 2$) : la commutation est symétrique puisque à chaque pas effectué par le moteur , une seule bobine est excitée ($k_2 = 1$) : $N_{p/t} = m.k_1.k_2.p = 4 . 1 . 2 . 1 = 8$ pas .
- le pas angulaire : $\alpha = \frac{360}{8} = 45^\circ$.

2 - Tableau :

Q_{16}	Q_{15}	Q_{14}	Q_{13}	Q_{12}	Q_{11}	Q_{10}	Q_9	Q_8	Q_7	Q_6	Q_5	Q_4	Q_3	Q_2	Q_1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	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	0	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	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	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Exercice N°3

a - Tableau sens horaire:

Phases excitées				Position
Q_4	Q_3	Q_2	Q_1	
0	1	1	0	1
1	0	1	0	2
1	0	0	1	3
0	1	0	1	4

- b - commutation biphasée .
- c - Moteur bipolaire
- d - 4 pas par tour

e - Tableau indiquant la séquence du commutation pour que le moteur tourne dans le sens contraire (sens antihoraire) :

Q_4	Q_3	Q_2	Q_1	position
0	1	1	0	1
0	1	0	1	4
1	0	0	1	3
1	0	1	0	2

~ 182 ~

Exercice N°4

a - Mode de fonctionnement 1 : une seule bobine est alimentée par pas :

Position du rotor	1	3	5	7
Bobines excitées	B1	B2	B3	B4

- le type de la commutation : unidirectionnelle symétrique

b- Mode de fonctionnement 2 : 2 bobines sont alimentées par pas :

Position du rotor	2	4	6	8
Bobines excitées	B1 + B2	B2+B3	B3+B4	B4+B1

- Type de la commutation : unidirectionnelle symétrique

c - Mode de fonctionnement 3 : mode demi pas :

Position du rotor	1	2	3	4	5	6	7	8
Bobines excitées	B1	B1+B2	B2	B2+B3	B3	B3+B4	B4	B4+B1

- Type de la commutation : unidirectionnelle asymétrique

2 - 2^{ème} cas : moteur bipolaire :

a - Mode de fonctionnement 1 : deux bobines sont alimentées par pas :

Position du rotor	1	3	5	7
Bobines excitées	B1+B3	B2+B4	B3+B1	B4+B2

Type de la commutation : bidirectionnelle symétrique

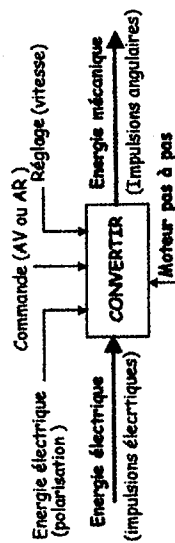
b - Mode de fonctionnement 2 : mode demi pas :

Position du rotor	1	2	3	4	5	6	7	8
Bobines excitées	B1B3	B1B2	B3B3	B2B4	B4B1	B3B1	B4B2	B4+B1

- Type de la commutation : bidirectionnelle symétrique

Exercice N°5

1- Modélisation :



~ 183 ~

2 - Type de ce moteur : il est de type unipolaire car les enroulements à point milieu sont alimentés par une polarité toujours de même signe (pour le changer le sens de flux dans le stator on change de bobine)

3 -Nombre de phases : on compte , dans le stator , 4 demi enroulements , donc m = 4 phases

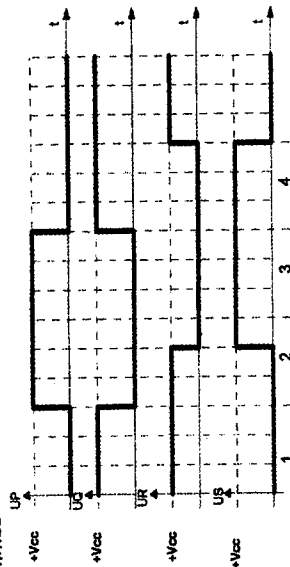
4 - Tableaux :

Mode1 : on alimente successivement chaque demi-enroulement									
Séquences de commutation	A B C D				Position rotor		sens de rotation		
	1	2	3	4	0	1	0	0	1
1	0	0	0	1	0	1	0	0	1
2	0	1	0	0	0	1	0	0	3
3	0	0	1	0	0	1	0	0	5
4	0	0	0	1	0	1	0	0	7

Mode2 : on alimente successivement chaque 2 demi- enroulements									
Séquences de commutation	A B C D				Position rotor		sens de rotation		
	1	2	3	4	0	1	0	0	1
1	0	0	1	1	0	1	0	0	1
2	0	0	1	1	0	1	0	0	6
3	0	1	1	0	0	1	0	0	4
4	1	1	0	0	0	1	0	0	2

Exercice N°6

1 - Les chronogrammes :



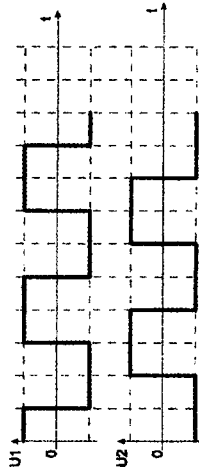
2 -Type de commutation : Mt est un moteur pas à pas unipolaire et possédant 4 phases . Les chronogrammes montrent qu'en passant d'un pas au pas suivant deux phases sont excitées à la fois : la commutation est symétrique
Type de commutation : unidirectionnelle symétrique

~ 184 ~

3 - Période de signal V_h :
 1 tour = 4 pas donc $1s \Rightarrow 4$ périodes de V_h . $V_h \rightarrow 1s \Rightarrow T = 1/4 = 0.25s$, donc $T = 0.25s$

Exercice N°7

- 1 - Le nombre de phases au stator : $m = 2$ phases.
- 2 - Le type de la commutation :
 La commutation est de type bidirectionnelle symétrique .moteur bipolaire $\Rightarrow K_1 = 2$
 Commutation symétrique $\Rightarrow K_2 = 1$
 3 - Le pas angulaire : $\alpha = \frac{360}{N_{pas/tour}} = 90^\circ$
- 4 - Nombre de pôles au rotor : $N_{p/r} = m.p.k_1.k_2 \Rightarrow p = \frac{N_{p/r}}{m.k_1.k_2} = \frac{4}{2.2.1} = 1$ paire de pôles
 $\Rightarrow 2P = 2$ pôles.
- 5 - Chronogrammes de U_1 et U_2 :



Exercice N°8

- 1 - Nombre des phases : Nombre des phases est égal au nombre de demi bobines , soit 8 phases.
- 2 - Nombre de pôles : Le rotor a deux pôles (un pôle nord et un pôle sud)
- 3 - Nombre de position par tour : Nbre de position = Nbre de phases x Nbre de paire de pôle : $8 \times 1 = 8$ positions
 Le pas angulaire : $\alpha = \frac{360}{8} = 45^\circ$.

Exercice N°9

- 1 - Le nombre de pas par tour : $N_{p/r} = m.k_1.k_2.p$, la commutation est bidirectionnelle ($k_1 = 2$) symétrique ($k_2 = 1$). deux pôles : $p = 1$, 4 phases : $m = 4$.
 $N_{p/r} = 4.2.1.1 = 8$ pas / tour
- 2 - L'écart angulaire α en degré puis en radian :

$$\alpha_{p/r} = \frac{360}{N_{p/r}} = \frac{360}{8} = 45^\circ ; \alpha_{rd} = \frac{2\pi}{8} = \frac{\pi}{4} \text{ rd}$$

3 - La vitesse de rotation :

$$n_{p/r} = \frac{n_{p/s}}{N_{p/r}} = \frac{60}{8} = 7.5 \text{ tr / mn}$$

Exercice N°10

- 1 - Nombre des phases : Le moteur comporte 4 phases ($m = 4$) dont le rôle est de créer un champ magnétique à directions multiples .
- 2 - Pour faire varier la vitesse du moteur pas à pas , il faut agir sur la fréquence du signal d'horloge .
- 3 - le moteur est de type unipolaire $\Rightarrow k_1 = 1$
- 4 - les chronogrammes montrent qu'en passant d'un pas au pas suivant deux bobines sont excitées en même temps : la commutation est symétrique $\Rightarrow k_2 = 1$
- 5 - Nombre de pôles :

$$p = \frac{N_{p/r}}{k_1.k_2.m} = \frac{48}{1.1.4} = 12 \text{ paires de pôles} \Rightarrow 2p = 24 \text{ pôles}$$

6 - D'après les chronogrammes , pour inverser le sens de rotation du moteur pas à pas on doit agir sur l'état logique de l'entrée M : $M = 0$ sens horaire ; $M = 1$ sens antihoraire.

Exercice N°11

A - Commande unipolaire

a - Commande par pas entier : une seule phase est alimentée à la fois , sens anti-horaire

Position	T1	T2	T3	T4	Bobines excitées	
1	1	0	0	0	A1	
3	0	1	0	0	B2	
5	0	0	1	0	A2	
7	0	0	0	1	B1	

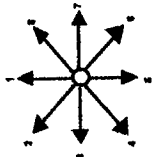
b - Commande par pas entier : deux phases alimentées en même temps , sens antihoraire :

Position	T1	T2	T3	T4	Bobines excitées	
2	1	1	0	0	A1	B2
4	0	1	1	0	A2	B2

6	0	0	1	1	A2 B1
8	1	0	0	1	A1 B1

Commande par demi-pas : (double le nombre de pas) , sens antihoraire .

Position	T1	T2	T3	T4	Bobines excitées	
1	1	0	0	0	A1	B2
2	1	1	0	0	A1	B2
3	0	1	0	0	B2	
4	0	1	1	0	A2	B2
5	0	0	1	0	A2	
6	0	0	1	1	A2	B1
7	0	0	0	1	B1	
8	1	0	0	1	A1	B1



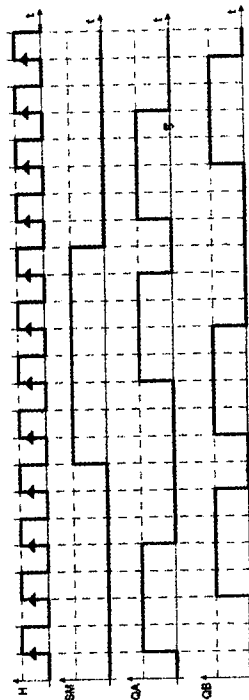
Exercice N°12

équations de D_A et D_B en fonction de Q_A , Q_B et SM .

$$Q_B \oplus SM = Q_B \odot SM = \bar{Q}_B \bar{SM} + SM Q_B \quad \text{ET} \quad D_B = Q_A \oplus SM = Q_A \bar{SM} + SM \bar{Q}_A$$

Les chronogrammes des sorties Q_A et Q_B en fonction de SM et H et la table de

vérité :



de vérité :

remarque que $P4=Q_A$ donc $P3 = \bar{Q}_A$ et $P2 = Q_B$ donc $P1 = \bar{Q}_B$.

H	SM	Q_B^n	Q_B^{n+1}	Q_A^n	Q_A^{n+1}	P1	P2	P3	P4
↑	0	0	1	1	1	1	1	0	1

↑	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1
↑	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0
↑	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1
↑	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0
↑	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1
↑	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1
↑	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1

3 -Le moteur a deux sens de rotation suivant l'état logique de SM .

4 -Le nombre de pôles $2p$ du rotor.

Les chronogrammes (ou la table de vérité) montrent que la commutation est symétrique car on passe d'un pas au pas suivant deux phases qui sont excitées à la fois $\Rightarrow K2 = 1$. Le moteur est de type unipolaire $\Rightarrow k1 = 1$, $m = 4$ phases et le nombre de pas par tour $N = 96$ p/tr

$$N = m k_1 K_2 p \Rightarrow p = \frac{N}{m k_1 K_2} = \frac{96}{4 \times 1 \times 1} = 24 \text{ paires de pôles} \Rightarrow \text{Nombres de pôles } 2p = 48 \text{ pôles.}$$

LES MICROCONTRÔLEURS

Exercice N°1 :

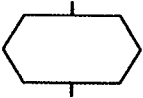
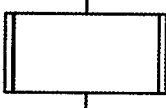
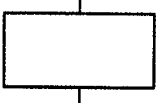
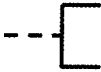
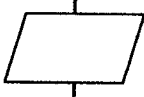
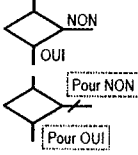
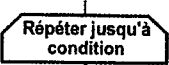
Un algorithme est un ensemble de règles opératoires rigoureuses, ordonnant à un processeur d'exécuter dans un ordre déterminé une succession d'opérations élémentaires, pour résoudre un problème donné. C'est un outil méthodologique général qui ne doit pas être confondu avec le programme proprement dit.

Un algorithme peut être :

- représenté graphiquement par un **organigramme** (ou **ordinogramme**),
- écrit sous forme littérale avec un **langage algorithmique**.

L'organigramme est une représentation graphique normalisée utilisée pour analyser ou décoder un problème. Il utilise des symboles représentant des traitements, des liaisons, des données...

1 - compléter le tableau ci-dessous en indiquant la désignation de chaque symbole :

symboles	Désignation	Désignation	Désignation
			
			
			
			
 		Sens conventionnel des liaisons	

2 - Donner les différentes structures d'organigrammes fondamentaux et les traduire en langage algorithmique .

Exercice N°2 : Contrôle d'accès de l'entrée d'un hôtel

L'entrée d'un hôtel est équipée d'un système semi-automatique de contrôle d'accès.

Ce système est composé :

- d'un verrou électrique Verrou
- d'un clavier numérique situé à l'extérieur Code_clavier
- d'un bouton poussoir situé dans le box du concierge BPouv
- d'une horloge interne H

» Entre 8h00 et 22h00 : le concierge, apercevant un client à l'entrée , actionne BPouv pour permettre l'accès à l'hôtel.

» Entre 22h00 et 8h00 : l'hôtel, n'ayant pas de veilleur de nuit, fournit à ses clients un code à 4 chiffres qu'ils entreront sur le clavier numérique. La validation de code par le système de contrôle d'accès aura pour effet le déverrouillage de la porte.

A partir de la démarche algorithmique du fonctionnement d'une entrée semi-automatique d'hôtel , élaborer l'algorithme.

Exercice N°3

1 - Remplissage d'une caisse

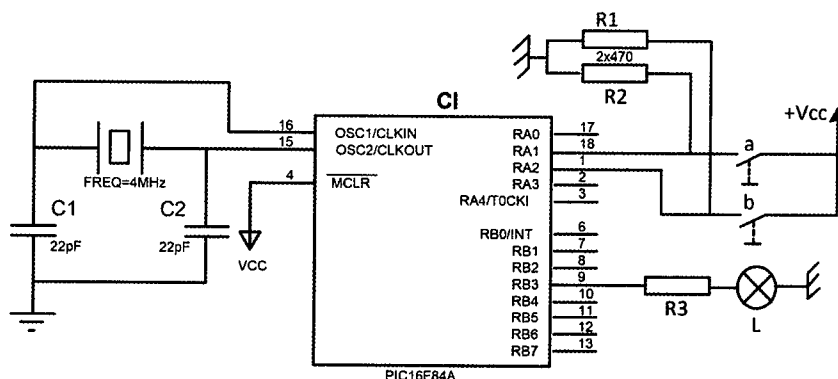
On veut compter le passage de bouteilles sur un tapis . Lorsque six bouteilles (Nb) sont passées , l'arrivée d'une nouvelle bouteille est stoppée (un système annexe placera les six bouteilles dans une caisse , mais cette gestion ne sera pas étudiée ici) .

- Proposer l'algorithme de gestion de système et l'algorithme correspondant .
- Quelle est la principale structure utilisée ?

2 - Gestion d'un ascenseur

Une personne entre dans un ascenseur , et appuie sur le bouton poussoir d'un étage . Proposer l'algorithme simplifié de gestion de l'ensemble : début lors de la demande d'un étage et fin lorsque l'étage désiré est atteint .

Exercice N°4 :



Une Lampe est commandée par une carte électronique à base d'un microcontrôleur 16F84A suivant le schéma structurel ci-contre . On donne $L=a+b$

- 1 - Quel est le type du circuit CI utilisé ?
- 2 - Quel est le type d'horloge utilisée ? Citer les différentes façons de réaliser le circuit d'horloge .
- 3 - Donner le rôle de la broche $\overline{MCLR}$ et son état d'activation .
- 4 - Expliquer le rôles des résistances R1 ,R2 et R3 .
- 5 - Identifier les entrées et les sorties de chaque port di CI.
- 6 - Traduire la fonction $L = a + b$ par un algorithme.
- 7 - Proposer des solutions pour simuler le fonctionnement de la lampe L par le logiciel Flowcode .

Exercice N°5 : Montage va et vient

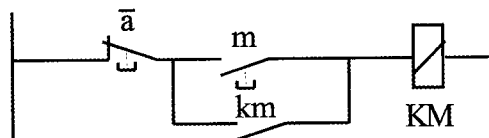
Table de vérité :	Schéma de réalisation :	Affectation des entrées et de la sortie :															
<table border="1"> <thead> <tr> <th>a</th><th>b</th><th>L</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr> <td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr> <td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr> <td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> </tbody> </table> Equation de la fonction de sortie : $L = \bar{a}b + a\bar{b}$	a	b	L	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0		Affectation des entrées et de la sortie :
a	b	L															
0	0	0															
0	1	1															
1	0	1															
1	1	0															

Proposer des solutions pour simuler ce montage par le logiciel FLOWCODE

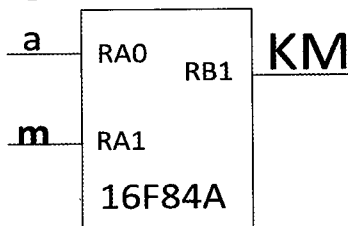
Exercice N°6 : Fonction mémoire à arrêt prioritaire

Un moteur électrique est commandé par un contacteur KM suivant le montage ci-dessous

a = bouton poussoir arrêt ; m = bouton poussoir marche

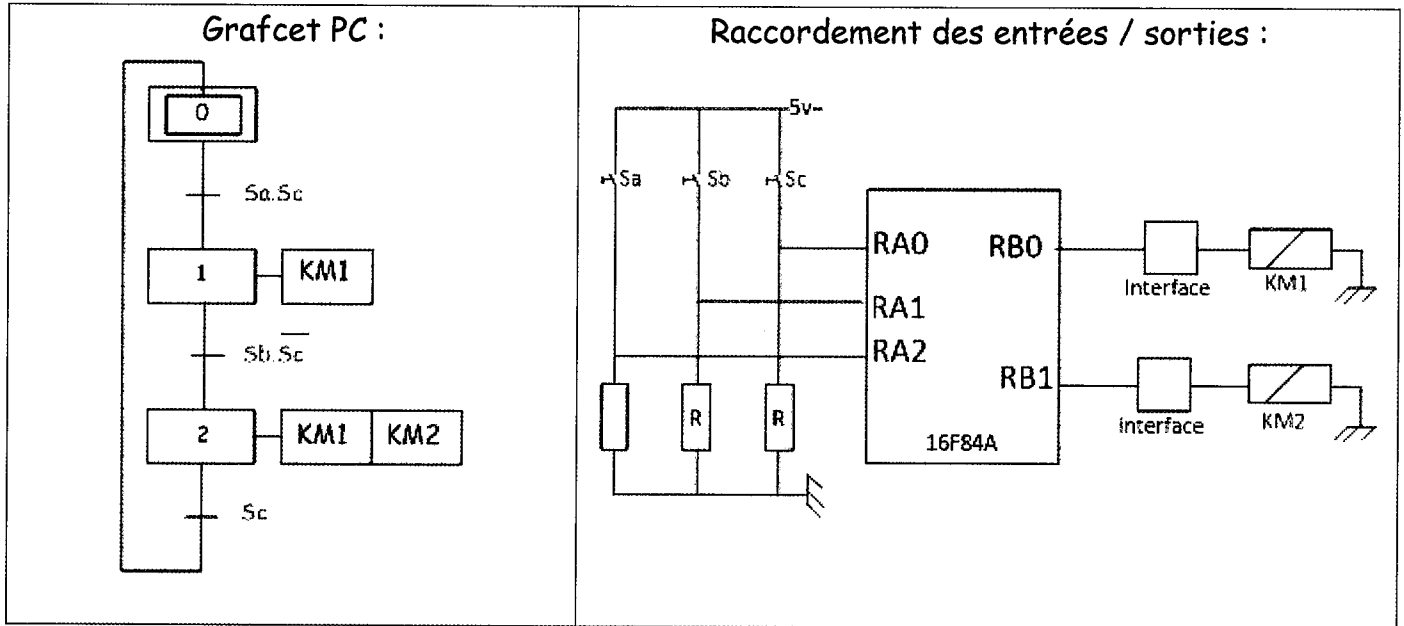


- 1 - Ecrire l'équation de KM . Quelle est la fonction réalisée par ce montage ?
- 2 - Simuler cette équation par le logiciel « FLOWCODE ». On adopte l'affectation suivante



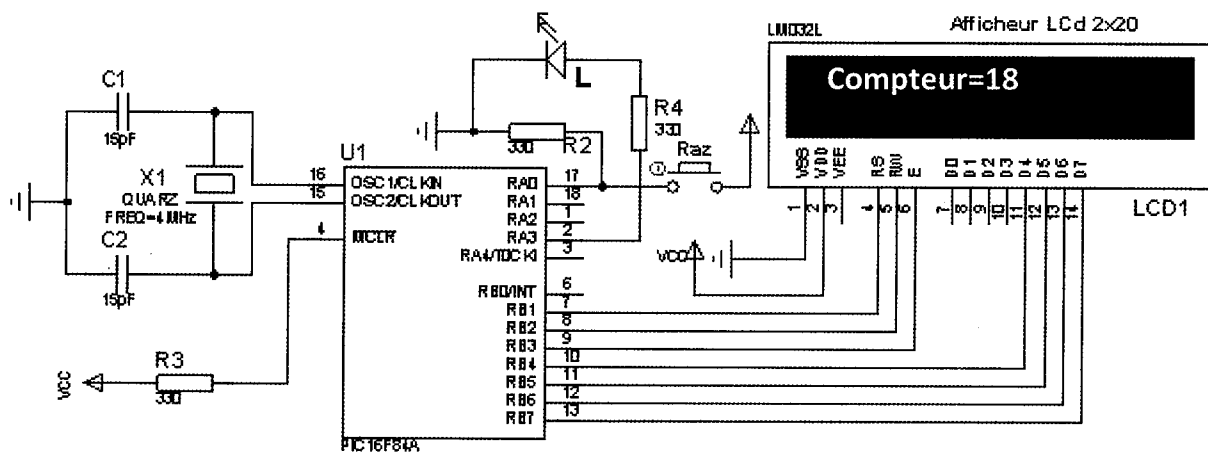
Exercice N°7 Programmation d'un GRAFCET

La commande des moteurs M1 et M2 est décrite par le GRAFCET PC ci-dessous . La mise en œuvre de ce GRAFCET est assurée par un microcontrôleur 16F84A :



- 1 - Dresser un tableau des affectations des E/S .
- 2 - Donner le GRAFCET codé microcontrôleur 16F84A
- 3 - Ecrire les équations des étapes 1 , 2 et 3 et les équations des sorties $KM1$ et $KM2$
- 4 - Sous logiciel « FLOWCODE » proposer et saisir l'organigramme relatif au fonctionnement du grafcet . Faire la simulation .

Exercice N°8 : chronomètre modulo 60



A la mise sous tension , le compteur s'incrmente de 0 à 59 chaque seconde . L'écran LCD doit afficher « Compteur = [valeur compteur] » . Un bouton Raz de remise à 0 permet d'initialiser le compteur .

Une lampe L s'allume pendant 2s chaque fois que le compteur passe par 0 (en mode comptage ou en mode initialisation forcée).

1-Compléter les tableaux suivants :

Entrées/système	Entrées/16F84A	Sortie/Système	Sortie/16F84A
Raz		D1	
c		RS	
		RW	
		E	
		D4..D7	
		L	

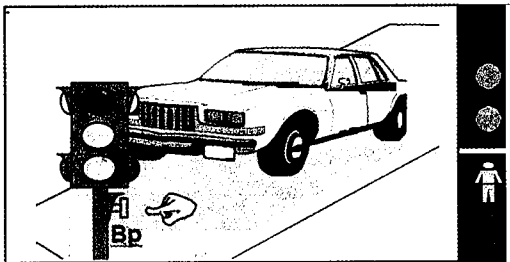
TRISA				RA4	RA3	RA2	RA1	RA0	TRISA := \$.....
	0	0	0	0	...	0	0	...	
TRISB	RB7	RB6	RB5	RB4	RB3	RB2	RB1	RB0	TRISB := \$.....
	...	...	...	...	...	...	...	...	

2 - Le LM032 est afficheur à cristaux liquides 2x16 caractères alphanumériques .

a - Traduire le fonctionnement de ce compteur par un algorithme sous Flowcode.

b -Vérifier le bon fonctionnement du compteur (par Flowcode puis par ISIS en construisant le fichier « .Hex » .

Exercice N°9 : Feux de circulation : interruption INT / RB0



Une rue à trafic dense est équipée d'un feu (Fa) tricolore pour les automobilistes, d'un feu bicolore (Fp) pour les piétons et d'un bouton Bp permettant aux piétons de prendre momentanément la priorité sur les utilisateurs

de la dite voie afin de traverser en toute sécurité.

En fonctionnement normal le feu vert des automobilistes et le feu rouge des piétons sont allumés en permanence.

A tout moment un piéton désirant traverser cette voie, actionne le bouton Bp, ce qui entraîne:

- L'extinction du feu vert destiné aux automobilistes;
- L'allumage du feu jaune invitant les automobilistes à ralentir durant 10 s;
- L'allumage du feu rouge des automobilistes et l'allumage du feu vert durant 20s autorisant le passage des piétons.

Après écoulement du temps prévu, le trafic reprend son cours normal (feu vert pour les automobilistes et feu rouge pour les piétons)

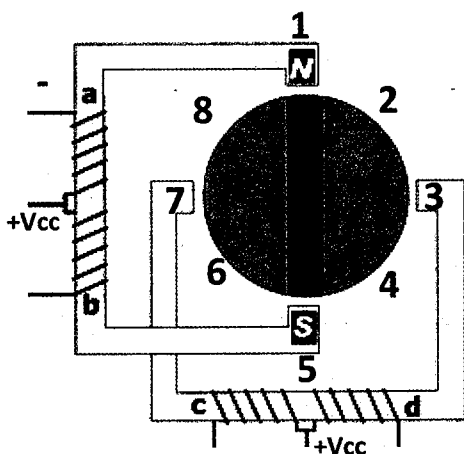
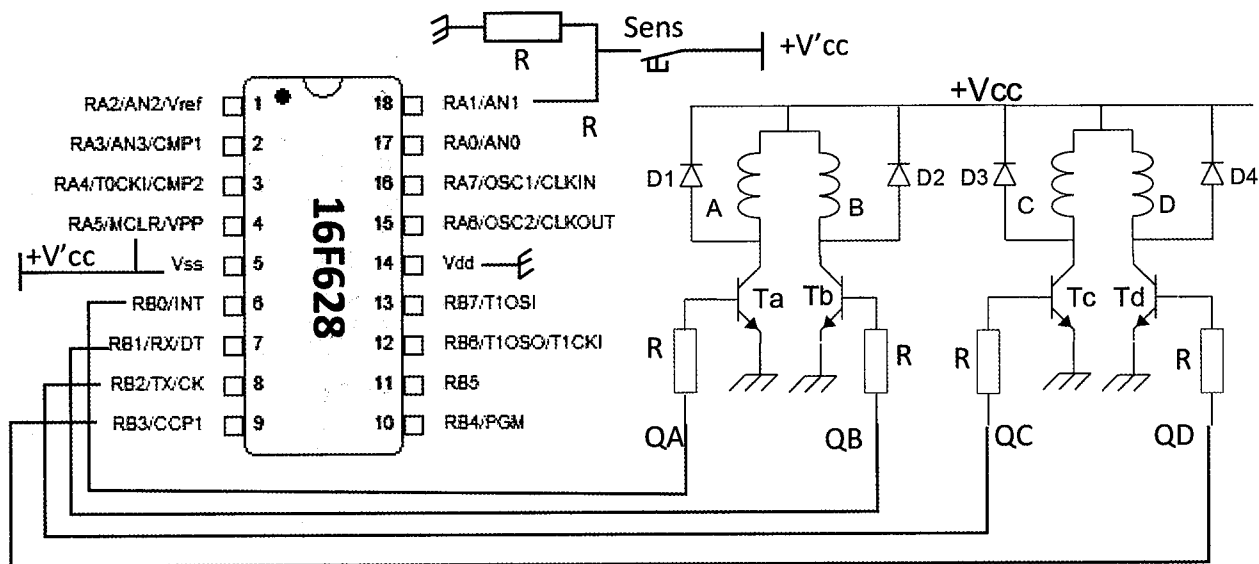
- 1- Traduire ce fonctionnement par un algorithme sous Flowcode (Le bouton poussoir BP est branché sur la broche RB0 (interruption externe sur RB0 du 16F84A)
- 2- Simuler le fonctionnement sous le logiciel ISIS en proposant un schéma logique à base de microcontrôleur 16F84A.

Exercice N°10 Compteur modulo8 (afficheur 7 segments +Interruption)

Réaliser un compteur modulo 8 (0 à 7) qui s'incrémente à chaque impulsion sur un bouton poussoir Branché sur la broche d'interruption externe RB0

Exercice N°11 : Commande d'un moteur pas à pas unipolaire

Un moteur pas à pas à aimant permanent est commandé par un microcontrôleur 16F628A .
Un bouton "Sens" assure la rotation du moteur dans le sens horaire (Sens =1) ou dans le sens antihoraire (sens = 0)



- 1 - Donner le tableau des affectations ($\mu C \rightarrow$ système)
- 2 - Donner la table de vérité traduisant le fonctionnement du moteur en mode $\frac{1}{2}$ pas dans le sens horaire puis dans le sens antihoraire.
- 3- Construire l'algorithme sous Flowcode , en déduire le fichier ".hex" à implanter dans le μC 16F628 . Vérifier le fonctionnement par un logiciel de simulation

Exercice N°12 : Gestion d'un clavier matriciel

On désire afficher les nombres hexadécimaux 0 - 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9 - A - B - C - D - F sur un afficheur LCD (2 x 16 caractères) à partir d'un clavier matriciel 4x4 .

CORRIGÉS

(Les microcontrôleurs)

Exercice N°1 :

1-Tableau

symboles	Désignation	Désignation	Désignation
	Début, Fin Début/Fin d'un algorithme, sous-programme, programme principal		RENOUOI Assure la continuité d'une ligne.
	Initialisation-Préparation Opération qui détermine partiellement ou complètement la voie à suivre dans un embranchement ou un sous programme		Sous-programme Trop complexe pour n'être qu'une opération : portion de programme résumée à son seul titre et détaillée à un autre endroit du programme total
	TRAITEMENT ou ACTION Opération ou groupe d'opérations sur des données, instructions, ...etc.		COMMENTAIRE Permet de préciser des éléments sur n'importe quelle symbole
	ENTREE ou SORTIE Lecture d'une entrée ou écriture sur une sortie		EMBRANCHEMENT ou TEST LOGIQUE Choix à effectuer sur un état avec une réponse « binaire » : VRAI ou FAUX
	BOUCLE Symbole propre à la norme ISO 5807. Utilisé pour réaliser des boucles conditionnelles. On note la condition de réalisation de la boucle dans les symboles de début et de fin de boucle	Sens conventionnel des liaisons Le sens général des lignes de liaison doit être : - de haut en bas - de gauche à droite Lorsque le sens ainsi défini n'est pas respecté, des pointes des flèches, à cheval sur la ligne, indiquent le sens utilisé.	

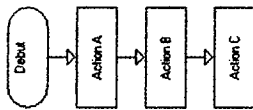
2 - Structures algorithmiques fondamentales : Les opérations relatives à la résolution d'un problème peuvent en fonction de leur enchaînement, être organisées selon trois familles de structures : structures linéaires, structures alternatives, - structures répétitives.

a -La structure linéaire ou séquence

La structure linéaire se caractérise par une suite d'actions à exécuter successivement dans l'ordre de leur énoncé .La structure linéaire n'est pas une façon de programmer en

soi : il s'agit plutôt de parties d'algorithme qui seront conçues de façon linéaire

Organigramme



Début algorithme :

Action A

Action B

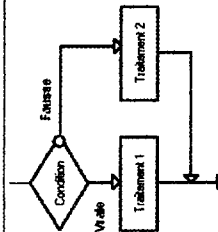
Action C

Fin algorithme

b - Structure alternative : Une structure alternative n'offre que deux issues possibles s'excluant mutuellement. Les structures alternatives définissent une fonction de choix ou de sélection entre l'exécution de l'un ou de l'autre des deux traitements. Egalement désignées par structures conditionnelles, elles sont représentatives du saut ou rupture de séquence.

•La structure alternative complète

Organigramme

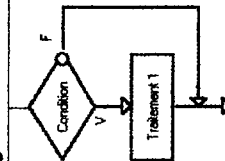


Langage algorithmique

SI condition VRAIE
ALORS traitement 1
SINON traitement 2
FINSI

• La structure alternative réduite : La structure alternative réduite se distingue de la précédente par le fait que seule la situation correspondant à la validation de la condition entraîne l'exécution du traitement. La situation opposée conduit à la sortie de la structure.

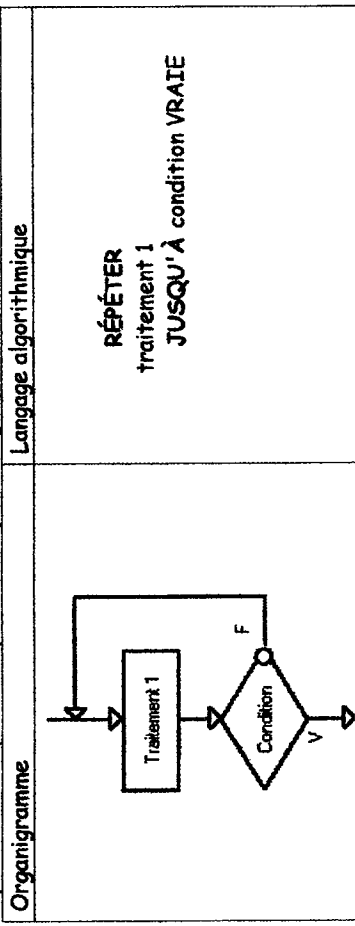
Organigramme



Langage algorithmique

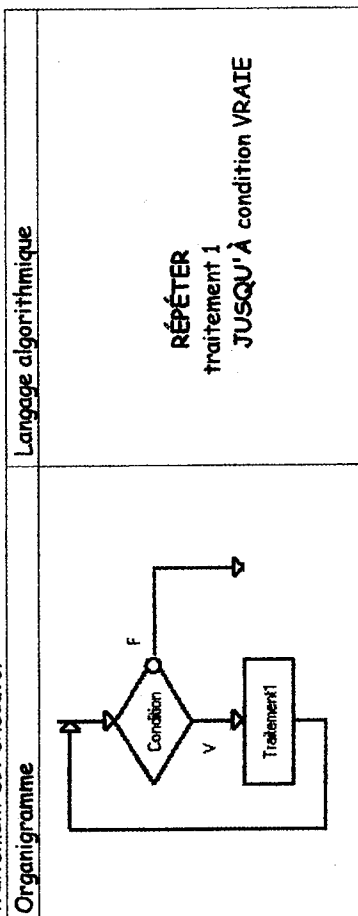
SI condition VRAIE
ALORS traitement 1
FINSI

• Les structures répétitives : Une structure répétitive ou itérative répète l'exécution d'une action : REPETER.....JUSQU'A Dans cette structure le traitement est exécuté une première fois puis sa répétition se poursuit jusqu'à ce que la condition soit vérifiée.



-TANT QUE ... FAIRE

Dans cette structure on commence par tester la condition, si elle est vraie alors le traitement est exécuté.

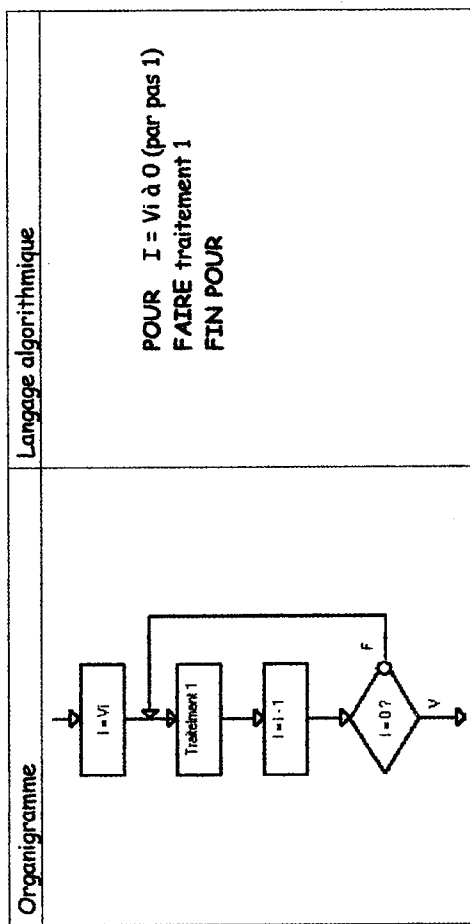


STRUCTURE REPETITIVE CONTROLEE

Dans cette structure la sortie de la boucle d'itération s'effectue lorsque le nombre souhaité de répétitions est atteint. D'où l'emploi d'une variable de boucle (indice I) caractérisée par :

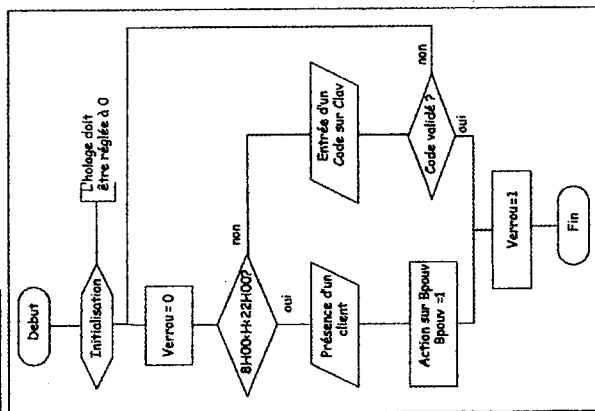
- ♦ sa valeur initiale V_i
- ♦ sa valeur finale
- ♦ son pas de variation

~ 197 ~



Exercice N°2 : Contrôle d'accès de l'entrée d'un hôtel

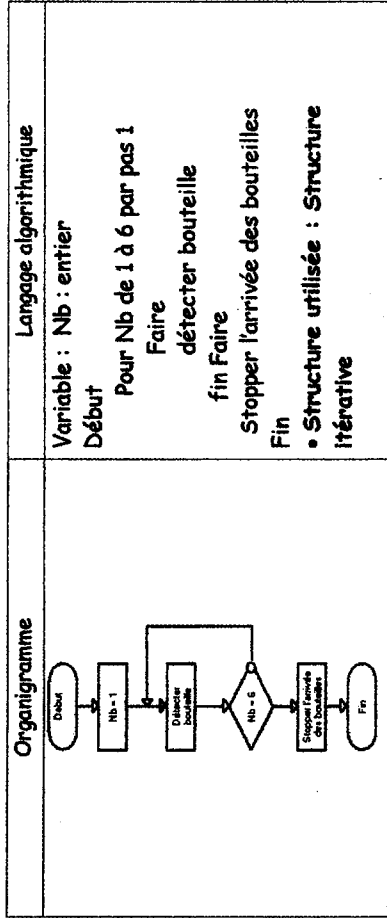
- Démarche algorithmique :
 - Il faut au préalable que l'horloge soit réglée et le verrou fermé [Verrou = 0.
 - SI il est entre 8h00 et 22h00
 - Lorsqu'un client se présente à l'entrée
 - ALORS le concierge appuie sur BPouv ET le verrou s'ouvre [Verrou = 1]
 - SINON il est entre 22h00 et 8h00
 - ALORS le client rentre son code
 - SI le code est bon
 - ALORS le verrou s'ouvre [Verrou = 1]
 - SINON le verrou reste fermé [Verrou = 0]
 - L'arrêt du système technique s'effectuera par la mise hors-tension



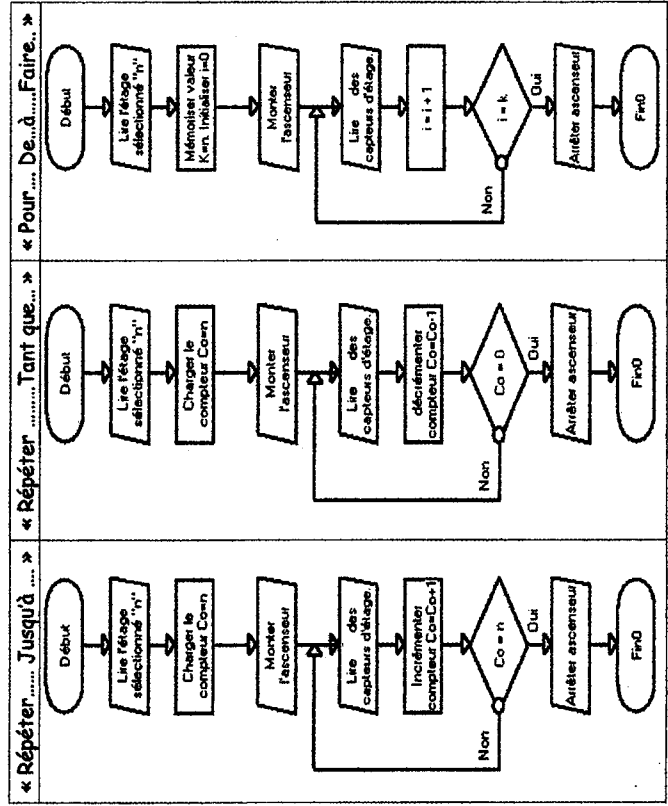
~ 198 ~

Exercice N°3

1 - Remplissage d'une caisse :



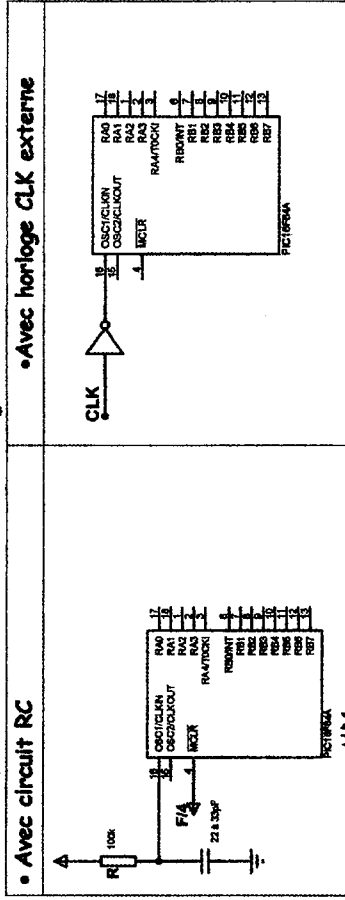
2 - Gestion d'un ascenseur :



Exercice N°4

- 1- Le montage de la figure utilise un microcontrôleur de type 16F84A.
- 2- Le circuit utilise une horloge externe pilotée par un quartz de 4 MHz associé à deux condensateurs : $C1 = C2 = 22\text{pF}$.

Autres façons de réaliser le circuit d'horloge :



3 - $\overline{MCLR}$ est entrée générale de remise à zéro active au niveau bas (c'est aussi une entrée de programmation).

4 - Lorsque « a » est actionné, la broche RA1 prend la valeur logique 1, dans le cas contraire cette broche est reliée à la masse par l'intermédiaire de la résistance R1 ; R1 et R2 sont deux résistances de forçage à 0.

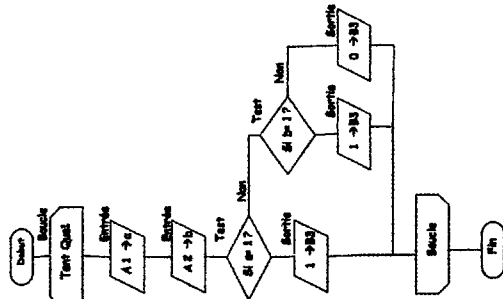
R3 est une résistances de limitation de courant dans la lampe L.

5 - Identification des entrées et des sorties :

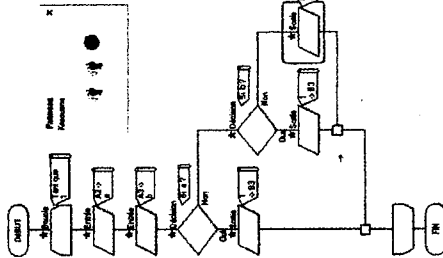
PORT A		PORT B	
RA0	Non utilisée	RB0	Non utilisée
RA1	Entrée a	RB1	Non utilisée
RA2	Entrée b	RB2	Non utilisée
RA3	Non utilisée	RB3	Sortie L
RA4	Non utilisée	RB4	Non utilisée
		RB5	Non utilisée
		RB6	Non utilisée
		RB7	Non utilisée

6 - Algorithme :

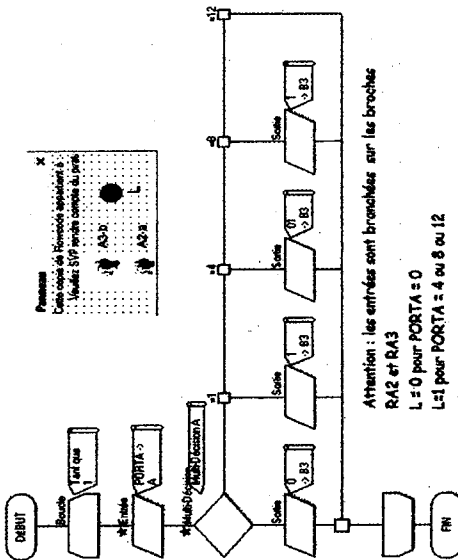
6 - Algorithme :



7 - 1^{ère} méthode : les variables a et b sont de type octet ou bit

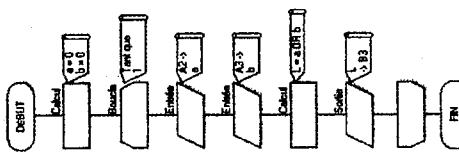


Méthode 2 : on travaille sur le portA entier



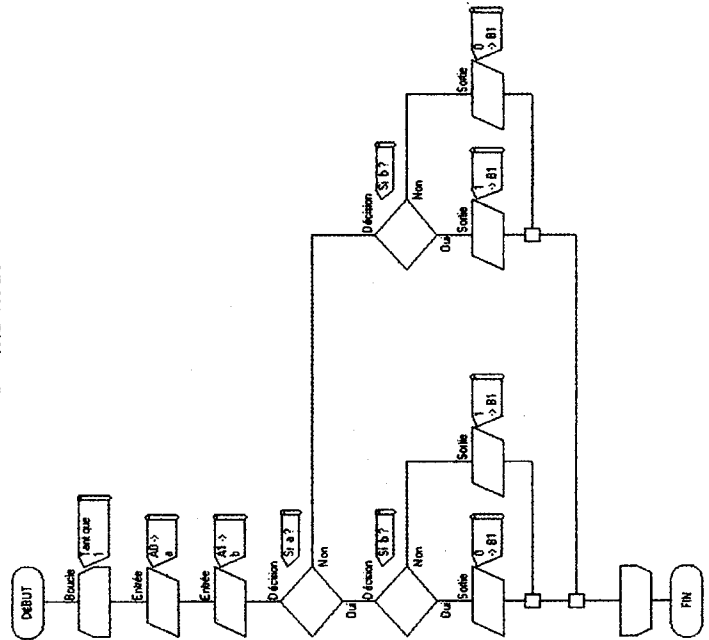
Attention : les entrées sont branchées sur les broches RA2 et RA3
L=0 pour PORTA = 0
L=1 pour PORTA = 4 ou 8 ou 12

Méthode3 : On programme l'équation L=a+b



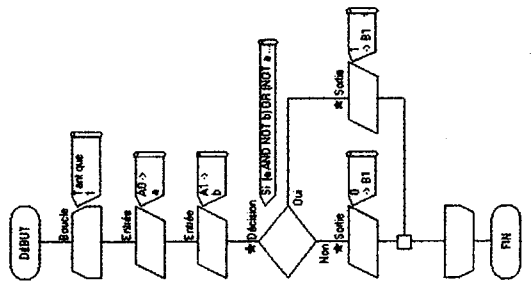
Exercice N°5

1^{ère} Méthode



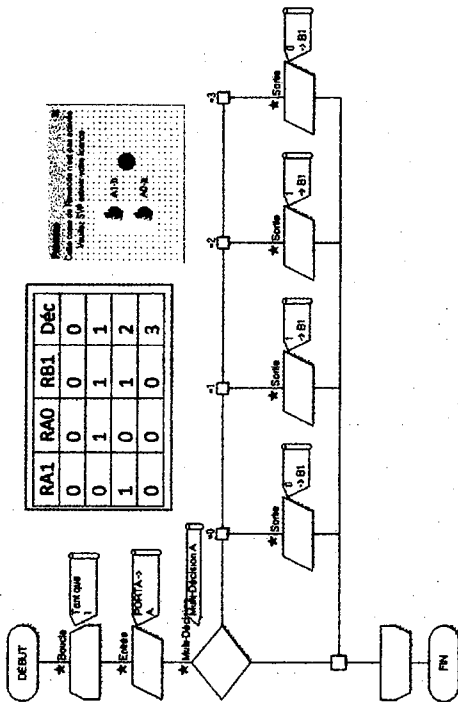
Dans cette méthode , on teste chaque variable

2^{ème} Méthode

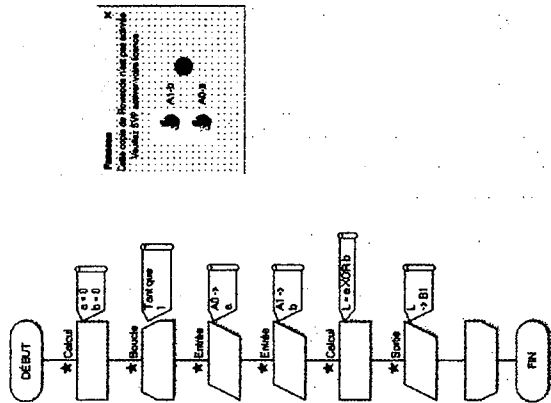


On réalise un test sur l'équation de L
Si (a xor b) = 1 alors L = 1
Sinon L = 0

3^{ème} Méthode : on programme le port entier



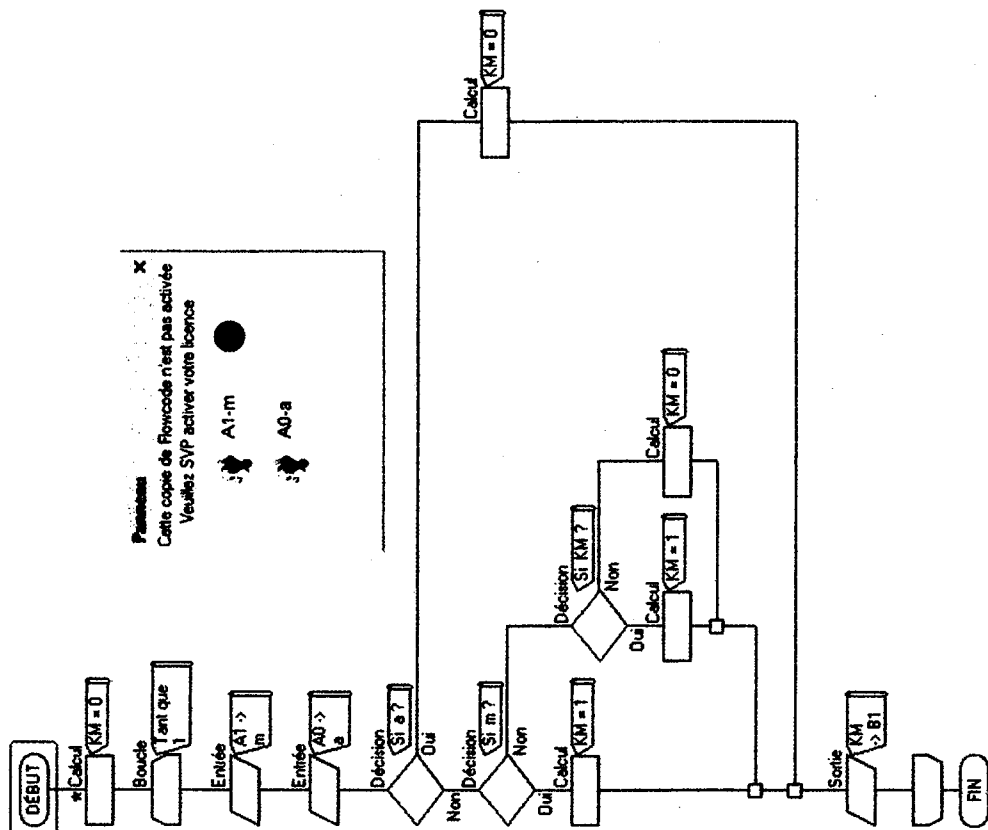
4^{ème} Méthode : On programme directement l'équation $L = a \text{ xor } b$



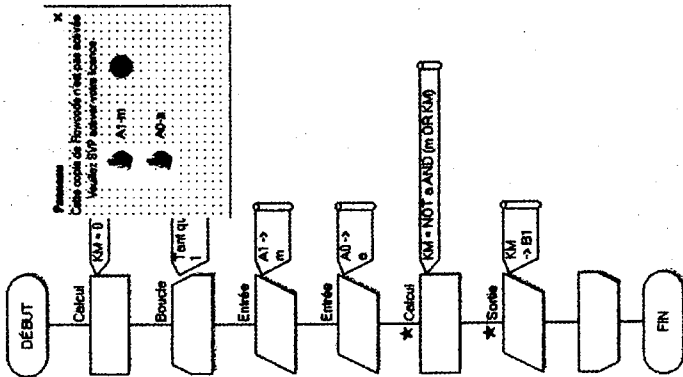
Exercice N°6 : Fonction mémoire à arrêt prioritaire

1 - $KM = \bar{a}(m + km)$ c'est une fonction mémoire à arrêt prioritaire.

2 - Simulation :



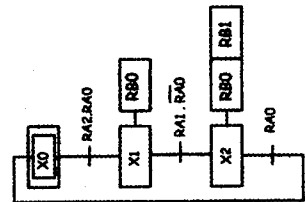
On peut programmer directement l'équation



Exercice N°7 : Programmation d'un GRAFCET

1 - Tableau d'affectation des E / S :

Sorties	Variables	Sorties μC	Entrées
Action	Variables	Sorties μC	Entrées μC
Commander M1	KM1	RBO	Sc
Commander M2	KM2	RB1	SAO
			SA1
			SA2

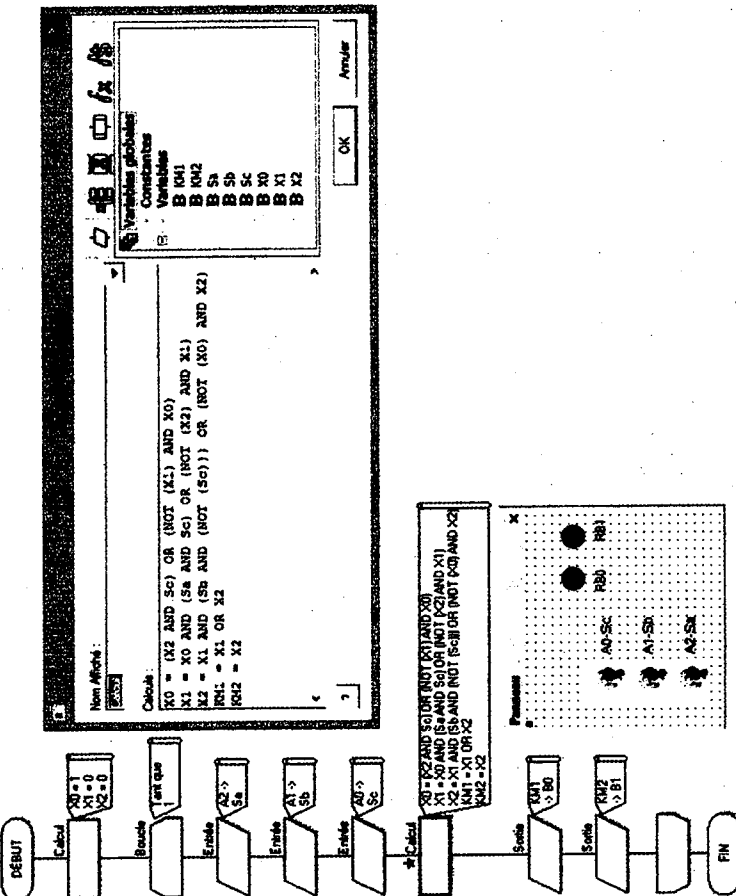


3- Equations des étapes et des sorties :

Etapes	$X0 = X2 \cdot Sc + \overline{X1} \cdot X0$	$X0 = (X2 \text{ AND } Sc) \text{ OR } (\text{NOT } (X1) \text{ AND } X0)$
	$X1 = X0(Sa + Sc) + \overline{X2}X1$	$X1 = X0 \text{ AND } (Sa \text{ AND } Sc) \text{ OR } (\text{NOT } (X2) \text{ AND } X1)$
	$X2 = X1(Sb + Sc) + \overline{X0}X2$	$X2 = X1 \text{ AND } (Sb \text{ AND } Sc) \text{ OR } (\text{NOT } (X0) \text{ AND } X2)$
Sorties	$KM1 = X1 + X2$	$KM1 = X1 \text{ OR } X2$
	$KM2 = X2$	$KM2 = X2$

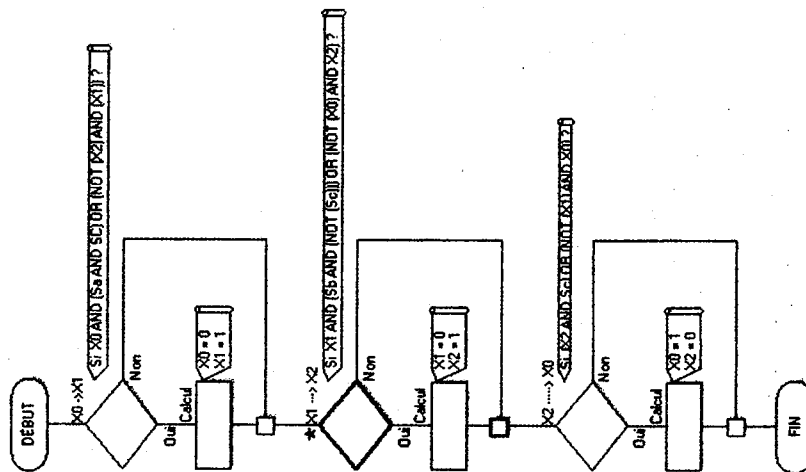
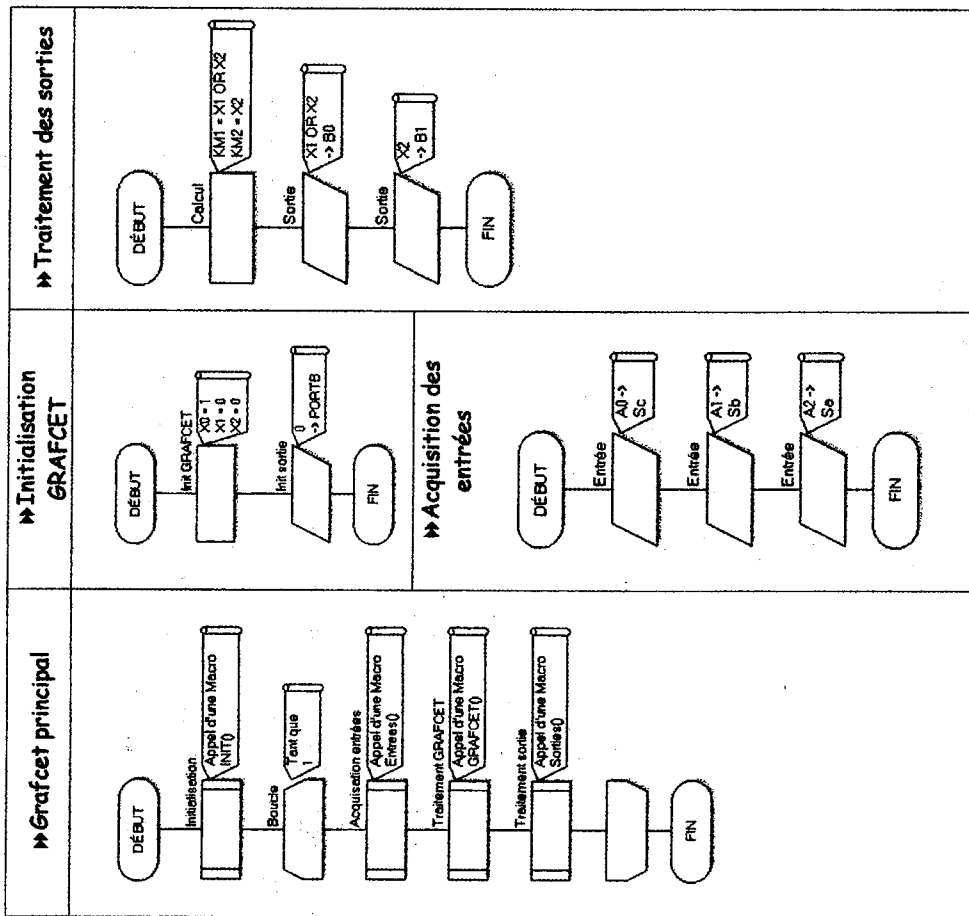
4 - Organigramme :

- version 1 : cette méthode utilise les équations du GRAFCET et les blocs "calcul".



Version 2 : cette méthode nous amène à décomposer l'organigramme en algorithme de Macro-instructions (ou sous programmes)

→ Traitement GRAFCET :



Exercice N°8 : Compteur modulo 60

1 - Tableaux :

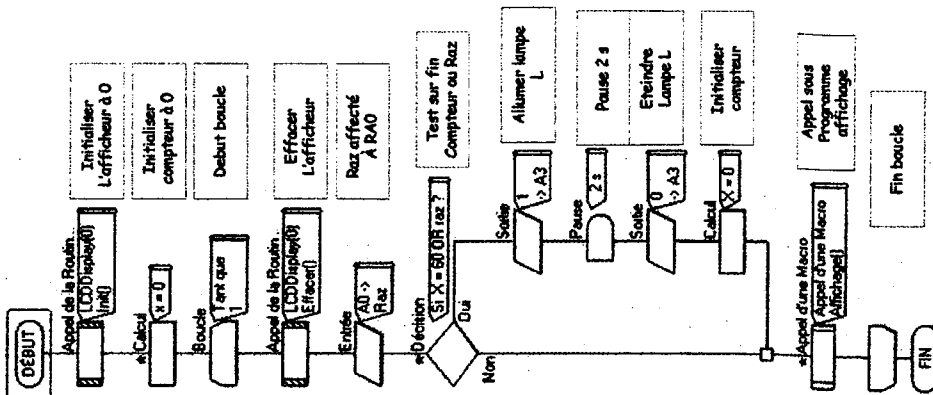
Entrées/système	Entrées/16F84A	Sortie/Système	Sortie/16F84A
Raz	RA0	D1	Non utilisée
		RS	RB1
		RW	RB2
		E	RB3
		D4..D7	RB4 à RB7
		L	RA3

Exercice N°9 : Feux de circulation : Interruption INT/RBO

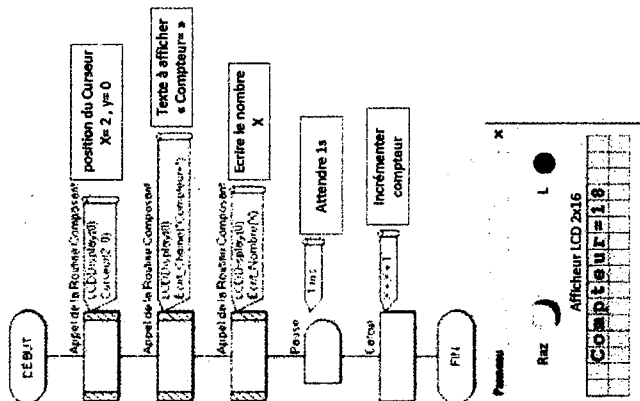
1 - Algorithme : Tableau d'analyse de fonctionnement et choix d'affectation :

[illegible]

2 - Algorithme :



Sous programme affichage (macro)

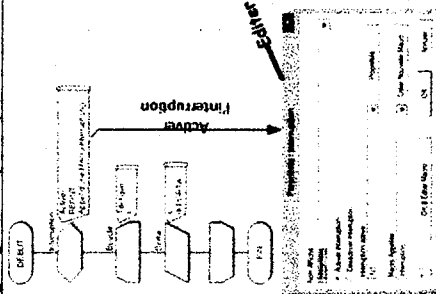


Exercice N°9 : Feux de circulation : Interruption INT/R80

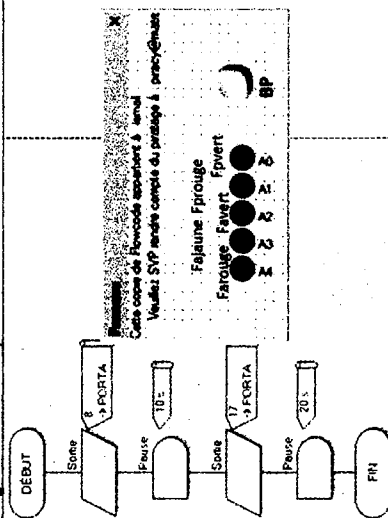
1 - Algorithme : Tableau d'analyse de fonctionnement et choix d'affectation :

E/S système	Fa (Feux automobilistes)			Fp (Feux piétons)		Temporisation	Décimal
	Rouge : Pa	Jaune :Ja	Vert :Va	Rouge :Rp	Vert :Vp		
	RA4	RA3	RA2	RA1	RA0		
E/S µC							
Fonctionnement Normale BP=0	0	0	1	1	0	Sans limite	6
Si R80 =1 :	0	1	0	0	0	10s	8
interruption	1	0	0	0	1	20s	17

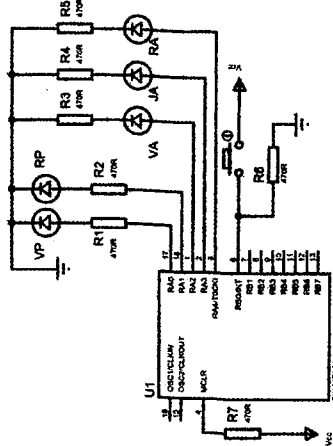
Algorigamme principal



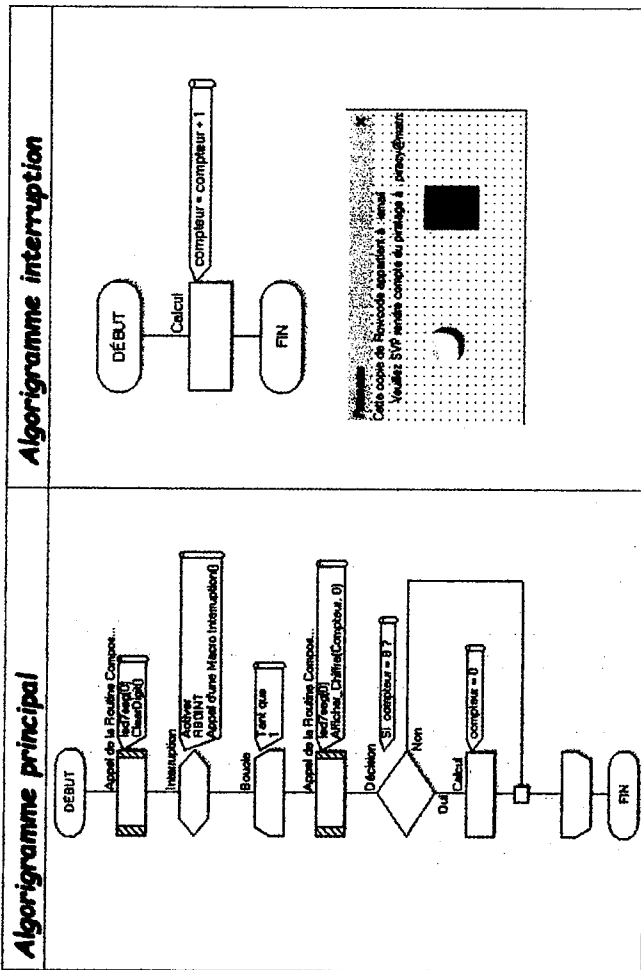
Algorithme interruption



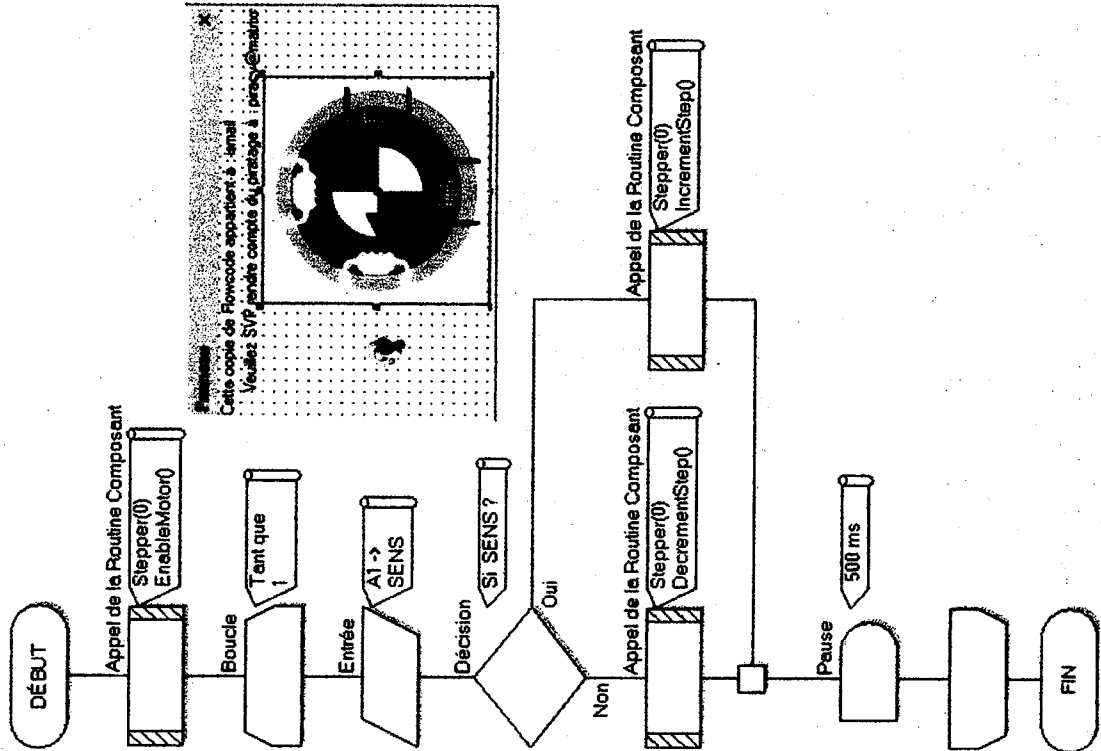
2 -Schéma de simulation sur ISIS



Exercice N°10 : Compteur modulo 8 (afficheur 7 segments + Interruption)



Le nombre de position est 8 , le pas angulaire $360/8 = 45^\circ$. La commutation est de type asymétrique unidirectionnelle.
 3 - Algorithme



Exercice N°11 : Commande d'un moteur pas à pas unipolaire

1 - Tableau des affectations :

Entrées système	Entrées 16F628A	sorties système	sorties 16F628A
Sens	RA1	QA	R80
		QB	R81
		QC	R82
		QD	R83

2 - Table de vérité :

Position	Sens horaire (sens=1)				Sens antihoraire (sens = 0)			
	QD	QC	QB	QA	QD	QC	QB	QA
1	0	0	0	0	8	0	1	0
2	1	0	0	1	7	0	1	0
3	1	0	0	0	6	0	1	1
4	1	0	1	0	5	0	0	1
5	0	0	1	0	4	1	0	1
6	0	1	1	0	3	1	0	0
7	0	1	0	0	2	1	0	0
8	0	1	0	1	1	0	0	1

On peut construire le fichier "Hex" : Built-Compilier -> Hex . , transférer ce fichier vers le µC et vérifier le bon fonctionnement .

Exercice N°12 : Gestion d'un clavier

- Microcontrôleur de type 16F84A
- Ajouter le composant LCDDisplay et connecter toutes ses broches au PORTB
- Ajouter le composant Keypad (4x4) . Choisir le PORT C pour connecter ce clavier
- Créer une variable CH[0] de type « chaîne de caractère »
- Créer une variable Texte « chaîne de caractère »
- En fin saisir l'algorithme , et vérifier le fonctionnement
- Tester si une touche est appuyée pour ne pas afficher le code ASCII 255

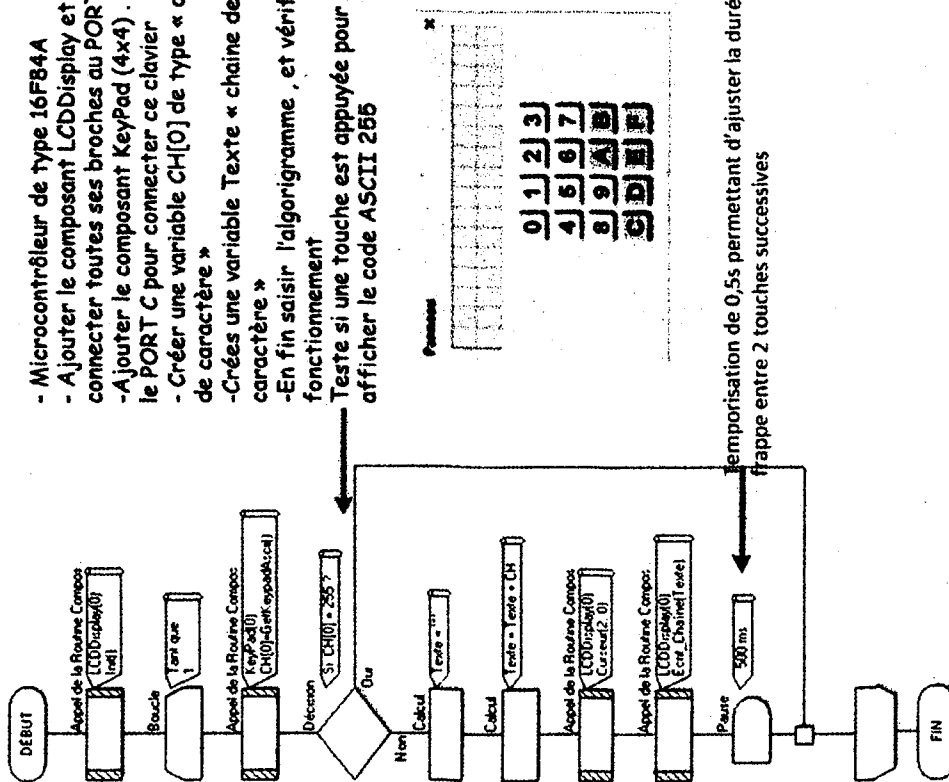
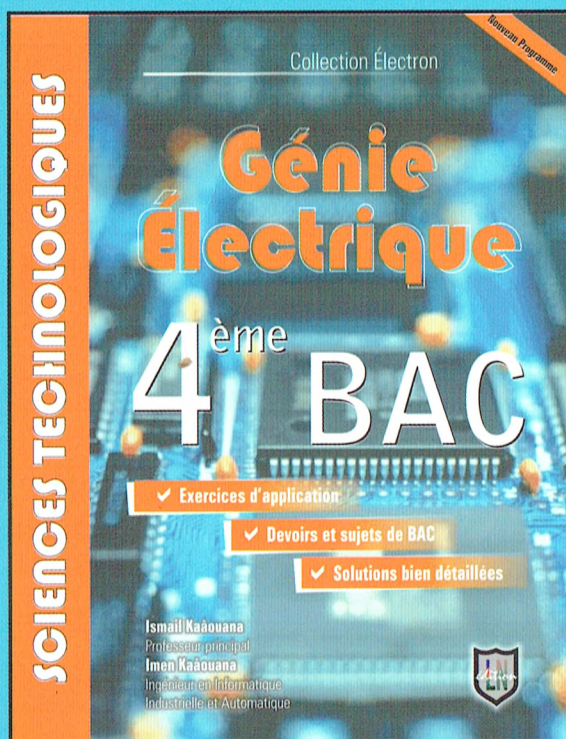


Table des matières

<i>Les systèmes de numération et les codes</i>	<i>3</i>
<i>Les fonctions logiques</i>	<i>15</i>
<i>Les systèmes combinatoires.....</i>	<i>38</i>
<i>Les opérations arithmétiques binaires</i>	<i>53</i>
<i>Les circuits combinatoires (codeurs , décodeurs , transcodeurs).....</i>	<i>67</i>
<i>Les fonctions mémoires (RS,RSH,JK,D ,T).....</i>	<i>75</i>
<i>Les compteurs et les décompteurs.....</i>	<i>84</i>
<i>Le GRAFCET et les séquenceurs</i>	<i>106</i>
<i>Les amplificateurs linéaires intégrés (A.L.I).....</i>	<i>153</i>
<i>Le moteur pas à pas à aimant permanent</i>	<i>170</i>
<i>Les microcontrôleurs.....</i>	<i>189</i>



ISBN : 978-9973-883-16-2



la Nouvelle Edition et Diffusion

Rue de Carthage - 2080 Ariana

Tél./Fax : 71 706 892 - Mob. : 98 22 11 94 / 23 22 11 95



Prix : 6,500 dt