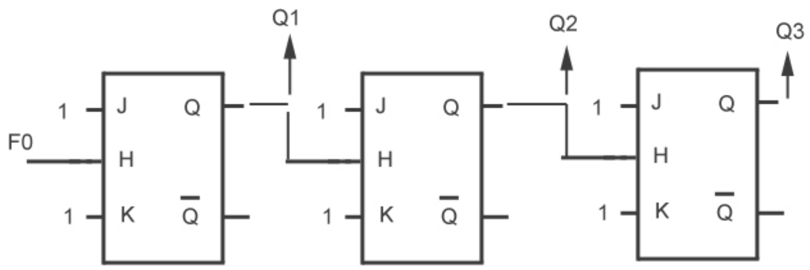
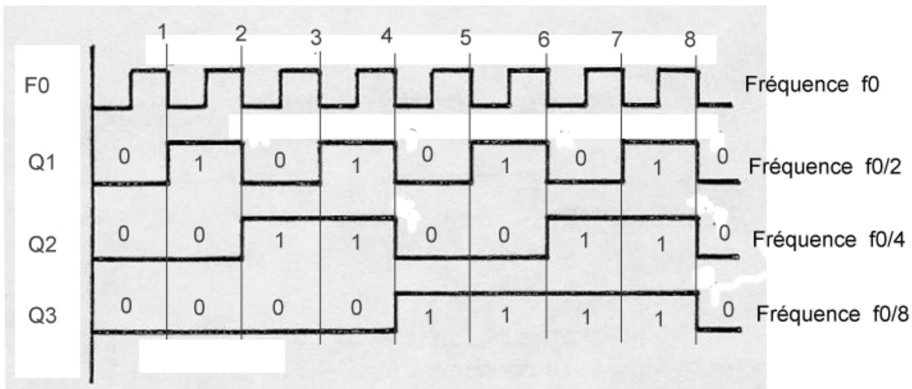
LES COMPTEURS BINAIRES

Réalisons le circuit ci-dessous dans lequel trois bascules JK sont montées en cascade



Chaque sortie Q fournit l'horloge de la bascule suivante :

Examinons le chronogramme d'un tel montage, tous les J et K sont à 1 donc chaque bascule doit changer d'état à chaque front de descente de son horloge



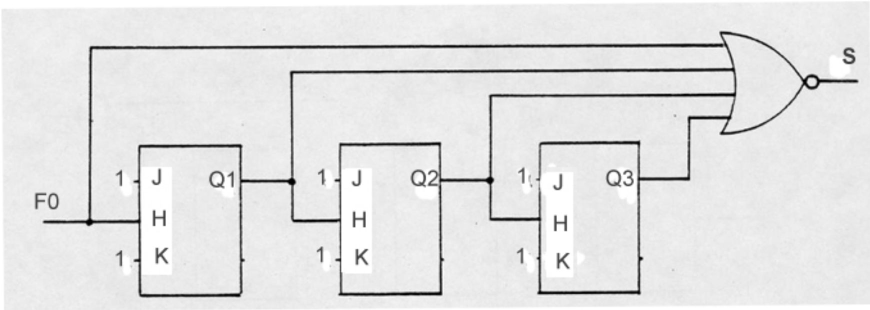
Chaque bascule se comporte en diviseur de fréquence par 2

Nous avons supposé l'état de toutes les sorties Q à 0 au départ, à l'issue du premier pulse d'horloge Q_1 passe à 1 Q_2 et Q_3 restent à 0, après la deuxième Q_1=0 Q_2=1 Q_3reste à 0 etc
résumons l'état des sorties dans le tableau ci-dessous

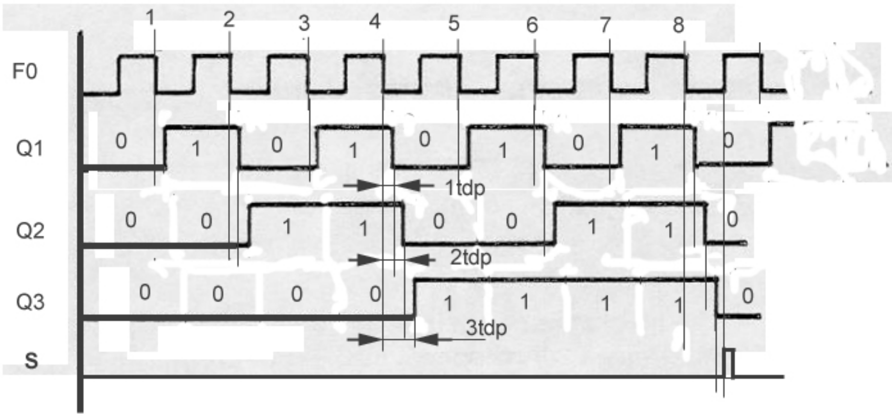
Nb pulse	Q_3	Q_2	Q_1
0	0	0	0
1	0	0	1
2	0	1	0
3	0	1	1
4	1	0	0
5	1	0	1
6	1	1	0
7	1	1	1
8	0	0	0

Nous voyons qu'à l'issue de la 3ème impulsion les sorties affichent 011, à l'issue de la 4ème 100, après la 5ème 101 etc le circuit se comporte en **compteur d'impulsion** Q1 donnant le bit de poids faible, Q3 le poids fort. A l'issue de la 8ème impulsion toutes les bascules retombent à 0, on dit que le **compteur recycle**

Introduisons un peu de technologie, les circuits sont de plus en plus rapides mais cependant, chaque bascule a un temps de réponse et si le front de descente de l'horloge commande le changement d'état de la bascule, celui-ci s'effectue avec un temps de retard appelé **temps de propagation (tdp)**. Dans ces conditions examinons un nouveau circuit et son chronogramme :



Toutes les sorties et l'horloge F0 sont appliquées dans une porte NOR qui fournit du 1 en S lorsque toutes ses entrées sont à 0 détectant ainsi le recyclage du compteur.

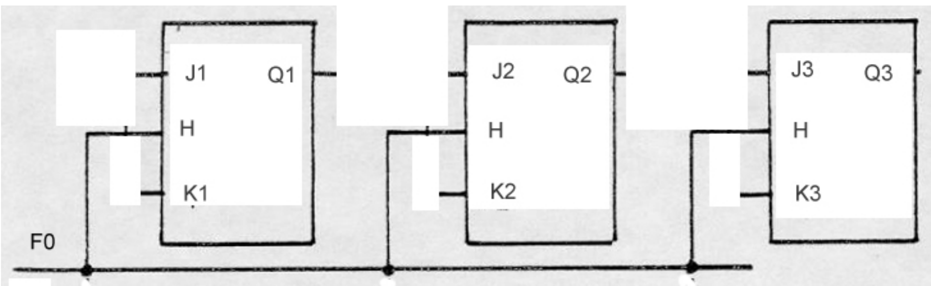


On peut voir par exemple qu'à l'issue de la 2ème impulsion il faut attendre deux temps de propagation (t) pour voir le compteur afficher 010, le nombre 4 (100) s'affiche avec 3 t de retard et la porte NOR reçoit sa commande avec 3tdp de retard et fournit une impulsion raccourcie avec 4 tdp de retard. Si les tdp sont notables par rapport à la période de l'horloge, on pourrait voir le signal de recyclage sortir durant la 9ème impulsion ce qui est rédhibitoire

Le compteur ci-dessus est un **compteur asynchrone modulo 8**

Compteurs synchrones

Pour réaliser un compteur synchrone, il faut que toutes les bascules soient commandées par le même signal d'horloge. C'est à l'aide des entrées J et K que nous allons commander les bascules. Le schéma doit prendre la forme ci-dessous



Le problème consiste à trouver les équations qui doivent régir les entrées J et K. Pour ce faire, nous allons utiliser la table de vérité destinée à la conception

Q_N	Q_{N+1}	J_N	K_N
0	0	0	x
0	1	1	x
1	0	x	1
1	1	x	0

Nous allons dresser un tableau de l'évolution des sorties de notre compteur et nous poser la question suivante :

Comment positionner les entrées J et K lorsque les trois sorties sont à 000 pour qu'elles passent à 001sous l'effet d'un pulse d'horloge.
Puis :
Comment positionner les entrées J et K lorsque les trois sorties sont à 001 pour qu'elles passent à 010 sous l'effet d'un pulse d'horloge.

Q_3	Q_2	Q_1	J_3	K_3	J_2	K_2	J_1	K_1
0	0	0	0	x	0	x	1	x
0	0	1	0	x	1	x	x	1
0	1	0	0	x	x	0	1	x
0	1	1	1	x	x	1	x	1
1	0	0	x	0	0	x	1	x
1	0	1	x	0	1	x	x	1
1	1	0	x	0	x	0	1	x
1	1	1	x	1	x	1	x	1

L'équation de J_1 et de K_1 est simple puisque les cases ne contiennent que des 1 et des x, les x peuvent être remplacés par des 1 ou des 0 à volonté, bien entendu nous les remplacerons par des 1 et J1 = K1 = 1

Tableaux de Karnaugh pour les équations de J_2 et K_2

J2

Q3Q2→ Q1↓	00	01	11	10
0	0	x	x	0
1	1	x	x	1

K2

Q3Q2→ Q1↓	00	01	11	10
0	x	0	0	x
1	x	1	1	x

Nous tirons de ces tableaux

$J_2 = K_2 = Q_1$

Tableaux de Karnaugh pour les équations de J_3 et K_3

J3

Q3Q2→ Q1↓	**00**	**01**	**11**	**10**
0	0	0	x	x
1	0	1	x	x

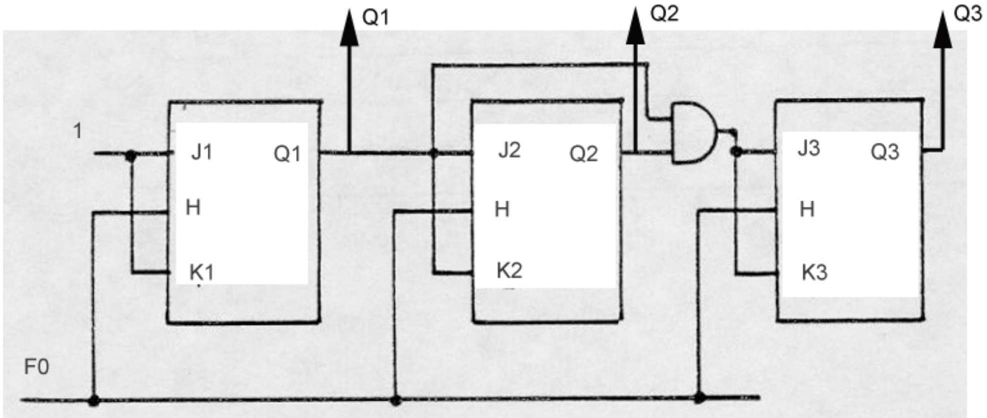
K3

Q3Q2→ Q1↓	**00**	**01**	**11**	**10**
0	x	x	0	0
1	x	x	1	0

Nous tirons de ces tableaux

$J_2 = K_2 = Q_2Q_1$

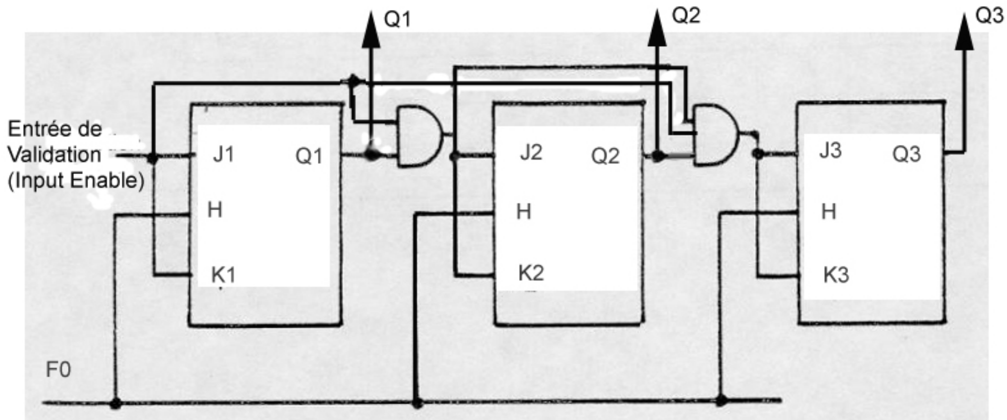
Nous obtenons le schéma ci-dessous :
Compteur synchrone modulo 8



De même si nous voulions faire un compteur 4 bits, l'équation de J4 et de K4 serait Q1Q2Q3

Compteur synchrone avec inhibition

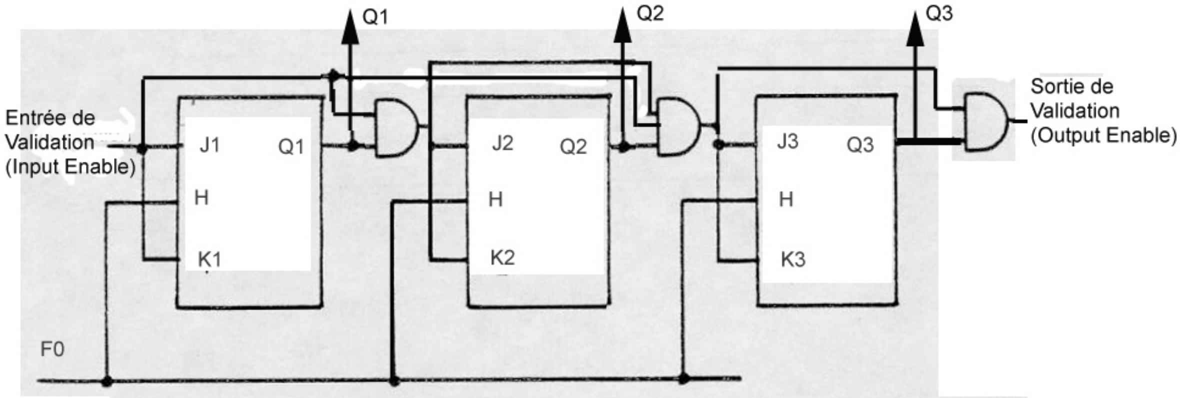
Une entrée d'inhibition permet de valider le fonctionnement du compteur à un moment donné pendant une durée donnée. Nous savons comment bloquer le fonctionnement des bascules JK sans pour cela les remettre à 0, il suffit de placer un 0 sur les entrées J et K



Compteur synchrone « cascadable »

On appelle un circuit « cascadable » - terme un peu barbare-, un circuit qui peut s'associer avec d'autres circuits identiques permettant d'augmenter ses capacités sans perdre de ses qualités. Le compteur modulo huit ci dessus pourra s'associer à d'autres en conservant ses propriétés si ces deux circuits sont pilotés par la même horloge et si la première bascule reçoit sur J et K l'équation prévue Q1Q2Q3 et la suivante Q1Q2Q3Q4 etc…

Pour permettre une mise en cascade sans l'apport de composants externes il faudra le prévoir dés sa conception



Décompteur synchrone

Il peut être intéressant de réaliser un décodeur, c'est à dire un circuit évoluant de 0 puis 7, 6, 5, et ainsi de suite

Q_3	Q_2	Q_1	J_3	K_3	J_2	K_2	J_1	K_1
0	0	0	1	x	1	x	1	x
1	1	1	x	0	x	0	x	1
1	1	0	x	0	x	1	1	x
1	0	1	x	0	0	x	x	1
1	0	0	x	1	1	x	1	x
0	1	1	0	x	x	0	x	1
0	1	0	0	x	x	1	1	x
0	0	1	0	x	0	x	x	1

Nous en tirons $J_1 = K_1 = 1$
Tableaux de Karnaugh pour les équations de J_2 et K_2

J_2

Q3Q2→ Q1↓	00	01	11	10
0	1	x	x	1
1	0	x	x	0

K_2

Q3Q2→ Q1↓	00	01	11	10
0	x	1	1	x
1	x	0	0	x

Nous tirons de ces tableaux
$J_2 = K_2 = Q_1$

Tableaux de Karnaugh pour les équations de J_3 et K_3

J_3

Q3Q2→ Q1↓	00	01	11	10
0	1	0	x	x
1	0	0	x	x

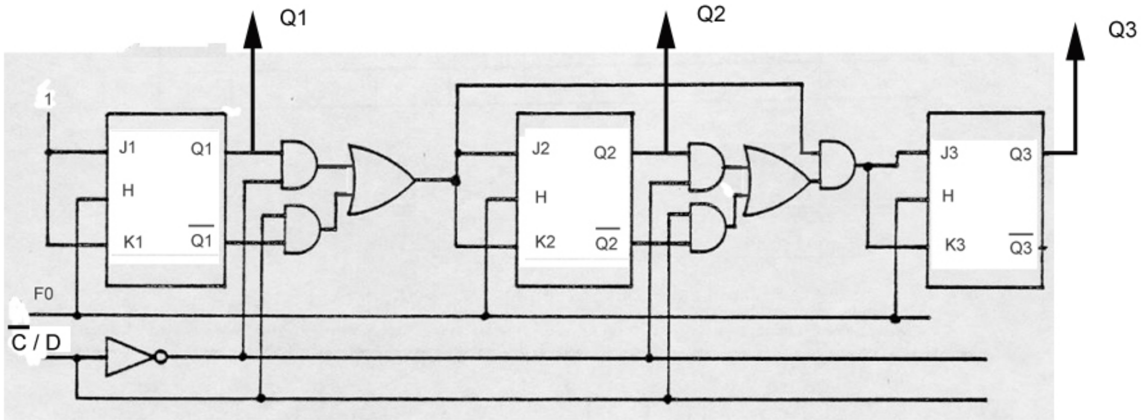
K_3

Q3Q2→ Q1↓	00	01	11	10
0	x	x	0	1
1	x	x	0	0

Nous tirons de ces tableaux

$\mathbf{J_2 = K_2 = \overline{Q_2}\,\overline{Q_1}}$

Nous voyons que les équations des entrées J et K des bascules sont identiques pour J1 et K1 et pour les autres, il suffit d'introduire les variables complémentées pour passer de compteur à décompteur. D'où le schéma ci-dessous :



Exercices :

Exercice 1 :

Réaliser un compteur modulo 10

Q_4	Q_3	Q_2	Q_1	J_3	K_3	J_2	K_2	J_1	K_1
0	0	0	0						
0	0	0	1						
0	0	1	0						
0	0	1	1						
0	1	0	0						
0	1	0	1						
0	1	1	0						
0	1	1	1						
1	0	0	0						
1	0	0	1						

Exercice 2 :

Rendre le compteur précédent « cascadable »

Exercice 3

Deux compteurs étudiés dans les exercices 1 et 2 sont montés en cascade, quelle est la capacité maximale de cet ensemble

Exercice 4

Montrez que ces deux compteurs réalisent la même fonction