

Chapitre. 7

Circuits séquentiels : Compteurs et registres

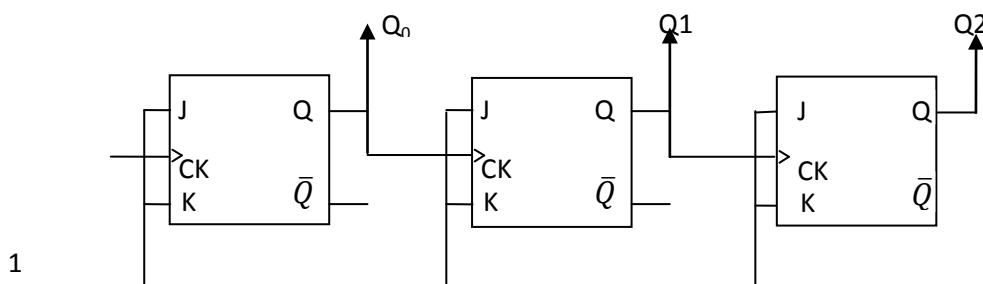
Définitions

- Un compteur est de n bascules connectées par des portes logiques, ils décrivent une séquence déterminée. (c.e occuper une suite d'états binaires au rythme d'une horloge).
- 2^n combinaisons possibles.
- Les états sont stables et accessibles entre deux impulsions de l'horloge.
- Si N le nombre total de combinaisons successives utilisées, $N \leq 2^n$: ce nombre est défini comme étant le modulo du compteur.
- Deux types de compteurs :
 - Asynchrone
 - Synchrone

7.1. Compteurs asynchrones

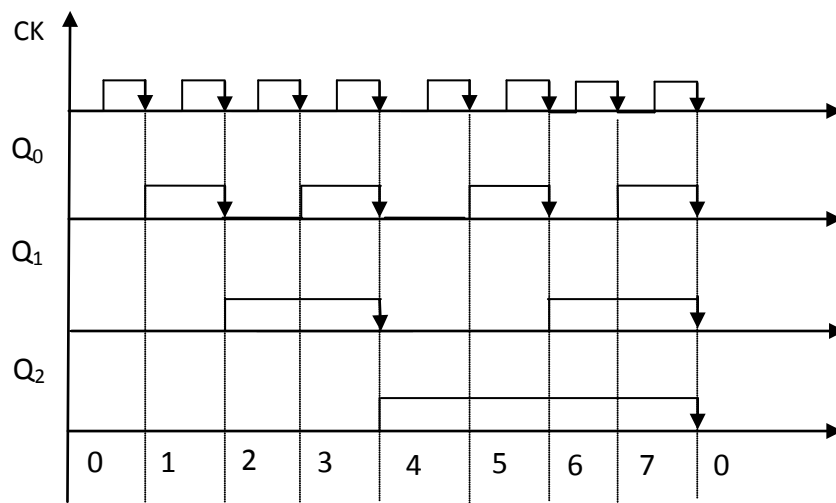
- ✓ Constitués de n bascules J-K fonctionnant en mode T.
- ✓ Le signal d'horloge n'est reçu que par le premier étage.
- ✓ Le signal d'horloge des autres bascules est fourni par la sortie de l'étage précédent.

Exemple :



Fonctionnement :

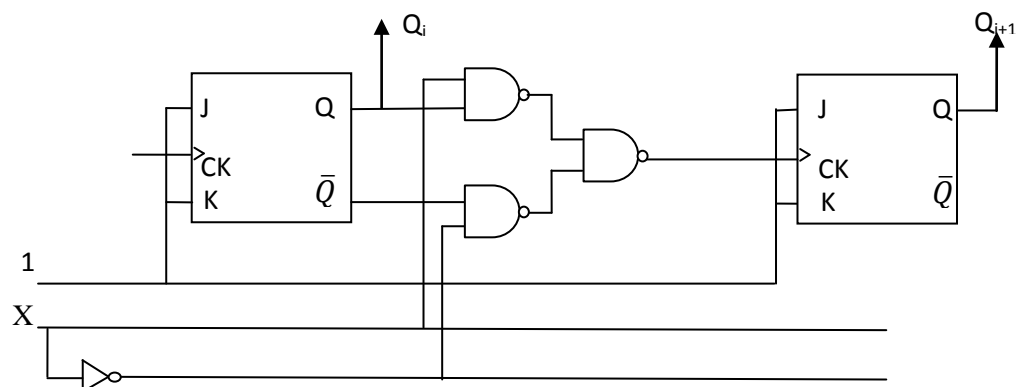
| Impulsion | Q_2 | Q_1 | Q_0 |
|--------------|-------|-------|-------|
| Etat initial | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 1 |
| 2 | 0 | 1 | 0 |
| 3 | 0 | 1 | 1 |
| 4 | 1 | 0 | 0 |
| 5 | 1 | 0 | 1 |
| 6 | 1 | 1 | 0 |
| 7 | 1 | 1 | 1 |
| 8 | 0 | 0 | 0 |



7.2.1. Compteur- décompteur asynchrones

Mode compteur : Déclenche chaque bascule quand celle de rang inférieur passe de 1 à 0 ($\neg \downarrow$)

Mode décompteur : Déclenche chaque bascule quand celle de rang inférieur passe de 0 à 1 (\downarrow)



X étant la ligne de commande, selon sa valeur le compteur fonctionne en mode compteur ou décompteur.

Si $X = 1$; mode compteur ; et Si $X = 0$; mode décompteur.

7.2.2. Compteur à cycle incomplet

- Pour faire fonctionner un compteur jusqu'à un nombre N, qui ne doit pas être forcément une puissance de 2. (10 par exemple).
- Soit un compteur de n bascules avec $2^n > N$; ce type de compteur doit être asservi par un circuit combinatoire extérieur qui permet de remettre le compteur à 0 tous les N coups du signal d'horloge.
- Traitant l'exemple d'un compteur modulo 10.

Compteur Modulo-10

$N = 10$, $2^n > 10$; $\implies n = 4$, le nombre de bascule est donc égale à 4.

Ce compteur doit posséder 10 états, il compte à partir de sa position initial 0 :

Les états de sorties du compteur sont :

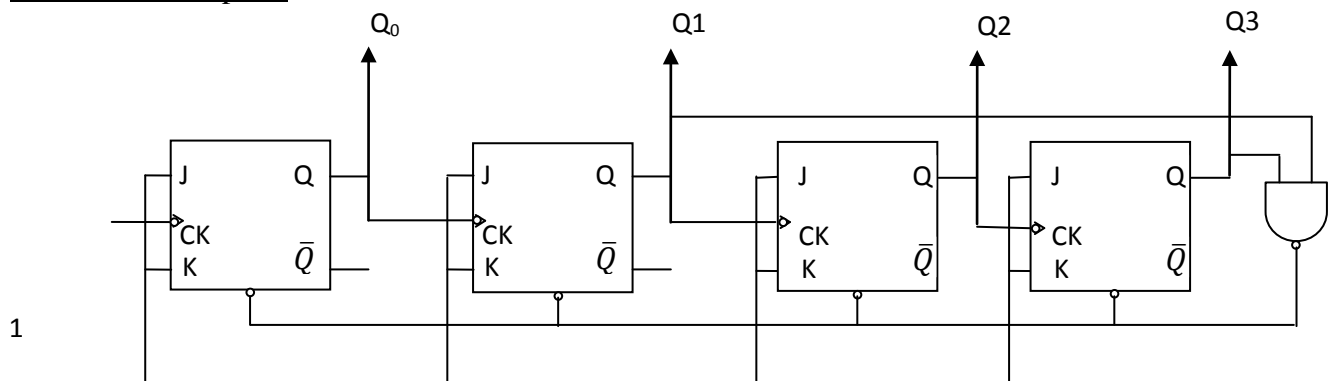
| Etat | Sorties logiques |
|------|------------------|
| | Q3Q2Q1Q0 |
| 0 | 0000 |
| 1 | 0001 |
| 2 | 0010 |
| 3 | 0011 |
| 4 | 0100 |
| 5 | 0101 |
| 6 | 0110 |
| 7 | 0111 |
| 8 | 1000 |
| 9 | 1001 |
| 10 | 1010 |

\implies

| | |
|---|------|
| 0 | 0000 |
|---|------|

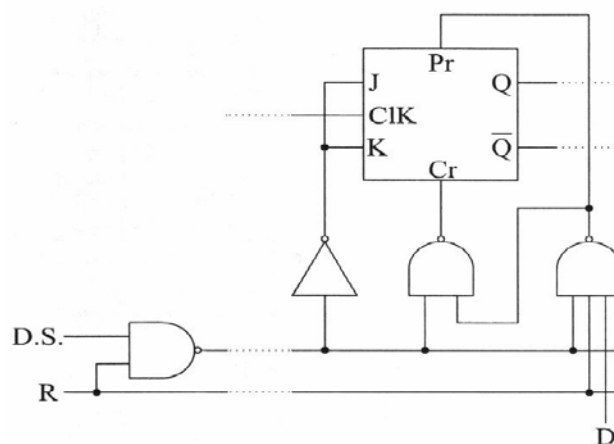
Le compteur est remis à zéro avant qu'il se positionne à 10.

Schéma du compteur



Lorsque la séquence 1010 arrive ($Q_3 = 1$ et $Q_1 = 1$), ces états représentent les entrées d'une porte NAND qui donne un 0 à la sortie de la porte logique, cette dernière est reliée aux entrées prioritaires CLEAR, sensible au niveau logique 0 qui force toutes les bascules à 0, et par suite le compteur est remis à zéro, il reprend ensuite le comptage à partir de l'état 0.

7.2.3. Compteur avec entrées de remise à zéro et de chargement



PR et CLR sont sensibles au niveau bas (0).

- En mode normale

$DS = R = 1, \implies J = K = Pr = Cr = 1$, sur chaque bascule.

- Remise à Zéro : (RAZ)

$R = 0, \implies J = K = 0$ (Interdit tout basculement sur CK).

$\implies Pr = 1 ; Cr = 0 \implies Q = 0$ d'où la remise à zéro.

- Chargement :

$DS = 0, R = 1, \implies J = K = 0$, (Interdit tout basculement sur CK).

$D = 1, \implies Pr = 0 ; CLR = 1 \implies Q = 1$, [$D = 0, Pr = 1, Cr = 0$ donc $D = 0$].

Dans les deux cas la bascule prend la valeur de l'entrée D, d'où le chargement de l'entrée D.

7.3. Compteurs synchrones

Définition :

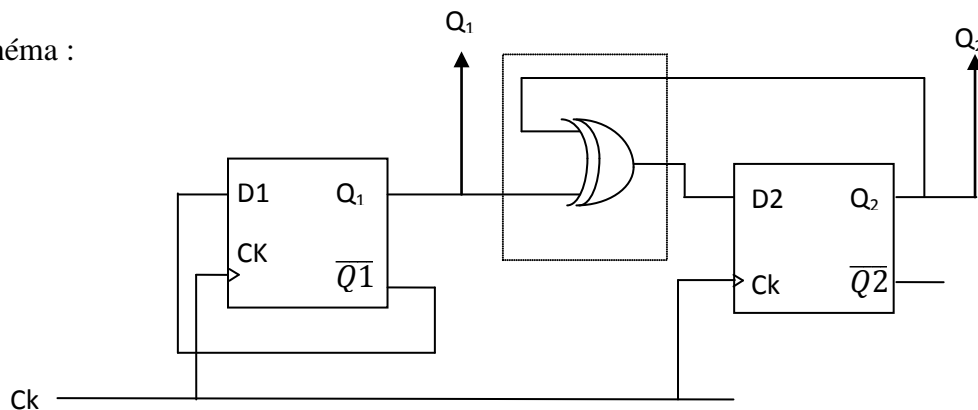
Ce sont des compteurs (décompteurs), dont les étages (bascules) sont commandés par le même signal d'horloge. Ce mode de fonctionnement permet de limiter la durée des périodes d'instabilité, et par conséquent autoriser des vitesses de fonctionnement plus élevées qu'en mode asynchrone.

7.3.1. Modèle de compteurs synchrones

a) Compteur modulo.4

Ce compteur est réalisé à l'aide de bascule D.

Schéma :



Le compteur modulo.4 est un compteur possédant 4 états : 00 - 01 - 10 - 11.

Les sorties Q1 et Q2 sont donc imposées. On doit démontrer dans cet exemple simple, comment retrouver le circuit combinatoire qu'on rajoute au deux bascules.

| Impulsion | Q_2 | Q_1 | D_2 |
|-----------|-------|-------|-------|
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 1 |
| 2 | 1 | 0 | 1 |
| 3 | 1 | 1 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | |

| | | | |
|-------|-------|---|-------|
| | Q_2 | 0 | 1 |
| Q_1 | 0 | 0 | 1 |
| | 1 | 1 | 0 |
| | | | D_2 |

$$D_2 = \bar{Q}_1 Q_2 + \bar{Q}_2 Q_1 = Q_1 \oplus Q_2$$