

**SOMMAIRE**

<b>1 ) GENERALITES</b>	page 2
<b>2 ) COMPTEURS ASYNCHRONES</b>	page 2
<b>2.1 ) COMPTEUR ASYNCHRONES BINAIRES</b>	page 2
2.1.1 ) Exemple de réalisation à partir de bascule JK.	page 2
2.1.2 ) Exemple de réalisation à partir de bascule D.	page 3
<b>2.2 ) COMPTEUR ASYNCHRONES NON BINAIRES</b>	page 4
2.2.1 ) Réalisation à l'aide de compteur binaire ( exemple DIV 12).	page 4
2.2.2 ) Réalisation à l'aide de rétroactions (exemple DIV 10).	page 4
<b>3 ) COMPTEURS SYNCHRONES</b>	page 5
<b>3.1 ) COMPTEUR BINAIRE</b>	page 5
3.1.1 ) A structure répétitive (type 74163)	page 5
3.1.2 ) A rétroactions	page 5
<b>3.2 ) COMPTEUR NON BINAIRE</b>	page 6
3.2.1 ) A rétroaction	page 6
3.2.2 ) Exemple de compteur non binaire synchrone (74160)	page 7
<b>4 ) COMPTEUR DECOMPTEUR</b>	page 7
<b>5 ) PRINCIPE D'UN COMPTEUR EN ANNEAU ELEMENTAIRE</b>	page 8
<b>6 ) MISE EN CASCADE DES COMPTEURS</b>	page 9
<b>6.1 ) CHAINE CONNECTEE EN MODE ASYNCHRONE</b>	page 9
<b>6.2 ) CHAINE CONNECTEE EN MODE SYNCHRONE</b> <b>(PROPAGATION EN CASCADE)</b>	page 10
<b>6.3 ) CHAINE CONNECTEE EN MODE SYNCHRONE</b> <b>AVEC PROPAGATION ANTICIPEE</b>	page 10
<b>7 ) COMPTEUR PREPOSITIONNABLE.</b>	page 11

**1) GENERALITES**

Un compteur est un ensemble de bascules reliées de manière à compter des impulsions. Il réalise également la division de fréquence. En effet, le passage cyclique de N impulsions par comptage est équivalent à diviser la fréquence du signal par N.

On classe les compteurs en deux modes :

- Mode synchrone : toutes les bascules possèdent une horloge commune de commande.
- Mode asynchrone : Pas d'horloge commune, c'est généralement la bascule de rang  $n-1$  qui commande la bascule de rang  $n$ .

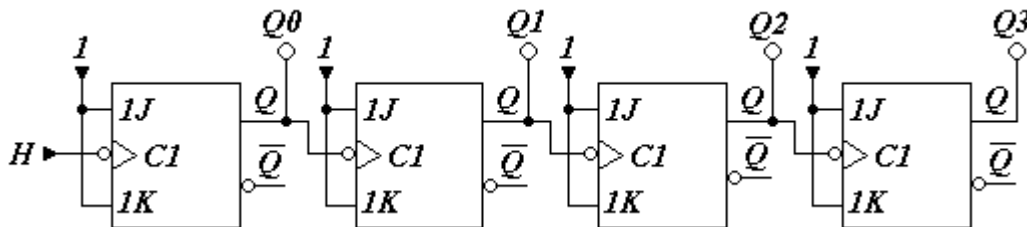
Pour chacun de ces modes, on distingue :

- Les compteurs binaires
- Les compteur non binaires
- Les compteurs réversibles (compteur – décompteur)

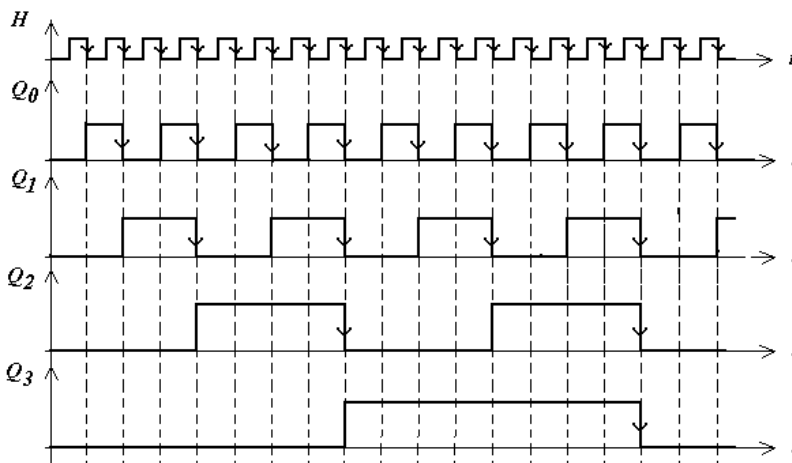
**2) COMPTEURS ASYNCHRONES**

**2.1) COMPTEUR ASYNCHRONES BINAIRES**

**2.1.1) Exemple de réalisation à partir de bascule JK.**



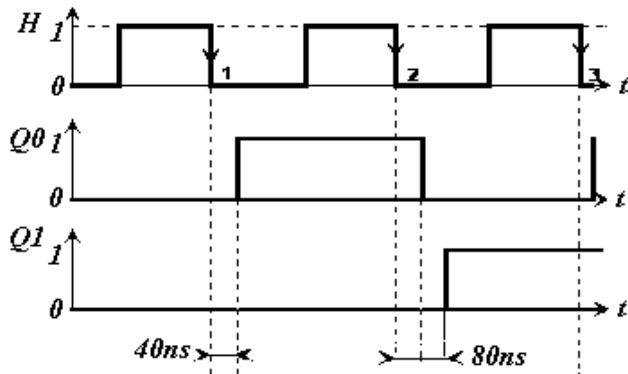
Chaque bascule JK fonctionne sur le front **descendant** de la précédente.



Complétez le chronogramme ci dessus.

Si il y a sur l'horloge N impulsions, il y aura sur Q0,  $N_0$  impulsions avec  $N_0 = N / 2$  , sur Q1,  $N_1$  impulsions avec  $N_1 = N_0 / 2 = N / 4$  , sur Q2,  $N_2$  impulsions avec  $N_2 = N_1 / 2 = N / 8$  , sur Q3,  $N_3$  impulsions avec  $N_3 = N_2 / 2 = N / 16$  .....

Ce comptage est binaire car il divise la fréquence de H par  $2^n$  ( n est le nombre d'étages du compteur ) .

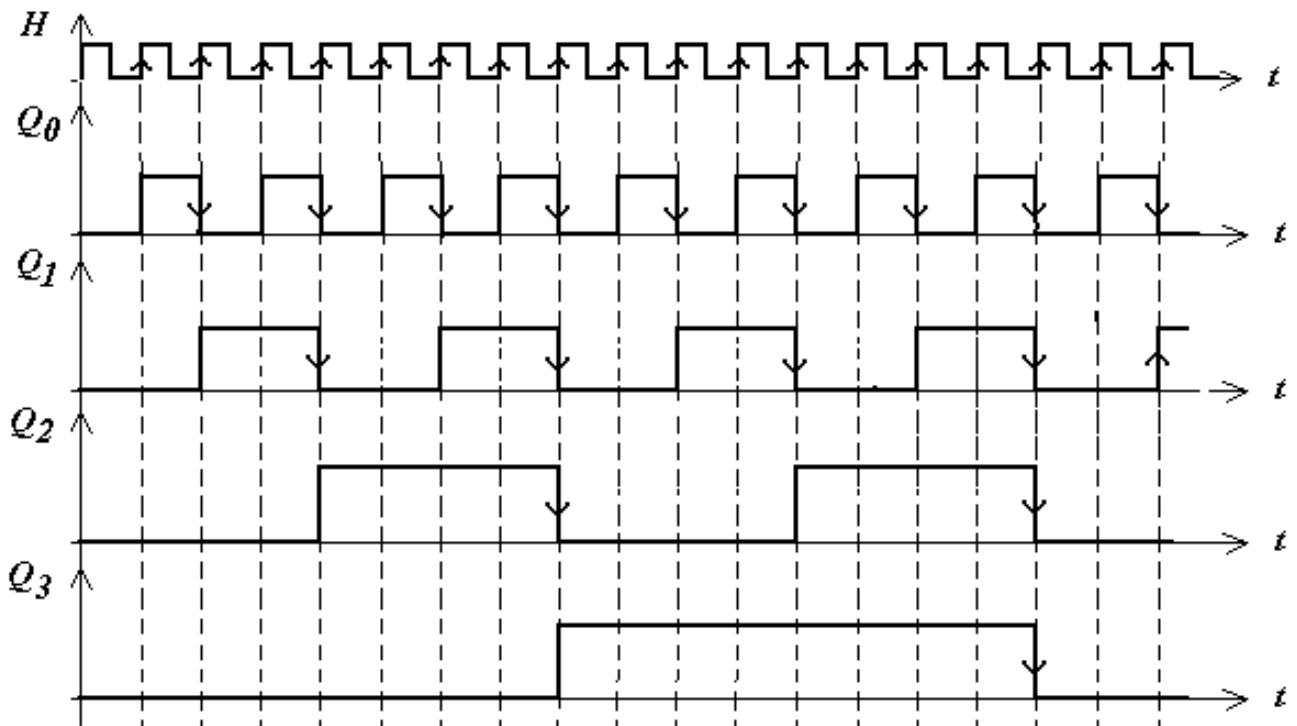
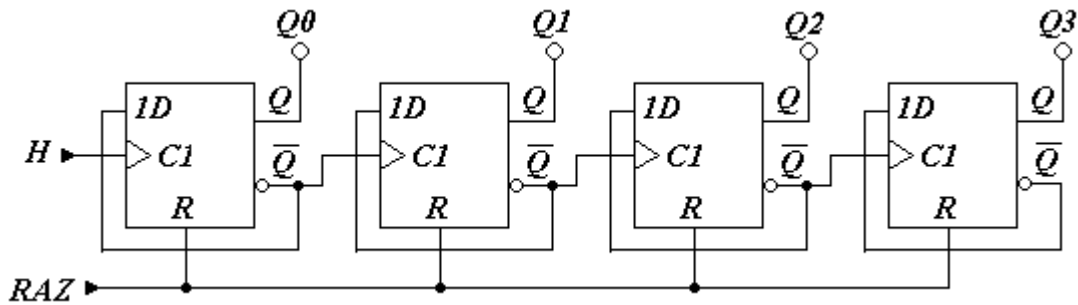


On remarque que plus le nombre de bascules est grand, plus le nombre de retard introduit du fait du fonctionnement asynchrone est grand.

Exemples : Bascules 7473, compteur 7493.

$n$  étages  $\Rightarrow$  temps de retard =  $n \times 40ns$

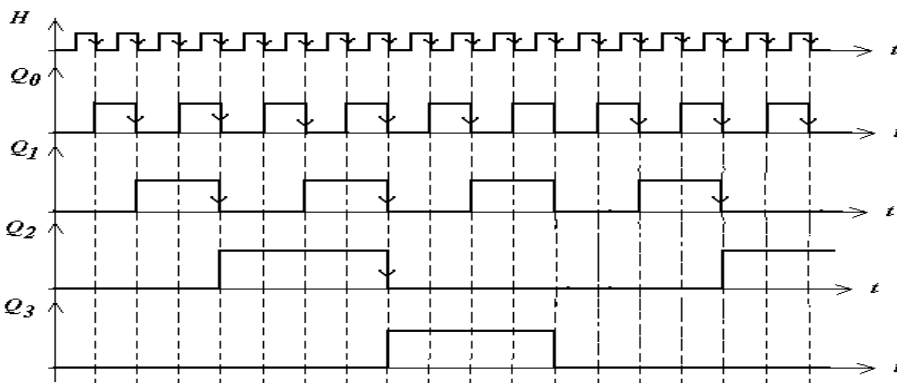
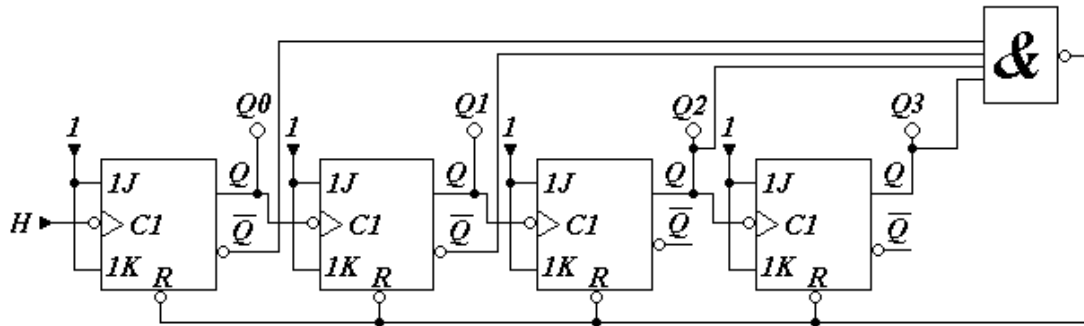
2.1.2 ) Exemple de réalisation à partir de bascule D.



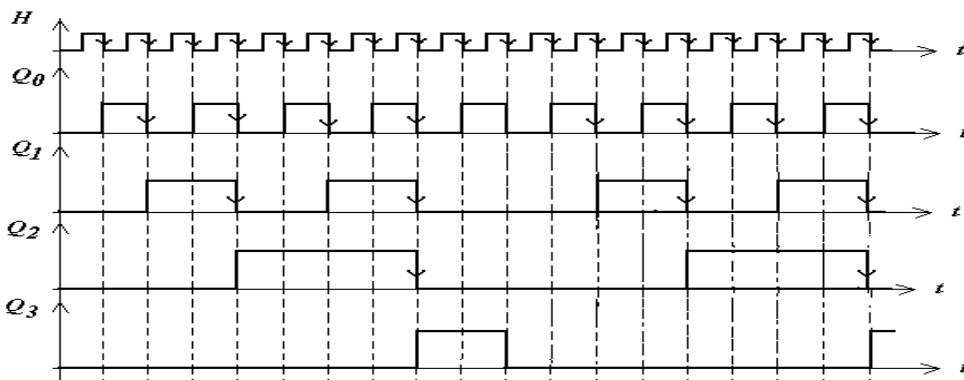
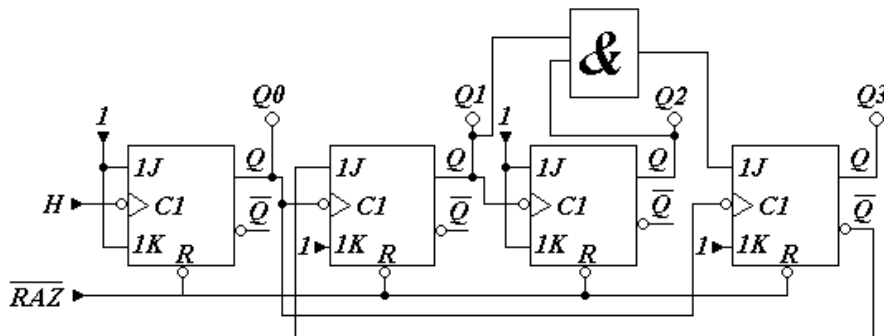
**2.2) COMPTEUR ASYNCHRONES NON BINAIRES**

Ce sont des compteurs qui réalisent des divisions par un nombre entier différent de  $2^n$ .

2.2.1) Réalisation à l'aide de compteur binaire ( exemple DIV 12).



2.2.2) Réalisation à l'aide de rétroactions (exemple DIV 10).

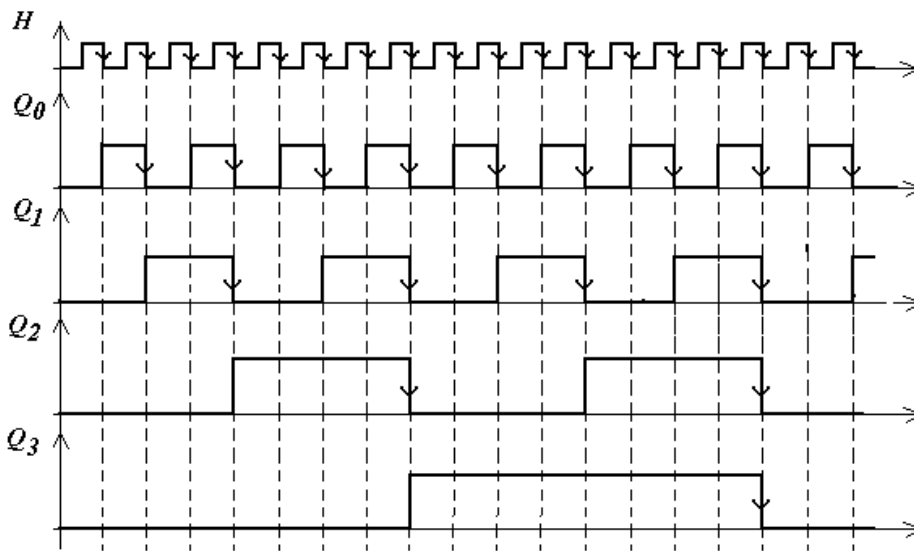
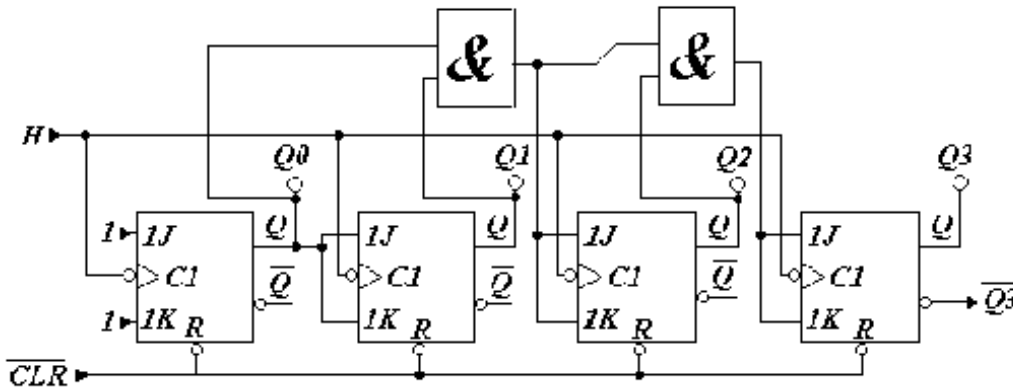


**3 ) COMPTEURS SYNCHRONES**

L'inconvénient d'un compteur asynchrone est l'introduction d'un retard au basculement qui se cumule d'un bistable à l'autre (temps de basculement des bistables).

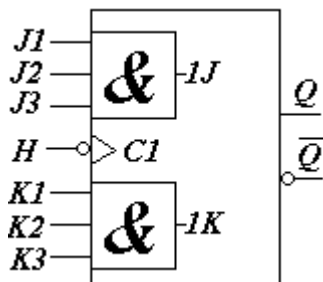
**3.1) COMPTEUR BINAIRE**

3.1.1 ) A structure répétitive (type 74163)



3.1.2 ) A rétroactions

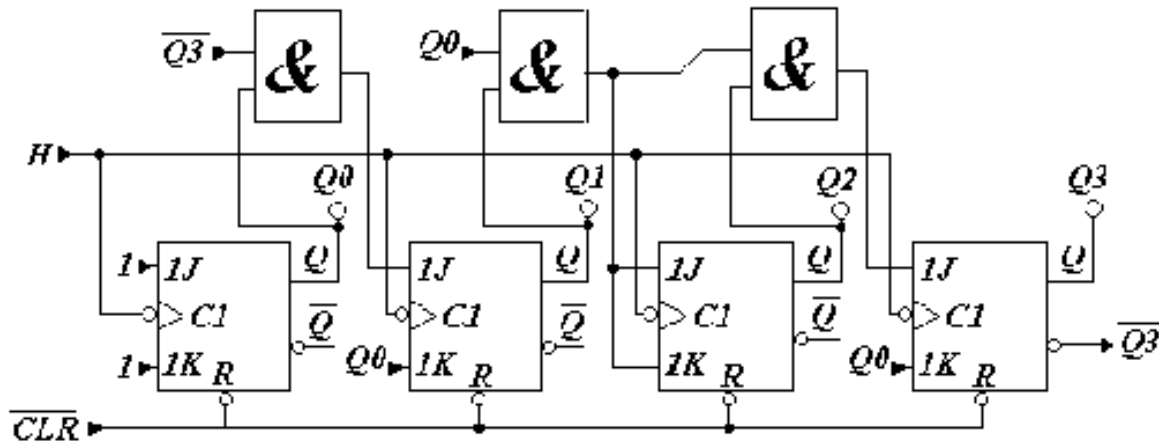
Ce type de compteur est réalisé à l'aide de bascules J K à entrées J et K multiples. Son fonctionnement est identique à celui du compteur binaire synchrone à structure répétitive. La construction de ce compteur est limitée par le nombre d'entrée J K des bascules.



$$Kn = Jn = \prod_{i=1}^{n-1} Qi$$

**3.2) COMPTEUR NON BINAIRE**

**3.2.1) A rétroaction**



Fonctionnement :

Pour mémoriser un 0, il faut avoir  $J = 0$  quelque soit  $K$

Pour mémoriser un 1, il faut avoir  $K = 0$  quelque soit  $J$

Pour passer de 0 à 1, il faut avoir  $J = 1$  quelque soit  $K$

Pour passer de 1 à 0, il faut avoir  $K = 1$  quelque soit  $J$

	Q3	Q2	Q1	Q0	J3	K3	J2	K2	J1	K1	J0	K0
0	0	0	0	0	0	∅	0	∅	0	∅	1	∅
1	0	0	0	1	0	∅	0	∅	1	∅	∅	1
2	0	0	1	0	0	∅	0	∅	∅	0	1	∅
3	0	0	1	1	0	∅	1	∅	∅	1	∅	1
4	0	1	0	0	0	∅	∅	0	0	∅	1	∅
5	0	1	0	1	0	∅	∅	0	1	∅	∅	1
6	0	1	1	0	0	∅	∅	0	∅	0	1	∅
7	0	1	1	1	1	∅	∅	1	∅	1	∅	1
8	1	0	0	0	∅	0	0	∅	0	∅	1	∅
9	1	0	0	1	∅	1	0	∅	0	∅	∅	1

Tableaux de Karnaugh :

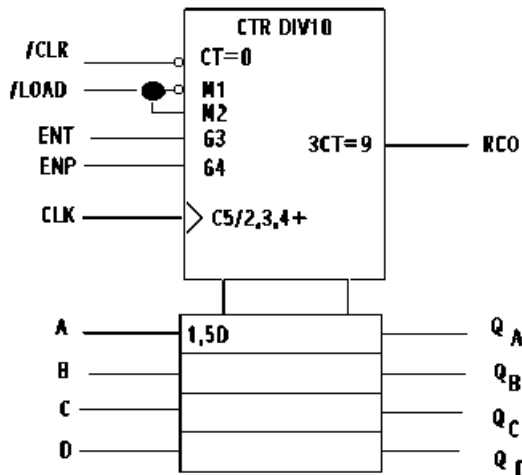
	00	01	11	10
00	1	∅	∅	1
01	1	∅	∅	1
11	∅	∅	∅	∅
10	1	∅	∅	∅

	00	01	11	10
00	∅	1	1	∅
01	∅	1	1	∅
11	∅	∅	∅	∅
10	∅	1	∅	∅

Pour les différentes entrées J et K on obtient :

$$\begin{aligned}
 J_0 &= 1 & K_0 &= 1 & J_2 &= Q_0 \cdot Q_1 & K_2 &= Q_0 \cdot Q_1 \\
 J_1 &= Q_0 \cdot \overline{Q_3} & K_1 &= Q_0 & J_3 &= Q_0 \cdot Q_1 \cdot Q_{21} & K_3 &= Q_0
 \end{aligned}$$

3.2.2 ) Exemple de compteur non binaire synchrone (74160)



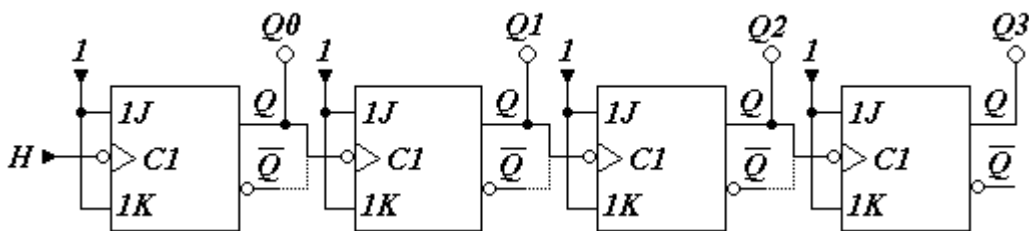
**4 ) COMPTEUR DECOMPTEUR**

Un compteur est dit réversible si l'on peut à volonté changer le sens de comptage.

Si le sens est direct, le compteur « compte ».

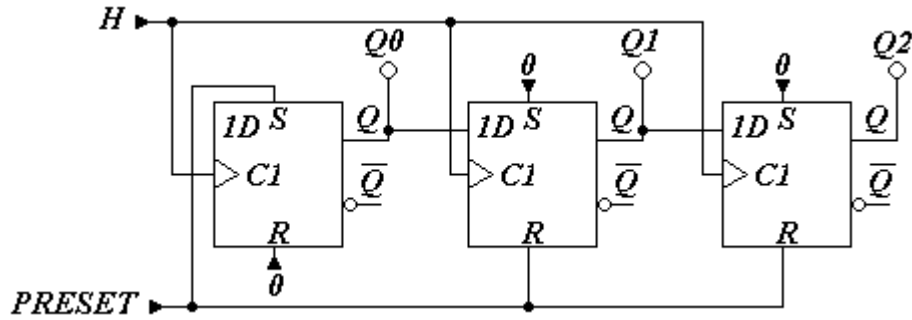
Si le sens est inverse, le compteur « décompte ».

Principe du compteur réversible asynchrone



En réalité on n'utilise pas une commande mécanique mais des portes logiques validées par une commande de comptage ou de décomptage.

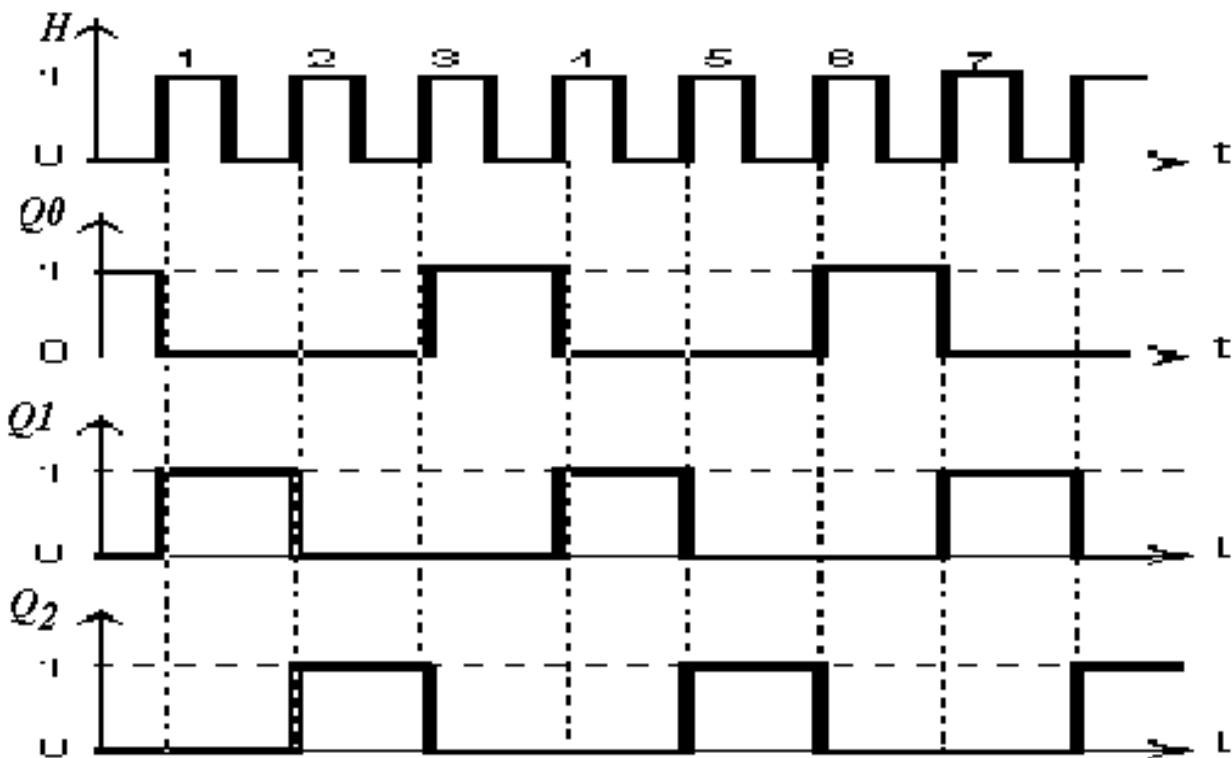
**5) PRINCIPE D'UN COMPTEUR EN ANNEAU ELEMENTAIRE**



Le compteur circulaire le plus élémentaire qui soit est un registre à décalage réalisé au moyen de bascules D ( ou de bascules JK ).

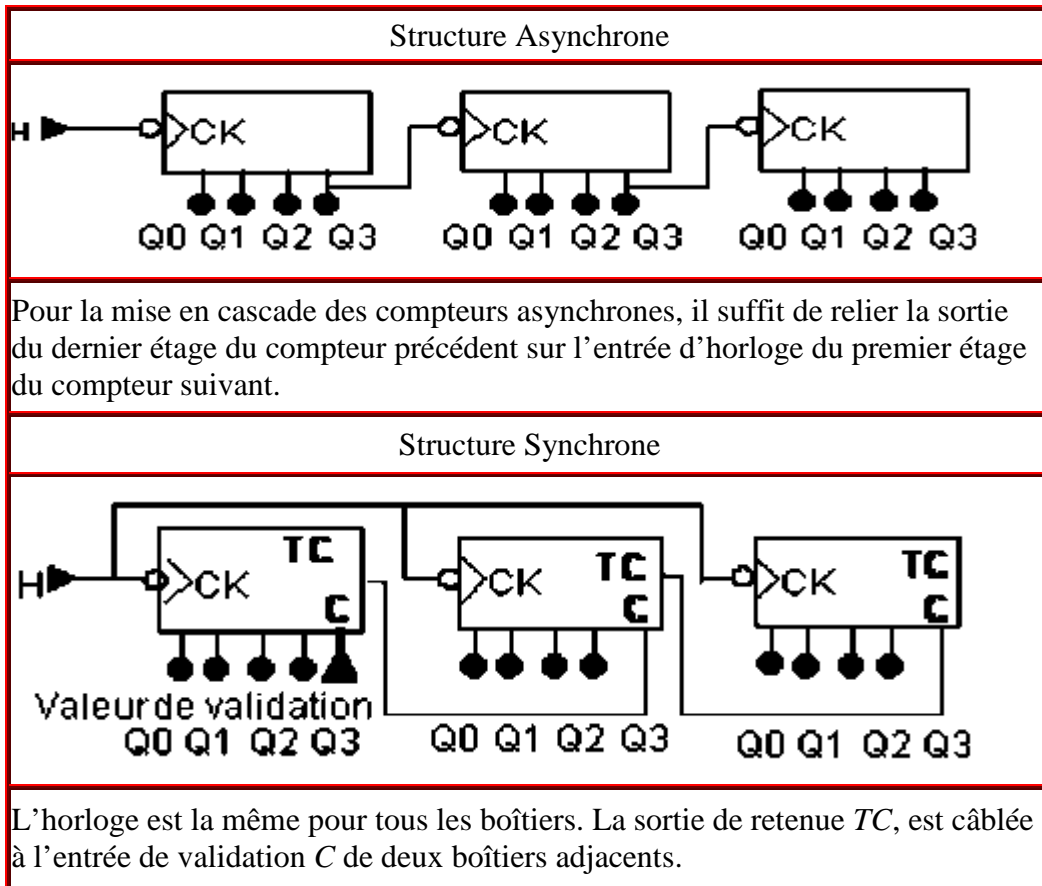
Les bascules sont connectées de façon à ce que l'information soit décalé de gauche à droite.

Il s'agit ici d'un compteur en anneau modulo 3.





**6 ) MISE EN CASCADE DES COMPTEURS**



Réalisation de chaîne de comptage ( x. 4 BITS )

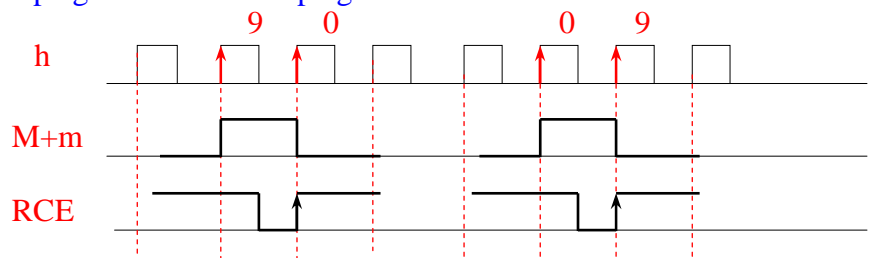
Pour réaliser des compteurs de grande capacité, on connecte des compteurs 4 bits en cascade ce qui est rendu très aisé par la présence de fonctions particulières sur certains circuits.

Etude du 74190 et du 74191:

Ces compteurs BCD synchrones possèdent deux sorties particulières;

- RCE ou RCO : transmet le dixième front d'horloge pour la décade de poids supérieur .
- M + m : passe à 1 pour 9 en comptage et 0 en décomptage.

Chronogrammes:

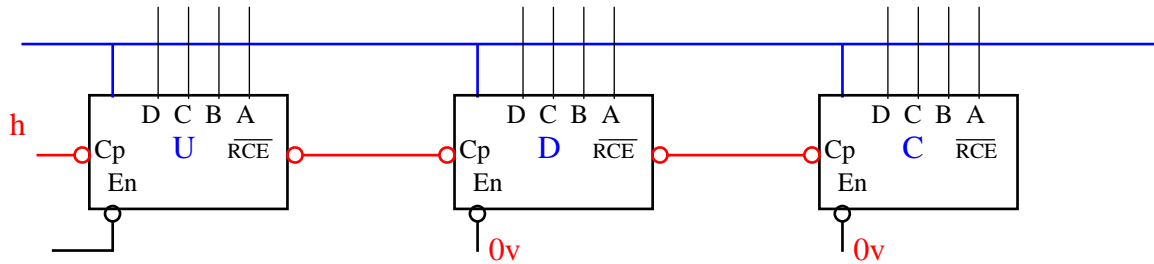


Cette connexion peut être réalisée de 3 manières différentes.

**6.1) CHAINE CONNECTEE EN MODE ASYNCHRONE**

Seule la décade des unités (LSB) reçoit les impulsions à compter sur son entrée d'horloge (CP). Les autres décades reçoivent sur l'entrée CP, le signal de sortie RCE de la décade de poids inférieur. Toutes les décades sont en position de "fonctionnement autorisé", avec l'entrée EN à "0" sauf la

première qui reçoit un ordre extérieur pour valider ou non le comptage. Enfin, toutes les décades reçoivent le signal de comptage/décomptage *UP/DOWN*.

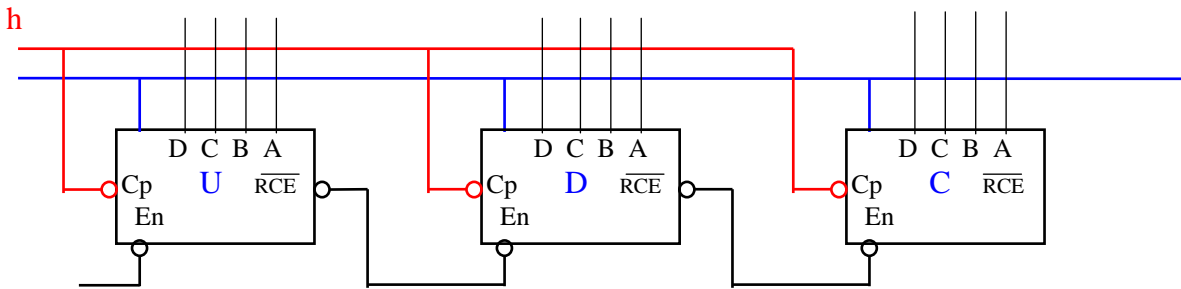


Trois conditions sont nécessaires pour un bon fonctionnement.

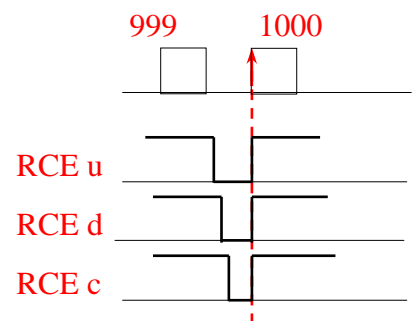
- l'état de l'entrée "DOWN / UP" ne doit pas être modifié quand le signal d'horloge est à zéro, car sinon la sortie *RCE* qui est conditionnée par l'état de *DOWN / UP* à travers la sortie *M+ m*, pourrait délivrer une impulsion parasite ;
- cet état de *DOWN / UP* ne doit pas être non plus modifié avant que le signal d'horloge ne se soit propagé jusqu'au dernier étage de la chaîne, sinon les derniers étages pourraient compter au lieu de décompter d'une impulsion (ou inversement) ;
- la vitesse de fonctionnement est limitée par le temps de propagation du signal "horloge" à travers la chaîne. La durée du signal d'horloge sera conditionnée par le temps de réponse des sorties  $\overline{RCE}$ , elle dépend aussi du nombre d'étages.

**6.2) CHAINE CONNECTEE EN MODE SYNCHRONES (PROPAGATION EN CASCADE)**

Toutes les décades reçoivent simultanément l'impulsion de comptage (en *CP*). La première decade permet de bloquer le fonctionnement par son entrée  $\overline{EN}$ . La sortie  $\overline{RCE}$  est utilisée pour permettre l'incréméntation de la decade de poids supérieur en validant cette-dernière par  $\overline{EN}$ .



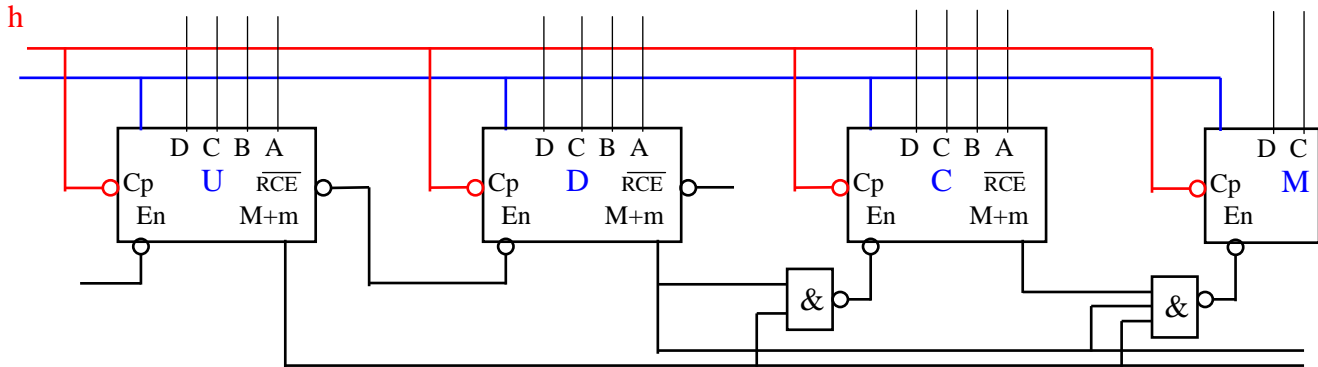
Comme une sortie  $\overline{RCE}$  ne passe à zéro que lorsque l'entrée  $\overline{EN}$  (c'est-à-dire ici la sortie  $\overline{RCE}$  de la decade précédente) passe à zéro, il y a nécessairement un retard qui devient de plus en plus grand à mesure que le nombre d'étages croît. La fréquence de fonctionnement en sera donc limitée d'autant. On retrouve la limitation propre au report série.



**6.3) CHAINE CONNECTEE EN MODE SYNCHRONES AVEC PROPAGATION ANTICIPEE**

C'est l'organisation qui permet le fonctionnement le plus rapide, pour des bascules d'un type donné. Les impulsions de comptage sont envoyées simultanément à toutes les décades, ainsi que la

commande *DOWN / UP*, mais l'autorisation de fonctionnement (condition sur l'entrée  $\overline{EN}$ ) est élaborée en mettant en condition ET les états, exprimés par  $M + m$ , de tous les étages précédents (report parallèle).



On constate que la première décade reçoit un ordre extérieur sur l'entrée  $\overline{EN}$ , par lequel on commande l'état de toute la chaîne (validation de fonctionnement) et l'autorisation de la décade de poids supérieur est simplement obtenue à partir de la sortie  $\overline{RCE}$  de la première décade (la sortie  $\overline{RCE}$  est conditionnée par l'état de  $M + m$ ).

La fréquence maximale de fonctionnement de cette chaîne est donc seulement limitée par un seul temps de retard, quelque soit la longueur de cette chaîne, celui de  $M + m$  plus le temps de réponse d'une porte NON ET, soit au total typiquement 25 ns.

## 7) COMPTEUR PREPOSITIONNABLE.

Si nous avons accès aux entrées de forçage S et R sur les bascules, nous pouvons initialiser (pré positionner) le compteur à une valeur autre que zéro. Une entrée de chargement (load) permet la prise en compte des entrées parallèles a,b,c ...

Lorsque l'entrée de chargement est active les entrées de chargement parallèle sont recopiées en sortie.