Licence 1er semestre
STARTER ST

UNIVERSITÉ DE FRANCHE-COMTÉ

Découverte E.E.A
Electronique – Electrotechnique – Automatique

Equipe pédagogique : Découverte EEA

<table>
<tr><td colspan="2">Responsable :
M. Réda YAHIAOUI : Bureau 243B
Email : reda.yahiaoui@univ-fcomte.fr
Tel UFR-ST : 03 81 66 81 83
Tel FEMTO-ST : 03 81 85 39 36</td></tr>
<tr><td>M. Jean François MANCEAU : Bureau 239B
Email : jfmanceau@femto-st.fr
Tel UFR-ST : 03 81 66 64 92
Tel FEMTO-ST : 03 81 85 39 55</td><td>M. Emile CARRY
Email : emile.carry@femto-st.fr</td></tr>
<tr><td>Mme Isabelle LAJOIE : Bureau 241B
Email : ilajoie@femto-st.fr
Tel UFR-ST : 03 81 66 63 57
Tel FEMTO-ST : 03 81 85 39 93</td><td>M. Mathieu CHAUVET
Email : mathieu.chauvet@univ-fcomte.fr
Tel UFR-ST : 03 81 66 64 09</td></tr>
<tr><td>M. Kanty RABENOROSOA
Email : kanty.rabenorosoa@ens2m.fr
Tel ens2m : 03 81 40 28 95</td><td>M. Abdelkrim CHOUJAA : Bureau 243B
Email : achoujaa@femto-st.fr
Tel UFR-ST : 03 81 66 81 83
Tel FEMTO-ST : 03 81 85 39 93</td></tr>
<tr><td>M. Julien MALAPERT
Email : julien.malapert@femto-st.fr
Tel FEMTO-ST : 03 81 85 39 85</td><td>M. Mahmoud ADDOUCHE
Email : mahmoud.addouche@femto-st.fr
Tel UFR-ST : 03 81 66 62 49
Tel FEMTO-ST : 03 81 85 39 53</td></tr>
</table>

TD E.E.A

Numération et codage

La création de la numération est un des faits les plus marquants de l'histoire de l'humanité. Si la plupart des civilisations a adopté le système décimal, c'est qu'il a toujours été naturel de compter sur ses doigts. L'utilisation des phalanges et des articulations permit même d'améliorer ce simple procédé connu de tous : les chinois ont, par exemple, compté jusqu'à 100 000 sur une main et dix milliards sur les deux mains. Les Mayas, Aztèques, Celtes et Basques ont bizarrement utilisé la base 60, et les Romains la base 12.

Bois de renne entaillé

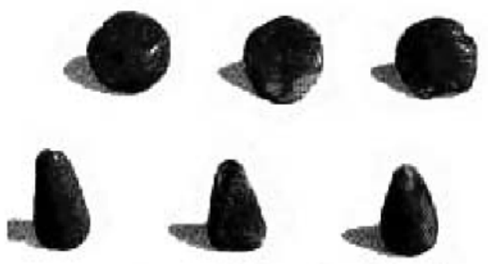
Les archéologues ont découvert en Europe des ossements d'animaux, essentiellement des radius, vieux de 20 000 à 35 000 ans, dont les entailles servaient très probablement à dénombrer les ours, bisons ou autres gibiers abattus. L'homme alors incapable de compter est tout au plus capable de concevoir l'unité et la multitude. Ce type d'entailles, ou de crans, retrouvé aussi sur les parois d'une caverne préhistorique, au côté de dessins d'animaux, ne laisse aucun doute sur la fonction de dénombrement.

Dès 9 000 avant J.-C., les peuples du Proche-Orient utilisent des cailloux : en latin *calculi*, à l'origine du mot calcul. Cette méthode est encore utilisée aujourd'hui (bouliers chinois). Au IV^{ème} millénaire avant J.-C., ce sont les habitants de Suse, capitale de l'Elam (sud-ouset de l'Iran actuel), qui ont les premiers l'idée de remplacer les cailloux par des objets dont la dimension et la forme correspondent à un ordre d'unité d'un système de numération : un bâtonnet symbolise l'unité simple, une bille plate la dizaine, une sphère la centaine.

A la même époque, les Sumériens, habitants du pays de Sumer (basse Mésopotamie), créent un système similaire. Seule différence, le système utilisé est sexagésimal plutôt que décimal, un petit cône vaut 1, une bille 10, un grand cône 60, un grand cône perforé 600, une sphère 3 600, etc… Notre culture a d'ailleurs conservé un souvenir des Sumériens puisque nous utilisons encore leur système pour exprimer la mesure du temps en heures, minute et secondes, et la mesure d'angle plan en degrés, minutes et secondes. Les Sumériens enferment ces objets dans des boules creuses en argile, qui servent pour la comptabilité des biens. Elles portent à leur surface le sceau du propriétaire ou du contrôleur, et doivent être cassées pour qu'on puisse en vérifier le contenu.

Vers 3200 avant J.C., les différents *calculi* enfermés sont symbolisés par diverses empreintes sur la paroi externe de chaque boule. Il n'est donc plus nécessaire de briser la boule d'argile pour procéder à des vérifications ou inventaires, il suffit de « lire » les informations. Ce sont là les plus vieux chiffres de l'histoire (chiffres protoélamites).

Vers 3 000 avant J.C., les *calculi* disparaissent, seules restent les marques sur la boule qui s'aplatit peu à peu pour devenir une tablette. A la même époque, les Egyptiens inventent une écriture et un système de numération reposant sur une base décimale (numération hiéroglyphique). C'est vers 2 700 avant J.-C. que l'on trouve les premiers chiffres sumériens cunéiformes (formes de clous). Vers 2 200 avant J.-C. les Akkadiens (basse Mésopotamie), succédant aux sumériens, adaptent le système sexagésimal à une base décimale : le 60 et le 600 deviennent 100 et 1000. Mais tous ces systèmes se bornent à répéter le chiffre de chaque classe autant de fois que nécessaire.


Calculi

Toujours à Babylone, vers 1 900/1 800 avant J.-C., on retrouve les plus anciennes traces de numération positionnelle sexagésimale. Vers les années 300/200 avant J.-C., apparaît la première utilisation du zéro, qui n'est alors pas un chiffre. Mais, c'est aux Indiens que l'on doit la découverte ultime. Si on a longtemps cru que notre numération provenait du monde arabo-musulman, il semble qu'elle soit plutôt d'origine indienne. Cette notation est apparue pour la première fois au milieu du III^{ème} siècle avant notre ère. Nos chiffres dits « arabe » sont en fait « des chiffres indiens, un peu déformés par l'usage, le temps et les voyages ».

Au début de notre ère, les Grecs et les Romains utilisent des lettres pour écrire les chiffres, mais leur système de numération est une « régression dans l'histoire du calcul » (G. Ifrah). C'est pourquoi les comptables romains, et les calculateurs européens du Moyen-âge après eux, utiliseront toujours des tables de calcul.

C'est au IV^{ème} ou V^{ème} siècle que les neuf premiers chiffres indiens reçoivent une valeur de position selon une base décimale et qu'ils sont complétés par le zéro.

En 629, le mathématicien et astronome indien Brahmagupta publie son Brahmasphutasiddhânta, qui révèle une parfaite maîtrise de la notation décimale de position au moyen de 9 chiffres et du zéro. Il utilise aussi, le premier, des nombres négatifs et énonce les quatre opérations fondamentales. Dans ce système, les nombres de 1 à 9 reçoivent une valeur qui, selon leur position dans l'énonciation des nombres correspond à plusieurs ordres d'unités. En disant un, trois, huit pour « notre 831 d'aujourd'hui » par exemple, on donne une valeur d'unité simple au mot un, une valeur de dizaine à trois et une valeur de centaine à huit. Il est amusant de remarquer que si les chiffres utilisés aujourd'hui, dits arabes, constituent une sorte de langage universel, des chiffres « hindi » représentant les mêmes nombres coexistent encore dans certains pays du Moyen-Orient.

En 976, lors d'un voyage en Espagne, le moine Auvergnat Gergert d'Aurillac (il sera pape de 999 à 1003 sous le nom de Sylvestre II) s'initie aux chiffres dits arabes et les introduit en Europe Occidentale. Ils ne seront réellement utilisés qu'à la fin du XII^{ème} siècle.

Vers 1440, la mise au point par Johannes Gensfleisch, dit Gutinberg, du procédé de composition en caractères mobiles fondus en alliage d'imprimerie stabilise graphiquement les chiffres « arabes » en Europe Occidentale, et donne naissance à la forme définitive qu'ils ont actuellement.

Quant à l'origine graphique des chiffres, elle est relativement simple pour le 1, le 2 et le 3. La superposition de deux ou trois traits horizontaux, réunis d'abord en un seul signe par une ligature, a donné naissance à des graphismes de même facture que l, 2 et le 3 indiens. Les chiffres 4 à 9 ont subi beaucoup plus de modifications au cours du temps.

Présentation du binaire

Vers la fin des années 30, Claude Shannon démontra qu'à l'aide de ″contacteurs″ (interrupteurs) fermés pour « vrai » et ouverts pour « faux »on pouvait effectuer des opérations logiques en associant le nombre ″1″ pour «vrai» et ″0″ pour «faux».

Ce langage est nommé langage binaire. C'est avec ce langage que fonctionnent les ordinateurs. Il permet d'utiliser deux chiffres (0 et 1) pour faire des nombres. L'homme travaille quant à lui avec 10 chiffres (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9), on parle alors de base décimale.

Le Bit

Bit signifie « BInary digiT », c'est-à-dire 0 ou 1 en numération binaire. C'est la plus petite unité d'information manipulable par une machine. On peut la représenter physiquement :

- par une impulsion électrique, qui, lorsqu'elle atteint une certaine valeur, correspond à 1

- par des trous dans une surface

- grâce à des bistables, c'est-à-dire des composants qui ont deux états d'équilibre (un correspond à l'état 1, l'autre à 0).

Le plus petit nombre est 0, le plus grand est 255 obtenu avec 8 bits = 1 octet, il y a donc dans ce cas 256 possibilités (de 0 à 255).

L'Octet

L'octet est une unité d'information composée de 8 bits. Il permet de stocker un caractère, telle qu'une lettre ou un chiffre, …

Ce regroupement de nombre par série de 8 permet une lisibilité plus grande, au même titre que l'on apprécie, en base décimale, de regrouper les nombres par trois pour pouvoir distinguer les milliers. Par exemple le nombre 1 256 245 est plus lisible que 1256245.

La base Hexadécimale

Les nombres binaires étant de plus en plus longs, il a fallu introduire une nouvelle base : la base hexadécimale.

La base hexadécimale consiste à compter sur une base 16, c'est pourquoi au-delà des 10 premiers chiffres on a décidé d'ajouter les 6 premières lettres : 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,A,B,C,D,E,F

Tableau de correspondance entre les bases décimale, hexadécimale et binaire.

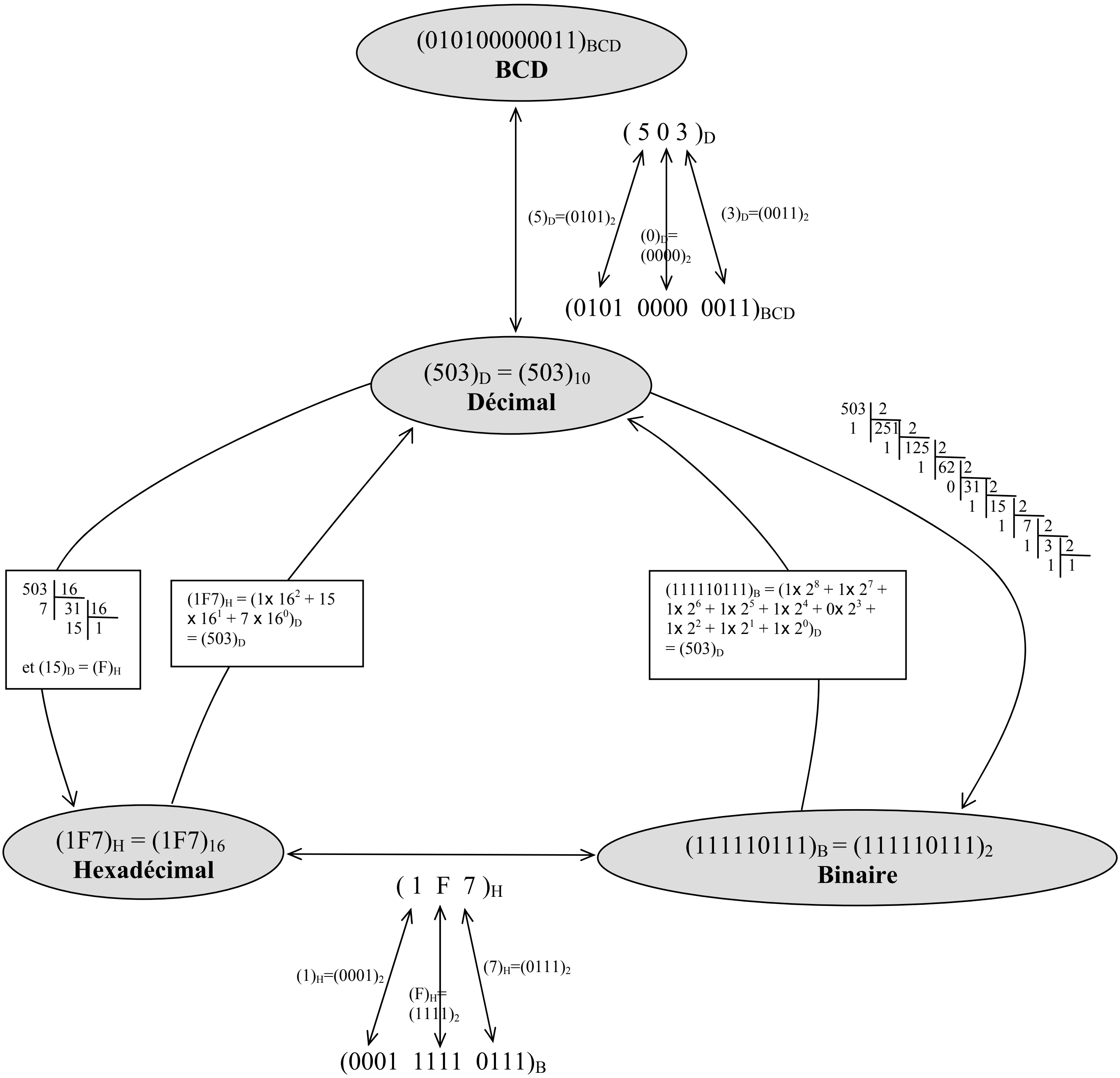
Base décimale	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Base hexadécimale	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
Base binaire	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111

Le Code ASCII

La mémoire de l'ordinateur conserve toutes les données sous forme numérique. Il n'existe pas de méthode pour stocker directement les caractères. Chaque caractère possède donc son équivalent en code numérique : c'est le code ASCII (American Standard Code for Information Interchange).

Schéma de rappel de conversion

$(503)_{10} = (1F7)_{16} = (111110111)_2 = (010100000011)_{BCD}$



Numération et codage

I- Exercices de base

(1) Exprimer en binaire les nombres décimaux suivants : $(222)_D$, $(63)_D$, $(133)_D$

(2) Convertir en base 10 les nombres suivants exprimés en base 2
a - 0100010 =
b - 11100111 =

(3) Convertir en octal, en décimal et en hexadécimal les nombres binaires :
a - $(1110)_2$ =
b - $(11111)_2$ =
c - $(1001100101)_2$ =

(4) Convertir en hexadécimal les nombres suivants exprimés en binaire
a - 110101010100 =
b - 10001001 =

(5) Convertir en hexadécimal la valeur binaire suivante : (11001010101100010000)B.

(6) Effectuer la conversion en binaire et en décimal des valeurs hexadécimales suivantes $(12FA)_H$, $(ABC)_H$, $(FFFF)_H$.

(7) Convertir le nombre $(BAC)_{16}$ en base 3 et le nombre $(FACE)_{16}$ en base 5.

(8) Déterminer en code BCD
a - les valeurs décimales suivantes : $(178)_D$, $(9652)_D$, $(40301)_D$.
b - les valeurs hexadécimales suivantes: $(35)_H$, $(FF)_H$.
c - Précisez quelle peut-être l'utilité d'utiliser le code BCD

II- Exercices niveau intermédiaire

(1) *CODE ASCII : Il a fallu coder les caractères. Il y a 26 lettres dans notre alphabet; 52 caractères sont nécessaires pour majuscules et minuscules, sans compter les lettres accentuées. Il faut 10 chiffres. On doit compter les caractères des accents, des guillemets, de la ponctuation, les symboles mathématiques. Mais un clavier, on l'a vu, comporte des commandes (flèches de curseur, tabulation, suppression, etc...)*

Il y a en tout plus de 100 éléments à coder.

Un octet permet de coder 256 éléments. On a donc décidé de coder ces éléments ***avec un octet****.*
Un code a été créé, le ***code ASCII*** *(American Standard Code for Informatic Information). A chaque valeur d'octet correspond un caractère ou une commande du clavier.*

1) Traduire le monotone et mystérieux message suivant :

0100 0010 0101 0010 0100 0001 0101 0110 0100 1111 0010 0001.

2) Combien de caractères, signes ou commandes peuvent être codés par un octet ?

3) Ecrire vos initiales en code ASCII.

4) Combien de pages de 40 lignes comportant chacune 80 caractères devrait-on pouvoir enregistrer sur une disquette de 1,44 Mo ?

32		48	0	64	@	80	P	96	`	112	p	128		144	
33	!	49	1	65	A	81	Q	97	a	113	q	129		145	
34		50	2	66	B	82	R	98	b	114	r	130	é	146	
35	"	51	3	67	C	83	S	99	c	115	s	131		147	
36	#	52	4	68	D	84	T	100	d	116	t	132		148	
37	$	53	5	69	E	85	U	101	e	117	u	133	à	149	
38	%	54	6	70	F	86	V	102	f	118	v	134		150	
39	&	55	7	71	G	87	W	103	g	119	w	135	ç	151	ù
40	'	56	8	72	H	88	X	104	h	120	x	136		152	
41	(	57	9	73	I	89	Y	105	i	121	y	137		153	
42	)	58	:	74	J	90	Z	106	j	122	z	138	è	154	
43	*	59	;	75	K	91	[	107	k	123	{	139		155	
44	,	60	<	76	L	92	\	108	l	124	|	140		156	£
45	-	61	=	77	M	93	]	109	m	125	}	141		157	
46	.	62	>	78	N	94	^	110	n	126	~	142			
47	/	63	?	79	O	95	_	111	o	127	Δ	143			

III- <u>Exercices niveau confirmé</u>

(1) Effectuer en binaire les additions suivantes $(1101010101)_2$ et $(11111110)_2$.

(2) Faîtes de même en hexadécimal $(7A + 2B)_H$ et $(1A27 + 2F4B)_H$.

1. Propriétés et opérations élémentaires.

• Commutativité :

Pour le ET : S = a . b peut s'écrire : S = b . a
Pour le OU : S = a + b peut s'écrire : S = b + a

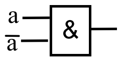
• Associativité :

Pour le ET : S = a . (b . c) peut s'écrire : S = (a . b) . c
Pour le OU : S = a + (b + c) peut s'écrire : S = (a + b) + c

• Distributivité :

De la multiplication par rapport à l'addition
S = a . (b + c) peut s'écrire : S = (a . b) + (a . c)
De l'addition par rapport à la multiplication
S = a + b . c peut s'écrire : S = (a + b) . (a + c)

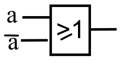
• Complémentation :



S = a . $\overline{a}$

a	$\overline{a}$	S
0	1	0
1	0	0

S = 0
La sortie n'est jamais validée, l'opérateur est inutile

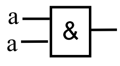


S = a + $\overline{a}$

a	$\overline{a}$	S
0	1	1
1	0	1

S = 1
La sortie est toujours validée, l'opérateur est inutile

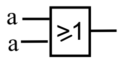
• Idempotence :



S = a . a

a	a	S
0	0	0
1	1	1

S = a
L'opérateur n'est pas nécessaire

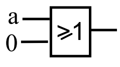


S = a + a

a	a	S
0	0	0
1	1	1

S = a
L'opérateur n'est pas nécessaire

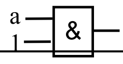
• Elément neutre :



S = a + 0

	a	S
0	0	0
0	1	1

S = a
L'opérateur n'est pas nécessaire

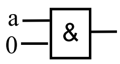


S = a . 1

	a	S
1	0	0
1	1	1

S = a
L'opérateur n'est pas nécessaire

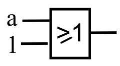
• Élément absorbant :



S = a . 0

	a	S
0	0	0
0	1	0

S = 0
La sortie n'est jamais validée, l'opérateur est inutile



S = a + 1

	a	S
1	0	1
1	1	1

S = 1
La sortie est toujours validée, l'opérateur est inutile

• Résumé :

RESUME		
$S = a . a$ $S = a + a$ $S = a . 1$ $S = a + 0$ → $\boxed{S = a}$	$S = a . \bar{a}$ $S = a . 0$ → $\boxed{S = 0}$	$S = a + \bar{a}$ $S = a + 1$ → $\boxed{S = 1}$

• Absorption :	$S = a + (b . a)$	se simplifie par : $S = a$
	$S = a . (b + a)$	se simplifie par : $S = a$
• Involution :	$S = \bar{\bar{a}}$	se simplifie par : $S = a$
	$S = \bar{\bar{\bar{a}}}$	se simplifie par : $S = \bar{a}$
• Inclusion :	$S = (a . b) + (a . \bar{b})$	se simplifie par : $S = a$

2. Relations fondamentales.

Comme les opérations élémentaires, ces relations fondamentales permettent des simplifications d'équations logiques.

$$a + \bar{a} . b \equiv a + b$$
$$a + a . b \equiv a$$
$$a.b + \bar{a}.c \equiv a.b + \bar{a}.c + b.c$$
$$a + b.c \equiv (a + b) . (a + c)$$

3. Théorème de De Morgan.

• Complémentation d'un produit logique :

Le complément d'un produit logique est égal à la somme logique des facteurs complémentés de ce produit.

$$\boxed{\mathbf{S = \overline{a . b} = \bar{a} + \bar{b}}}$$

• Complémentation d'une somme logique :

Le complément d'une somme logique est égal au produit logique des termes complémentés de cette somme.

$$\boxed{\mathbf{S = \overline{a + b} = \bar{a} . \bar{b}}}$$

Rappels d'algèbre de Boole

Propriétés des opérateurs de base

Inversion : $\overline{\overline{A}} = A$

Ou : Associatif commutatif

$A + 0 = A$ $\qquad$ $A + 1 = 1$

$A + A = A$ $\qquad$ $A + \overline{A} = 1$

ET : Associatif commutatif

$A.A = A$ $\qquad$ $A.\overline{A} = 0$

$A.1 = A$ $\qquad$ $A.0 = 0$

OU Exclusif : $A \oplus B = A\overline{B} + B\overline{A}$

$\overline{A} \oplus B = A \oplus \overline{B} = \overline{A \oplus B} = \overline{A}.\overline{B} + A.B$

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

Absorption : $A + AB = A$ $\qquad$ $A.(A + B) = A$

Distributivité : $A.(B + C) = AB + AC$

$A + (BC) = (A + B).(A + C)$

parenthèses inutiles pour séparer les termes d'une somme logique

$$A + (BC) + D = A + BC + D$$

parenthèses indispensables pour séparer les facteurs d'un produit logique

$$(A + B).(C + D) \neq A + B.C + D$$

Lois de De Morgan :

. **Fonction NAND** $\quad \overline{A.B} = \overline{A} + \overline{B} = A/B$

. **Fonction NOR** $\quad \overline{A + B} = \overline{A}\,.\overline{B} = A \downarrow B$

Conséquences : $A\,.\,B = \overline{\overline{A} + \overline{B}}$ $\qquad$ $A + \overline{A}B = A + B$

$A + B = \overline{\overline{A}\,.\,\overline{B}}$ $\qquad$ $A(\overline{A} + B) = AB$

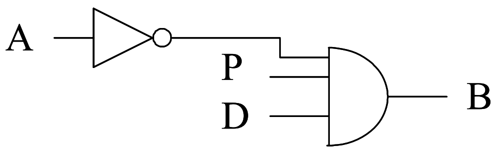
Extension à n variables binaires :

$$\overline{A\,.\,B\,.\,C....\,M} = \overline{A} + \overline{B} + \overline{C}\,...+\overline{M}$$

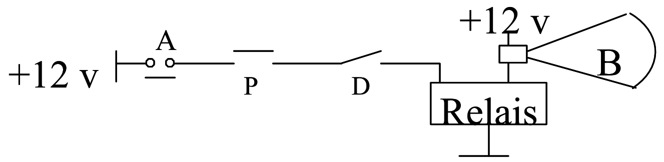
$$\overline{A + B + C\,....+M} = \overline{A}\,.\,\overline{B}\,.\,\overline{C}....\overline{M}$$

Logique Combinatoire

Construction symbolique :



Construction technique :



I- Exercices de base

A - Effectuer :

1) $a + a + 0 =$

2) $a + \bar{a} + 1 =$

3) $a . \bar{a} . 0 =$

4) $a.1 + b.0 =$

B - Démontrez, à l'aide des propriétés de l'algèbre de Boole, que :

1) $A + \bar{A} . B = A + B$

2) $(A + B) . (\bar{A} + B) = B$

3) $A . (A + B) = A$

4) $(\bar{A} + \bar{B}) + (\overline{A + B}) . C = \bar{A} + \bar{B}$

II- Exercices niveau intermédiaire

(1) Les relations booléennes suivantes sont-elles exactes ou non ?
a - $x\,y + \bar{x}\,\bar{y} + x\,\bar{y} = x + \bar{y}$
b - $\bar{x}\,\bar{z} + \bar{x}\,y + \bar{x}\,z + x\,y = x\,\bar{y}$

(2) Vérifier que l'on peut réaliser les trois opérateurs de base INVERSEUR, ET, OU
a - à l'aide uniquement d'opérateurs NAND
b - à l'aide uniquement d'opérateurs NOR.

(3) Après avoir simplifié les deux fonctions suivantes les exprimer uniquement à partir d'opérateurs NAND puis à partir d'opérateurs NOR. En déduire les schémas de câblage.

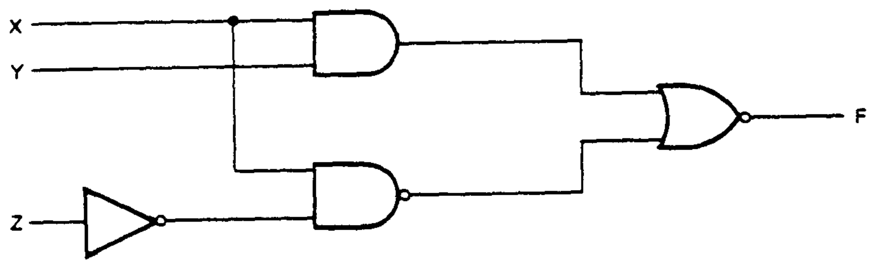
a - $F_1 = x\,y + x\,z + y\,\overline{z}$

b - $F_2 = x\,y\,z\,t + y\,\overline{z}\,t + \overline{x}\,y\,t + \overline{y}\,\overline{z}\,\overline{t} + \overline{y}\,z\,\overline{t}$

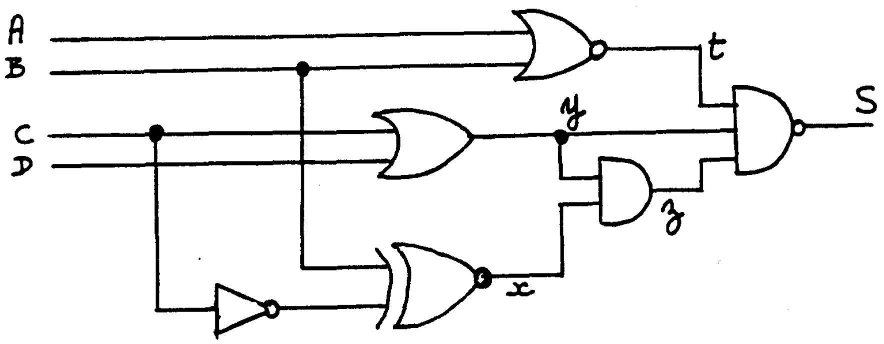
(4) On désire simplifier le schéma logique suivant :

a - Etablir l'équation logique F = fct (x, y, z) et la simplifier à l'aide de l'algèbre de Boole (lois de Morgan)

b - Dessiner le circuit logique équivalent déduit de la simplification



(5) On désire simplifier le schéma logique suivant :



a - Etablir une table de vérité des signaux logiques x, y, z, t et S. En déduire une équation logique de la sortie S en fonction des signaux d'entrée A, B, C et D.

b - Vérifier le résultat précédent par un calcul algébrique des signaux x, y, z, t et S à partir des signaux d'entrée A, B, C et D.

c - Proposer plusieurs schémas plus simples pour réaliser la fonction logique S, en fonction de la nature des circuits élémentaires utilisés (que des NANDs, par exemple, ou NOR et NAND etc ...).

(6) Soit la table de vérité ci-contre :

a - Etablir l'équation F = fct (c, b, a).

b - Simplifier à l'aide de l'algèbre de Boole et retrouver le même résultat en partant de la table de Karnaugh

c	b	a	F
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

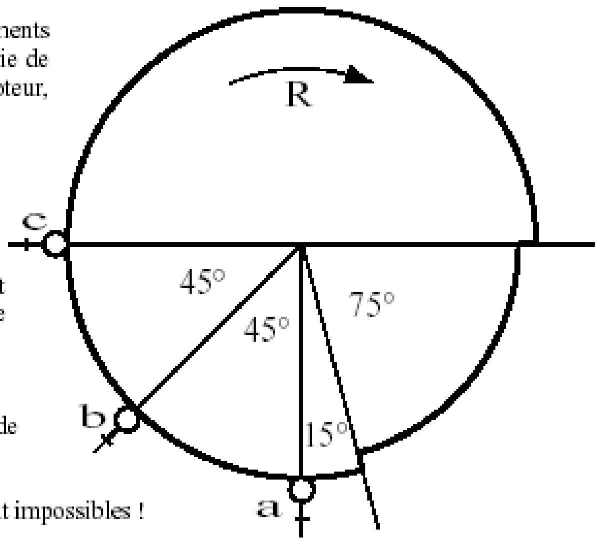
(7) Simplifier l'expression suivante par Karnaugh

$$R = \bar{a}\,\bar{b}\,\bar{c} + \bar{a}\,b\,\bar{c} + a\,b\,\bar{c} + a\,\bar{b}\,c + \bar{a}\,b\,c$$

III- Exercice niveau confirmé

(1) Combinateur de boite à musique

Une boîte à musique est composée d'éléments comparables à celui de la figure ci-contre : une série de disques, calés sur le même arbre mû par un moteur, actionnant des contacts.



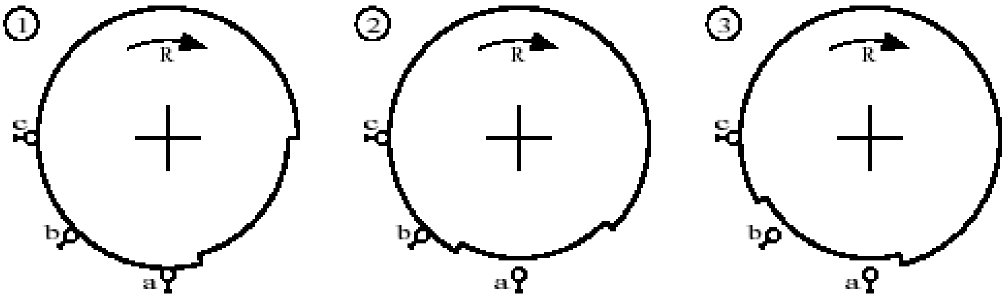
Ce disque possède une découpe de 75° permettant de libérer l'action sur les contacts a, b et c lors de la rotation du disque.

Le disque tourne dans le sens R et sa rotation doit fournir la modulation suivante à chaque tour de disque :
M - MP - MN - NP - N - MNP

Les organes musicaux M, N et P sont à commande électrique.

On considère que les cas impossibles sont réellement impossibles !

Pour faciliter l'étude :
Quand le disque est dans la position 1, alors a = b = c = 0 ⇒ M ⇒ M = 1 et N = P = 0
Quand le disque est dans la position 2, alors a = 1 et b = c = 0 ⇒ MP ⇒ M = P = 1 et N = 0
Quand le disque est dans la position 3, alors a = b = 1 et c = 0 ⇒ MN ⇒ M = N = 1 et P = 0
etc.



Travail demandé
1) Donner la table de vérité de M, N et P.
2) Donner les équations simplifiées de M, N et P grâce à des tableaux de Karnaugh.
3) Donner les logigrammes de M, N et P en utilisant des NON et des ET et OU à deux entrées.
4) Donner les logigrammes de M, N et P en utilisant uniquement des NAND à deux entrées.

(2) *Carillon électronique*

Le fonctionnement du carillon est décrit par le schéma suivant :

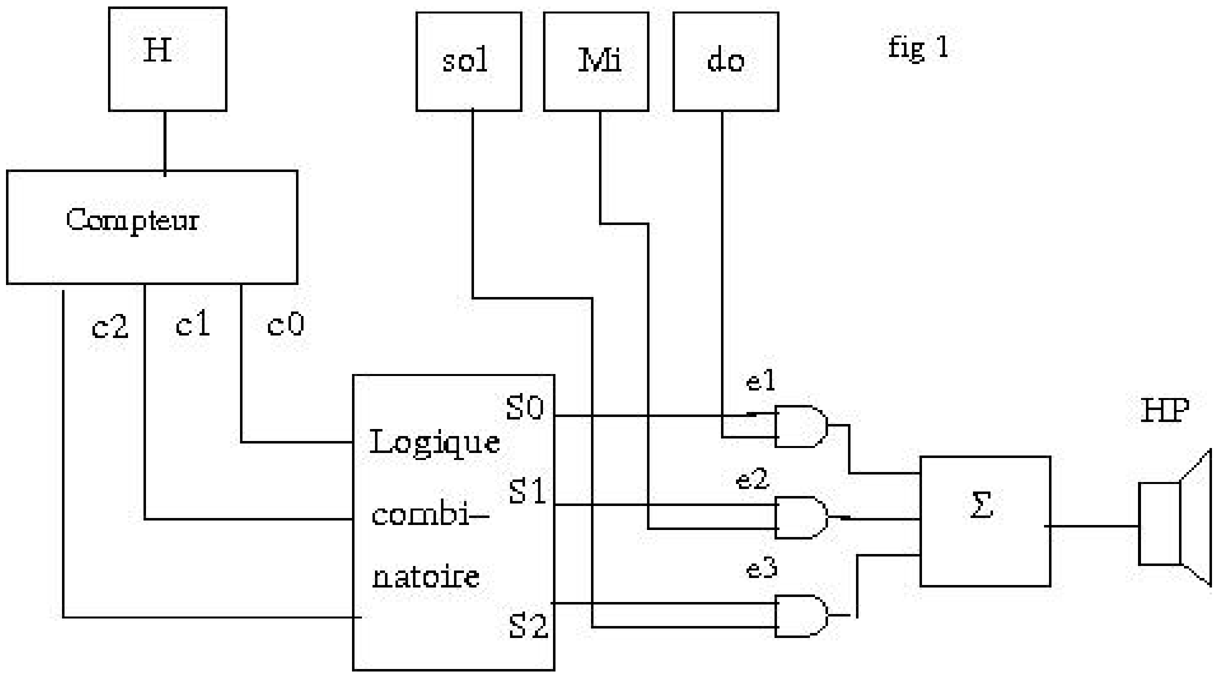


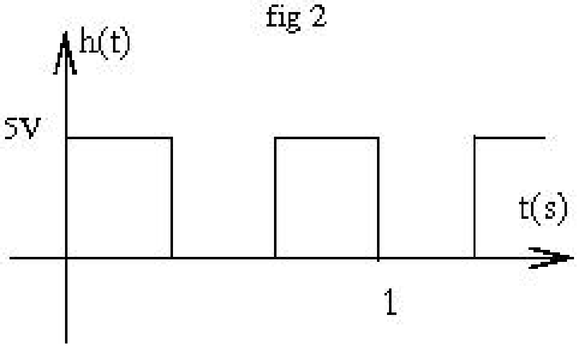
fig 1

1Horloge-compteur

L'horloge délivre un signal carré dont le chronogramme est donné par la figure 2.

1.1 Donnez la fréquence de cette horloge.

fig 2



1.2 Le compteur donne en sortie, c_2, c_1 et c_0 un nombre binaire variant de 0 à 7. Pour chaque front montant de l'horloge la sortie est incrémentée de un. En considérant qu'à l'origine le nombre $c_2c_1c_0$ est nul, donnez sous forme de graphe, sur 8 périodes d'horloge, les valeurs successives des sorties c_2, c_1 et c_0. Indiquez sur ce graphe, les nombres correspondants à $c_2c_1c_0$

2 Logique combinatoire

Pour la séquence précédente, il faut obtenir les notes suivantes do, mi, do, mi, silence, silence, do + mi + sol, do + mi.

Un « 1 » en sortie s_0 fait jouer un do, un « 1 » en sortie s1 fait jouer un mi et en s_2 un sol, un zéro sur ces sorties correspond à un silence.

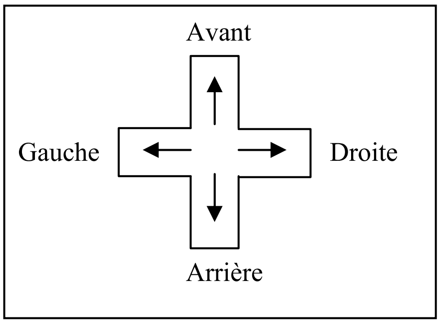
Donnez les tables de vérité des sorties s_0, s_1 et s_2 en fonction des entrées C_2, C_1 et C_0.

Donnez le logigramme de ces sorties à partir de portes NON, ET et OU.

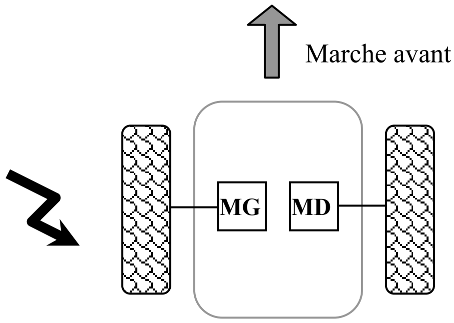
Donnez le logigramme de ces sorties à partir de portes NAND à deux entrées.

(3) ***<u>Commande d'une voiture télécommandée :</u>***

Considérons une voiture télécommandée (voir Fig.) constituée de deux moteurs (un gauche appelé MG et un droit appelé MD), chargés d'entraîner chacun les chenilles latérales de la voiture. Le boîtier de commande est muni de 4 boutons (avant, noté av, arrière (ar), gauche (g) et droite (d)).



Boitier de commande



Voiture

<u>Le comportement désiré est le suivant :</u>
- lorsque seul le bouton av ou ar est appuyé alors les deux moteurs tournent dans le même sens, soit avant (AV) soit arrière (AR),
- lorsque seul un bouton g ou d est appuyé, les deux moteurs tournent en sens inverse (le véhicule tourne alors sur place)

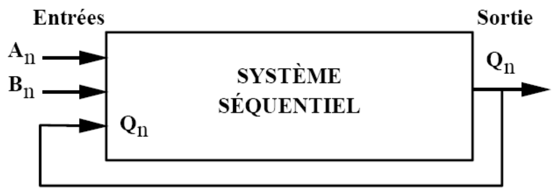
Lorsque deux boutons adjacents sont appuyés simultanément (av+g, ar+g, av+d ou ar+d), un seul moteur tourne dans le sens adéquat (par ex, av+d engendre une rotation de MG vers l'avant).

Nous considérerons que le système possède 4 sorties (couples moteur/sens) qui sont les suivantes :
(MD,AV), (MD,AR), (MG,AV) et (MG,AR)
<u>Remarque 1</u> : il est physiquement impossible d'appuyer sur deux boutons opposés comme par exemple g+d est impossible.
<u>Remarque 2 :</u> lorsque les deux variables associées à un moteur ont pour valeur « 0 » alors le moteur considéré est à l'arrêt.

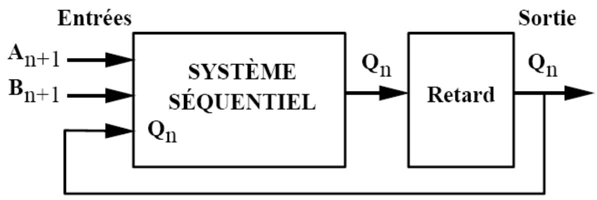
<u>Questions :</u>
1- Déterminez la table de vérité des 4 signaux de sorties (couples moteur/sens) en fonction des 4 entrées.
2- Déterminez l'expression simplifiée de chaque sortie
3- Déterminez le logigramme de chaque sortie sachant que vous ne disposez que d'opérateurs NON-ET

Logique séquentielle

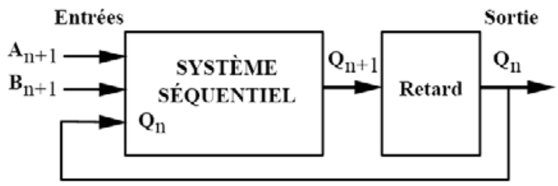
Les circuits combinatoires sont des circuits idéaux qui ne présentent pas de délais. Ils sont dépourvus de rétroaction contrairement aux circuits séquentiels ; Les signaux de sortie ne dépendent pas uniquement des entrées mais aussi de la séquence. Le circuit se rappelle des entrées et des états précédents : il a donc une mémoire des événements passés.



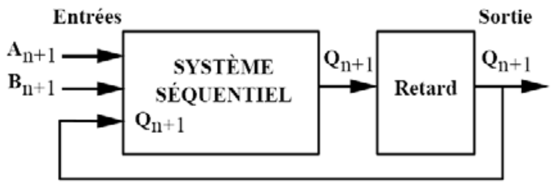
1) Etat initial stable à l'instant *n* (instant précédent)



2) Introduction des nouvelles données

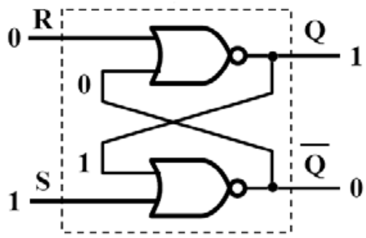


3) Etat du système en cours de modification



4) Etat stable final à l'état N+1

La bascule constitue le point-mémoire de base. La plus simple est réalisée avec deux portes NOR (voir figure ci-dessous) ; si, à un instant donné, les entrées sont $R = 0$ et $S = 1$, la sortie $\overline{Q}$ est forcément à 0 comme le prouve la table des états de la porte NOR ci-dessous.



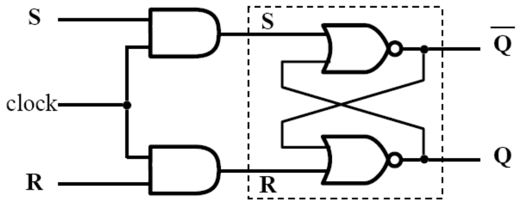
S	R	Q_{n+1}
0	0	Q_n
0	1	0
1	0	1
1	1	Interdit

Bascule RS constituée de portes NOR et sa table d'état

Puisque $\overline{Q}$ et $R = 0$, la sortie Q de la NOR du haut est forcément à 1. Une inversion des états de R et de S provoque une inversion des états des sorties.
Si l'un des 1, appliqués à R ou à S disparaît pour céder la place à un 0, les sorties ne changent pas en raison du bouclage des circuits. La bascule a donc mis une information en mémoire.

Le principal défaut de la bascule RS est d'offrir une situation indéterminée lorsque des 1 sont simultanément appliqués à ses deux entrées.

Grâce à une structure un peu plus complexe, la bascule JK pallie cette faiblesse. Les lettres JK ont été attribuées à ses entrées très certainement parce qu'elles paraissent seules disponibles… Le symbole de la JK et sa table d'état sont donnés figure ci-contre.



J	K	Q_{n+1}
0	0	Q_n
0	1	0
1	0	1
1	1	$\overline{Q_n}$

Bascule RS constituée de portes NOR et sa table d'état

Il existe encore deus types fondamentaux de bascules, à entrée unique cette fois :

- La bascule D, qui reproduit en sortie l'impulsion d'entrée après un certain délai, d'où son nom.
- La bascule T, dont les sorties basculent pour chaque nouvelle impulsion d'entrée : c'est excellent diviseur par 2 d'horloge.

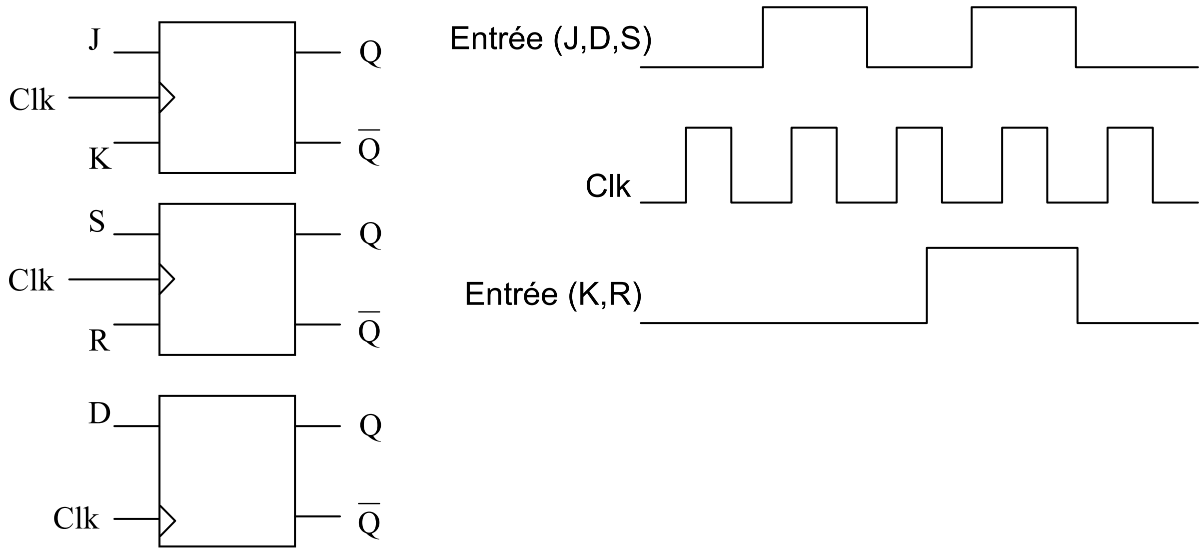
Il est à noter que la bascule D existe en deux variantes, selon que la commande a lieu sur front montant ou descendant de l'impulsion d'horloge.

- Si c'est sur front montant, la sortie enregistre à ce moment l'état de l'entrée et ne change plus.
- Si c'est sur front descendant, la sortie suit l'entrée tant que l'horloge est haute ; le front descendant la verrouille sur la dernière information acquise, d'où le nom de bascule à verrouillage.

1. Exercices

A. Exercices de base

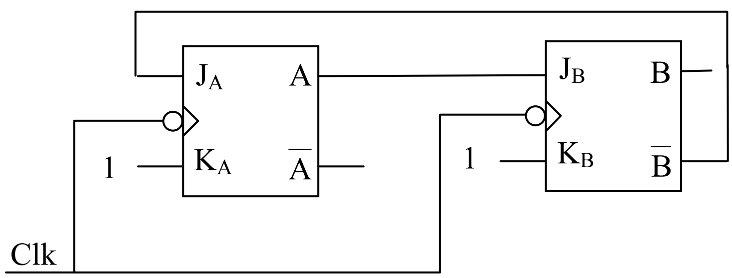
(1) Les mêmes signaux sont appliqués sur les entrées des trois bascules schématisées ci-dessous. Représentez les sorties dans chaque cas.



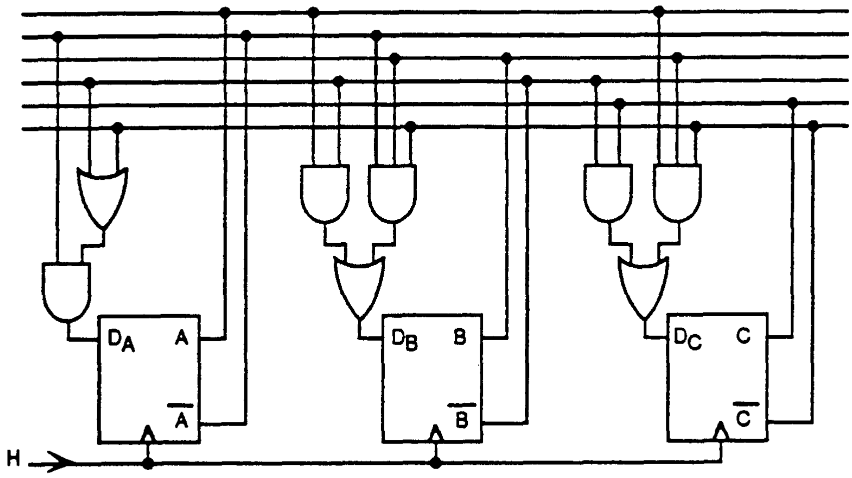
B. Exercices intermédiaires

(2) Analyser le fonctionnement des deux montages suivants:

Montage 1



Montage 2



Etablir pour cela

a - Etablir la table de vérité de ces montages, en déduire les diagrammes des transitions (tenir compte de tous les états possibles des systèmes).

b - Représenter les chronogrammes des signaux,

c - Donner aux circuits la caractéristique de son fonctionnement.

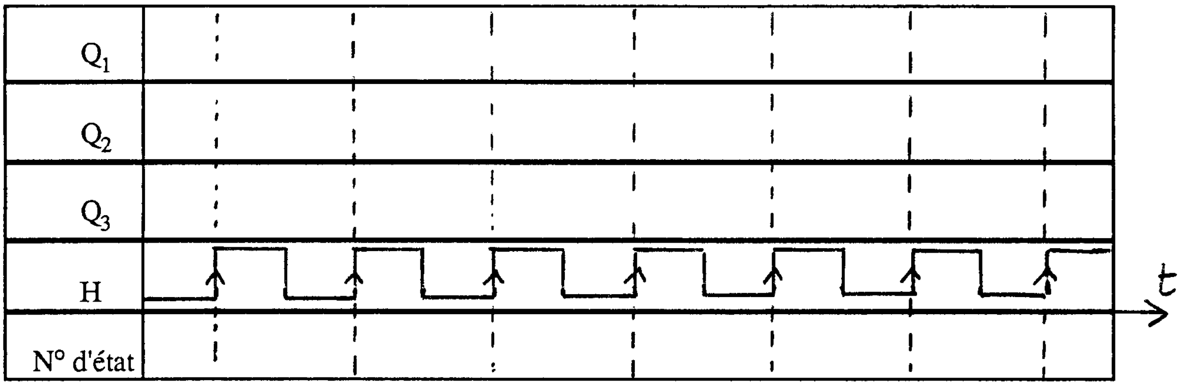
(3) séquenceur d'un distributeur de boissons

Objectifs : Le problème est de réaliser le cycle de comptage suivant. L'objectif est de permettre le séquencement d'un distributeur automatique de boissons :

	Q_3	Q_2	Q_1
A	0	0	1
B	0	1	1
C	1	1	1
D	1	1	0
E	1	0	0
A	0	0	1
…	…	…	…

A, B, C, D, E représentent les 5 états successifs du compteur à réaliser et Q_3 Q_2 Q_1 ses 3 sorties. On veut faire la synthèse du système à l'aide de bascules D edge triggered sur front montant de l'horloge du système. Il faut donc établir la table d'évolution du compteur, trouver les équations d'application et calculer les circuits combinatoires donnant Dl, D2, D3 = fct (Q_1, Q_2, Q_3)

a - Tracer les diagrammes des temps sur le chronogramme suivant. Faire apparaître les numéros d'état



b - Montrer que la table d'évolution du compteur à concevoir est la suivante :

Q_3 \ Q_2Q_1	00	01	11	10
0	ϕ	A 011	B 111	ϕ
1	E 001	ϕ	C 110	D 100

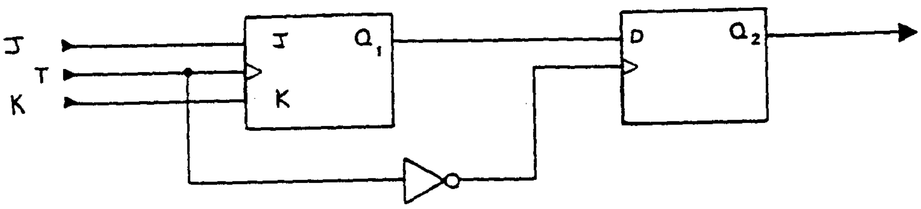
ϕ état indifférent Q_3^+, Q_2^+, Q_1^+

c - Montrer que les équations d'application du compteur sont :
$Q_1^+ = \overline{Q}_3 + \overline{Q}_2$, $Q_2^+ = Q_1$, $Q_3^+ = Q_2$

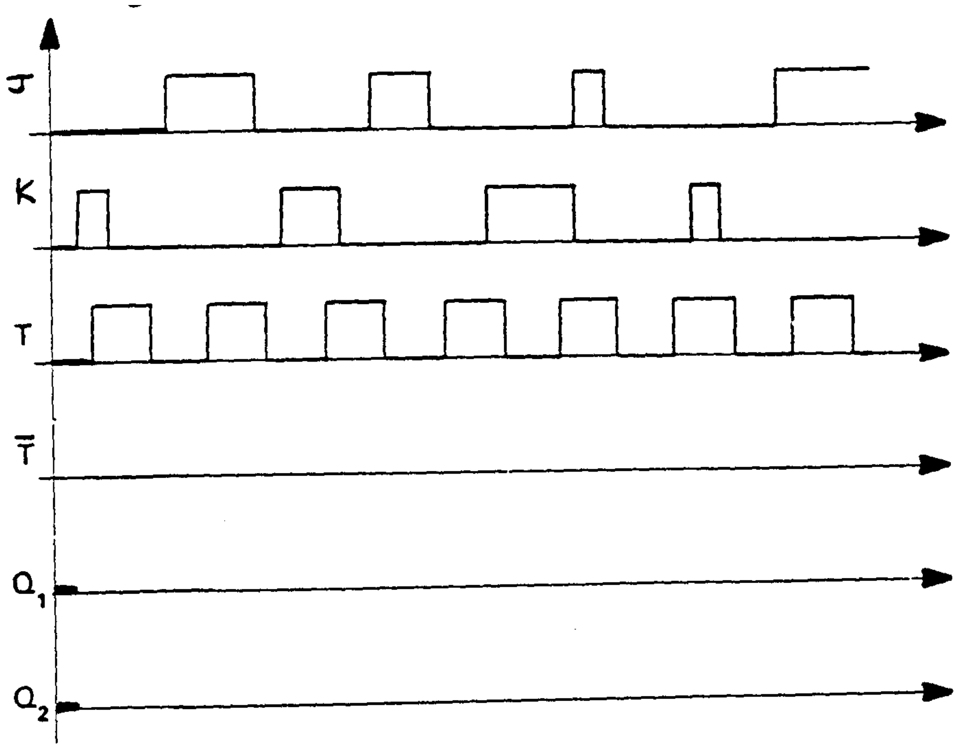
d - Les équations caractéristiques dues au fait que l'on utilise 3 bascules D sont : $Q_1^+ = D_1$, $Q_2^+ = D_2$, $Q_3^+ = D_3$

e - Donner le schéma de câblage du système complet.

(4) Soit le montage suivant:



a - Compléter le chronogramme suivant:



On rappelle l'équation caractéristique

d'une bascule J K : $Q+ = J\,\overline{Q} + \overline{K}\,Q$

d'une bascule D : $Q+ = D$

b - S'agit-il d'un système synchrone ou asynchrone ? Justifiez!

C. Exercices de perfectionnement (confirmés)

(1) Analyse d'un compteur-décompteur BCD synchrone programmable

Première partie :

On veut synthétiser un compteur-décompteur BCD avec quatre bascules T_E réalisées à partir de quatre bascules JK maître-esclave telles que $J=K=T_E$ ($T_E = 0$ entraîne $Q^+ = Q$ et $T_E = 1$ entraîne $Q^+ = \overline{Q}$).

On désigne par Q_d, Q_c, Q_b, Q_a les sorties des bascules, Q_d = MSB, Q_a = LSB.

Compteur : L'état de départ est (0,0,0,0), déterminer les valeurs à imposer à J_d,J_c,J_b,J_a que l'on reportera sur la table (T). A l'aide des diagrammes de Karnaugh, en déduire les fonctions simplifiées reliant J_d, J_c, J_b et J_a aux Q_i

Soit

$J_d = f_d\left(Q_i, \overline{Q_i}\right)$, $J_c = f_c$, $J_b = f_b$, $J_a = f_a$

Décompteur : l'état de départ est (1,0,0,1). Ecrire la nouvelle table de vérité avec le même ordre de rangement. En déduire $J_d = f_d$, $J_c = f_c$, etc.

n	$Q_d\ Q_c\ Q_b\ Q_a$	J_d	J_c	J_b	J_a
0					
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					

(T)

n	$Q_d\ Q_c\ Q_b\ Q_a$	J_d	J_c	J_b	J_a
9					
8					
7					
6					
5					
4					
3					
2					
1					
0					

(T*)

(2) Compteur-Décompteur

On veut commander le comptage-décomptage à l'aide d'une commande UD telle que UD = 0 entraîne le comptage et UD = 1 entraîne le décomptage. Exprimer en fonction de f_d, f'_d, UD, $\overline{UD}$ ainsi que J_c, J_b, J_a.

Deuxième partie

Les compteurs 74190 / 74LS190 dont le schéma logique est donné sur la figure XX sont des compteurs BCD programmables réal réalisés suivant le principe étudié dans la première partie.

(3) Fonction comptage-décomptage

Quel niveau doit-on imposer à l'entrée E pour que le compteur soit bloqué ?

Dans le cas où le compteur fonctionne, on impose de plus L=1. Exprime J_a, J_b, J_c, J_d, en fonction de UD, $\overline{UD}$ et des sorties Q_i, $\overline{Q_i}$.

Comparez avec les résultats obtenus dans la première partie. Dans le cas où la réalisation est différente de celle obtenue dans l'étude théorique on la justifiera.

Les bascules fonctionnent sur quel front de l'entrée d'horloge C_k ?

Détection des états maximum et minimum

On veut pouvoir détecter l'état 9 en position comptage et l'état 0 en position décomptage.

Exprimer la sortie M_m en fonction des entrées. Quel est son état de repos ?

Montrer que cette sortie permet effectivement de détecter les états 9 en comptage et 0 en décomptage.

Exprimer la sortie R en fonction des entrées. Quel est son état de repos ?

Montrer que le passage par l'état maximum (au comptage) et minimum (au décomptage) permet de délivrer une impulsion sur la sortie R.

Quelle est sa largeur si les impulsions d'horloge sont des signaux carrés de période T ?

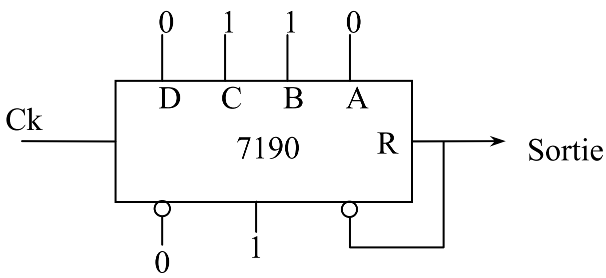
On branche deux compteurs comme il est indiqué sur la figure XX. Compléter le montage pour réaliser un compteur-décompteur par 100 et expliquer son fonctionnement.

Programmation

Montrer que si L=0 les entrées A, B, C, D sont affichées en Q_a, Q_b, Q_c, Q_d. Que se passe-t-il si L=1 ?

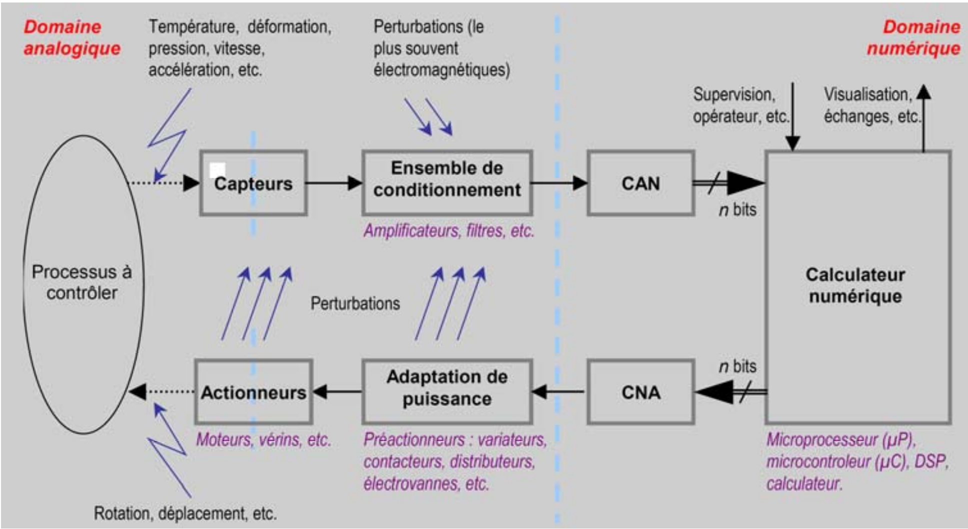
On réalise le montage de la figure XX. Tracer le chronogramme de R par rapport à celui de C_k. Quelle fonction a-t-on réalisée ? Généraliser suivant les valeurs de D, C, B, A.

(examen de licence de physique, Paris VI, juin 1985)



(4) Introduction aux convertisseurs analogiques ↔ numériques (CNA et CAN)

Les techniques numériques ont cumulées des progrès très importants ces dernières années. Pourtant les grandeurs physiques que l'on traite dans la vie de tous les jours sont des grandeurs analogiques (courants, dimensions, forces, températures, vitesses...).
Il semblait donc tout naturel au début, de réaliser des dispositifs analogiques, afin de mesurer, enregistrer et piloter ces grandeurs physiques qui nous entourent. Mais très rapidement, les avantages des techniques numériques se sont fait sentir. Dans les domaines tant de la mesure, que de l'acquisition de données, et bientôt dans les asservissements, de nombreux critères favorisent les techniques numériques. Précision de mesure apportée par la lecture digitale. Précision liée au nombre de chiffres significatifs.



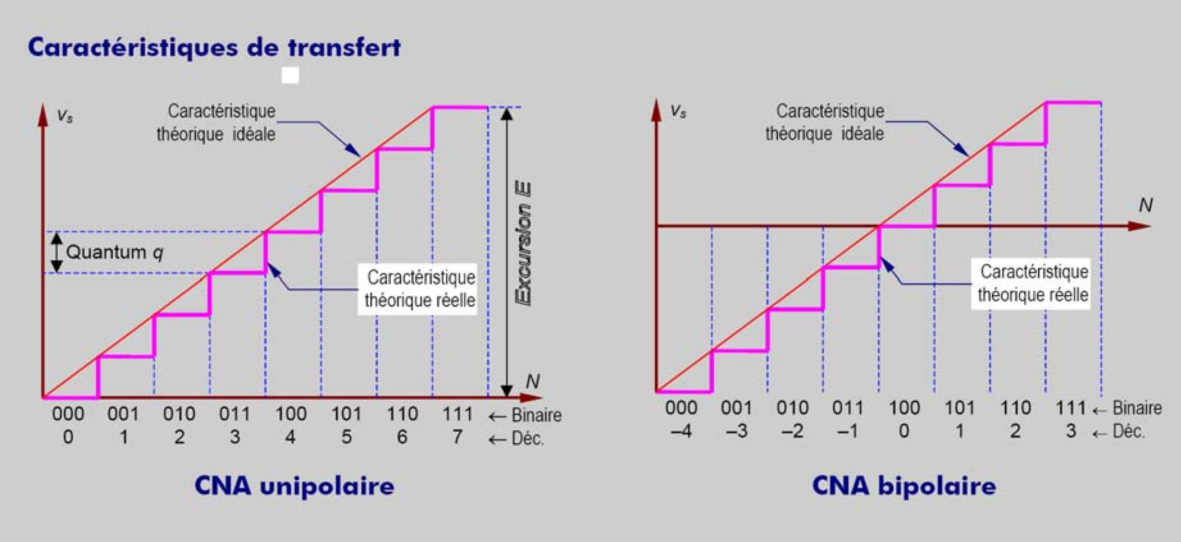
CNA et CAN dans processus contrôlé

L'enregistrement de données numériques apporte de multiples avantages :
- fiabilité des informations, perte de qualité inexistante (possibilité de régénérer les niveaux logiques),
- rapport signal sur bruit élevé,
- transmission des données sur de grandes distances, et dans des conditions difficiles,
- traitement des données en temps réel ou en temps différé, avec des algorithmes de calcul irréalisables de manière analogique,
- tendance à l'intelligence artificielle, par mémorisation d'un contexte vécu et apprentissage progressif,
- etc…

La figure ci-dessus illustre un exemple d'utilisation de ressources numérique pour le contrôle de processus. Les éléments clé de l'accès à ces ressources sont les convertisseurs analogique-numérique (CNA) et les convertisseurs numérique-analogique.

Le Convertisseur Numérique Analogique (CNA)

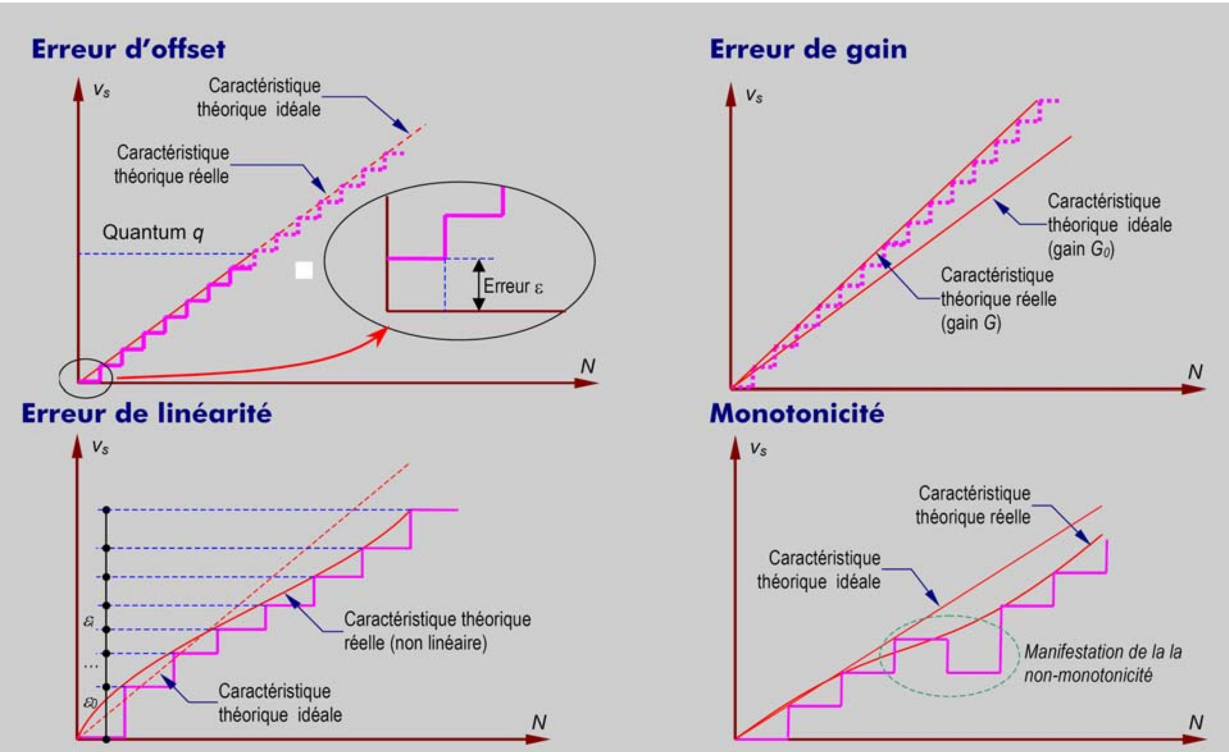
La conversion numérique analogique consiste à produire une grandeur physique (très souvent une tension ou un courant) à partir de données numériques (codées en binaire)



Convertisseurs numérique-analogique

La figure ci-dessus montre l'effet de bord – typique d'une conversion numérique analogique - due à un quantum non négligeable devant la résolution de la représentation graphique des données.

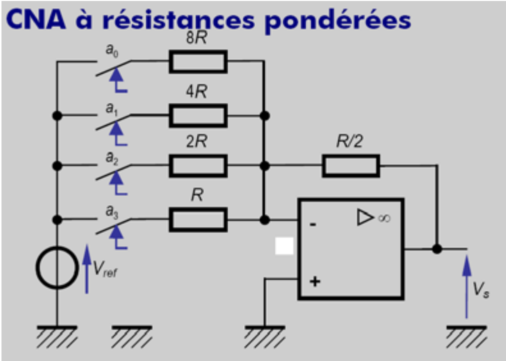
La tension générée par un convertisseur numérique analogique peut être entachée de plusieurs erreurs (voir figure ci-dessous) dus à la qualité et à la précision du système de conversion.



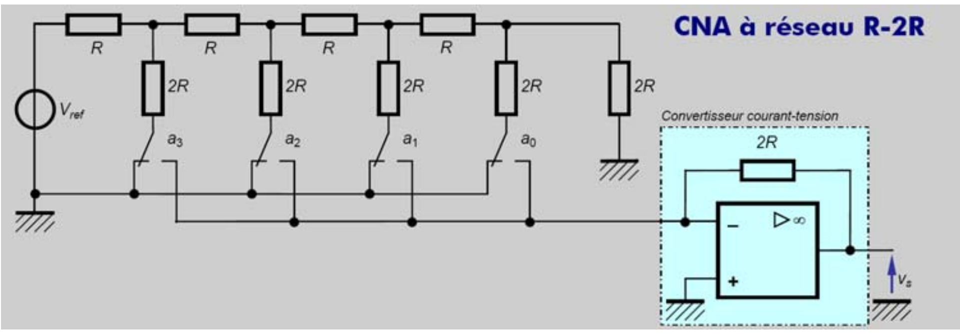
Performance et qualité d'un CNA

Exercice :

Calculer la tension délivrée en sortie par les deux montages suivants en fonction de la position des interrupteurs a_i et donner l'intervalle de confiance de cette tension si l'on considère une tolérance technologique de 5%.



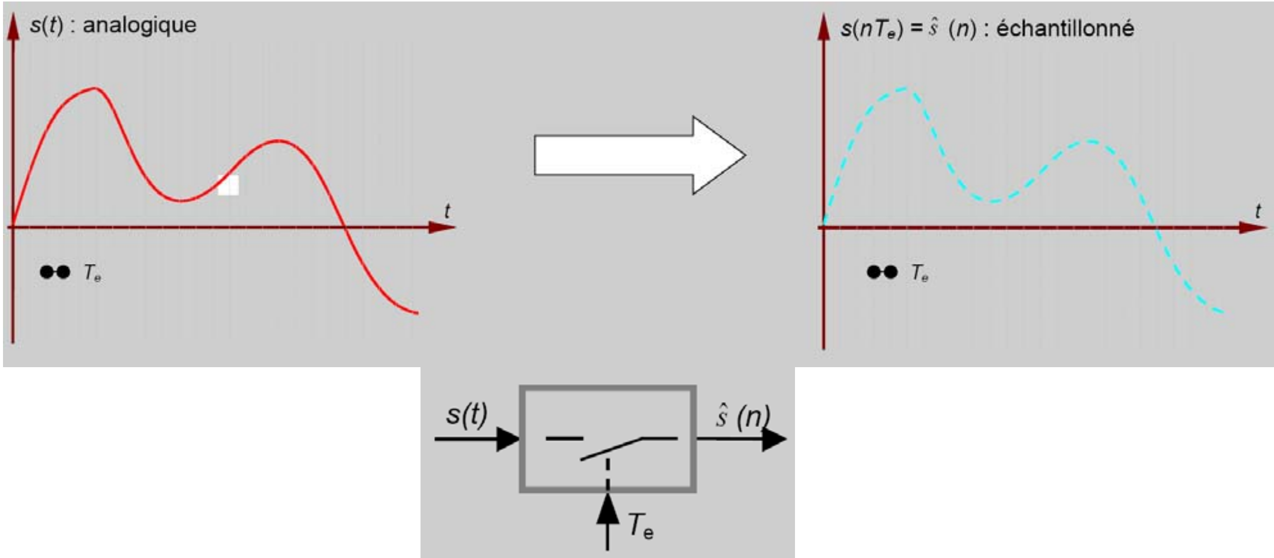
Montage (1)



Montage (2)

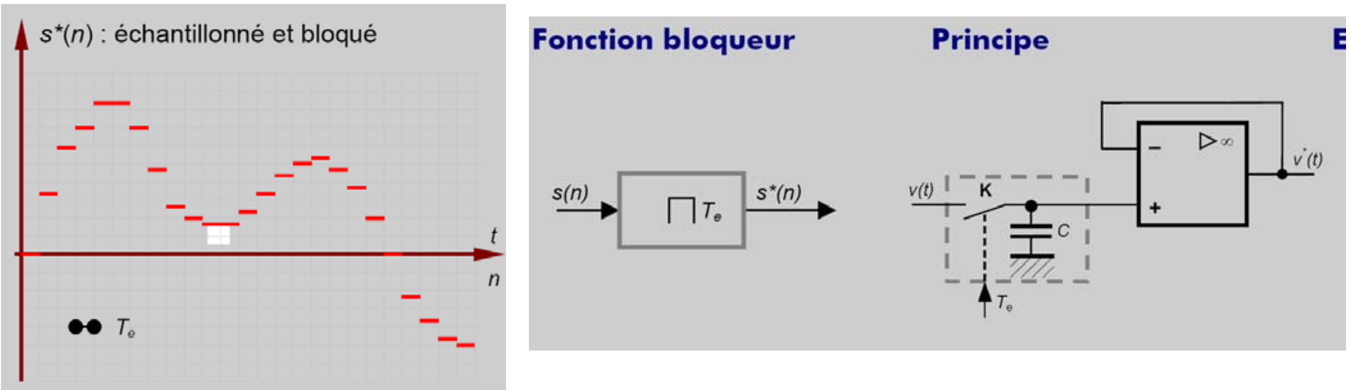
Le Convertisseur Analogique Numérique (CAN)

La conversion analogique numérique consiste à relever l'élongation d'un signal à des instants donnés (souvent équidistant). Cette opération consiste à échantillonner le signal (voir figure ci-dessous).



Fonction d'Echantillonnage

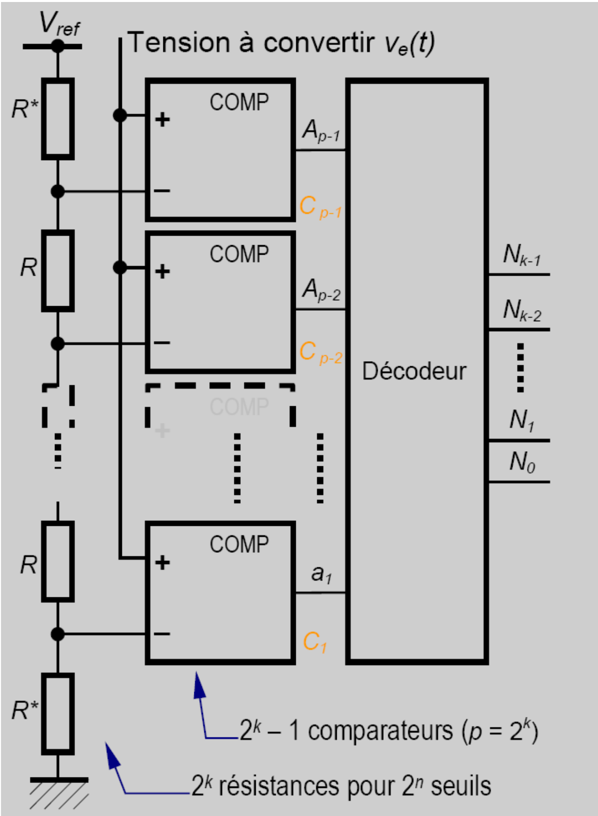
En pratique, l'élongation à relever doit durer un temps suffisant pour pouvoir l'évaluer et l'enregistrer par le montage aval. Pour cela, on utilise un circuit de blocage comme le montre la figure ci-dessous.



Fonction et circuit échantillonneur bloqueur

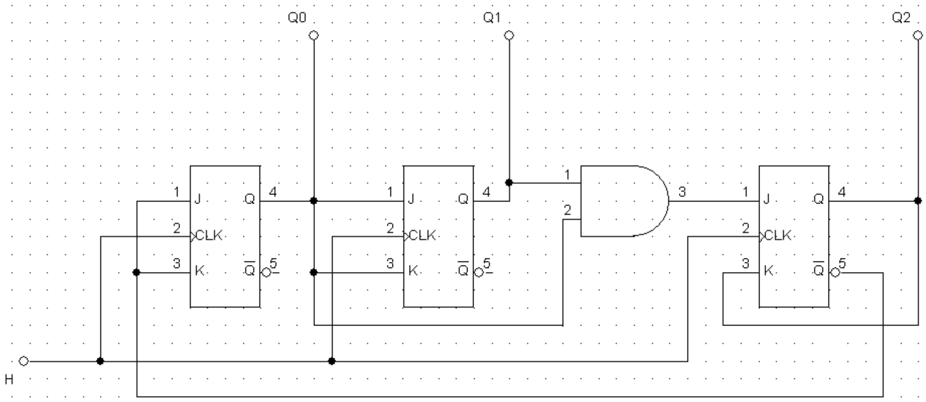
Exercice :

- Expliquer le fonctionnement du montage CAN suivant.
- Proposer une solution pour remédier à la difficulté de réaliser 2^k résistance dans le cas d'un convertisseur à grand niveau de quantification.
  Indication : utiliser un compteur et une comparaison séquentielle.



Exercice Complémentaire

Soit le compteur synchrone correspondant au diagramme logique suivant :



- Ecrire la table de vérité des sorties Q_0, Q_1 et Q_2 en partant de 000 à chaque impulsion de l'horloge.
- A quoi correspond ce compteur ?

ANNEXES
Sujets d'examens

Sujet 1 : 10 décembre 2005

Nom :	Prénom :
Groupe :	

Découverte EEA
DS du 10 Décembre 2005

Durée : 1h30mn
Aucun document autorisé – calculatrice interdite

Codage et numération

1. Coder en binaire puis en BCD le nombre hexadécimal $(2EA)_H$
2. Effectuer l'addition arithmétique (+) des nombres suivants :

$$(100111)_B + (10110)_B \; ; \; (EEA)_H + (FAC)_H$$

3. Donner la valeur décimale du nombre 2005 exprimé en base 5.

*On rappelle que $5^3=125$ et $16^2=256$

Logique combinatoire

Exercice 1

Un système électronique contrôle l'éclairage de trois zones pavillonnaire, notées A, B et C. S'il y a une défaillance ou un disfonctionnement sur l'une des trois zones une alarme est enclenchée au niveau de la centrale de maintenance. Par convention, on considère qu'une zone en parfaite état de marche est représentée par l'état logique « 1 ». Les sorties de ce système électronique sont à « 0 » s'il n'y a aucun problème et elles sont à « 1 » s'il y a défaillance ou panne. La sortie S_1 tient compte de la panne d'une seule zone parmi les trois. La sortie S_2 tient compte de la panne d'au moins deux zones.

- Donner l'expression simplifiée des sorties S_1 et S_2.
- Dessiner le logigramme (schéma de câblage) de ce système qu'avec des portes NAND.

Exercice 2 (additionneur)

1- Étude logique de l'addition arithmétique

1-1- Compléter le Tableau 1 avec le résultat, codé sur deux bits [R (MSB[1]) et S (LSB[2])], de l'addition arithmétique des 3 bits A, B et C.

[1] MSB : Most Significant Bit (Bit de Poids Fort)

1-2- A partir du Tableau 1, établir les équations logiques complètes de S et de R en fonction de A, B et C.

1-3- L'équation logique de S peut-elle être réduite ? Si oui, la simplifier.

1-4- L'équation logique de R peut-elle être réduite ? Si oui, la simplifier.

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

Tableau 1

2- Étude matérielle de l'additionneur

Pour réaliser l'addition de 3 bits on dispose de portes NAND à 2 entrées, 3 entrées et 4 entrées.

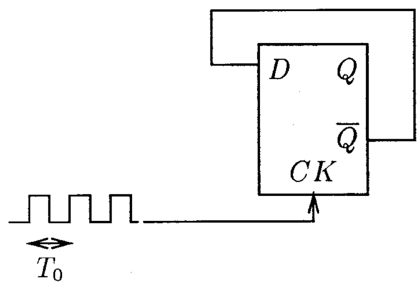
2-1- Transformer en conséquence les équations logiques, éventuellement réduites, de R et donner son schéma de câblage.

Logique séquentielle

<u>Exercice 3</u>

- Montage 1 :

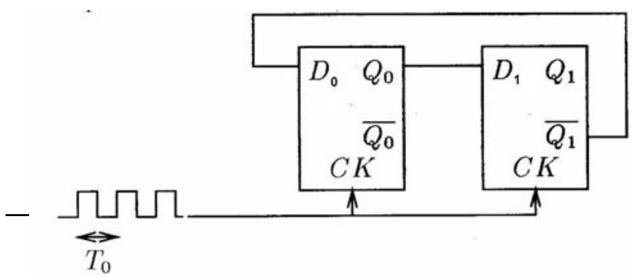
- Représenter l'évolution temporelle de CK et Q.
- Quelle est la fonction remplie par ce dispositif.



- Montage 2 :

- Représenter l'évolution temporelle de CK et Q_0 et Q_1.

- Quelle est la fréquence des signaux Q_0 et Q_1 ? Quel est leur déphasage ?



Exercice 4

Le but de cet exercice est la réalisation d'un compteur **synchrone** trois bits (000→111) à l'aide de bascule D.

- L'état de départ est (000) déterminer les valeurs à imposer à D_c, D_b, D_a par rapport aux états de sortie Q_c, Q_b et Q_a (Tableau 2 à compléter).

n	Q_c	Q_b	Q_a	D_c	D_b	D_a
0						
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						

Tableau 2

- A l'aide des tableaux de Karnaugh, déduire les relations de D_c, D_b et D_a en fonction de Q_c, Q_b et Q_a.

- Donner le schéma de câblage du système complet.

- Quelle fonction réalise-t-on si on regarde les sorties $\bar{Q}_c, \bar{Q}_b, \bar{Q}_a$ (à justifier).

Bon courage

Sujet 2 : 15 Décembre 2007

Découverte EEA
DS du 15 décembre 2007

Durée : 1h30mn Aucun document autorisé – calculatrice interdite

Numération et Codage

Complétez ce tableau :

décimal	binaire	hexadécimal	BCD	Base 3
5				
	1101			
		13		
			10110	

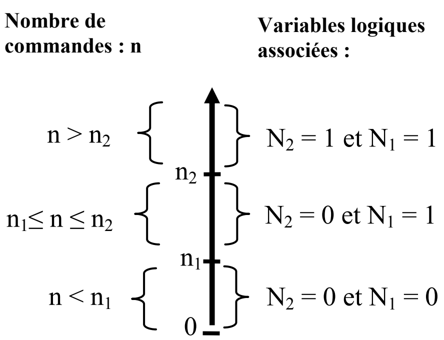
Réaliser les opérations suivantes en hexadécimale :

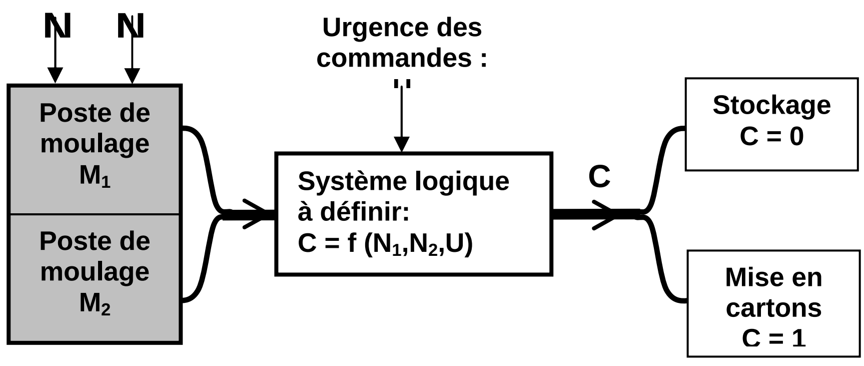
- ✓ 1F4 + A2D =
- ✓ 125 + 298 =

Logique Combinatoire - Modélisation d'un système logique

Les questions 1, 2 et 4 sont indépendantes.

Noël arrive, vous êtes responsable de la fabrication des papillotes. Pour cela vous disposez de deux postes de moulage M_1 et M_2 et d'un poste d'empaquetage. Vous réceptionnez les commandes de vos clients, et, en fonction du nombre des commandes vous faites fonctionner les postes M_1 et M_2. Pour cela, vous disposez d'un indicateur du nombre de commande n et de deux niveaux de commande n_1 et n_2 ($n_1<n_2$).





Fonctionnement du poste de moulage :

- Si le nombre de commandes est inférieur à n_1 ($n<n_1$) alors aucun des deux postes de moulage fonctionne.
- Si le nombre de commandes est compris entre n_1 et n_2 ($n_1<n<n_2$) alors seul le poste M_1 fonctionne, M_2 étant à l'arrêt.
- Si le nombre de commandes est supérieur à N_2 ($n>n_2$) alors les deux postes M_1 et M_2 fonctionnent.

Modélisation des variables logiques :

Variables logiques	Variable = 0	Variable = 1
M_1	Poste M_1 à l'arrêt	Poste M_1 en marche
M_2	Poste M_2 à l'arrêt	Poste M_2 en marche
N_1	$n<n_1$	$n\geq n_1$
N_2	$n\leq n_2$	$n>n_2$

Question:

1) *Déterminer la table de vérité de la variable binaire M_1 en fonction de N_1 et N_2. En déduire l'expression algébrique de M_1 en fonction de N_1 et N_2.*
2) *Faire de même avec M_2*

Poste d'empaquetage :

En aval des postes de moulage, nous avons placé un poste de mise en cartons et de stockage. Ainsi après les postes de moulage, les papillottes sont soit stockées soit mises directement dans des cartons.
La gestion des postes de mise en cartons et de stockage se fait en fonction de l'urgence des commandes.

- Si vous n'avez pas de commande urgente et qu'un ou aucun poste de moulage fonctionne alors les papillotes sont stockées.
- Si vous n'avez pas de commande urgente et que les deux postes de moulage fonctionnent, vous mettez les papillotes dans des cartons.
- Si vous avez une commande urgente et qu'aucun poste de moulage fonctionne, Le système de stockage est sélectionné par défaut.
- Si vous avez une commande urgente et qu'un ou les deux postes de moulage fonctionne, vous mettez les papillotes dans des cartons.

Modélisation des variables logiques :

Variables logiques	Variable = 0	Variable = 1
U	Pas de commande urgente	Commande urgente
C	Mise en stock	Mise en cartons

Questions :

3) *Déterminer la table de vérité de la variable binaire C en fonction des variables M_1, M_2 et U.*

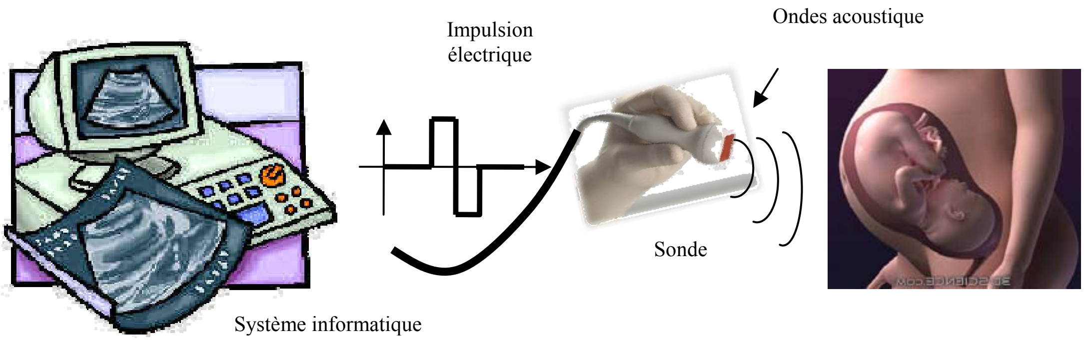
U	M1	M2	C
0	0	0	
0	0	1	
0	1	0	
0	1	1	
1	0	0	
1	0	1	
1	1	0	
1	1	1	

En déduire une expression algébrique de C en fonction de M_1, M_2 et U.
Simplifier par tableau de Karnaugh cette expression.

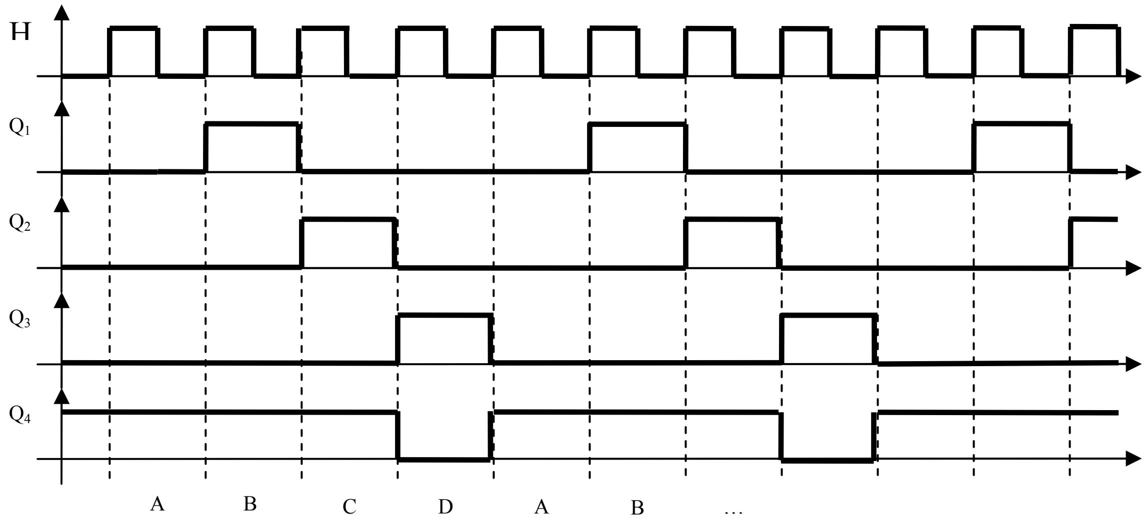
4) *Déterminez l'expression de C en fonction de U, N_1 et N_2. Montrer que l'expression $C = (N_2 + U).N_1$ est une solution possible.*
5) *Réaliser le logigramme (schéma de câblage) de C en fonction de U, N_1 et N_2.*
6) *On vous demande maintenant de câbler l'expression simplifiée de C en utilisant uniquement des opérateurs NON-OU. Quel est l'intérêt de ce câblage ?*

Logique Séquentielle

L'imagerie médicale est un procédé qui permet à un médecin d'examiner l'intérieur du corps d'un patient sans l'opérer. Elle peut être utilisée à des fins cliniques pour l'établissement d'un diagnostic ou pour le traitement de pathologies. Pour réaliser ce type d'examen, on utilise un échographe qui est constitué principalement d'une sonde acoustique (permettant l'émission et la réception d'ultrasons) et d'un système informatique (transformant le délai entre la réception et l'émission de l'ultrason en image). La sonde quant à elle, transforme une impulsion électrique en une onde acoustique.



Dans cet exercice, nous allons nous intéresser à la génération de l'impulsion électrique. Pour ce faire, quatre signaux distincts sont nécessaires (en plus de l'horloge H). Un composant spécifique (intégré au système informatique) se charge de transformer ces signaux en une seule et unique impulsion électrique (cf. figure ci-dessous). Le changement d'état se fait sur le front montant du signal H.



Le circuit est réalisé à l'aide de bascules D.

Question :

1. *D'après les chronogrammes, combien de bascules D sont nécessaires ? Justifier ce choix. Donner le diagramme de transition correspondant à ce système.*
2. *Donnez la table de vérité des bascules D avec $1 \leq i \leq n$ (n est le nombre de bascules D déterminé dans la question 1). En déduire les expressions de $Q^{+}i$. Utiliser les tableaux de Karnaugh pour répondre à cette question.*
3. *Dessinez le schéma comprenant bascules D et porte(s) logique(s) de manière synchrone (vous avez le droit d'utiliser tous types de portes).*

Bon courage