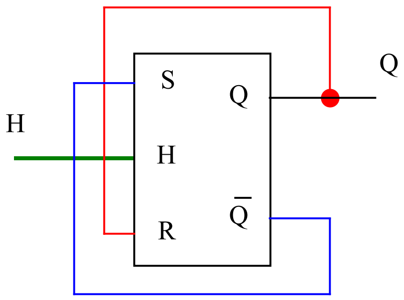
Compteur – Décompteur

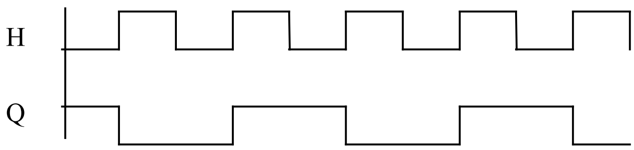
1. MONTAGE ASYNCHRONE

1.1. Décompteur asynchrone avec des bascules R-S-H

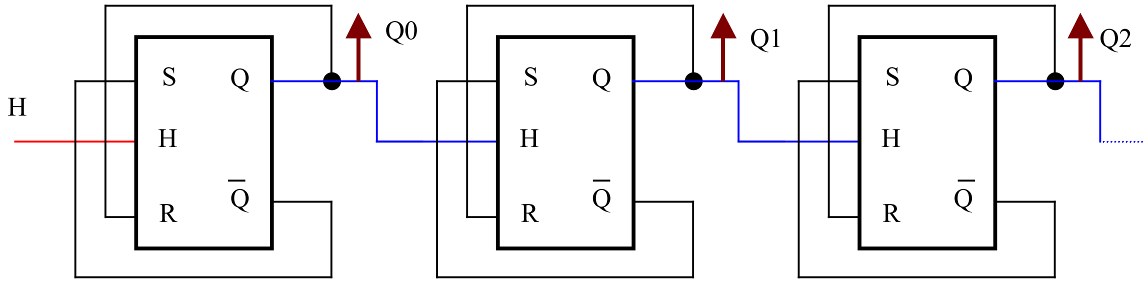
Rappel : Le diviseur de fréquence à partir d'une bascule R-S-H : On boucle les sorties sur les entrées.



A chaque front montant de H, la bascule change d'état. Si de plus le signal H est un signal de fréquence F, alors la sortie Q sera un signal de fréquence F/2.

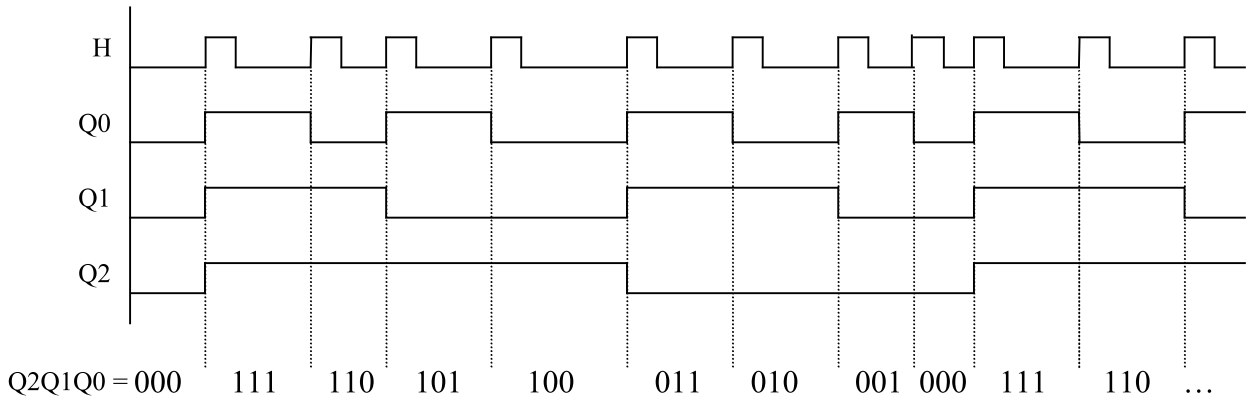


On dispose en cascade trois diviseurs de fréquence :



A partir de bascules synchrones R-S-H montées en diviseur de fréquence câblés en cascade, on obtient un montage (ici décompteur) asynchrone car les horloges de chaque bascule sont des entrées différentes les unes des autres et de ce fait toutes les bascules ne changent d'état en même temps. Les horloges sont commandées par la sortie des bascules précédentes.

A chaque front appliqué à l'entrée du premier diviseur à l’aide d’une horloge H, regardons l’évolution de l'état des sorties :



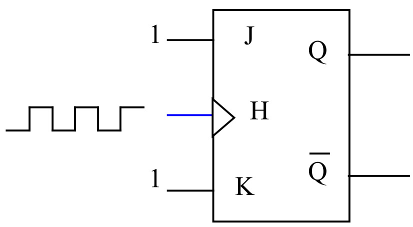
- Ce système décompte les fronts (même si les signaux d'entrées ne sont pas régulièrement espacés).
- pour obtenir un compteur, il suffit de regarder les sorties $\overline{Q}$ au lieu des sorties Q.

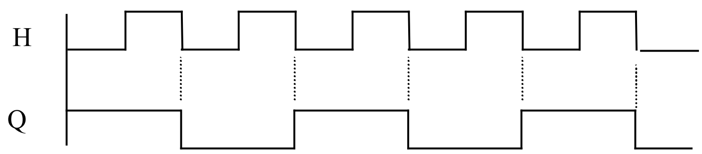
Remarque:

Ce décompteur asynchrone pose un problème: les bascules montées en cascade ont un temps de réponse qui fait que la nouvelle valeur se "propage" de gauche à droite: On aura donc pendant un très court instant une valeur de sortie erronée. Les compteurs synchrones résolvent ce problème car toutes les bascules changent d'état en même temps.

1.2. Compteur asynchrone avec des bascules J-K

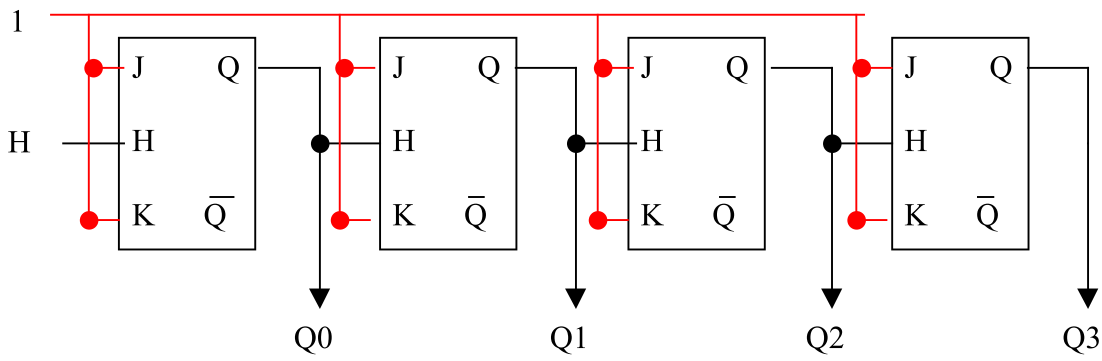
Rappel : lorsque les entrées J et K de la bascule J-K sont à 1, la sortie Q au front d’horloge suivant est complémentée. La sortie change d’état sur un front descendant d’horloge.



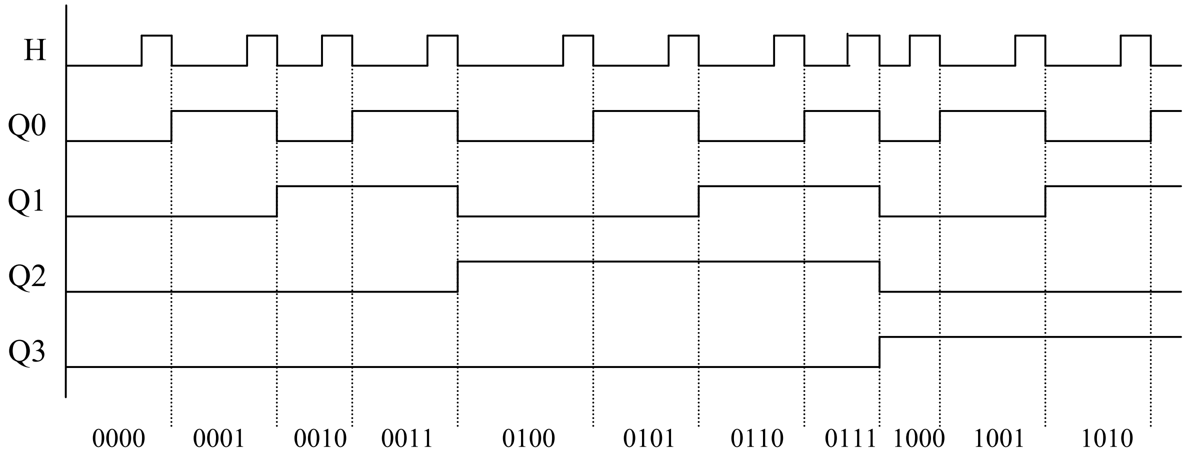


On dispose en cascade 4 bascules J-K. Les entrées sont à l'état haut (=1) : J=K=1.

Il en résulte qu'à chaque front descendant de H, les sorties sont inversées :



Regardons l'évolution des sorties:



On vient de réaliser un compteur modulo 16. Comme pour le précédent, l'horloge n'est pas forcément régulière.

Remarque: Pour réaliser un compteur modulo 32, il faut 5 bascules J- K montées en cascade.

1.3. Décompteur asynchrone avec des bascule J-K

Pour obtenir un décompteur, il faut :

- regarder les sorties $\overline{Q_i}$

OU

- brancher les sorties $\overline{Q_i}$ de chaque bascule sur l'horloge de la bascule suivante et regarder l'évolution des sorties Qi.

1.4. Compteur asynchrone Modulo N avec des bascules J-K :

Exemple : Comment réaliser un compteur modulo 9 ? C'est à dire compter de 0 à 8 ?

- ***Nombre de bascules nécessaires***: $2^3 < 9 < 2^4$: Il faut 4 bascules.
- ***Solution***: Il faut mettre les sorties des bascules à 0 lorsque le nombre Q3Q2Q1Q0 = 1001
- ***Moyen*** :

Utilisation de l'entrée $\overline{CLEAR}$ (forçage à 0) des bascules quand la sortie vaut 9.

ATTENTION : Entrée active sur niveau BAS

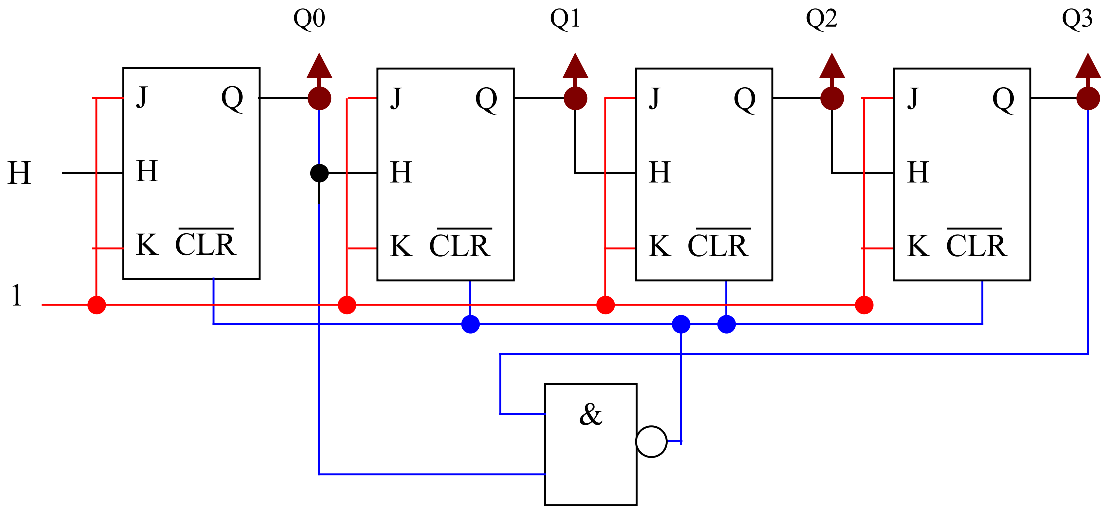
Table de vérité :

N	Sorties	$\overline{CLEAR}$
0 à 8		Non actif
9	$Q3.\overline{Q2}.\overline{Q1}.Q0$	actif

$$\overline{CLEAR} = \overline{Q3.\overline{Q2}.\overline{Q1}.Q0} = \overline{Q3} + Q2 + Q1 + \overline{Q0}$$

Ou bien (par Karnaugh) : $\overline{CLEAR} = \overline{Q3} + \overline{Q0}$

Câblage :



2. MONTAGE SYNCHRONE

On utilise des bascules synchrones J-K montées en cascade. Un montage synchrone impose que toutes les bascules changent d'état en même temps. Pour cela, il faut que les bascules soient connectées avec une même entrée d'horloge.

Rappel de la table de vérité de la bascule J - K :

J	K	Q(t)
0	0	Q(t-1)
0	1	0
1	0	1
1	1	$\overline{Q}(t-1)$

Exemple 1 : Réalisation d'un compteur synchrone modulo 6 :

$2^2 < 6 < 2^3$: Donc ce compteur nécessite 3 bascules J- K

Table de vérité :

N	Q2	Q1	Q0	J2	K2	J1	K1	J0	K0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
1	0	0	1	0	0	1	0	0	1
2	0	1	0	0	0	0	0	1	0
3	0	1	1	1	0	0	1	0	1
4	1	0	0	0	0	0	0	1	0
5	1	0	1	0	1	0	0	0	1

On peut remplacer cette suite alternée de 0 et 1 par une suite de 1 pour J et K car la sortie Q0 est toujours alternée. Cette règle n'est valable que pour un comptage ou décomptage modulo pair !

Pour passer du nombre 3 à 4, il faut que la sortie Q2 passe de 0 à 1 au front d'horloge suivant de H. Pour cela il faut que J2 soit à 1 et que K2 soit à 0 avant le front descendant. On remplit donc la table de vérité pour les entrées pour chaque transition. On simplifie alors chaque sortie par Karnaugh :

Q2 \ Q1 Q0	00	01	11	10
0	0	0	1	0
1	0	0	-	-

J2

Q2 \ Q1 Q0	00	01	11	10
0	0	0	0	0
1	0	1	-	-

K2

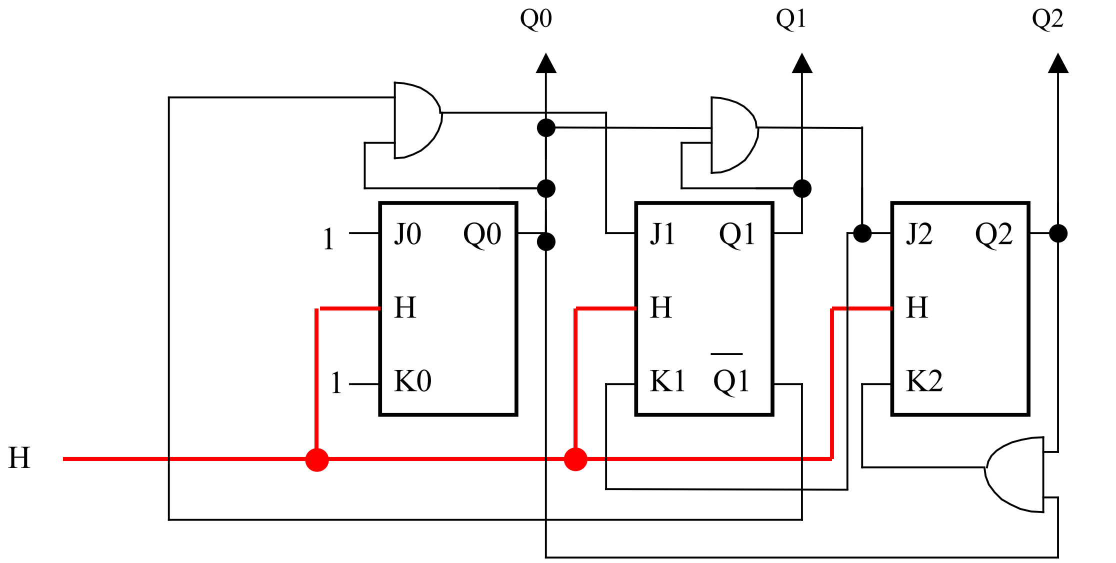
Q2 \ Q1 Q0	00	01	11	10
0	0	1	0	0
1	0	-	-	-

J1

J2 = Q1 . Q0 K2 = Q0 . Q2 J1 = /Q1 . Q0

Et K1 = J2 et J0 = K0 = 1

Câblage :



Exemple 2 : Réalisation d'un décompteur synchrone modulo 10 :

$2^3 < 10 < 2^4$: Donc ce décompteur nécessite 4 bascules J- K

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

$J3 = K3 = \overline{Q2}.\overline{Q1}.\overline{Q0}$

$J2 = Q3.\overline{Q1}.\overline{Q0}$
$K2 = Q2.\overline{Q1}.\overline{Q0}$

$J1 = J2 + K2$
$K1 = Q1.\overline{Q0}$

Q3Q2 \ Q1 Q0	00	01	11	10
00	1	0	0	0
01	0	0	0	0
11	-	-	-	-
10	1	0	-	-

J3 K3

Q3Q2 \ Q1 Q0	00	01	11	10
00	0	0	0	0
01	0	0	0	0
11	-	-	-	-
10	1	0	-	-

J2

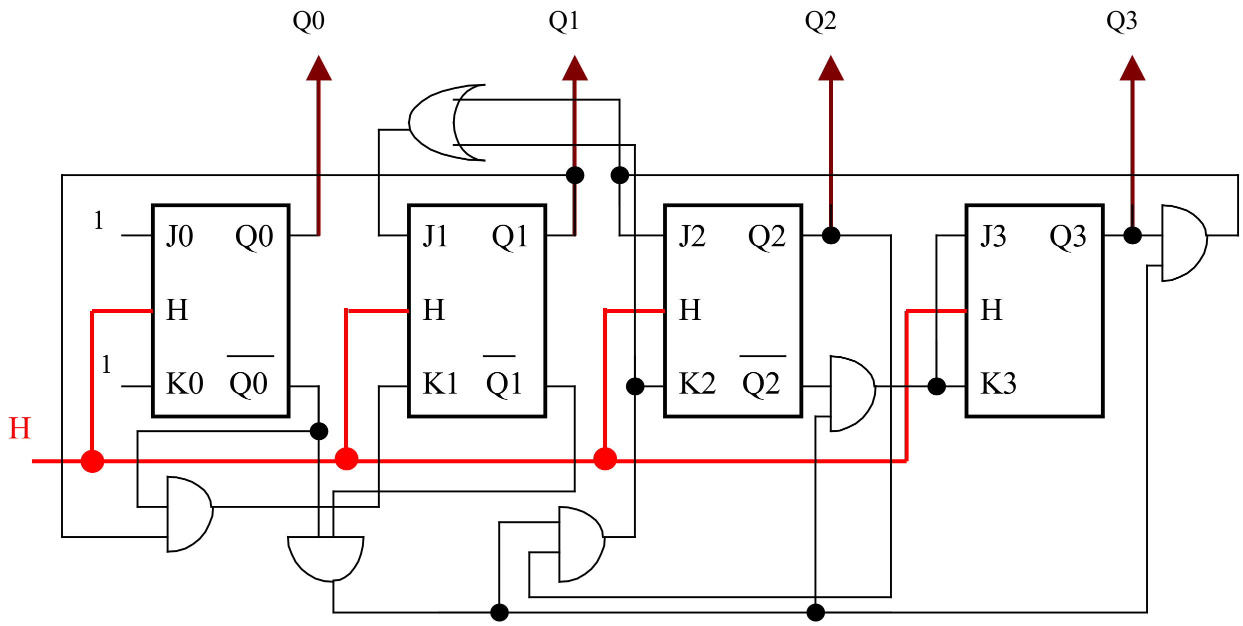
Q3Q2 \ Q1 Q0	00	01	11	10
00	0	0	0	0
01	1	0	0	0
11	-	-	-	-
10	0	0	-	-

K2

Q3Q2 \ Q1 Q0	00	01	11	10
00	0	0	0	1
01	0	0	0	1
11	-	-	-	-
10	0	0	-	-

K1

Câblage :


Q0
Q1
Q2
Q3
1
J0
Q0
H
1
K0
$\overline{Q0}$
J1
Q1
H
K1
$\overline{Q1}$
J2
Q2
H
K2
$\overline{Q2}$
J3
Q3
H
K3
H