

# CHAPITRE 5 : LES COMPTEURS

## 5.1 Introduction

Plusieurs opérations numériques nécessitent un comptage : ex. mesure de fréquence par comptage d'impulsions. En général, un compteur est capable de fonctionner en compteur (up counter) ou décompteur (down counter), dans lequel on fait entrer un chiffre de départ donné.

## 5.2 Classification des compteurs

Les compteurs sont composés d'un ensemble de bascules montées en série ou en parallèle. L'élément de base des compteurs est une bascule synchrone, soit de type D, T ou JK. Deux types sont distingués :

- Compteurs-décompteurs asynchrones.
- Compteurs-décompteurs synchrones.

## 5.3 Compteurs et décompteurs asynchrones

Le terme asynchrone signifie que les évènements ne possèdent aucune relation temporelle entre eux. Les bascules élémentaires ne changent pas d'état en même temps, car elles ne sont pas reliées au même signal d'horloge. Ils sont formés par des bascules montées en série, de sorte que chaque bascule donne l'impulsion (signal horloge) à la bascule suivante.

Un compteur **modulo n** peut compter de zéro jusqu'à (n-1), ex. si n=8, alors le compteur compte de 0 à 7.

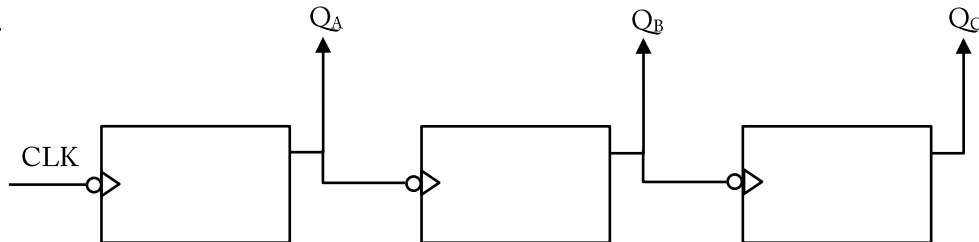


Figure 5.1 : Schéma d'un compteur asynchrone.

### 5.3.1 Compteurs modulo $2^n$

Principe : on place n bascules (raccordées en diviseur de fréquence) en cascade en reliant :

- $Q_i$  à l'horloge de la  $i+1$ ème bascule pour les bascules à front descendant.
- $\bar{Q}_i$  à l'horloge de la  $i+1$ ème bascule pour les bascules à front montant.

Les sorties  $Q_0, Q_1 \dots Q_{n-1}$  permettent de compter en binaire.  $Q_0$  le poids faible est la sortie de la 1<sup>ère</sup> bascule.

*Exemple* : compteur modulo 8 à bascules D synchronisées en front descendant ( $\downarrow$ ).

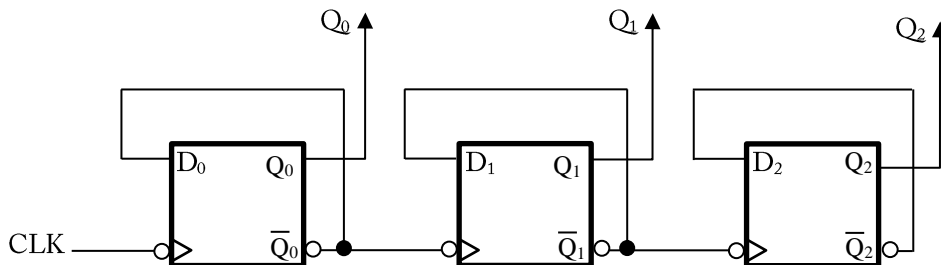


Figure 5.2 : Schéma d'un compteur modulo 8.

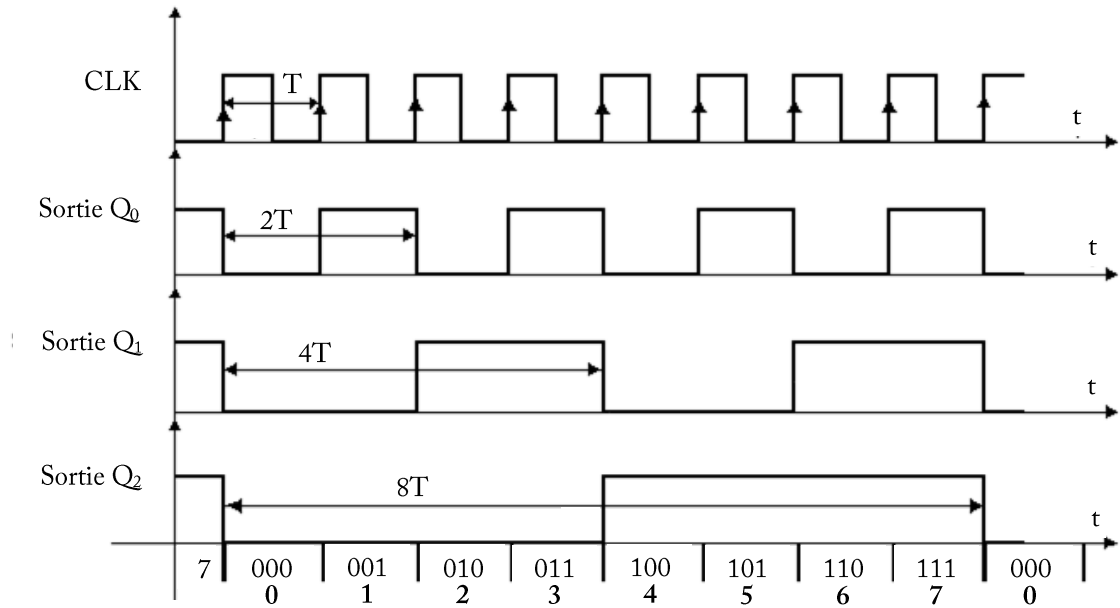


Figure 5.3 : Chronogramme du compteur asynchrone modulo 8.

### 5.3.2 Décompteur asynchrone

On relie  $n$  bascules (raccordées en diviseur de fréquence) en cascade avec  $J=K=1(VCC)$  ce qui donne que  $Q_{t-1} = \bar{Q}_t$ .

- ✓ Pour réaliser un compteur, on récupère les sorties  $\bar{Q}_0, \bar{Q}_1, \dots, \bar{Q}_{n-1}$
- ✓ Pour réaliser un décompteur on inverse la règle de cascade.
  - La sortie  $Q_i$  est reliée à l'horloge de la  $i+1$ ème bascule à front montant.
  - La sortie  $\bar{Q}_i$  est reliée à l'horloge de la  $i+1$ ème bascule à front descendant.

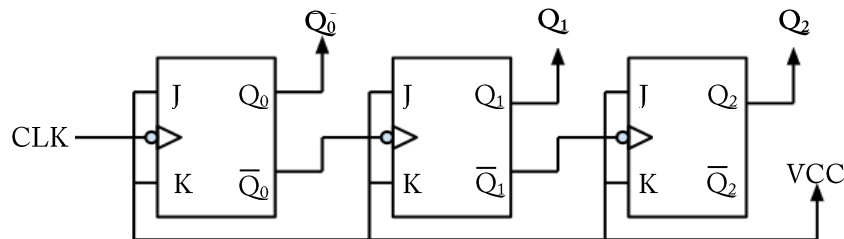


Figure 5.4 : Décompteur asynchrone modulo 8.

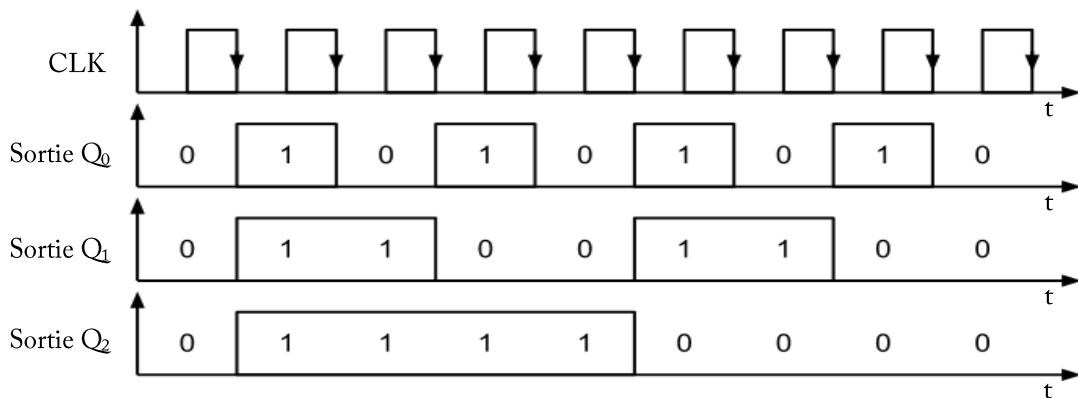


Figure 5.4 : Chronogramme du décompteur asynchrone modulo 8.

### 5.3.3 Comptage incomplet

On peut réaliser un comptage pour obtenir une séquence avec un nombre d'états inférieur à  $2^n$ , appelée *séquence tronquée*. Pour cela, il faut forcer le recyclage du compteur avant d'atteindre la valeur maximale du compteur. On doit avoir des bascules dotées des entrées de remise à 0 (RESET/CLR).

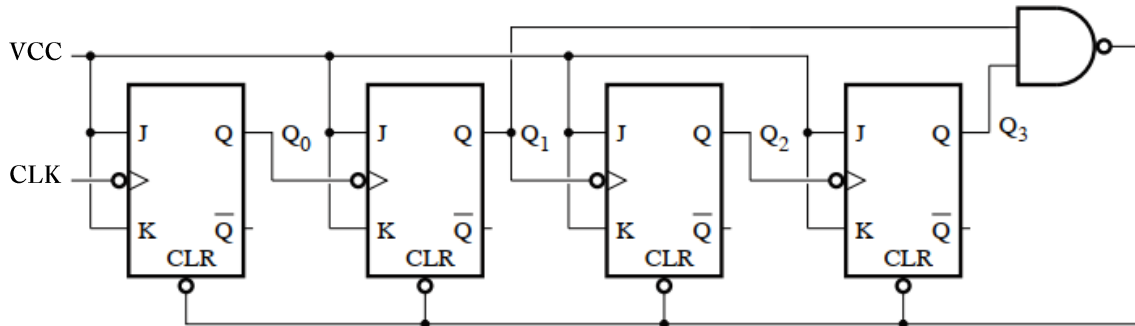


Figure 5.5 : Compteur modulo 10.

### 5.3.4 Retard de propagation

Les compteurs asynchrones appelés aussi *compteurs à propagation* puisque l'impulsion d'horloge affecte d'abord la première bascule, elle ne peut pas arriver à la bascule suivante en même temps due au retard de propagation  $t_p$  de la première bascule. Chaque bascule est activée par la transition de la bascule précédente, alors, les retards s'accumulent et la  $n^{\text{ième}}$  bascule fonctionne avec un retard  $n.t_p$ .

### 5.4 Compteurs et décompteurs synchrones

Le terme synchrone signifie la relation temporelle fixe l'un par rapport à l'autre entre les événements. En ce qui concerne le fonctionnement d'un compteur, le mot synchrone désigne que toutes les bascules du compteur sont synchronisées sur le même signal d'horloge, ce qui signifie que le problème de retard de propagation est résolu.

Les bascules sont associées entre elles, de telle manière pour la bascule du rang  $i$  on applique toutes les sorties des bascules qui la précède aux entrées J et K.

Le circuit logique et le chronogramme d'un compteur synchrone modulo 8, fonctionnant sur front montant sont illustrés sur les figures 5.6 et 5.7.

Les équations logiques des entrées de chaque bascule sont données par :

- bascule 0 :  $J_0 = K_0 = 1$ ;
- bascule 1 :  $J_1 = K_1 = Q_0$ ;
- bascule 2 :  $J_2 = K_2 = Q_1.Q_0$

**Remarque :**

Le même compteur peut être réalisé avec des bascules synchronisées sur front montant et les sorties  $\bar{Q}_i$  au lieu de  $Q_i$ .

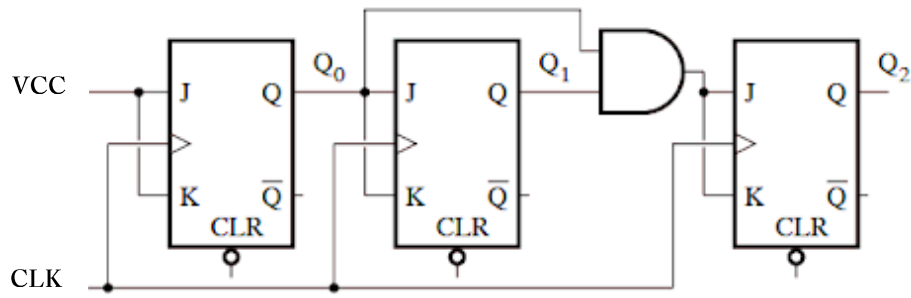


Figure 5.6 : Compteur synchrone modulo 8.

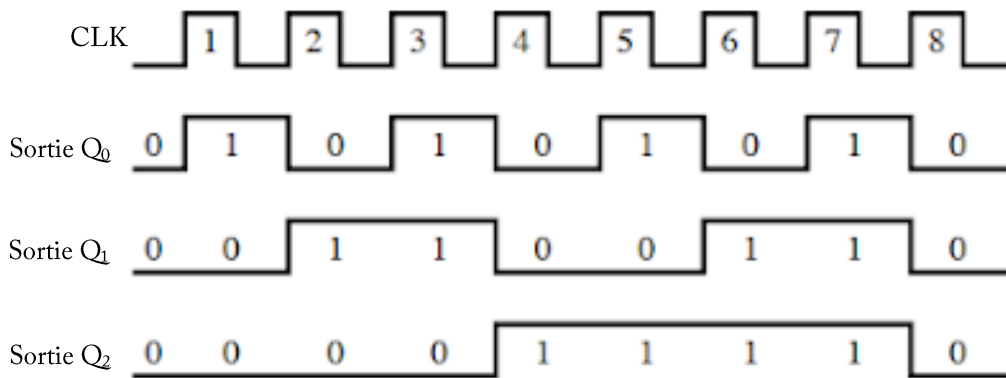


Figure 5.7 : Chronogramme du compteur synchrone modulo 8.