

1- PRÉSENTATION

Pour certains circuits logiques l'état des sorties dépend non seulement de la combinaison appliquée aux entrées mais aussi de l'état précédent des sorties. Ces circuits sont dit séquentiels et possèdent un "effet mémoire". Ils sont constitués de bascules.

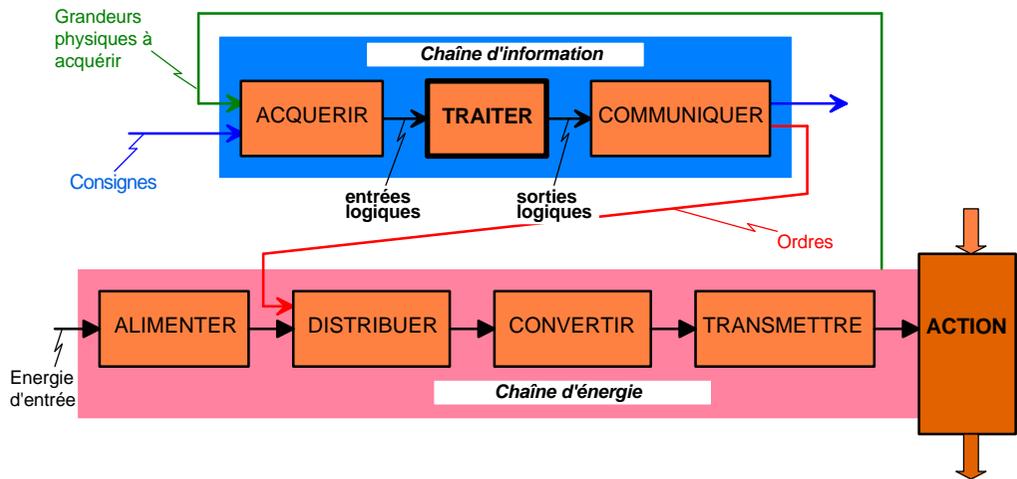
Une bascule est une microstructure séquentielle qui, pour chaque combinaison d'états appliquée sur ses entrées, présente en sortie deux états stables complémentaires.



Circuit intégré contenant 2 bascules D.

2- IDENTIFICATION DE LA FONCTION TECHNIQUE RÉALISÉE

Les circuits logiques séquentiels réalisent la fonction TRAITER de la chaîne d'information :



3.2- MISE EN ÉVIDENCE DES PROPRIÉTÉS DE LA BASCULE

Compléter la table de vérité de l'opérateur NON OU à 2 entrées

Si l'une ou les 2 entrées sont à '1' S = _____

E1	E2	S
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

En vous aidant de la table de vérité de l'opérateur NON-OU, compléter la table de fonctionnement de la bascule RS (en respectant la séquence des combinaisons d'entrées donnée).

S	R	Q	Q̄	La sortie Q change-t-elle d'état entre deux combinaisons d'entrée successives (O / N) ?
1	0			
0	0			
0	1			
0	0			
1	0			
1	1			

La combinaison R = S = 1 correspond-elle à un fonctionnement normal pour la bascule ?

Définir l'action de S et de R sur la sortie Q :

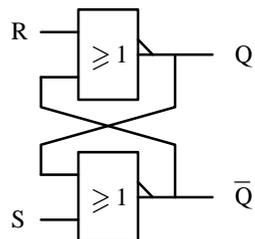
Quand S = '1' : _____

Quand R = '1' : _____

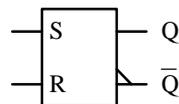
Pour quelle combinaison d'entrée les sorties demeurent-elles inchangées ?

3- BASCULES RS

3.1- RÉALISATION AVEC DES OPÉRATEURS NON-OU



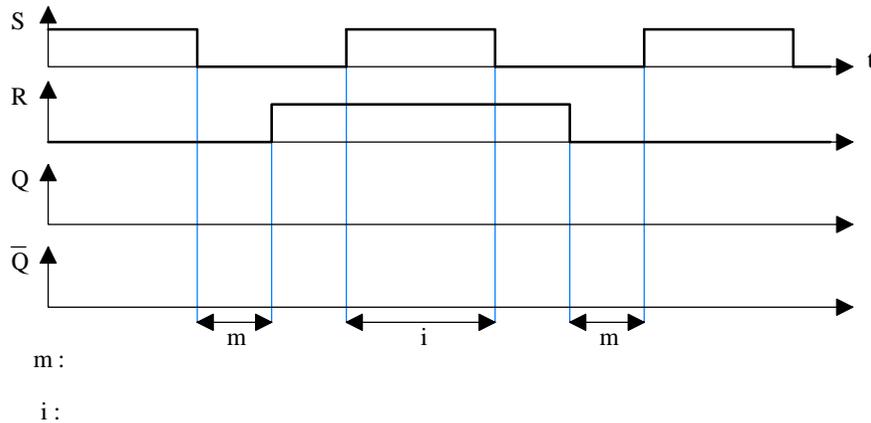
SYMBOLE



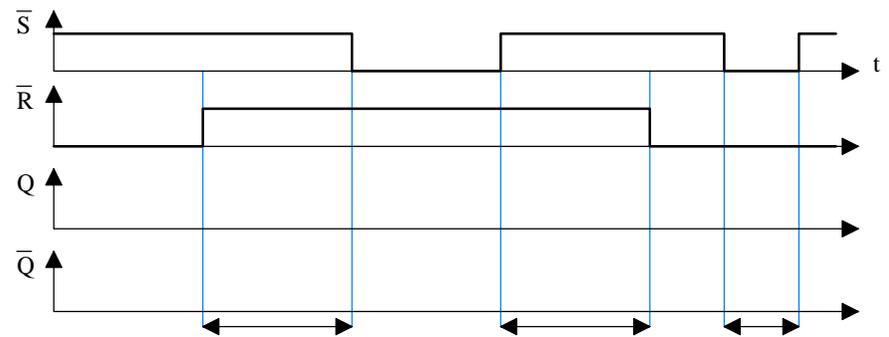
3.3- TABLE DE VÉRITÉ RÉDUITE

S	R	Q	Q̄	Fonction réalisée
0	0			
0	1			
1	0			
1	1			

3.4- CHRONOGRAMMES DE FONCTIONNEMENT

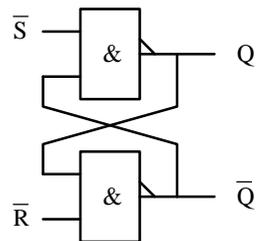


4.3- CHRONOGRAMMES DE FONCTIONNEMENT

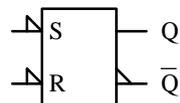


4- BASCULE /R /S

4.1- RÉALISATION AVEC DES OPÉRATEURS NON-ET



SYMBOLE



4.2- TABLE DE VÉRITÉ RÉDUITE

\bar{S}	\bar{R}	Q	\bar{Q}	Fonction réalisée
0	0			
0	1			
1	0			
1	1			

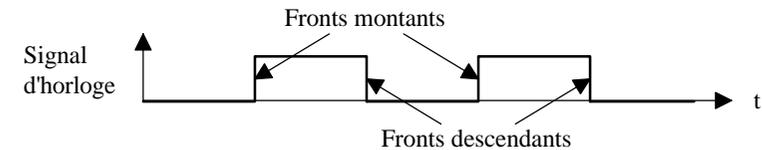
5- SIGNAL D'HORLOGE ET BASCULES SYNCHRONES (FLIP-FLOP)

Dans la bascule RS étudiée précédemment les entrées de commande R et S peuvent modifier l'état de la sortie à tout moment : son fonctionnement est dit asynchrone.

Il s'avère parfois indispensable d'associer une commande qui autorisera ou non l'action demandée par les entrées R et S. Cette nouvelle entrée s'appelle horloge (clock ou CLK) et la bascule ainsi réalisée sera qualifiée de synchrone.

Le signal d'horloge est généralement appliqué à l'ensemble des bascules d'un montage et permet de synchroniser le changement d'état de toutes les sorties. Ce changement d'état s'effectuera seulement lorsque le signal d'horloge effectue une transition. Ces transitions, appelés fronts sont identifiés sur le dessin suivant. On distingue :

- Les fronts montants (passage de '0' à '1' du signal d'horloge, transition positive).
- Les fronts descendants (passage de '1' à '0' du signal d'horloge, transition négative).



Toutes les bascules synchrones sont dotées d'une entrée d'horloge (repérée C) active sur un front seulement du signal d'horloge. Ces entrées sont dites **dynamiques**.

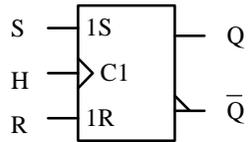


6. BASCULE RS SYNCHRONES OU RSH

6.1. FONCTIONNEMENT

Les entrées R et S déterminent l'état de la sortie mais cet état n'apparaît que lorsque l'horloge est active. Elles sont dépendantes de l'horloge (entrées synchrones).

6.2. SYMBOLE



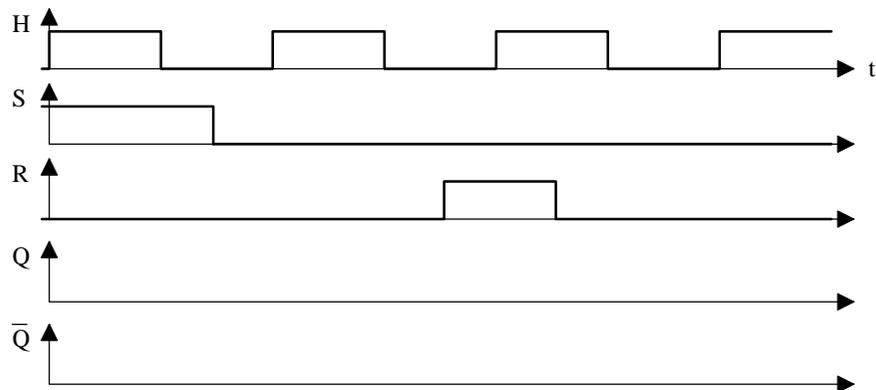
La notation de dépendance est réalisée en marquant :
 - L'accès influençant par son symbole (C) suivi d'un numéro d'identification (1).
 - Chacun des accès qu'il influence par le même numéro (1 devant R et S).

6.3. TABLE DE VÉRITÉ RÉDUITE

S	R	H	Q	\bar{Q}
0	0	┐		
0	1	┐		
1	0	┐		
1	1	┐		

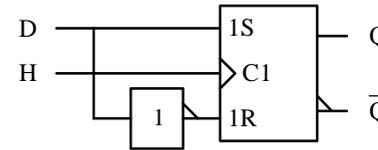
Lorsque l'entrée d'horloge n'est pas active : la bascule se trouve dans l'état mémoire

6.4. CHRONOGRAMMES DE FONCTIONNEMENT



7. BASCULE D (D TYPE FLIP-FLOP)

7.1. RÉALISATION



La bascule D est une bascule RSH pour laquelle $R = \bar{S}$, afin d'éviter l'ambiguïté de fonctionnement $R = S = 1$.

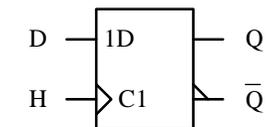
7.2. FONCTIONNEMENT

La bascule D est une bascule synchrone qui ne possède qu'une seule entrée de donnée D. Lorsqu'un front actif se présente sur l'entrée d'horloge, la sortie Q recopie D. Elle conserve cette information (état mémoire) jusqu'à l'apparition d'un autre front actif sur l'horloge.

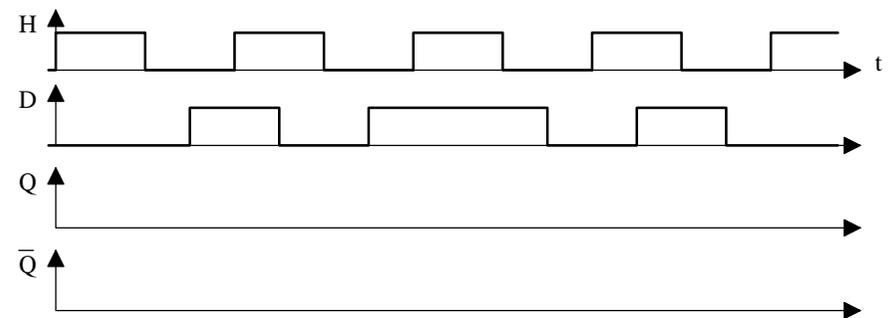
7.3. TABLE DE VÉRITÉ

D	H	Q	\bar{Q}
0	┐		
1	┐		
X	1		
X	0		
X	┐		

SYMBOLE



7.4. CHRONOGRAMMES DE FONCTIONNEMENT



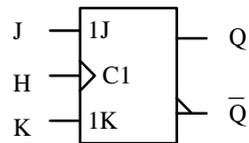
8• BASCULE JK (JK FLIP-FLOP)

La bascule JK est une bascule synchrone qui présente un fonctionnement analogue à la bascule RS :

- L'entrée J (comme S) provoque la mise à '1' de Q (sur le front actif de l'horloge).
- L'entrée K (comme R) provoque la mise à '0' de Q (sur le front actif de l'horloge).

La différence entre ces deux bascules a lieu pour la combinaison $J = K = 1$ qui n'entraîne pas de fonctionnement ambigu de la bascule JK. Lorsque cette combinaison est présente sur les entrées, (sur le front actif de l'horloge), les sorties changent d'état. C'est le mode de basculement (Toggle).

8.1• SYMBOLE



8.2• TABLE DE VÉRITÉ

J	K	H	Q	\bar{Q}	Fonction réalisée
0	0	┐			
0	1	┐			
1	0	┐			
1	1	┐			

Lorsque l'entrée d'horloge n'est pas active : la bascule se trouve dans l'état mémoire

8.3• CHRONOGRAMMES DE FONCTIONNEMENT



Les bascules JK existent sous forme de circuit intégré (ex : le 74107 qui en contient 2) mais elles sont d'une utilisation peu courante. On les trouve surtout montées en association dans des circuits intégrés pour réaliser des compteurs binaires.

9• LES ENTRÉES ASYNCHRONES R ET S

Les bascules synchrones précédemment étudiées possèdent toujours une ou plusieurs entrées qui permettent à tout moment de forcer la sortie Q à '0' ou à '1'. Elles sont surtout utilisées pour placer les sorties dans un état connu lors de la mise sous tension.

Ces entrées, dites de prépositionnement ou de forçage, sont **prioritaires** et agissent **indépendamment du signal d'horloge**. Elles sont dites **asynchrones**. On distingue :

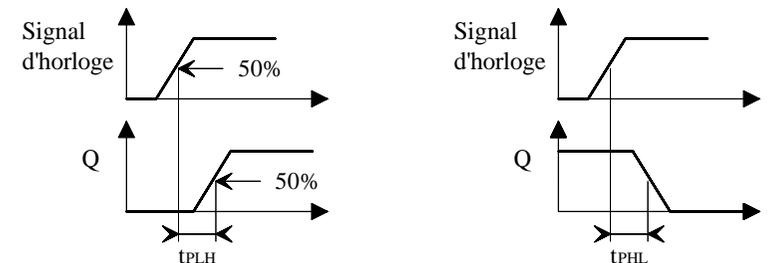
- L'entrée R (Reset aussi appelée clear ou RAZ) qui force la sortie Q à '0' quel que soit l'état des autres entrées.
- L'entrée S (Set aussi appelée preset ou RA1) qui force la sortie Q à '1' quel que soit l'état des autres entrées.

10• CONSIDÉRATIONS SUR LA SYNCHRONISATION DES BASCULES

Les fabricants de bascules intégrées spécifient quelques paramètres et caractéristiques de synchronisation importants qu'il faut prendre en considération lors de l'étude de montages comportant des bascules. Les caractéristiques temporelles essentielles des bascules sont présentées ci-après.

10.1• TEMPS DE PROPAGATION

Chaque fois qu'un signal doit changer l'état de la sortie d'une bascule, on observe un retard entre le moment où le signal est appliqué et le moment où le changement apparaît en sortie. Une illustration des retards de propagation affectant la réponse à un front montant d'horloge est donnée sur le dessin suivant :



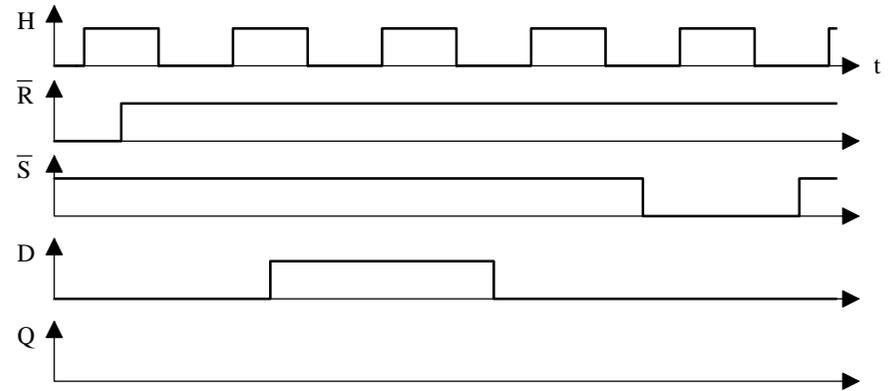
Les bascules intégrées actuelles ont des temps de propagation compris entre quelques dizaines et quelques centaines de nanosecondes. (Ces temps sont mesurés à 50% de la hauteur des fronts.) Les mêmes genres de retard se produisent en réponse à des signaux placés sur les entrées asynchrones R et S.

La prise en compte du temps de propagation est essentielle pour bien comprendre le fonctionnement des montages comportant des bascules.

10.2. EXEMPLE DES TEMPS DE SYNCHRONISATION DE LA BASCULE 7474 (TTL)

Ce circuit contient deux bascules D active sur front montant de l'horloge avec deux entrées R et S actives à '0'.

basculer 7474	durée en ns
t_{PHL} de CLK à Q (Propagation delay time, high-to-low level)	40
t_{PLH} de CLK à Q (Propagation delay time, low-to-high level)	25
t_{PHL} de R à Q	40
t_{PLH} de S à Q	25

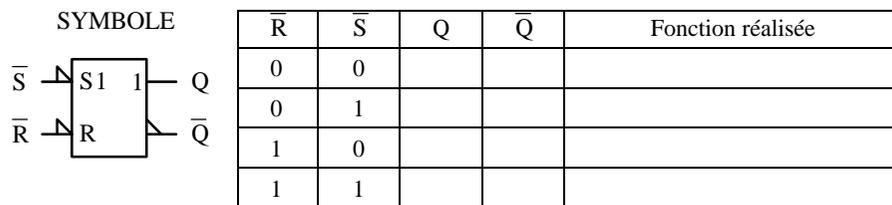


11. RÉCAPITULATIF DES BASCULES ÉTUDIÉES

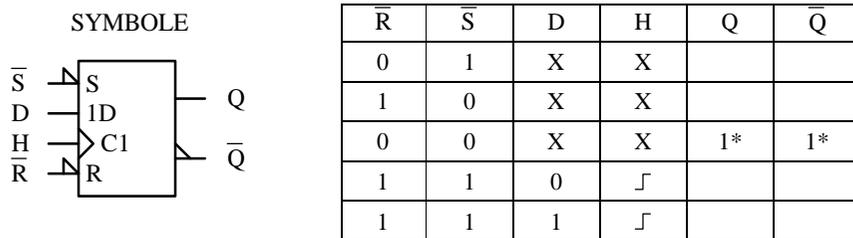
Le tableau suivant dresse un récapitulatif de certaines des bascules existant sous forme de circuit intégrés. Il présente :

- Le symbole de chaque bascule suivant la norme en vigueur.
- Sa table de vérité et son chronogramme de fonctionnement (à compléter).

11.1. BASCULE /R /S (74279)

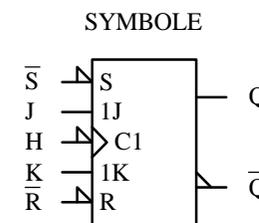


11.2. BASCULE D (7474)



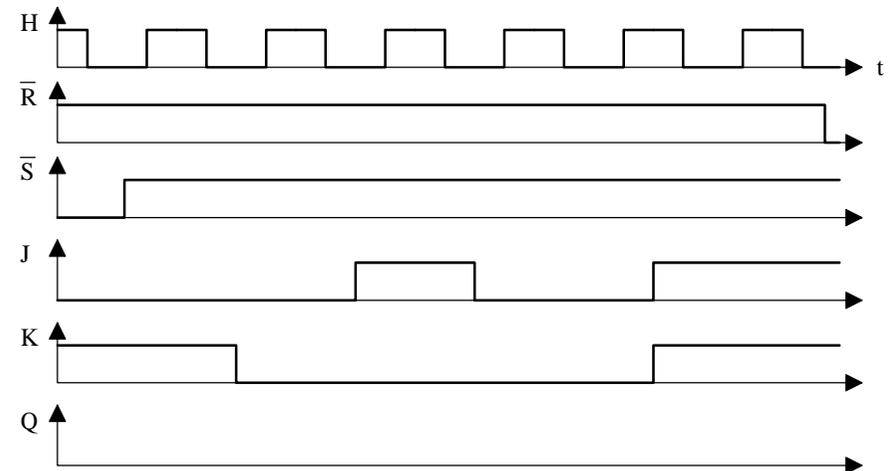
* état instable

11.3. BASCULE JK (7476)



\bar{R}	\bar{S}	J	K	H	Q	\bar{Q}
0	1	X	X	X		
1	0	X	X	X		
0	0	X	X	X	1*	1*
1	1	0	0	┘		
1	1	1	0	┘		
1	1	0	1	┘		
1	1	1	1	┘		

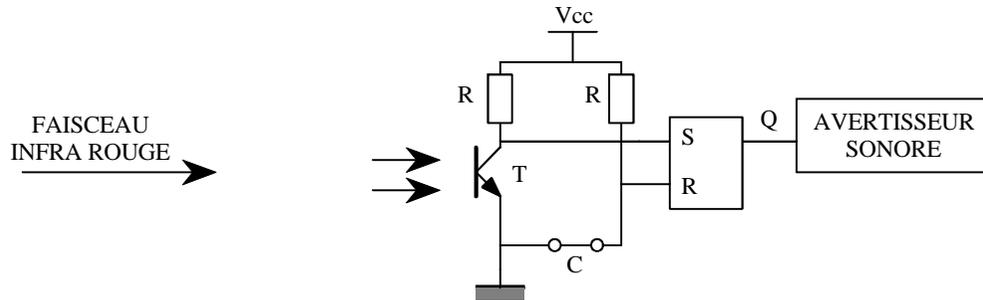
* état instable



12. MONTAGES D'APPLICATION

12.1. MONTAGES À BASCULES RS

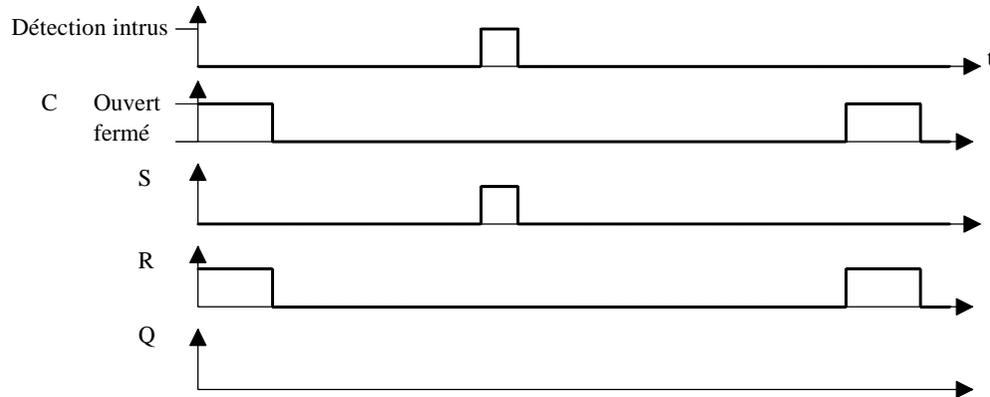
Le montage suivant, placé à l'entrée d'un local à surveiller, permet de donner l'alarme lorsqu'un intrus pénètre dans le local.



Un faisceau infrarouge est dirigé vers la base du phototransistor T :

- Lorsque la base est éclairée le photo transistor est saturé,
- Lorsque le faisceau est interrompu (détection d'un intrus) la base n'est plus éclairée et le phototransistor est bloqué.

Compléter les chronogrammes de fonctionnement de ce montage :



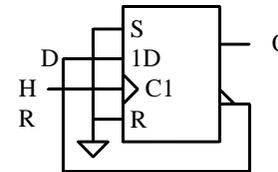
Quelle est la fonction de la bascule RS dans le montage ?

Quelle est la fonction de l'interrupteur C ?

12.2. MONTAGES À BASCULES D

12.2.1. DIVISEUR DE FRÉQUENCE

Soit le montage suivant réalisé par une bascule D 4013

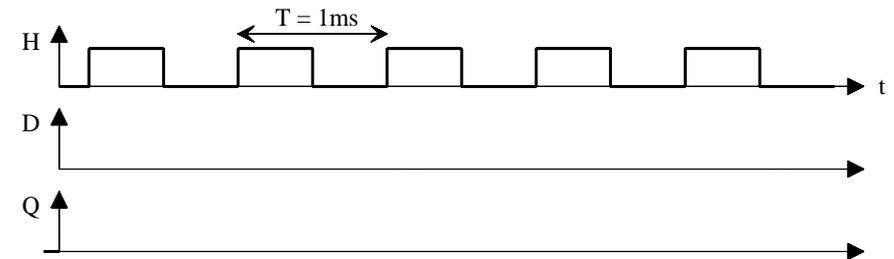


R	S	D	H	Q	\bar{Q}
0	1	X	X		
1	0	X	X		
0	0	0	J		
0	0	1	J		

Le signal appliqué sur l'entrée d'horloge H est un signal carré de fréquence 1 KHz (de période 1 ms).

Compléter la table de vérité de la bascule.

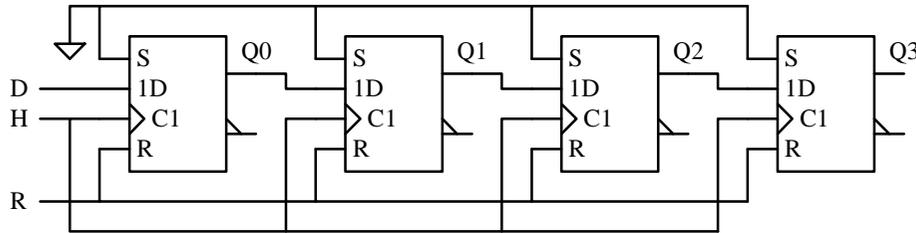
Compléter les chronogrammes de la sortie Q et de l'entrée D de la bascule. (On considérera l'état initial de la sortie Q égal à '0').



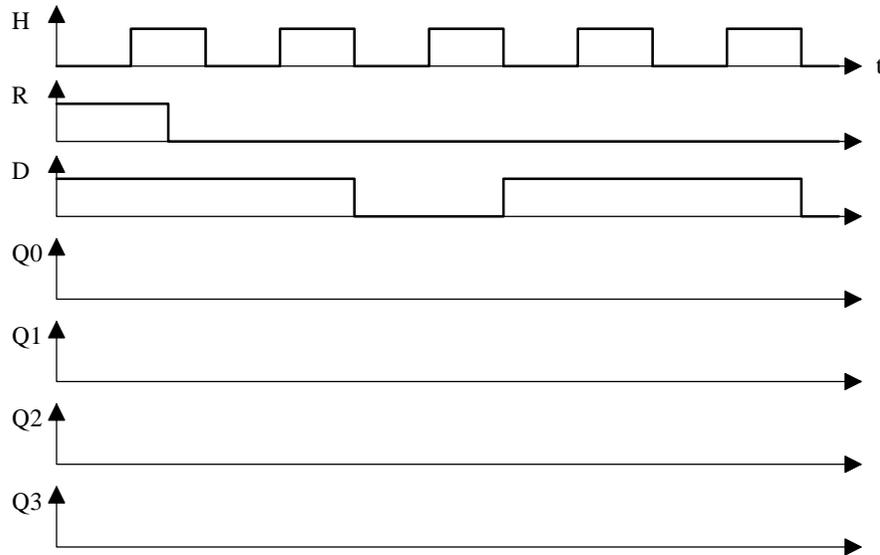
Quelle est la fonction réalisée par ce montage ?

12.2.2• REGISTRE À DÉCALAGE

Le montage suivant, appelé registre à décalage, a pour rôle de mémoriser les informations arrivant en série sur son unique entrée de données et de les restituer sous forme parallèle (sur plusieurs sorties). L'acquisition des données est cadencée par un signal d'horloge.



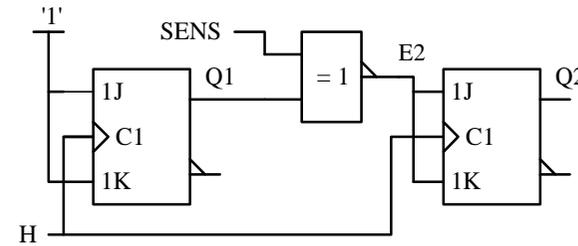
✍ Compléter les chronogrammes des sorties Q0, Q1, Q2 et Q3 de ce montage.



12.3• MONTAGE A BASCULES JK

12.3.1• SCHÉMA D'UN COMPTEUR / DÉCOMPTEUR 2 BITS

On donne le schéma du montage d'un compteur / décompteur :



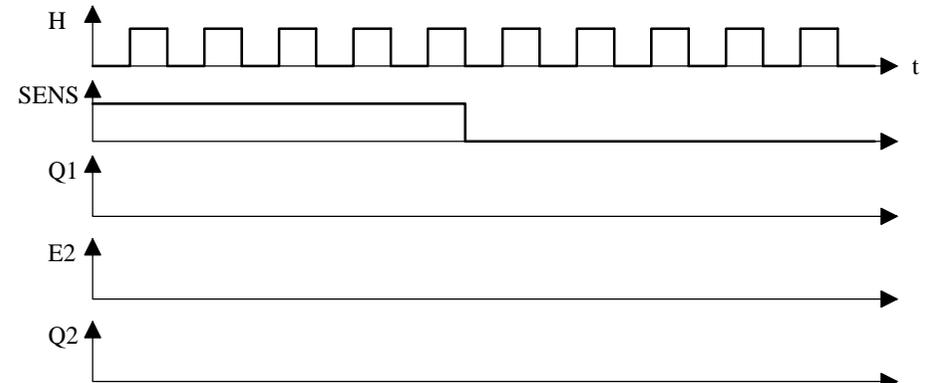
J	K	H	Q
0	0	┘	
1	0	┘	
0	1	┘	
1	1	┘	

✍ Compléter la table de vérité de la bascule JK.

12.3.2• ANALYSE DU FONCTIONNEMENT DU MONTAGE

✍ Etablir l'équation de E2 en fonction de SENS et de Q1 :

✍ Compléter les chronogrammes des sorties Q1, E2 et Q2. (A t=0s, Q1 et Q2 sont à '0'.)



S : Valeur numérique

✍ On note $S = 2^1 \cdot Q2 + 2^0 \cdot Q1$. Calculer la valeur numérique de S pour chaque période de H.

✍ Comment évolue S lorsque SENS = '1' ? Comment évolue S lorsque SENS = '0' ?
