



TP n°5: Etude des circuits séquentiels

Compteurs asynchrones et synchrones

I. Théorie

Un compteur est un ensemble de n bascules interconnectées par des portes logiques. Il peut donc mémoriser des mots de n bits au rythme d'une horloge. Il ne peut y avoir au maximum que 2^n combinaisons. Le nombre total N des combinaisons successives est appelé le module du compteur ($N \leq 2^n$).

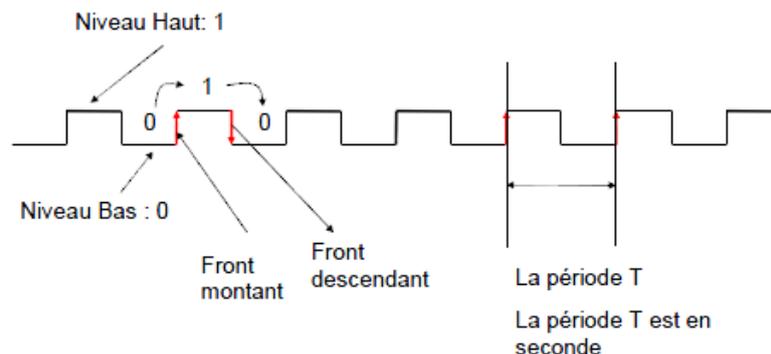
Si $N < 2^n$ certains états ne sont jamais utilisés.

Les compteurs peuvent être classés en deux catégories :

- Les compteurs asynchrones
- Les compteurs synchrones

De plus on peut distinguer les compteurs réversibles ou compteurs – décompteurs.

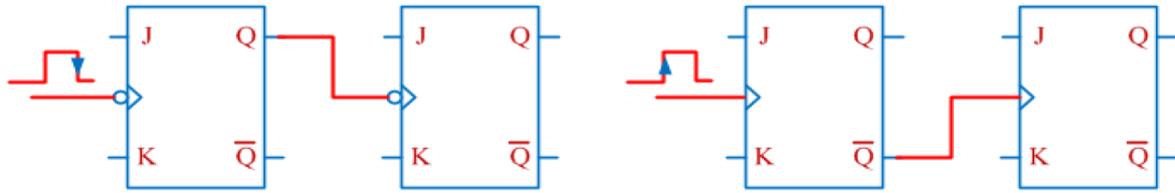
Une horloge est une variable logique qui passe successivement de 0 à 1 et de 1 à 0 d'une façon périodique. Cette variable est utilisée souvent comme une entrée des circuits séquentiels → le circuit est dit synchrone. L'horloge est notée par H ou Ck (Clock).



NB : Dans ce travail pratique, nous allons considérer le cas des compteurs et décompteurs asynchrones avec des bascules JK.

1. COMPTEURS ASYNCHRONES

Un compteur asynchrone est constitué de n bascules T (ou équivalentes). Le signal d'horloge n'est reçu que par la première bascule (bascule du plus faible poids LSB), pour chacune des autres bascules le signal d'horloge est fourni par une sortie de la bascule immédiatement inférieure. Si les bascules sont à front descendant l'entrée H_i est reliée à la sortie Q_{i-1} et si elles sont à front montant H_i est reliée à la sortie \bar{Q}_{i-1} .



Le nombre **m** de bascules nécessaires pour réaliser un compteur modulo **N** dépend du cycle de comptage.

1.1. Cycle complet

Dans ce cas, on a $N=2^m$.

Exemples :

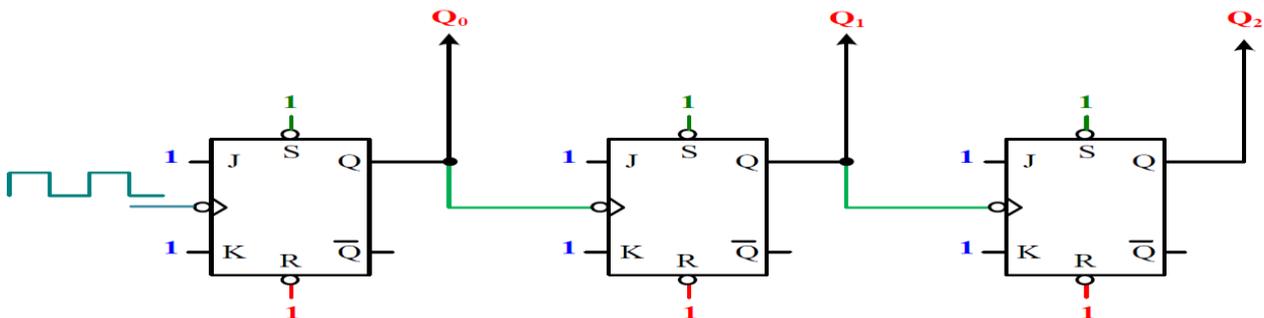
- Compteur modulo 4 (compte de 0 à 3), $4=2^2$ donc $m=2$
- Compteur modulo 8 (compte de 0 à 7), $8=2^3$ donc $m=3$

Manipulation1: Compteur asynchrone modulo 8

Table de comptage

Impulsions	Q_2	Q_1	Q_0
Etat initial	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
8	0	0	0

Le logigramme de ce compteur est :



1.2. Cycle incomplet

Dans ce cas, on choisit m tel que $N < 2^m$

Exemples :

- Compteur modulo 5 (compte de 0 à 4), $5 < 2^3$ donc $m=3$
- Compteur modulo 10 (compte de 0 à 9), $10 < 2^4$ donc $m=4$

Manipulation2: Compteur asynchrone modulo 5

On souhaite compter jusqu'à un nombre N qui ne soit pas une puissance de 2 par exemple 5 pour cela on utilise un compteur de n bascules tel que $2^n > N$ on lui ajoute une combinaison de l'entrée de façon à remettre le compteur à zéro tous les N coups.

Table de comptage

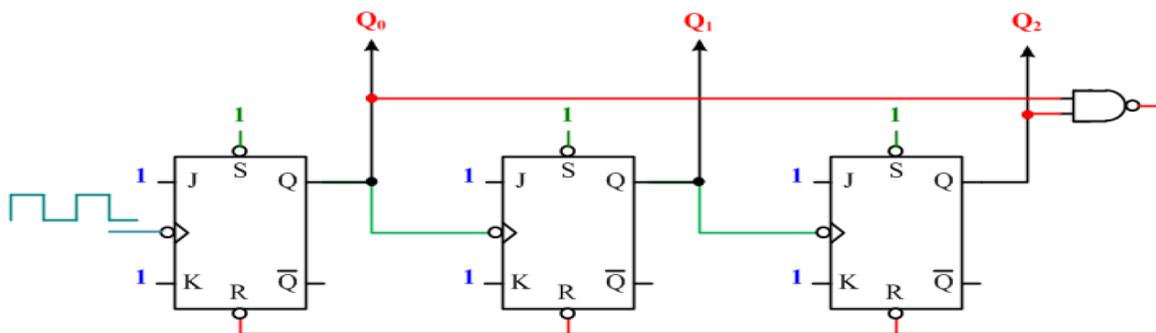
Impulsions	Q_2	Q_1	Q_0
Etat initial	0	0	0
1	0	0	1
2	0	1	0
3	0	1	1
4	1	0	0
5	1	0	1
6	1	1	0
7	1	1	1
8	0	0	0

Remise A Zero

Pour le compteur modulo 5 on utilise 3 bascules ($2^3 > 5$), le comptage se fait de 0 à 4.

La combinaison $(5)_{10} = (101)_2$ est celle qui correspond à $Q_2\bar{Q}_1Q_0$ pour forcer à zéro les 3 bascules du compteur.

Le logigramme de ce compteur est :



2. DECOMPTEURS ASYNCHRONES

Pour réaliser un décompteur il faut que le changement d'état d'une bascule intervienne lorsque la bascule de rang $(i-1)$ passe de l'état 0 à 1.

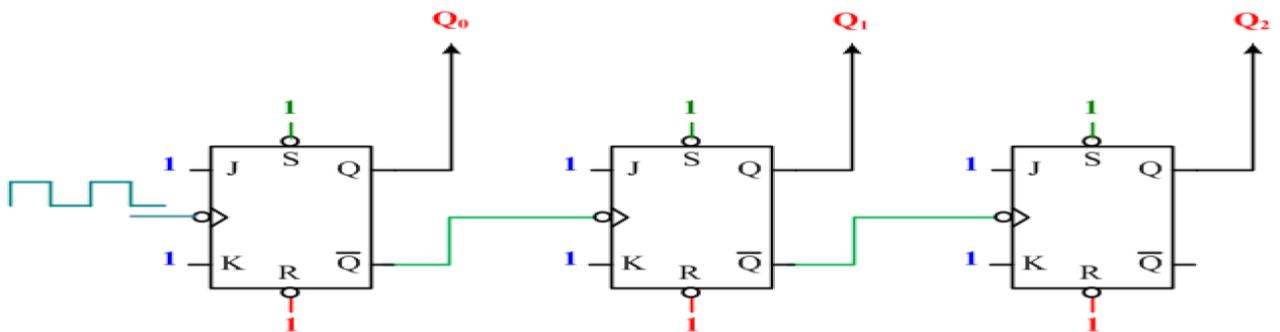
Pour un signal d'horloge à front descendant, il suffit d'utiliser la sortie \bar{Q} de chaque bascule pour déclencher la suivante.

Manipulation3: Décompteur asynchrone modulo 8

Table de décomptage

	Q ₂	Q ₁	Q ₀
7	1	1	1
6	1	1	0
5	1	0	1
4	1	0	0
3	0	1	1
2	0	1	0
1	0	0	1
0	0	0	0

Le logigramme de ce compteur est :



- Vérifier le fonctionnement d'une bascule JK
- Réaliser un compteur asynchrone modulo 12, dresser sa table de vérité
- Réaliser un compteur asynchrone modulo 10, dresser sa table de vérité
- Réaliser un décompteur asynchrone modulo 12, dresser sa table de vérité
- Réaliser un décompteur asynchrone modulo 10, dresser sa table de vérité

2. Compteur synchrone

Pour ce type de compteur une horloge commune est appliquée simultanément à toutes les entrées des différentes bascules.

La capacité de comptage (M) fixe le nombre de bascules (N).

$$2^{N-1} < M < 2^N$$

Les entrées J et K des N bascules ne sont plus toutes mises à un comme pour le compteur asynchrone et l'horloge est la même pour toutes les bascules contrairement au compteur synchrone.

Que la séquence de comptage soit à cycle complet ou incomplet. La synthèse des entrées J et K de chaque bascule doit se faire de la même façon.

Transitions d'états de bascule JK:

Lors de la conception de machines synchrones, il faut définir l'excitation nécessaire aux bascules pour provoquer le changement d'état désiré. L'information de table de vérité des bascules JK peut aussi être écrite sous la forme d'une table de transition.

Etats présents Q	Etats futurs Q^+	J	K	
0	0	0	X	Remise à 0 ou état mémoire
0	1	1	X	Remise à 1 ou basculement
1	0	X	1	Remise à 0 ou basculement
1	1	X	0	Remise à 1 ou état mémoire

X: indifférent (X=0 ou X=1)

1.1. Compteur synchrone à cycle complet

Réalisons un compteur synchrone modulo 8, formé de bascules JK à front descendant.

Comme $2^2 < 8 < 2^3$, alors on a besoin de trois bascules ($N=3$).

La table d'excitation est:

N	Etats présents			Etats futurs			Entrées des bascules					
	Q_C	Q_B	Q_A	Q'_C	Q'_B	Q'_A	J_C	K_C	J_B	K_B	J_A	K_A
0	0	0	0	0	0	1	0	X	0	X	1	X
1	0	0	1	0	1	0	0	X	1	X	X	1
2	0	1	0	0	1	1	0	X	X	0	1	X
3	0	1	1	1	0	0	1	X	X	1	X	1
4	1	0	0	1	0	1	X	0	0	X	1	X
5	1	0	1	1	1	0	X	0	1	X	X	1
6	1	1	0	1	1	1	X	0	X	0	1	X
7	1	1	1	0	0	0	X	1	X	1	X	1

Les équations logiques: (des entrées J et K obtenues par KARNAUGH).

$$J_A = K_A = 1, \quad J_B = K_B = Q_A, \quad J_C = K_C = Q_A \cdot Q_B$$

Le câblage du compteur synchrone modulo 8 est donné par le schéma suivant:

