

Chapitre 2

Logique séquentielle

Partie II : Bascules JK, T et compteurs

2.1. Bascule JK

La bascule JK est une variante de la bascule RS, le circuit de la bascule JK synchrone est comme suit :

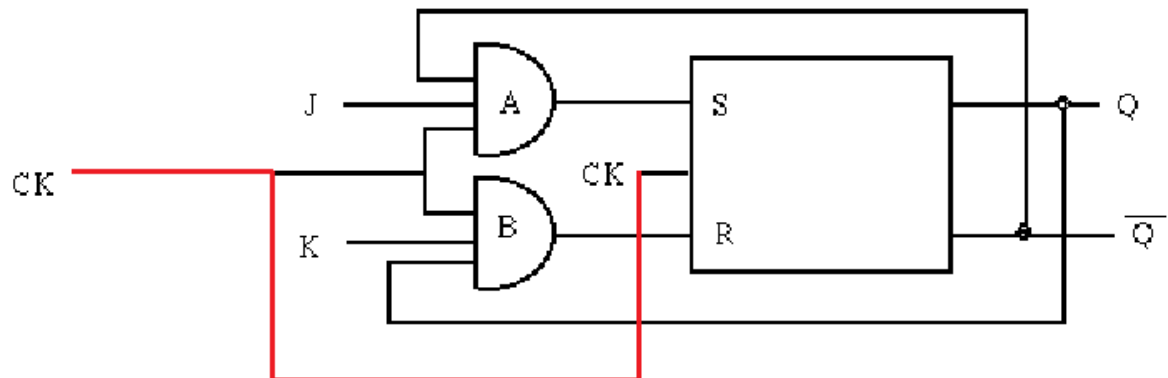


Table de vérité de la bascule JK synchrone

J	K	CK	S	R	Q	\bar{Q}
0	0	0	0	0	S.C	S.C
0	0	1	0	0	S.C	S.C
0	1	0	0	0	S.C	S.C
0	1	1	0	?	0	1 voir a
1	0	0	0	0	S.C	S.C
1	0	1	?	0	1	0 voir b
1	1	0	0	0	S.C	S.C
1	1	1	?	?	Complément voir c	

a)

$$J=0, S=0, R?$$

- Si $Q=1$ alors $\bar{Q}=0$ =====> $R=1$ puisque $CK=1, K=1$

Ainsi, $S=0$ et $R=1$ =====> $Q=0$ et $\bar{Q}=1$

- Si $Q=0$ alors $\bar{Q}=1$ =====> $R=0$ puisque $Q=0$

Ainsi, $S=0$ et $R=0$ \implies Il n'y a pas de changement des sorties $Q=0$ et $\bar{Q}=1$
 $\implies J=0$ et $K=1$ **Etat reset**

b)

$K=0$, $R=0$, $S?$

- Si $Q=1$ alors $\bar{Q}=0$ $\implies S=0$

Ainsi, $S=0$ et $R=0$ \implies pas de changement des sorties. $Q=1$ et $\bar{Q}=0$

- Si $Q=0$ alors $\bar{Q}=1$ $\implies S=1$ puisque $CK=1$, $J=1$

Ainsi, $S=1$ et $R=0$ $\implies Q=1$ et $\bar{Q}=0 \implies J=1$ et $K=0$ **Etat set**

c)

$J=1$ et $K=1$, $CK=1$, $S?$, $R?$

- Si $Q=1$ alors $\bar{Q}=0$ $\implies S=0$ et $R=1 \implies Q=0$ et $\bar{Q}=1$

- Si $Q=0$ alors $\bar{Q}=1$ $\implies S=1$ et $R=0 \implies Q=1$ et $\bar{Q}=0$

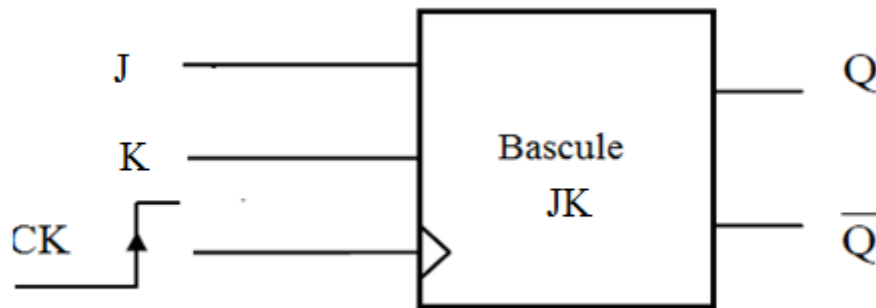
Pour $J=1$, $K=1$, quel que soit l'état de Q et \bar{Q} il y a une complémentation de leurs états (complément à 1 des deux sorties).

Table de vérité condensée de JK

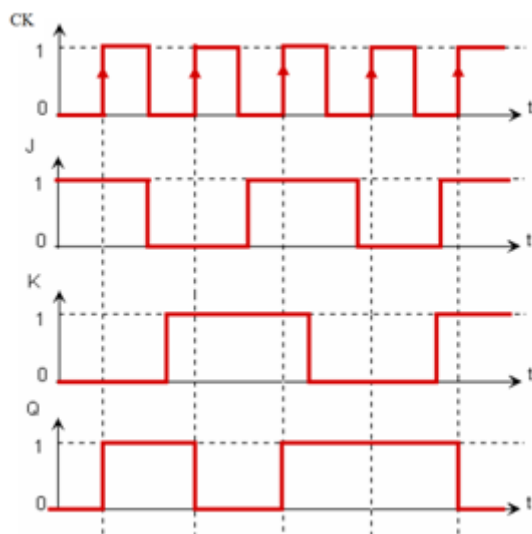
J	K	Q	\bar{Q}
0	0	S.C	SC
1	0	1 état Set	0

0	1	0 état Reset	1
1	1	C à 1.	C à 1

Symbole



Chronogramme de la bascule JK à front montant



Les états de J et K qui entraînent un changement de la sortie Q sur front montant :

$K = 1, J = 0$: mise à zéro de Q

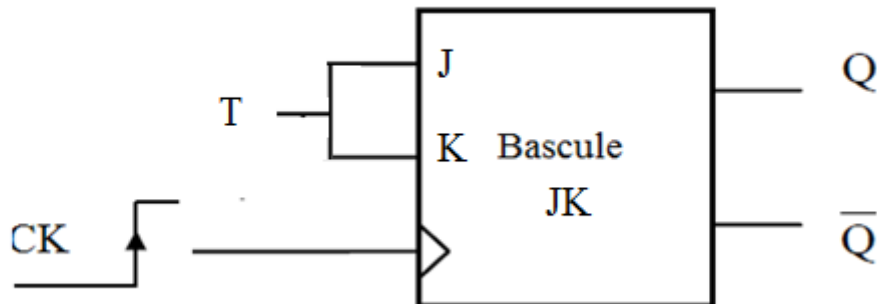
$K = 0, J = 1$: mise à un de Q

$K = J = 0$: mémorisation de Q

$K = J = 1$: complément à 1 diviseur par 2 " état bascule "

2.2. Bascule T

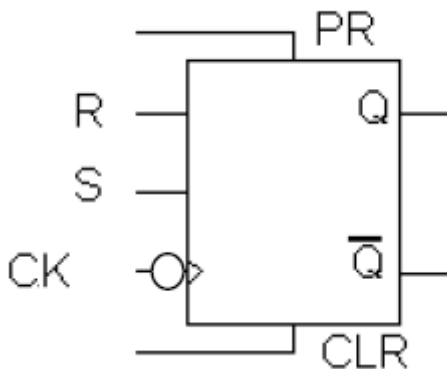
La bascule T (Toggle ou trigger) s'obtient par exemple à partir d'une bascule JK en reliant les entrées J et K entre elles. Elle est utilisable uniquement en mode synchrone.



2.3. Initialisation des bascules

On note la présence de deux entrées PR (Preset) et CLR (Clear) qui imposent respectivement $Q=1$ et $Q=0$ lorsqu'elles sont actives (positionnées à 1). Ces deux entrées sont prioritaires sur toutes les autres entrées. Selon les bascules, ces deux entrées peuvent de nature asynchrone, leur effet est "immédiat", ou synchrone, leur action sur les sorties est fonction d'une impulsion d'horloge.

Exemple :



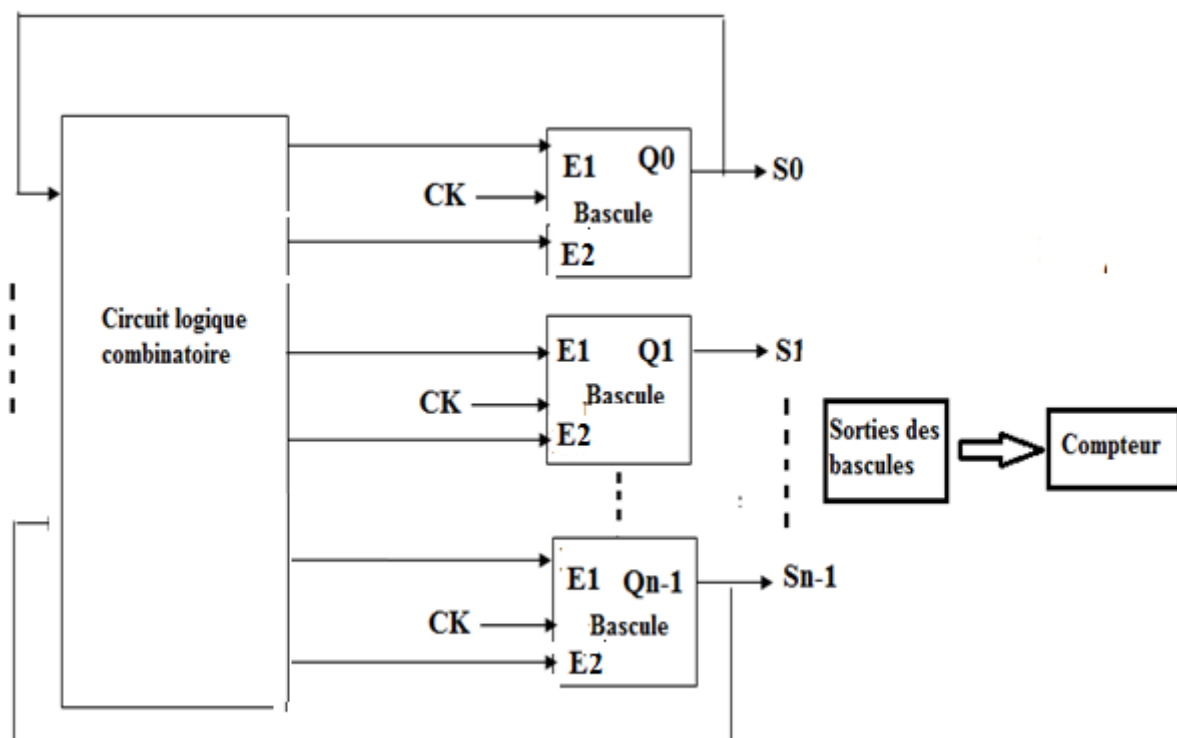
2.4. Domaine d'application des bascules JK et T dans une machine informatique

Dans les microprocesseurs, interfaces et les mémoires vives statiques, on trouve des entités appelées **compteurs dont la conception est fondée sur les bascules.**

Pour réaliser des opérations de comptage, en utilisant un code binaire donnée (code binaire pur, complément à deux, code réfléchi, ...etc), de temporisation, comptage d'impulsion d'horloge, d'itérations d'une boucle...etc. On utilise des circuits logiques appelés compteurs.

Un compteur est un circuit séquentiel comportant n bascules (D, JK, ..etc). Les sorties de ces bascules sont les entrées des circuits logiques combinatoires utilisés pour assurer les transitions (basculement) nécessaires au codage choisi pour le compteur. Il fonctionne au rythme d'une horloge et avec un cycle de comptage régulier ou quelconque d'un maximum de 2^n combinaisons.

Structure d'un compteur

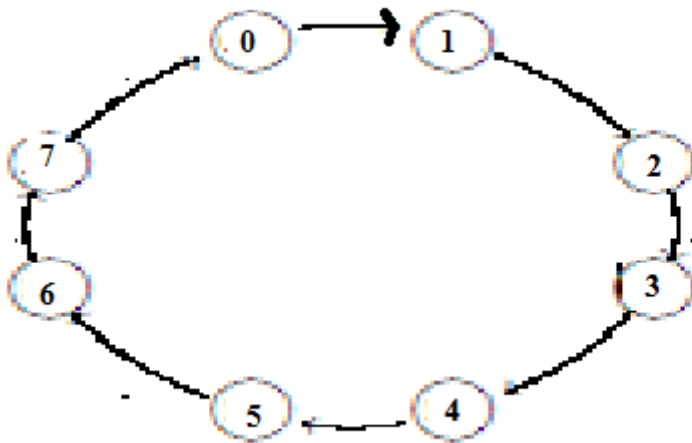


Définition: la combinaison des n sorties (n bascules) d'un compteur est appelée état, et le nombre d'états possible est appelé modulo.

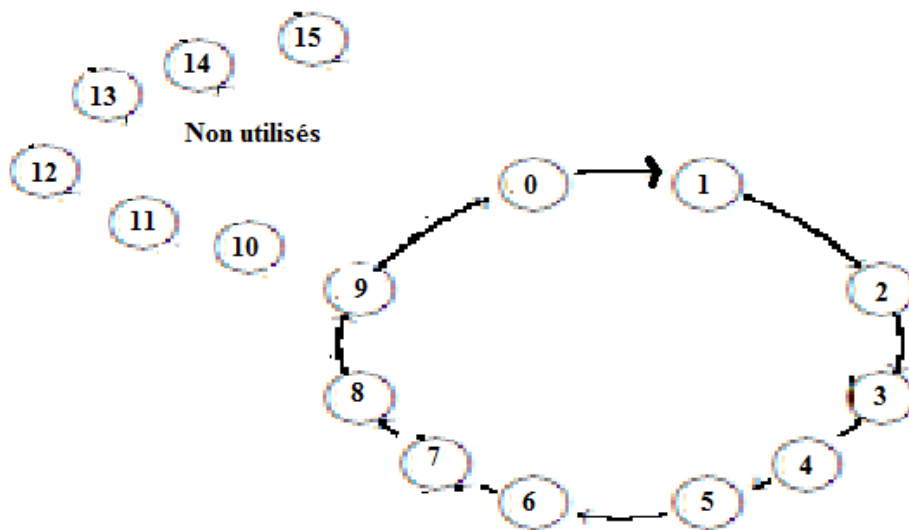
Le Modulo est le nombre d'état N des combinaisons successives par le compteur pendant un cycle. Le nombre d'état $N \leq 2^n$. Le modulo maximal d'un compteur à n bits (n bascules) est $N = 2^n$ est le cycle sera complet.. Si $N < 2^n$ un certain nombre d'états ne sont jamais utilisés et le cycle sera incomplet.

Par exemple, un compteur 3 bits possède 8 états distincts, c'est donc un compteur modulo 8.

Il effectue donc un cycle complet ($N = 2^n$).



Pour un compteur 4 bits, il possèdera 16 états distincts, c'est donc un compteur modulo 16. Si on fait fonctionner ce compteur comme modulo 10, il aura donc 10 états possibles et 6 états ne seront jamais utilisés. Il sera remis à zéro quand il atteindra l'état 9. Il effectuera donc un cycle incomplet ($N < 2^n$).



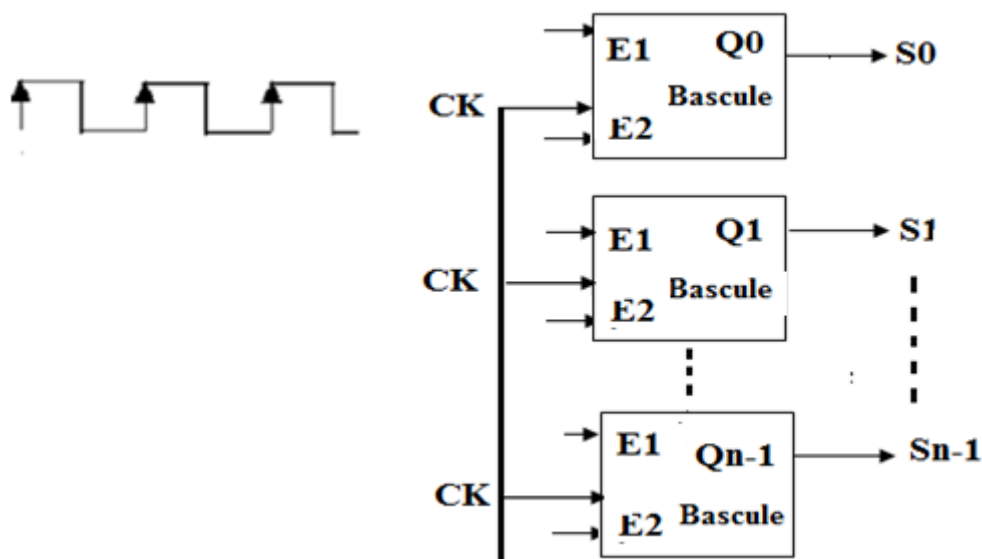
Types de compteurs:

Les compteurs binaires peuvent être classés en deux catégories :

- Compteurs asynchrones;
- Compteurs synchrones.

On distingue également les compteurs réversibles ou compteurs-décompteurs.

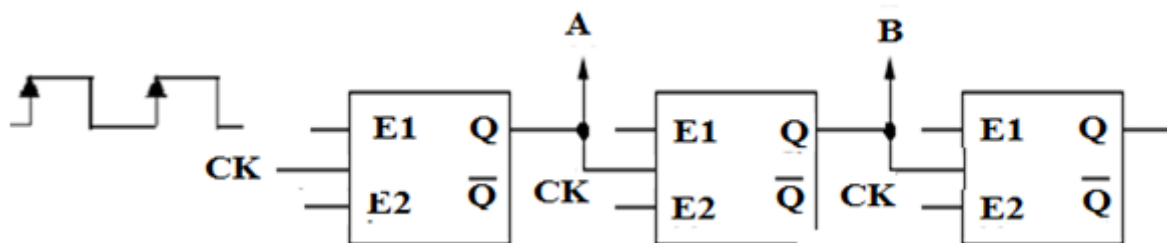
Compteurs Synchrones : Toutes les bascules sont attaquées simultanément par une seule Horloge et par conséquent, elles changent d'état presque en même temps.



Compteurs asynchrones : Dans ce type de compteur, le signal d'horloge d'une bascule sera déterminé à partir d'une combinaison logique des sorties des bascules précédentes.

- Remarque: la 1^{ère} bascule (poids faible: 2^0) recevra le signal CK

Exemple :



Dans cet exemple, la sortie de la première bascule est l'horloge de la deuxième, l'horloge de la troisième bascule est la sortie de la deuxième bascule etc.

Synthèse des compteurs

La réalisation est possible avec des bascules JK, D ou T. Pour faire cette synthèse, il faudra définir pour chaque bascule:

1^{er} point: Le signal d'horloge qui sera appliqué aux bascules.

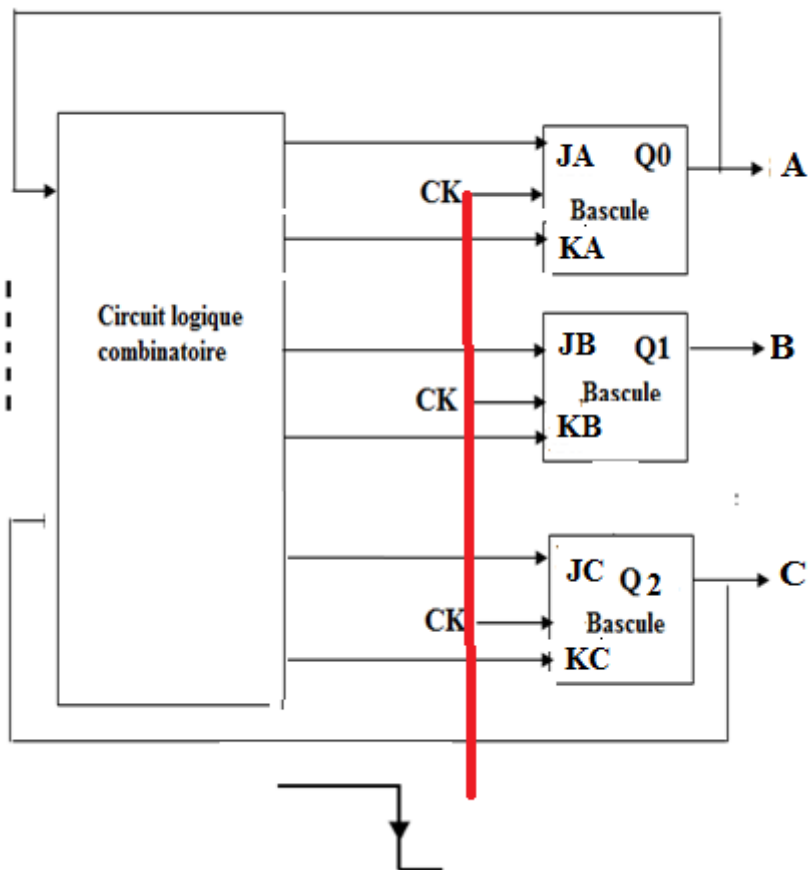
2^{ème} point: Les fonctions logiques à câbler pour réaliser les entrées des bascules.

a) Réalisation d'un compteur synchrone

Exemple 1: Compteur synchrone modulo $8 = 2^3$ 3 bits, donc 3 bascules (**1 2 4**), il effectuera un cycle complet de 8 états et il comptera en binaire pur

- Bascules choisies: **JK à front descendant**
- Code choisi: binaire pur
- Choix du signal d'horloge : Toutes les bascules reçoivent le même signal d'Horloge.

Il faudra calculer les états logiques des entrées JA, KA et JB, KB et JC, KC



Rappel

Table de vérité condensée de JK.

J	K	Q	\bar{Q}
0	0	S.C	S.C
1	0	1	0 Set
0	1	0	1 Reset
1	1	C à 1	C à 1

Table de vérité

	Sorties du compteur			Entrées des bascules					
n	C	B	A	JA	KA	JB	KB	JC	KC
0	0	0	0	1	x	0	x	0	x
1	0	0	1	x	1	1	x	0	x
2	0	1	0	1	x	x	0	0	x
3	0	1	1	x	1	x	1	1	x
4	1	0	0	1	x	0	x	x	0
5	1	0	1	x	1	1	x	x	0
6	1	1	0	1	x	x	0	x	0
7	1	1	1	x	1	x	1	x	1
0	0	0	0						

Diagrammes de Karnaugh.

JA = KA = 1 (x remplacée par 1)**JB**

C/BA	00	01	11	10
0	0	1	x = 1	x
1	0	1	x = 1	x

=====> JB = A

KB

C/BA	00	01	11	10
0	x	x = 1	1	0
1	0	x = 1	1	0

=====> KB = A

JC

C/BA	00	01	11	10
------	----	----	----	----

0	0	0	1	0
1	x	x	x = 1	x

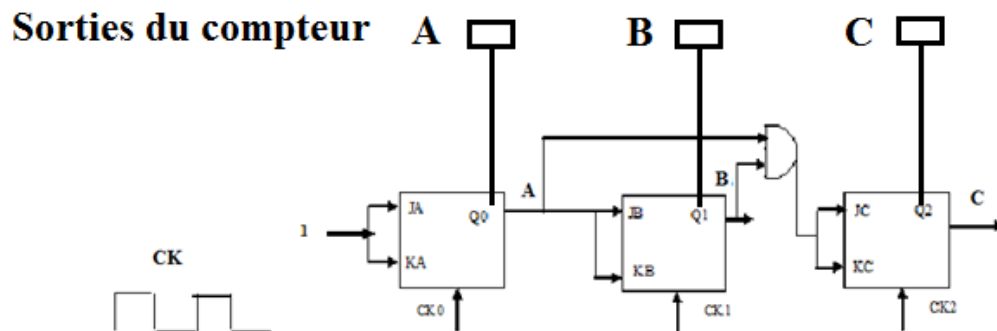
=====> JC = AB

KC

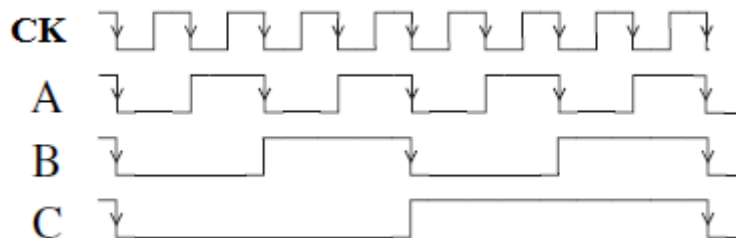
C/BA	00	01	11	10
0	x	x	x = 1	x
1	0	0	1	0

=====> KC = A.B

Logigramme



Chronogramme



Exemple. 2: Synthèse d'un compteur synchrone modulo 10 (appelé également une décade), qui compte en binaire pur avec des bascules JK à front descendant, $2^3 < 10 < 2^4 \implies 4 \text{ bits} \implies 4 \text{ bascules (1 2 4 8)}$.

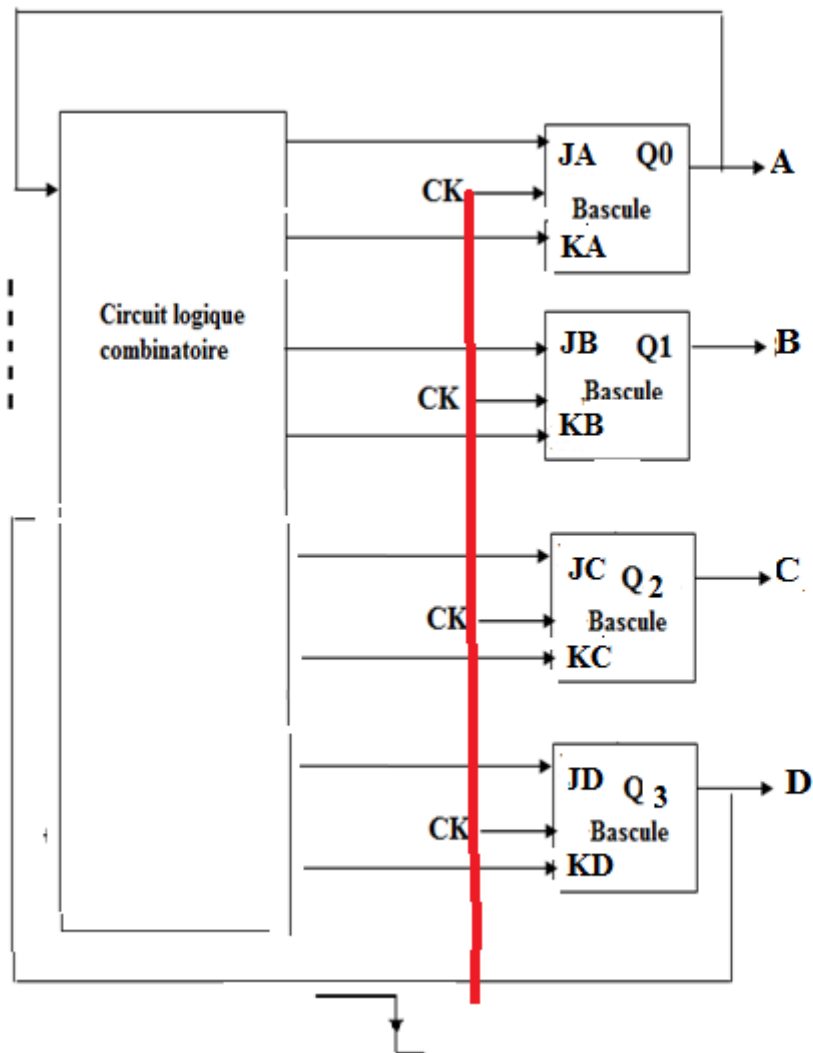


Table de vérité

n	Sorties du compteur				Entrées des bascules							
	D	C	B	A	JA	KA	JB	KB	JC	KC	JD	KD
0	0	0	0	0	1	x	0	x	0	x	0	x
1	0	0	0	1	x	1	1	x	0	x	0	x
2	0	0	1	0	1	x	x	0	0	x	0	x

3	0	0	1	1	x	1	x	1	1	x	0	x
4	0	1	0	0	1	x	0	x	x	0	0	x
5	0	1	0	1	x	1	1	x	x	0	0	x
6	0	1	1	0	1	x	x	0	x	0	0	x
7	0	1	1	1	x	1	x	1	x	1	1	x
8	1	0	0	0	1	x	0	x	0	x	x	0
9	1	0	0	1	x	1	0	x	0	x	x	1
10	0	0	0	0								

=====> **JA = KA = 1 (x = 1)**

JB

DC/BA	00	01	11	10
00	0	1	x = 1	x
01	0	1	x = 1	x
11	x	x	x	x
10	0	0	x	x

=====> **JB = \overline{AD}**

KB

DC/BA	00	01	11	10
00	x	x = 1	1	0
01	x	x = 1	1	0
11	x	x = 1	x = 1	x
10	x	x = 1	x = 1	x

=====> **KB = A**

JC

DC/BA	00	01	11	10
00	0	0	1	0

01	x	x	x = 1	x
11	x	x	x = 1	x
10	0	0	x = 1	x

=====> JC = AB

KC

DC/BA	00	01	11	10
00	x	x	x = 1	x
01	0	0	1	0
11	x	x	x = 1	x
10	x	x	x = 1	x

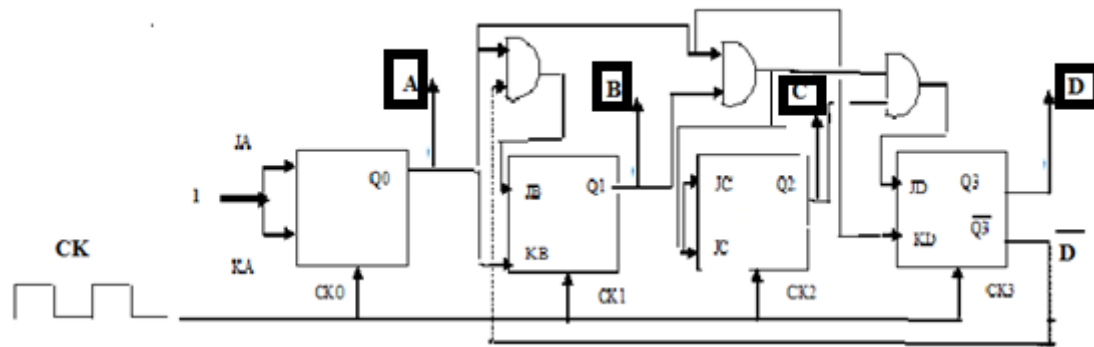
=====> KC = AB

JD

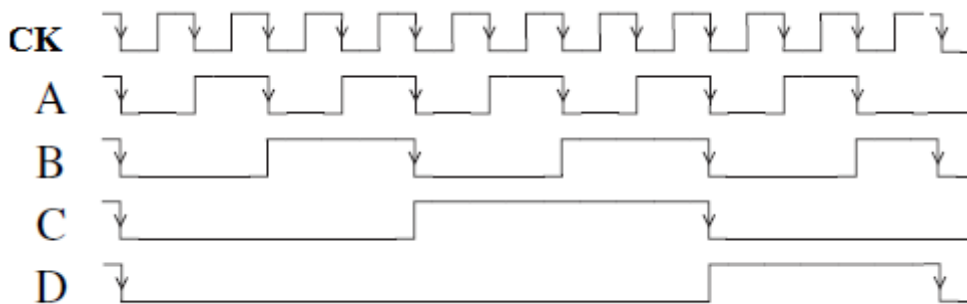
DC/BA	00	01	11	10
00	0	0	0	0
01	0	0	1	0
11	x	x	x = 1	x
10	x	x	x	x

=====> JD = ABC et KD = A

Circuit



Chronogramme



b) Réalisation d'un compteur asynchrone

Exemple 1: Compteur asynchrone modulo $8 = 2^3$ 3 bits, donc 3 bascules (**1 2 4**), il effectuera un cycle complet de 8 états et il comptera en binaire pur

- Bascules choisies: **JK à front descendant**
- Code choisi: binaire pur
- Choix du signal d'horloge : Trouver le signal d'Horloge pour chaque bascule.

Il faudra également calculer les états logiques des entrées JA, KA et JB, KB

n	Sorties du compteur		
	C	B	A
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
0	0	0	0

Recherche des signaux d'horloge

- La bascule A change d'état cadencé par le signal d'Horloge $CK0 = CK$.
- Pour la bascule B change d'état chaque fois que la sortie de la bascule A passe de 1 à 0 descendant) $CK1 = A$.
- Pour la bascule C change d'état quand B passe de 1 à 0 $\Rightarrow CK2 = B$.

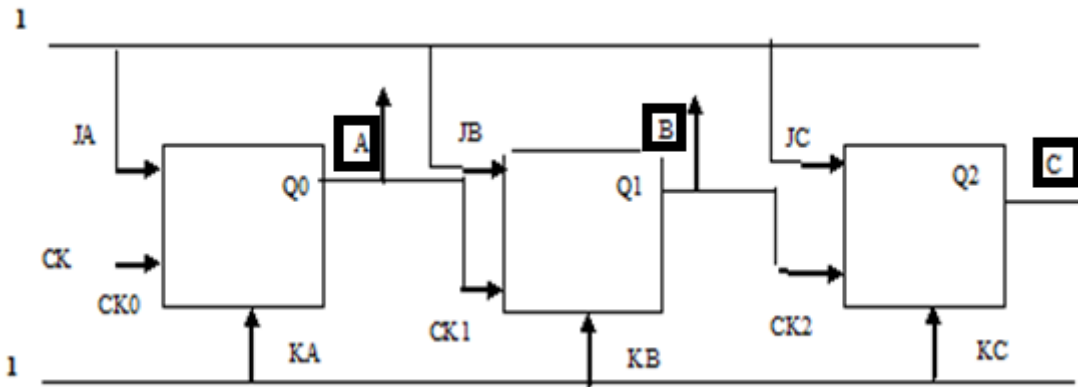
Table de vérité

n	Sorties du compteur			Entrées des bascules					
	C	B	A	JA	KA	JB	KB	JC	KC
0	0	0	0	1	x	x	x	x	x
1	0	0	1	x	1	1	x	x	x
2	0	1	0	1	x	x	x	x	x
3	0	1	1	x	1	x	1	1	x
4	1	0	0	1	x	x	x	x	x
5	1	0	1	x	1	1	x	x	x
6	1	1	0	1	x	x	x	x	x
7	1	1	1	x	1	x	1	x	1
0	0	0	0						

Remarque : $JB = KB = x$, entrées quelconques puisque l'horloge est à front montant.

$$JA = KA = JB = KB = JC = KC = 1$$

Circuit



Exemple. 2: Synthèse d'un compteur asynchrone modulo 10 (appelé également une décade), qui compte en binaire pur avec des bascules JK à front descendant, $2^3 < 10 < 2^4 \Rightarrow 4 \text{ bits} \Rightarrow 4$ bascules (1 2 4 8) .

n	Sorties du compteur			
	D	C	B	A
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
0	0	0	0	0

Recherche des signaux d'horloge

- Bascule A CK0 = CK
- Bascule B change d'état à chaque front descendant de A \Rightarrow CK1 = A
- Bascule C change d'état à chaque front descendant de B \Rightarrow CK2 = B
- Bascule D la sortie A peut jouer le rôle d'un signal horloge avec précaution \Rightarrow CK3 = A

Table de vérité

n	Sorties du compteur				Entrées des bascules							
	D	C	B	A	JA	KA	JB	KB	JC	KC	JD	KD
0	0	0	0	0	1	x	x	x	x	x	x	x
1	0	0	0	1	x	1	1	x	x	x	0	x
2	0	0	1	0	1	x	x	x	x	x	x	x
3	0	0	1	1	x	1	x	1	1	x	0	x
4	0	1	0	0	1	x	x	x	x	x	x	x
5	0	1	0	1	x	1	1	x	x	x	0	x

6	0	1	1	0	1	x	x	x	x	x	x	x
7	0	1	1	1	x	1	x	1	x	1	1	x
8	1	0	0	0	1	x	x	x	x	x	x	x
9	1	0	0	1	x	1	0	x	x	x	x	1
0	0	0	0	0								

$$JA = KA = 1, KB = 1, JC = KC = 1, KD = 1$$

JB

DC/BA	00	01	11	10
00	x = 1	1	x = 1	x = 1
01	x = 1	1	x = 1	x = 1
11	x	x	x	x
10	x	0	x	x

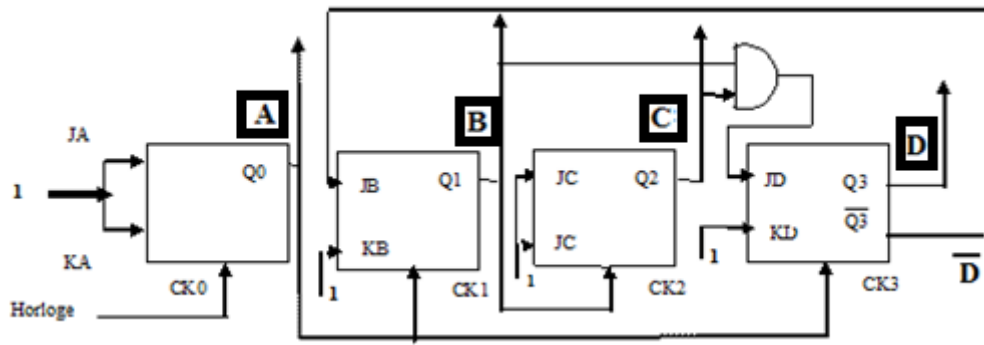
$$\Rightarrow JB = \overline{D}$$

JD

DC/BA	00	01	11	10
00	x	0	0	x
01	x	0	1	x = 1
11	x	x	x = 1	x = 1
10	x	x	x	x

$$\Rightarrow JD = BC.$$

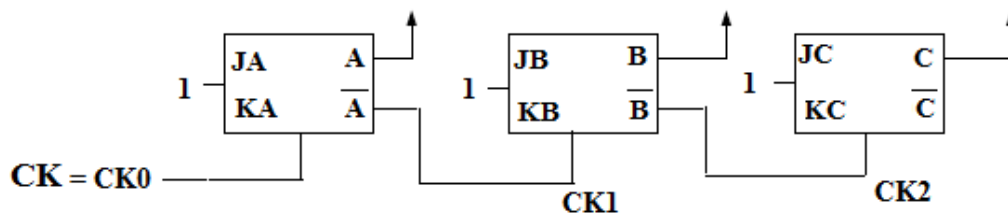
Circuit



c) Décompteurs

On peut réaliser des décompteurs Par exemple, dans le cas d'un décompteur modulo 8, Il suffit de piloter chaque entrée CK des bascules au moyen de la sortie complémentée de la bascule précédente.

Exemple : Décompteur asynchrone modulo 10



Remarque

D'autres compteurs sont également très utiles (Compteur en anneau, Compteur de Johnson,.....etc).

d) Cycle régulier et irrégulier

Cycle régulier: c'est un comptage dans l'ordre naturel par exemple 0, 1, 2, 3, 4, 5,....etc

Cycle irrégulier: c'est un comptage dans un ordre quelconque par exemple 2, 5, 6, 4, 10...etc

e) Compteurs et microprocesseur

Ils sont utilisés pour compter le nombre d'itérations d'une boucle, adresser les cases mémoire où sont stockées les instructions d'un programme) (compteur ordinal ou pointeur d'instructions)... etc.