

### e) Exigences de synchronisation

Pour que le fonctionnement d'une bascule synchrone puisse être fiable, il y a 2 conditions à respecter au niveau des durées des signaux. Il existe

- la **durée de stabilisation** : avant présentation du niveau ou du front actif de l'horloge, c'est la durée minimale depuis laquelle l'entrée est présente ;
- la **durée de maintien** : c'est la durée minimale pendant laquelle l'entrée doit être présente après la présentation du niveau ou du front actif de l'horloge.

### III.2) Registres

Un registre est un ensemble de bascules, synchronisées par la même horloge.

Les registres sont à la base d'opérations couramment utilisées dans les ordinateurs : mémorisation provisoire (mémoires-tampon), décalages, rotations, etc.

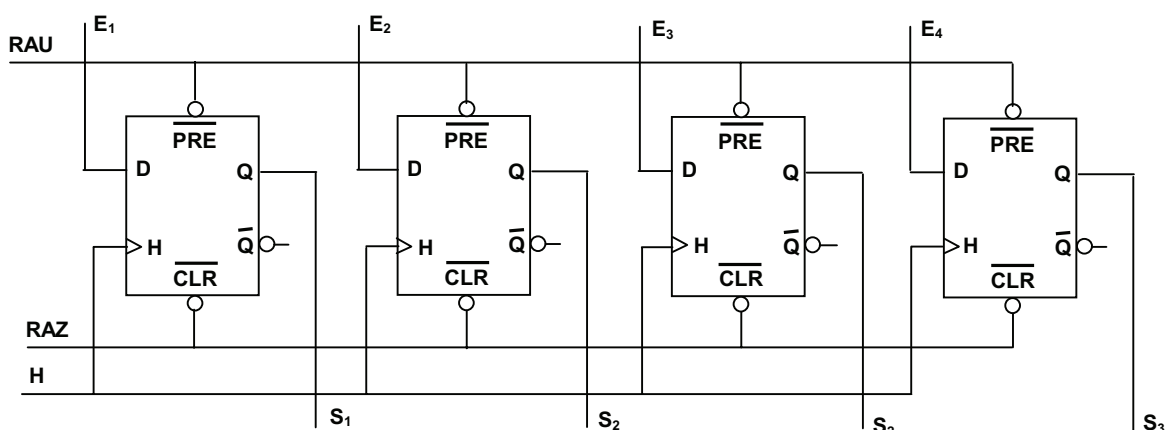
#### III.2.1) Différents types de registres

On distingue quatre types de registres selon la façon dont sont utilisées les entrées et les sorties : en parallèle ou en série.

##### a) Registres à entrées parallèles, sorties parallèles

Toutes les entrées ( $E_1, E_2, E_3, E_4$ ) sont introduites en même temps dans le registre. Toutes les sorties ( $S_1, S_2, S_3, S_4$ ) sont disponibles au même instant. Les signaux RAZ et RAU sont des entrées asynchrones permettant respectivement la remise à zéro ou la remise à un de toutes les bascules en même temps.

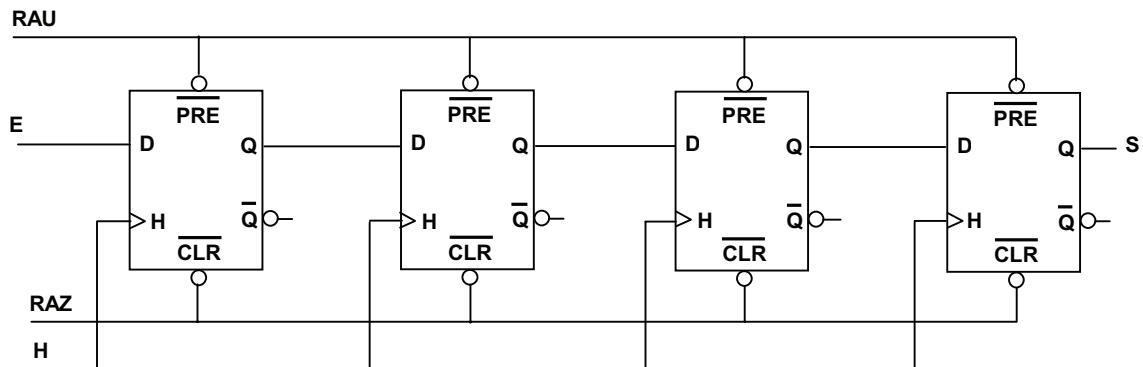
On considère un registre de quatre bits. Les bascules utilisées dans les exemples suivants sont des bascules D mais un registre peut également être réalisé à partir de bascules JK.



Ce type de registre est aussi appelé registre tampon. Il est souvent utilisé pour la mémorisation de données de durée brève ou pour le transfert de données.

## b) Registres à entrée série, sortie série

Ce registre possède une entrée E et une sortie S. Les données binaires d'entrée sont introduites bit après bit. Elles sont également disponibles les unes après les autres au rythme de l'horloge en sortie. Ce type de registre est utilisé pour effectuer des décalages.

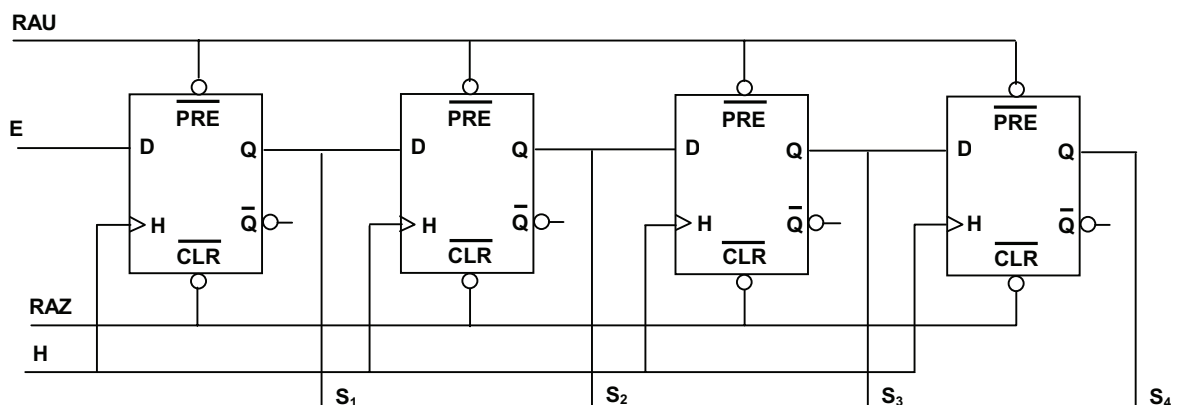


En rebouclant la sortie de la dernière bascule sur l'entrée de la première, on obtient ce qu'on appelle un "**compteur en anneau**". Pour charger une donnée 4 bits initiale sur les entrées D des bascules, il faut ajouter une logique de commande composée de quelques portes supplémentaires. Cette donnée se retrouver cycliquement sur les mêmes bascules.

En rebouclant la sortie complémentée  $\bar{Q}$  de la dernière bascule sur l'entrée de la première, on obtient ce que l'on appelle un "**compteur Johnson**". Ce compteur possède un modulo égal à  $2n$ , où  $n$  est le nombre de bascules.

## c) Registres à entrée série, sorties parallèles

Ce registre possède une entrée E et plusieurs sorties ( $S_1, S_2, S_3, S_4$ ). Les données binaires d'entrée sont introduites bit après bit. Les sorties sont toutes disponibles en même temps. Ces registres peuvent être utilisés pour faire une transformation série-parallèle des données.

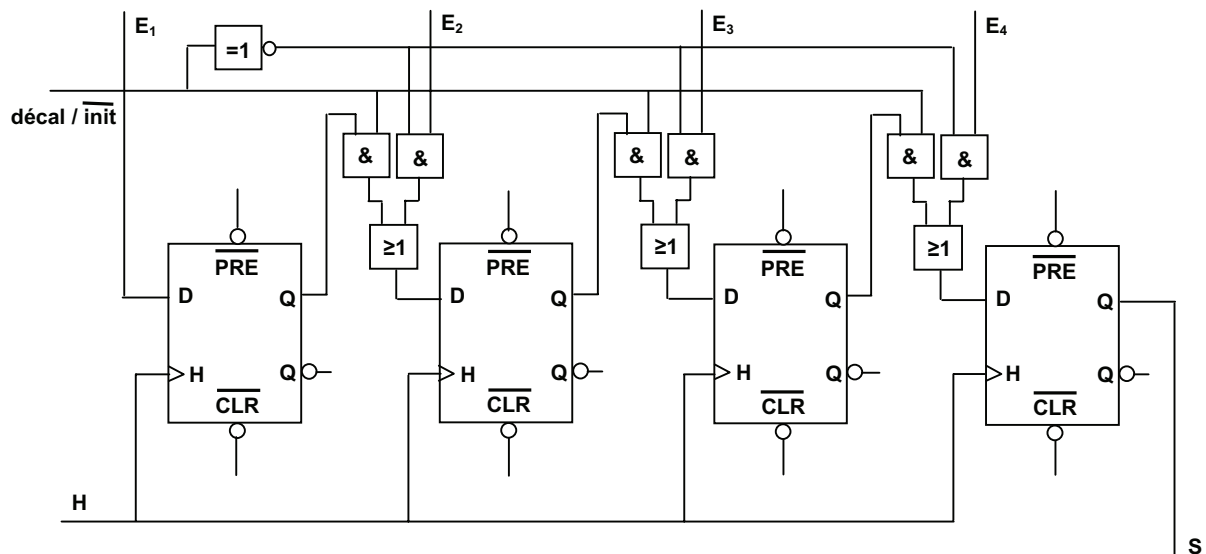


La donnée est disponible après  $N$  coups d'horloge, où  $N$  est le nombre de bascules.

#### d) Registres à entrées parallèles, sortie série

Toutes les entrées ( $E_1, E_2, E_3, E_4$ ) sont introduites en même temps dans le registre. Les informations en sortie sur S sont disponibles les unes après les autres au rythme de l'horloge. Ces registres peuvent être utilisés pour faire une transformation parallèle-série des données.

La sortie Q d'une bascule est reliée à l'entrée D de la bascule suivante. Les entrées parallèles ne peuvent pas être appliquées directement sur les entrées des bascules, puisqu'elles mettraient en court-circuit les sorties des bascules précédentes. Il faut utiliser une logique de commande à base de portes logiques ET et OU, ayant pour signal d'entrée une commande de chargement/décalage.

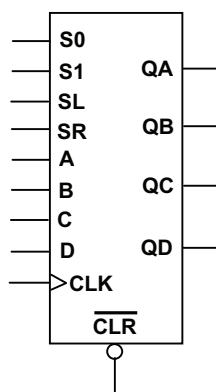


#### III.2.2) Registres universels

Il existe des circuits intégrés regroupant les quatre types de registres présentés ci-dessus. Ils permettent les modes de fonctionnement suivants :

- chargement et lecture parallèles,
- chargement série et décalages à droite ou à gauche, lecture série ou parallèle,
- chargement parallèle et décalages à droite ou à gauche, lecture série ou parallèle.

Par exemple, le circuit intégré de référence 74194 possède la représentation symbolique suivante :



Les entrées A, B, C, D sont les entrées parallèles. Les entrées SL et SR sont respectivement les entrées/sorties série gauche et droite. Les entrées S0 et S1 permettent de choisir le mode de fonctionnement de ce registre (blocage, décalage à droite, décalage à gauche, chargement parallèle). L'entrée CLR (active sur niveau bas) permet une remise à zéro asynchrone des sorties. L'entrée CLK est l'entrée horloge de synchronisation. Les sorties sont QA, QB, QC, QD.

### III.2.3) Application des registres

Un registre permet de mémoriser de façon temporaire un mot de N bits en attendant son traitement ultérieur. Chacune de ses bascules permet de mémoriser 1 bit.

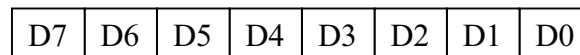
Les registres sont utilisés dans les microprocesseurs pour des mémorisations temporaires des données.

Un registre de huit bits est constitué de 8 bascules synchronisées par la même horloge. Un registre est un circuit permettant :

- de stocker une information binaire,
- de transférer une information dans certaines conditions,
- de faire des traitements simples sur les éléments binaires comme des décalages ou des rotations.

Les systèmes numériques utilisent des mots ou des nombres de n éléments binaires. On a souvent besoin d'avoir accès à un élément binaire ou un groupe d'éléments binaires. On utilise, pour cela, des fonctions de décalage des éléments binaires.

Soit un mot de huit éléments binaires (constitué de huit bascules), schématisé par :

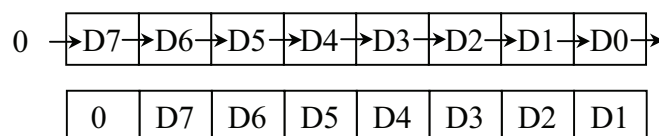


On peut effectuer différents types de décalages sur ce mot.

#### a) Décalage

##### *Décalage à droite*

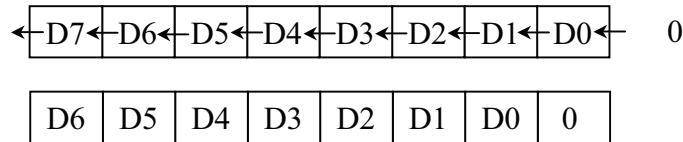
Tous les éléments binaires sont décalés d'un rang vers la droite ; il apparaît un 0 (ou un 1) sur l'élément binaire de poids fort (bit le plus à gauche). L'élément binaire de poids faible (le bit le plus à droite) est perdu.



Si la valeur 0 est entrée sur l'élément binaire de poids fort, on obtient une division par deux du nombre initial.

### Décalage à gauche

Tous les éléments binaires sont décalés d'un rang vers la gauche ; il apparaît un 0 (ou un 1) sur l'élément binaire de poids faible (bit le plus à droite). L'élément binaire de poids fort (le bit le plus à droite) est perdu.



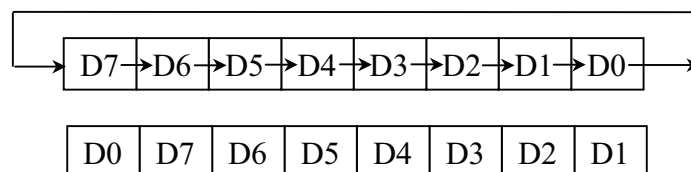
Si la valeur 0 est entrée sur l'élément binaire de poids faible, on obtient une multiplication par deux du nombre initial.

### b) Rotation

Une rotation est un décalage circulaire.

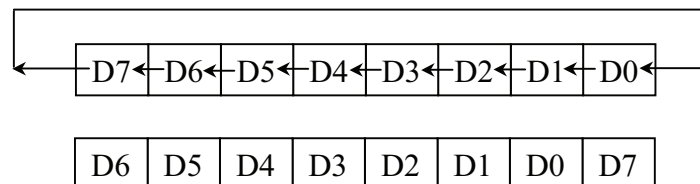
#### Rotation à droite

Tous les éléments binaires sont décalés vers la droite et le bit de poids fort prend la valeur du bit de poids faible.



#### Rotation à gauche

Tous les éléments binaires sont décalés vers la gauche et le bit de poids faible prend la valeur du bit de poids fort.



### III.3) Compteurs

Il est possible de connecter des bascules pour effectuer des opérations de comptage. Le nombre de bascules utilisées et la façon dont elle sont interconnectés déterminent le nombre d'états du compteur. L'état du compteur est défini par le nombre binaire formé par l'ensemble des sorties des bascules.