

Les applications standard de la logique séquentielle

SIN1 - Cours 3 - Partie 2

J. Villemejjane - julien.villemejjane@u-pec.fr

IUT Créteil-Vitry
Département GEII
Université Paris-Est Créteil

Année universitaire 2013-2014

Plan du cours

- 1 Les compteurs
 - Les compteurs asynchrones
 - Les compteurs synchrones
 - Diviseur de fréquence

- 2 Les registres
 - Les registres de mémorisation
 - Les registres à décalage
 - Les compteurs Johnson

Les applications standard de la logique séquentielle

Les applications de la logique séquentielle peuvent être découpées en deux catégories :

- **les applications standard**, blocs préfabriqués adaptables à un système donné (cette section) ;
- **les machines à état spécifiques**, conception d'un dispositif totalement original (voir section suivante).

Cette séparation est arbitraire et des recouvrements existent entre ces deux types d'étude.

Parmi ces applications standard, nous allons étudier :

- les compteurs ;
- les registres.

Là encore, des points communs existent entre ces deux classes.

Les applications standard de la logique séquentielle

Les applications de la logique séquentielle peuvent être découpées en deux catégories :

- **les applications standard**, blocs préfabriqués adaptables à un système donné (cette section) ;
- **les machines à état spécifiques**, conception d'un dispositif totalement original (voir section suivante).

Cette séparation est arbitraire et des recouvrements existent entre ces deux types d'étude.

Parmi ces applications standard, nous allons étudier :

- les compteurs ;
- les registres.

Là encore, des points communs existent entre ces deux classes.

Les compteurs

Compteurs / Décompteurs

Un compteur est une **association de n bascules** permettant de décrire, au rythme d'une horloge, une séquence déterminée qui peut avoir au maximum 2^n **combinaisons différentes**. Les combinaisons apparaissent toujours dans le même ordre.

Modulo

Le nombre d'états différents pour un compteur est appelé le **modulo**.

Un compteur *modulo* N démarre à 0 et compte dans l'ordre binaire naturel jusqu'à $N-1$.

Les compteurs

Compteurs / Décompteurs

Un compteur est une **association de n bascules** permettant de décrire, au rythme d'une horloge, une séquence déterminée qui peut avoir au maximum 2^n **combinaisons différentes**. Les combinaisons apparaissent toujours dans le même ordre.

Modulo

Le nombre d'états différents pour un compteur est appelé le **modulo**.

Un compteur *modulo* N démarre à 0 et compte dans l'ordre binaire naturel jusqu'à $N-1$.

Les compteurs

Compteurs / Décompteurs

Un compteur est une **association de n bascules** permettant de décrire, au rythme d'une horloge, une séquence déterminée qui peut avoir au maximum 2^n **combinaisons différentes**. Les combinaisons apparaissent toujours dans le même ordre.

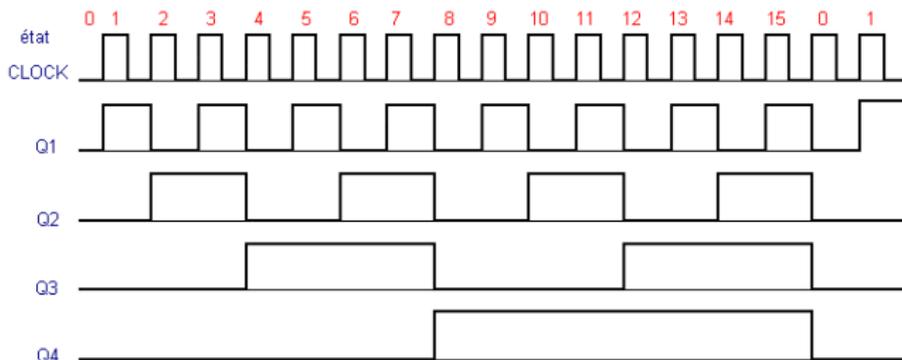
Modulo

Le nombre d'états différents pour un compteur est appelé le **modulo**.

Un compteur *modulo* N démarre à 0 et compte dans l'ordre binaire naturel jusqu'à $N-1$.

Les compteurs

Compteur modulo 16 / 4 sorties



Les compteurs

Il existe deux types de compteurs : asynchrones et synchrones.

Compteurs asynchrones

Le changement d'état d'un tel système est réalisé par la propagation de bascule en bascule de l'état futur, ce qui aboutit à un cumul des temps de réaction.

Compteurs synchrones

Toutes les variables d'état (bascules) changent en synchronisme avec les fronts actifs de l'horloge. L'entrée d'horloge est alors commune à toutes les bascules.

Les compteurs

Il existe deux types de compteurs : asynchrones et synchrones.

Compteurs asynchrones

Le changement d'état d'un tel système est réalisé par la propagation de bascule en bascule de l'état futur, ce qui aboutit à un cumul des temps de réaction.

Compteurs synchrones

Toutes les variables d'état (bascules) changent en synchronisme avec les fronts actifs de l'horloge. L'entrée d'horloge est alors commune à toutes les bascules.

Les compteurs

Il existe deux types de compteurs : asynchrones et synchrones.

Compteurs asynchrones

Le changement d'état d'un tel système est réalisé par la propagation de bascule en bascule de l'état futur, ce qui aboutit à un cumul des temps de réaction.

Compteurs synchrones

Toutes les variables d'état (bascules) changent en synchronisme avec les fronts actifs de l'horloge. L'entrée d'horloge est alors commune à toutes les bascules.

Les compteurs

On appliquera aussi souvent un qualificatif pour caractériser un compteur, selon le codage des états et le nombre de ceux-ci :

- compteur **binaire** si les états correspondent à un codage binaire naturel des variables d'état ;
- compteur **décimal** ou **BCD** dans le cas où il s'agit d'un codage BCD des variables d'état ;
- d'autres codages (Johnson, sexagésimal, bi-quinaire...).

Lorsque la succession des états correspondra à un ordre croissant, on utilisera le terme de **compteur**, et dans le cas contraire, le terme de **décompteur**.

Les compteurs

On appliquera aussi souvent un qualificatif pour caractériser un compteur, selon le codage des états et le nombre de ceux-ci :

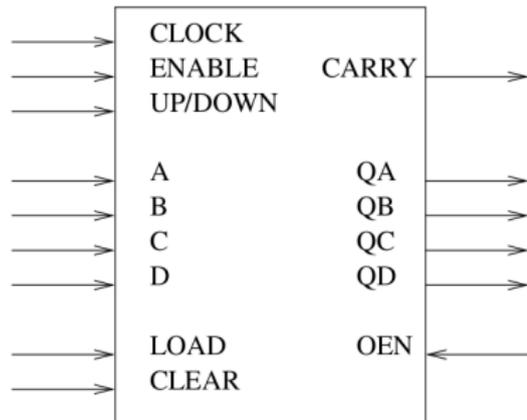
- compteur **binaire** si les états correspondent à un codage binaire naturel des variables d'état ;
- compteur **décimal** ou **BCD** dans le cas où il s'agit d'un codage BCD des variables d'état ;
- d'autres codages (Johnson, sexagésimal, bi-quinaire...).

Lorsque la succession des états correspondra à un ordre croissant, on utilisera le terme de **compteur**, et dans le cas contraire, le terme de **décompteur**.

Les compteurs

Des fonctions auxiliaires peuvent aussi être présentes sur des compteurs.

- blocage d'horloge ou inhibition
- changement de sens de comptage (up/down)
- changement de mode de comptage (binaire/décimal)
- remise à zéro
- pré-chargement parallèle (positionnement du compteur à une certaine valeur)
- sortie de retenue (pour mise en cascade de compteur)



Les compteurs

Les compteurs asynchrones

- **Mise en cascade** de bascules T

Compteur asynchrone modulo 2^n

Les compteurs

Les compteurs asynchrones

- Mise en cascade de bascules T

Compteur asynchrone modulo 2^n

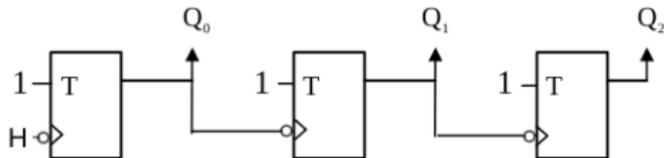
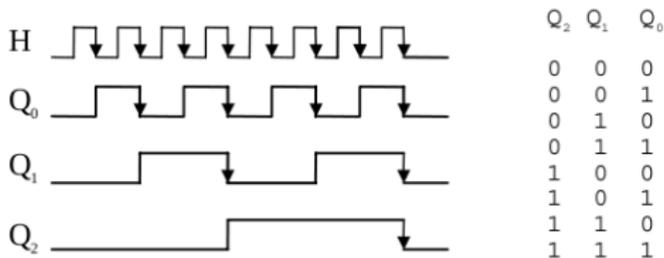


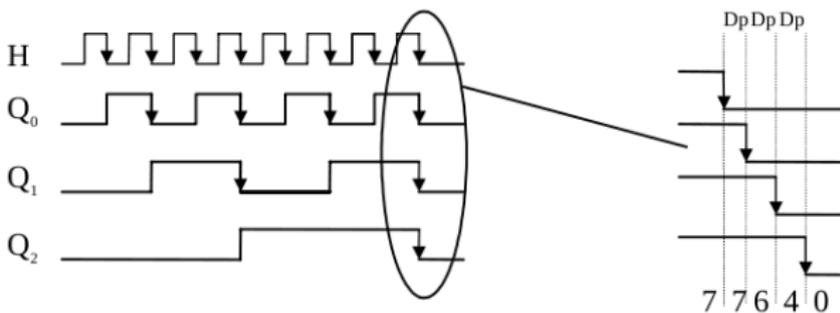
Figure 8.31. Compteur modulo 8 asynchrone



Les compteurs

Les compteurs asynchrones

Retards de commutation



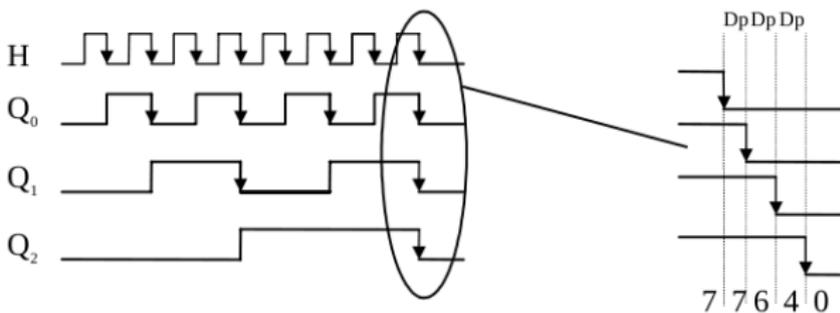
- Accumulation de **retards de commutation**
- Apparition d'**états transitoires** non désirés

Ce type de structure est à proscrire.

Les compteurs

Les compteurs asynchrones

Retards de commutation



- Accumulation de **retards de commutation**
- Apparition d'**états transitoires** non désirés

Ce type de structure est à proscrire.

Les compteurs

Les compteurs synchrones

- **Toutes** les bascules reçoivent le **même signal d'horloge**
- Fonction comptage et décomptage réalisée par l'intermédiaire de fonctions appliquées sur les entrées des bascules

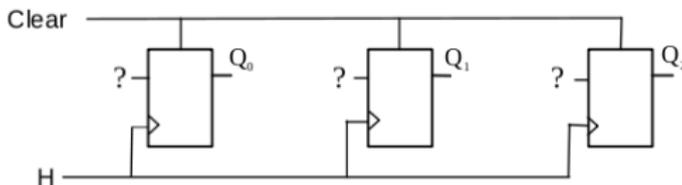
Synthèse d'un compteur synchrone

Quelle est la commande nécessaire des entrées des bascules (T, D ou JK) pour obtenir la séquence déterminée sur les sorties ?

Les compteurs

Les compteurs synchrones

- **Toutes** les bascules reçoivent le **même signal d'horloge**
- Fonction comptage et décomptage réalisée par l'intermédiaire de fonctions appliquées sur les entrées des bascules



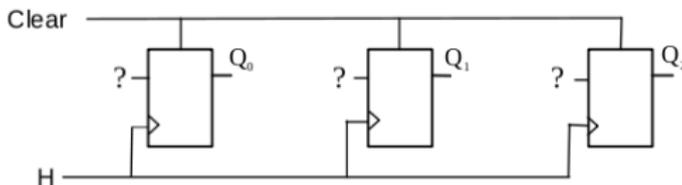
Synthèse d'un compteur synchrone

Quelle est la commande nécessaire des entrées des bascules (T, D ou JK) pour obtenir la séquence déterminée sur les sorties ?

Les compteurs

Les compteurs synchrones

- **Toutes** les bascules reçoivent le **même signal d'horloge**
- Fonction comptage et décomptage réalisée par l'intermédiaire de fonctions appliquées sur les entrées des bascules



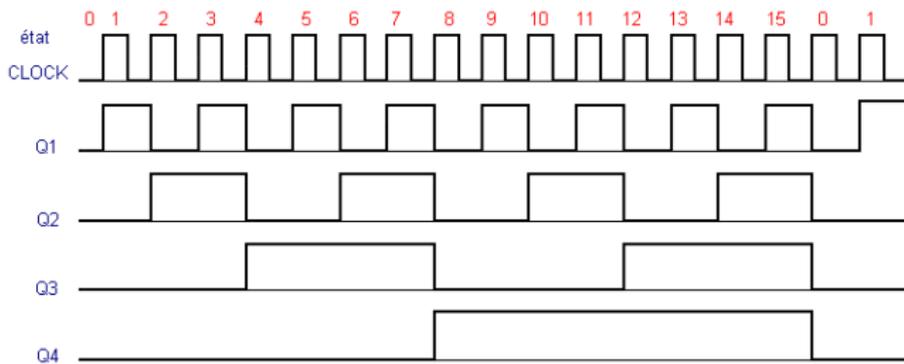
Synthèse d'un compteur synchrone

Quelle est la commande nécessaire des entrées des bascules (T, D ou JK) pour obtenir la séquence déterminée sur les sorties ?

Les compteurs

Les compteurs synchrones

Compteur synchrone modulo 2^n

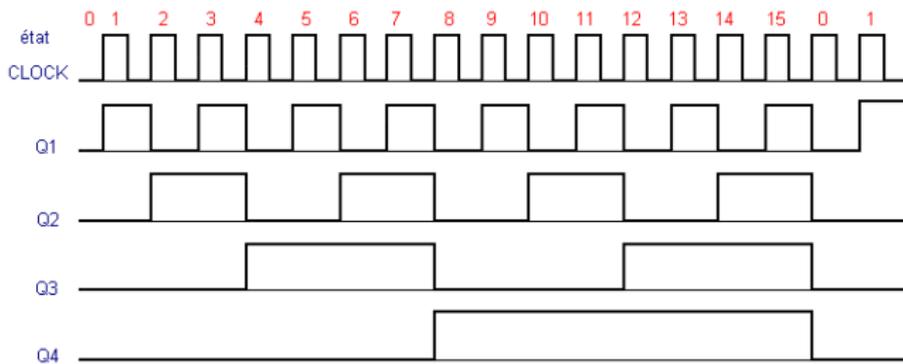


On peut remarquer que le bit de poids faible change à tous les coups d'horloge et qu'un bit quelconque change lorsque tous les bits de poids plus faible sont égaux à 1.

Les compteurs

Les compteurs synchrones

Compteur synchrone modulo 2^n



On peut remarquer que le bit de poids faible change à tous les coups d'horloge et qu'un bit quelconque change lorsque tous les bits de poids plus faible sont égaux à 1.

Les compteurs

Les compteurs synchrones

Compteur synchrone modulo 2^n

Sachant que sur une bascule T (ou JK), il y a une inversion de la sortie pour $T = 1$ ($JK = 11$), on peut en déduire les entrées de chacune des bascules.

$$T_0 = 1$$

$$T_1 = Q_0$$

$$T_2 = Q_0 \cdot Q_1$$

$$T_n = Q_0 \cdot Q_2 \cdots Q_{n-1}$$

Les compteurs

Les compteurs synchrones

Compteur synchrone modulo 2^n

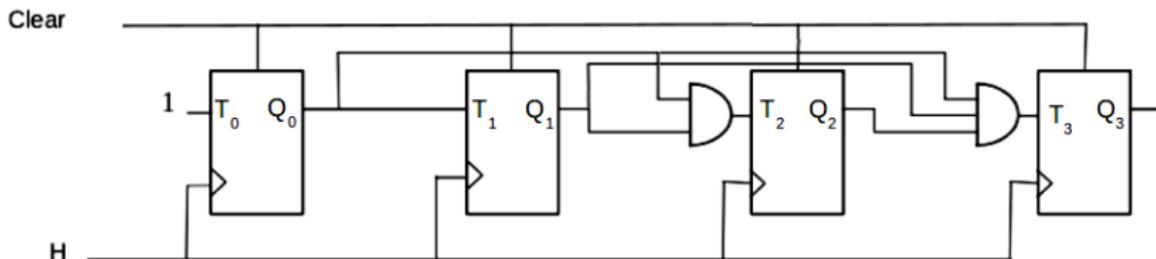
Sachant que sur une bascule T (ou JK), il y a une inversion de la sortie pour $T = 1$ ($JK = 11$), on peut en déduire les entrées de chacune des bascules.

$$T_0 = 1$$

$$T_2 = Q_0 \cdot Q_1$$

$$T_1 = Q_0$$

$$T_n = Q_0 \cdot Q_2 \cdots Q_{n-1}$$



Les compteurs

Les compteurs synchrones

Décompteur synchrone modulo 2^n

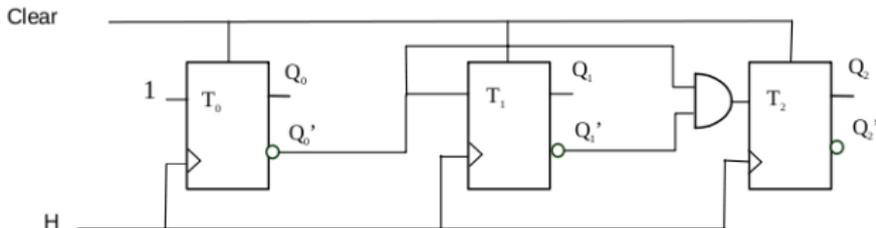
On peut aussi montrer qu'en utilisant les sorties complémentées des bascules, il est possible d'obtenir un fonctionnement en décompteur.

Les compteurs

Les compteurs synchrones

Décompteur synchrone modulo 2^n

On peut aussi montrer qu'en utilisant les sorties complémentées des bascules, il est possible d'obtenir un fonctionnement en décompteur.



Les compteurs

Les compteurs synchrones

Compteur / Décompteur synchrone modulo 2^n

On peut aussi modifier la structure précédente en rajoutant une commande de comptage / décomptage ($C=1$ up, $C=0$ down).

$$T_0 = 1$$

$$T_1 = \overline{C} \cdot Q_0 + C \cdot \overline{Q_0}$$

$$T_2 = \overline{C} \cdot Q_0 \cdot Q_1 + C \cdot \overline{Q_0} \cdot \overline{Q_1}$$

$$T_n = \overline{C} \cdot Q_0 \cdot Q_1 \cdots Q_{n-1} + C \cdot \overline{Q_0} \cdot \overline{Q_1} \cdots \overline{Q_n}$$

Les compteurs

Les compteurs synchrones

Compteur / Décompteur synchrone modulo 2^n

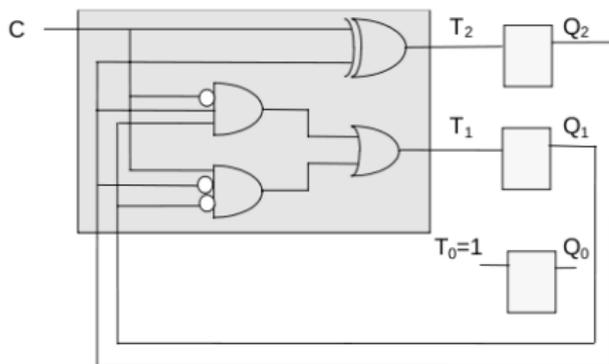
On peut aussi modifier la structure précédente en rajoutant une commande de comptage / décomptage ($C=1$ up, $C=0$ down).

$$T_0 = 1$$

$$T_1 = \overline{C} \cdot Q_0 + C \cdot \overline{Q_0}$$

$$T_2 = \overline{C} \cdot Q_0 \cdot Q_1 + C \cdot \overline{Q_0} \cdot \overline{Q_1}$$

$$T_n = \overline{C} \cdot Q_0 \cdot Q_1 \cdots Q_{n-1} + C \cdot \overline{Q_0} \cdot \overline{Q_1} \cdots \overline{Q_n}$$



Les compteurs

Diviseur de fréquence

Un compteur permet de **compter** un certain nombre de **front actif** sur une entrée d'horloge.

Sur ce principe, la sortie p d'un compteur a pour période :

$$T_p = 2^p \cdot T_{CLK}$$

Dans l'espace fréquentiel, on obtient :

$$F_p = \frac{F_{CLK}}{2^p}$$

Les compteurs

Diviseur de fréquence

Un compteur permet de **compter** un certain nombre de **front actif** sur une entrée d'horloge.

Sur ce principe, la sortie p d'un compteur a pour période :

$$T_p = 2^p \cdot T_{CLK}$$

Dans l'espace fréquentiel, on obtient :

$$F_p = \frac{F_{CLK}}{2^p}$$

Les registres

Registres

Un registre est une association de n bascules utilisées conjointement pour mémoriser les n bits d'un mot binaire.

Les n bascules ont une horloge commune.

Plusieurs combinaisons possibles d'entrée et de sortie sont possibles :

- série/série : registre à décalage ;
- série/parallèle : conversion série/parallèle de données ;
- parallèle/série : conversion parallèle/série de données ;
- parallèle/parallèle : mémorisation.

Les registres

Registres

Un registre est une association de n bascules utilisées conjointement pour mémoriser les n bits d'un mot binaire.

Les n bascules ont une horloge commune.

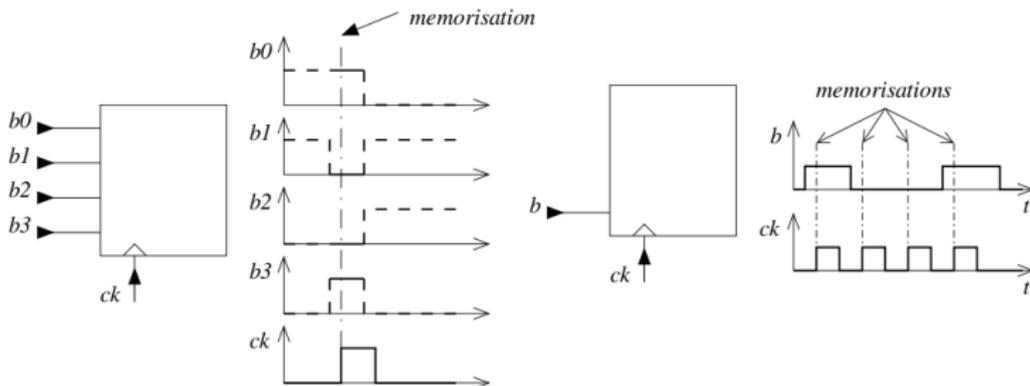
Plusieurs combinaisons possibles d'entrée et de sortie sont possibles :

- série/série : registre à décalage ;
- série/parallèle : conversion série/parallèle de données ;
- parallèle/série : conversion parallèle/série de données ;
- parallèle/parallèle : mémorisation.

Les registres

Deux modes de chargement (entrée) sont possibles :

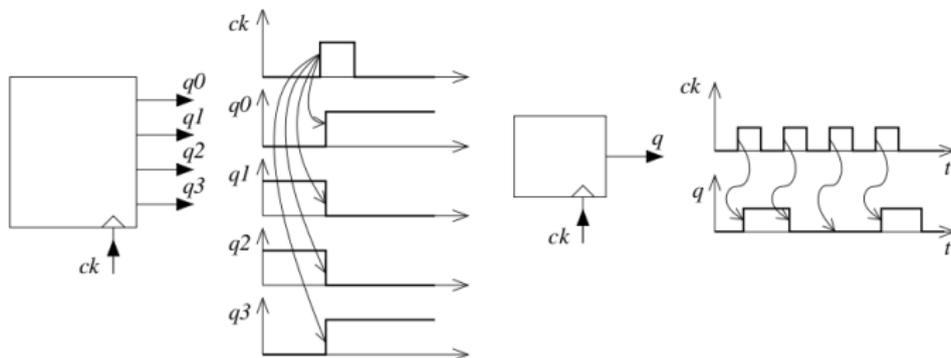
- en parallèle : un fil séparé est prévu pour chaque entrée D de bascule ;
- en série : un seul fil est prévu pour l'entrée D de la première bascule.



Les régistres

Deux modes de lecture (sortie) sont possibles :

- en parallèle : un fil séparé est prévu pour chaque sortie Q de bascule. Les données apparaissent *simultanément* après un front actif de l'horloge ;
- en série : un seul fil est prévu pour la sortie Q de la dernière bascule.



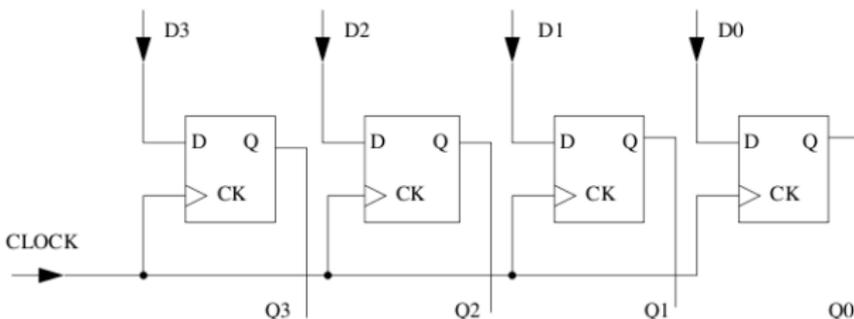
Les registres

Les registres de mémorisation

Registre à mémorisation

Le registre de mémorisation est le registre élémentaire. Il est constitué d'une juxtaposition de bascules permettant de **mémoriser un mot binaire**.

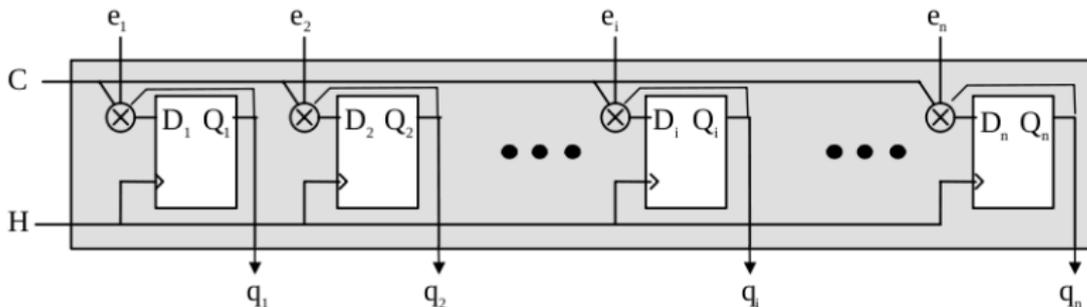
Ce registre est également appelé registre à entrées parallèles.



Les registres

Les registres de mémorisation

A ce système, on peut ajouter une **entrée d'inhibition** permettant d'inhiber son chargement lorsque celui-ci n'est pas souhaité.



$$D_i = C \cdot e_i + C' \cdot Q_i$$

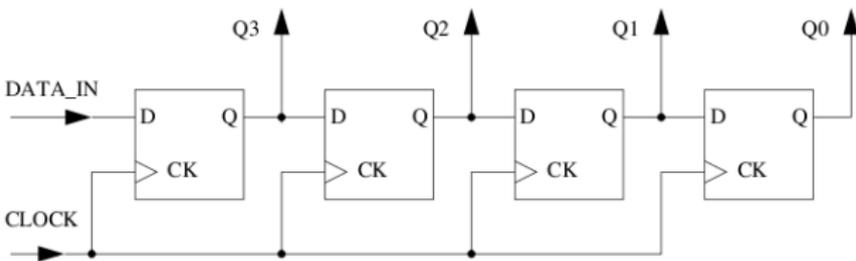
Les registres

Les registres à décalage

Registre à décalage

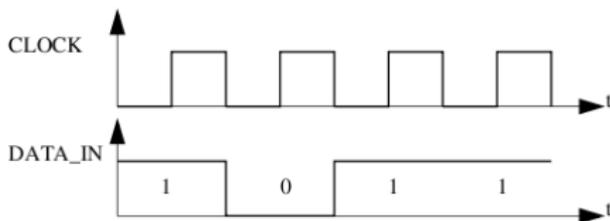
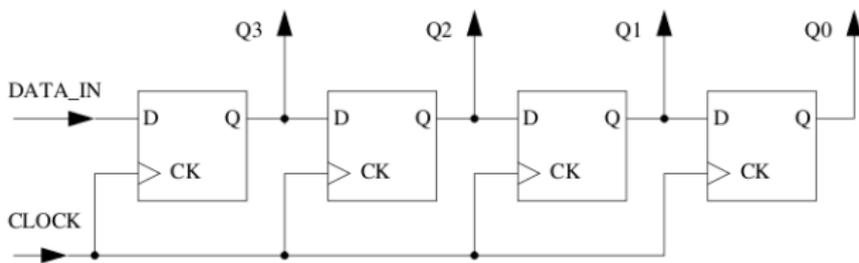
Le registre à décalage est une association de bascules permettant de décaler un mot binaire, à droite ou à gauche.

Dans tous les cas, l'information est disponible intégralement n coups d'horloge après le chargement pour un mot de n bits.



Les registres

Les registres à décalage

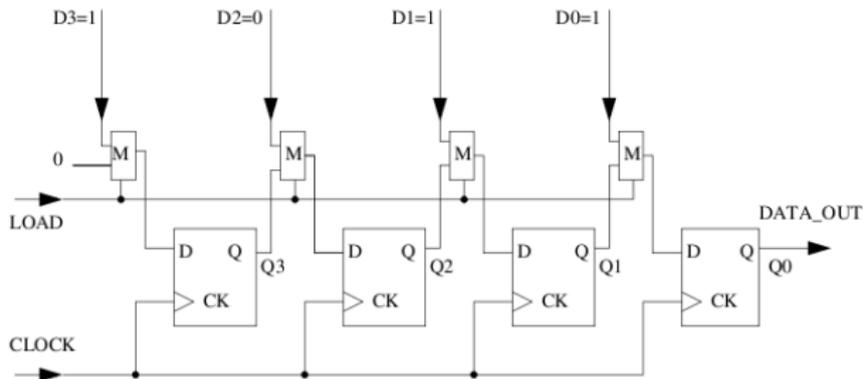


Les registres

Les registres à décalage

Conversion parallèle série

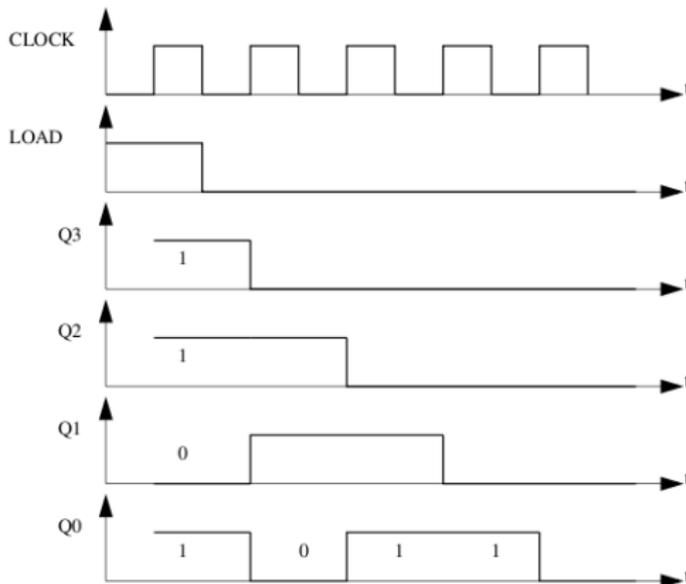
De façon similaire, il est possible de réaliser une conversion parallèle série.



Les registres

Les registres à décalage

Conversion parallèle série



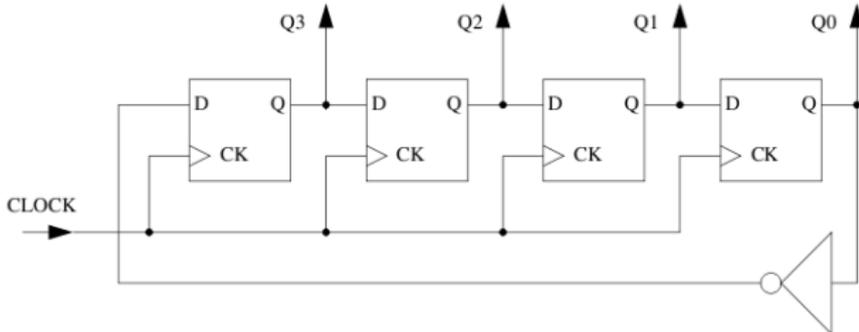
Les registres

Les compteurs Johnson

Compteur Johnson

C'est un registre à décalage dont la dernière sortie est rebouclée sur l'entrée via un inverseur.

Une *séquence principale* est initialisée dans le dispositif (logique de démarrage nécessaire et non présentée).



Les registres

Les compteurs Johnson

Compteur Johnson

