
Circuits séquentiels

Plan

- Introduction
- Définition d'une bascule
- Présentation de quelques bascules (RS, D, JK)

Applications :

Les registres; les registres à décalage

Les compteurs modulo n

Définition

- **Rappel : Circuit combinatoire** = la valeur des sorties **S_t** dépendent de la valeur des entrées (**E_i**)

$$S_t = f(E_0, E_1, E_2...) \text{ sans mémoire}$$

- Un **circuit séquentiel** : faculté de **mémorisation**
- La valeur des sorties à l'instant **t** dépendent de la valeur des entrées **$e(t)$** de la valeur des sorties à l'instant **$t-1$**

$$S_t = f(E_0, E_1, E_2..., S_{t-1})$$

Circuit séquentiel

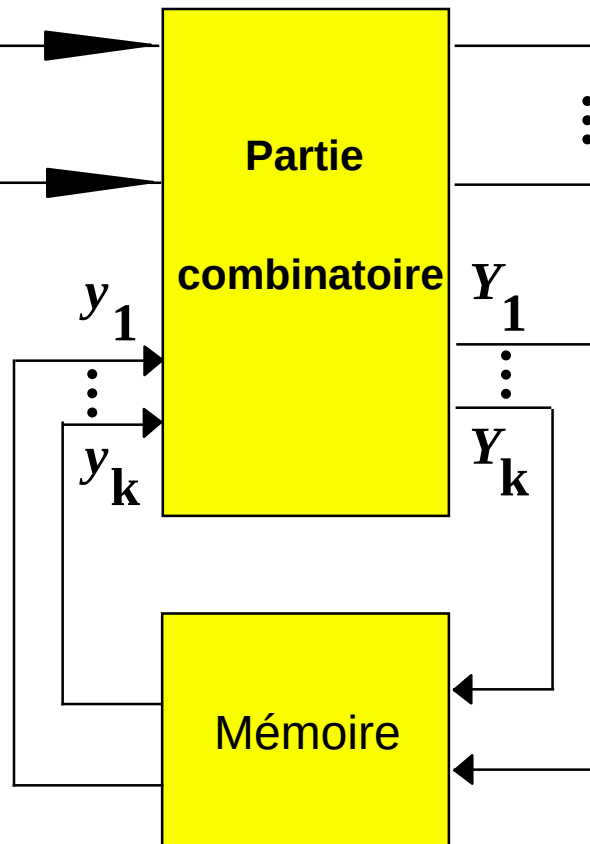
n Variables d'entrée

x_1
 $\vdots$
 x_n

m Fonctions de sortie

z_1
 $\vdots$
 z_m

État
actuel



État
suivant

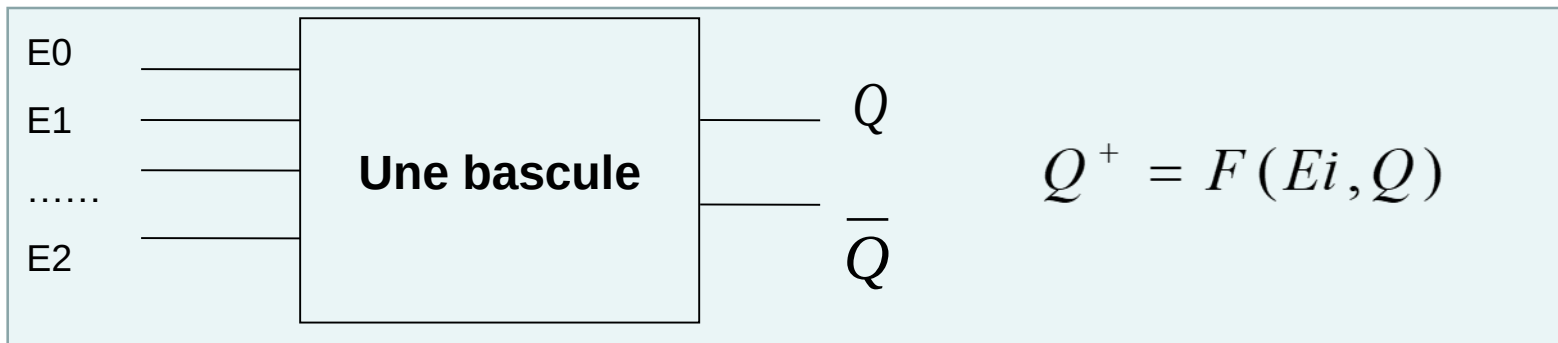
Circuit séquentiel : Etats Stables

- **Les circuits séquentiels** de base sont les **bascules** (flip-flops)
- Une bascule à deux états stables (bistables)
- Les bascules : **capables de conserver l'état de leur sortie** même si la combinaison des signaux d'entrée ayant provoqué cet état de sortie disparaît.

Les bascules (flip-flops)



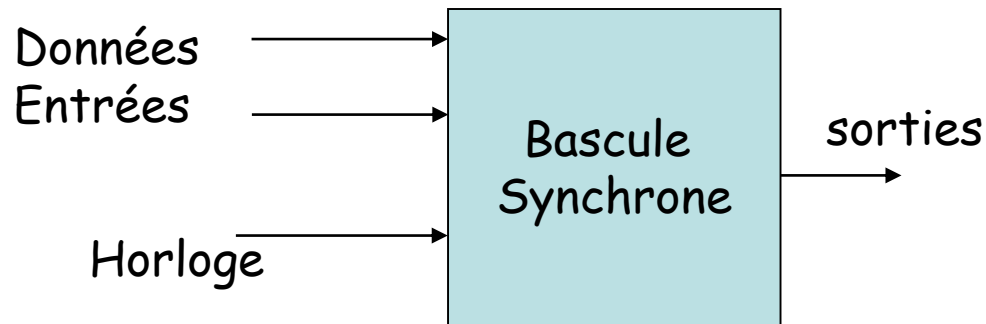
- Bascules Synchrones ou des bascules Asynchrone .
- Chaque bascule **possède des entrées** et **deux sorties** Q et $\bar{Q}$
- Une bascule possède la fonction de **mémoration** et de **bascullement**.



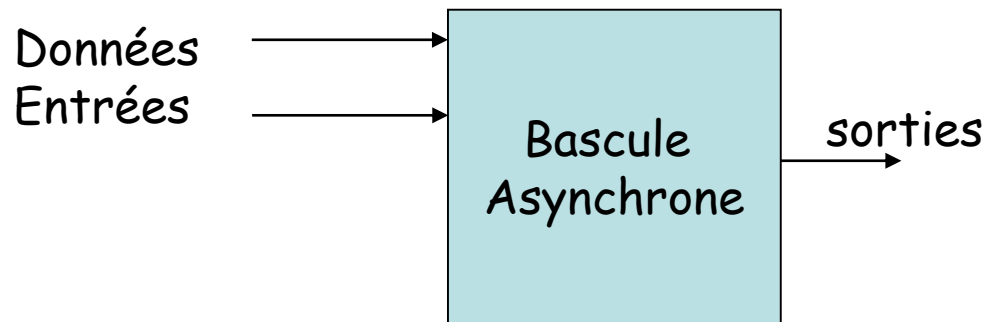
Types de bascules : RS, RST ,D ,JK , T

Bascules Synchrones/Asynchrones

- Les bascules synchrones : asservies à des impulsions d'horloge et donc insensibles aux bruits entre deux tops

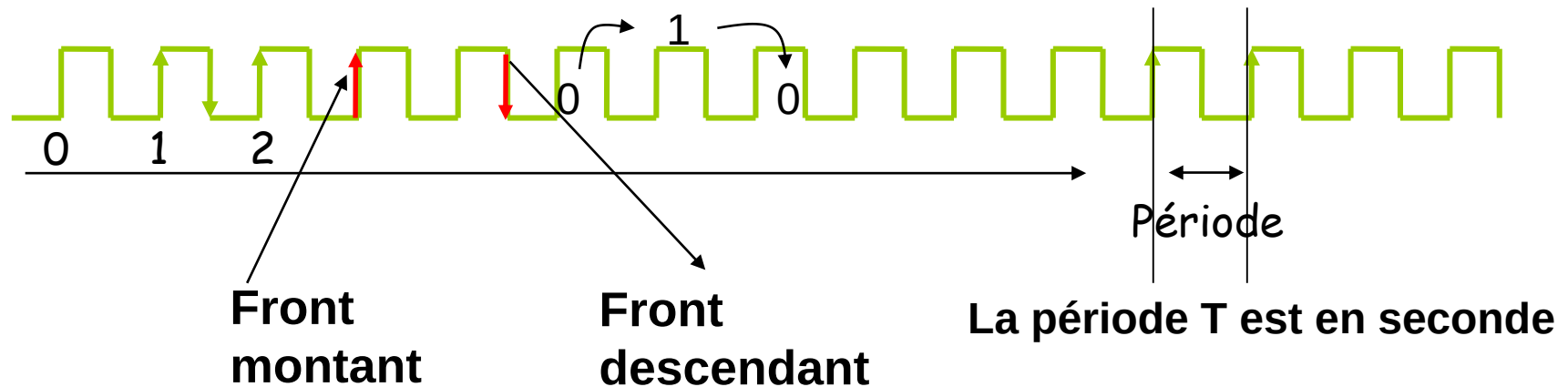


- Les bascules asynchrones, non asservies à une horloge et prenant en compte leurs entrées à tout moment.



Horloge (Clock)

- **Horloge** : composant passant indéfiniment et régulièrement d'un niveau haut à un niveau bas (succession de 1 et de 0), chaque transition s'appelle un top.



Fréquence = nombre de changement par seconde en hertz (Hz)

Fréquence = $1/\text{période}$

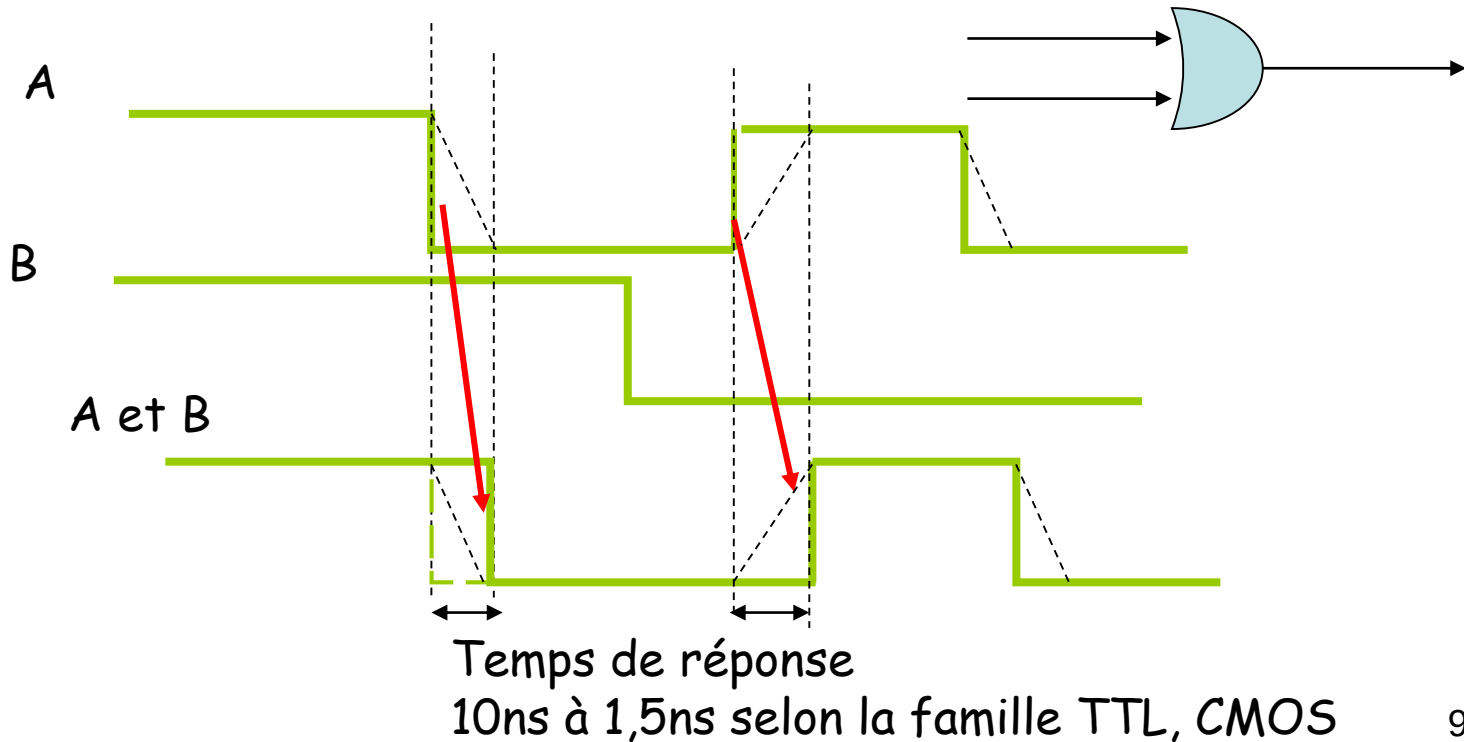
Une horloge de 1 hertz a une période de 1 seconde

.....1 megahertz.....1 microseconde

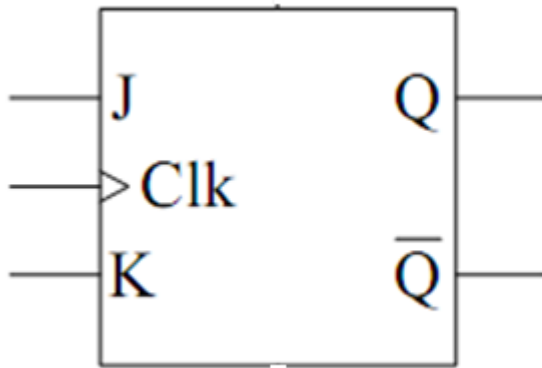
.....1 gigaHz.....1 nanoseconde

Temps de réponse des portes logiques

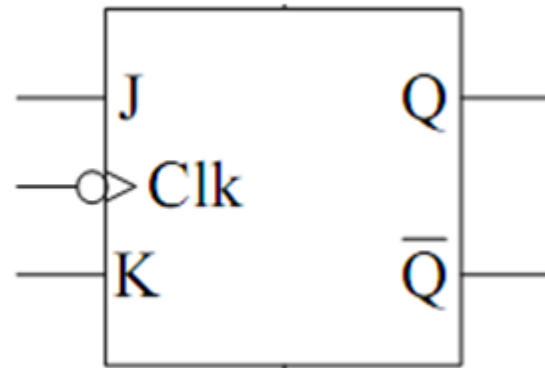
- L'instant séparant l'instant où les données sont appliquées de l'instant où les sorties sont positionnées n'est pas nul.



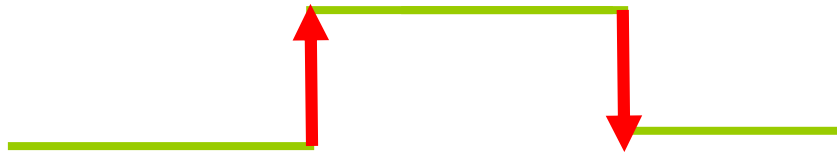
Horloge (Clock)



Front montant



Front descendant

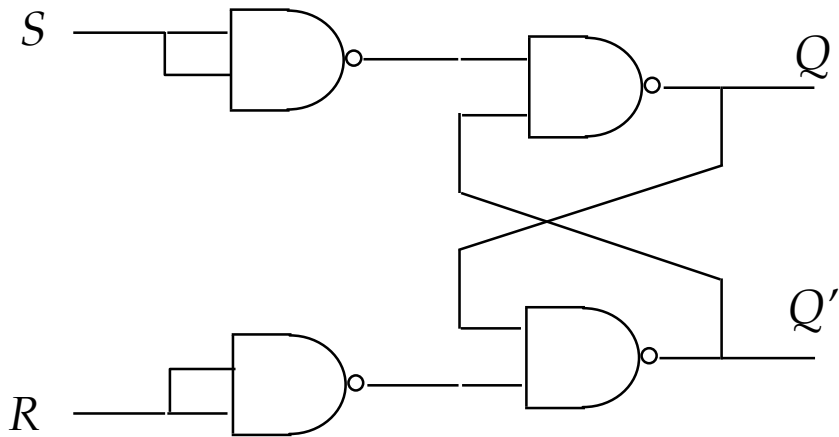


Bascules

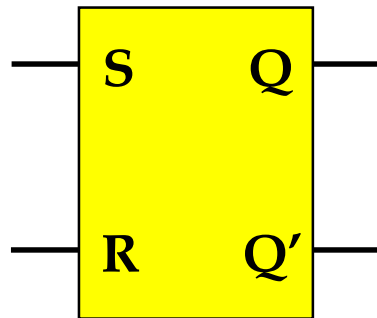
RS D JK

Bascule RS

- Diagramme, symbole et table de transition :

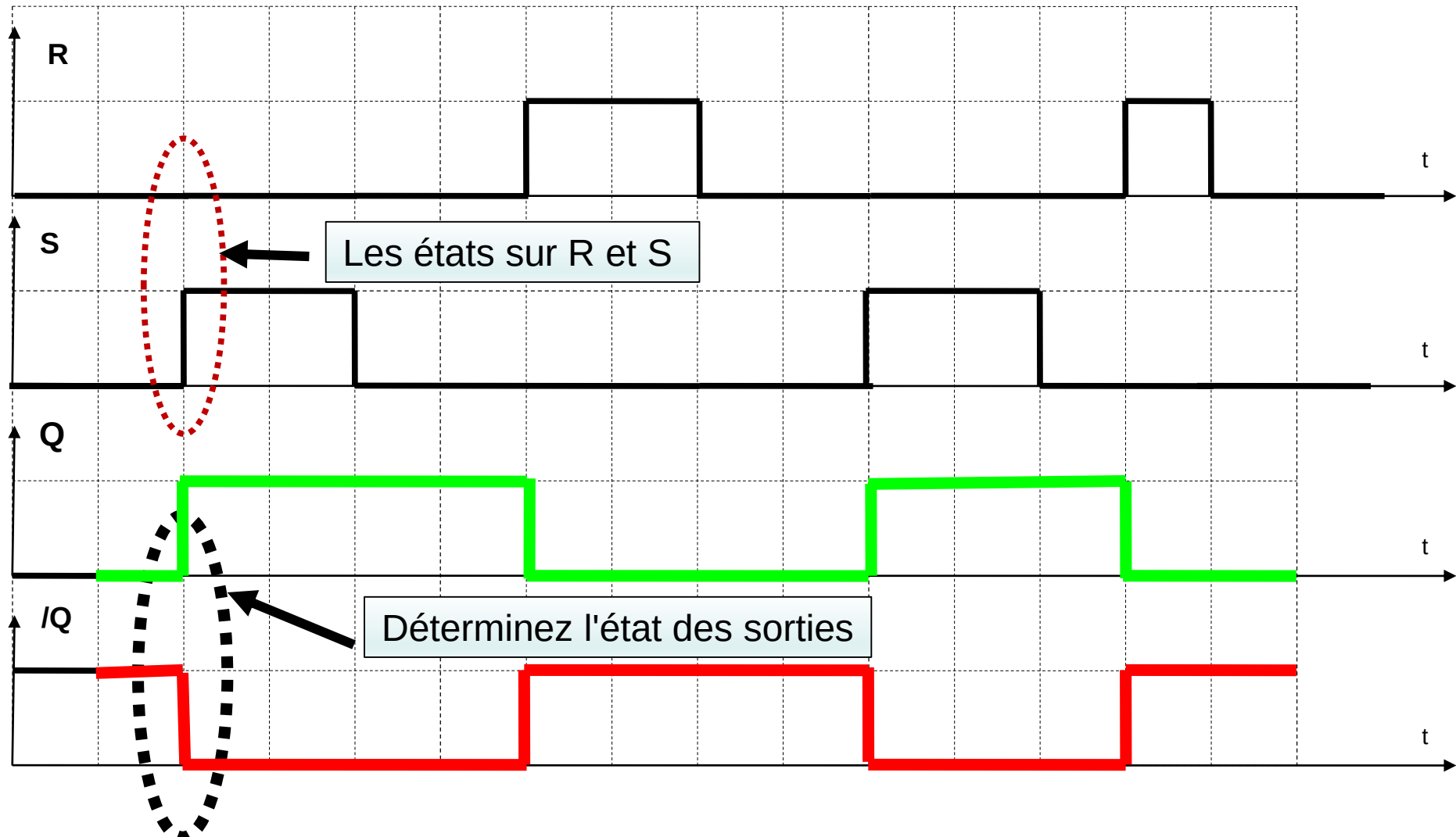


R = Reset (Mise à 0)
S = Set (Mise à 1)



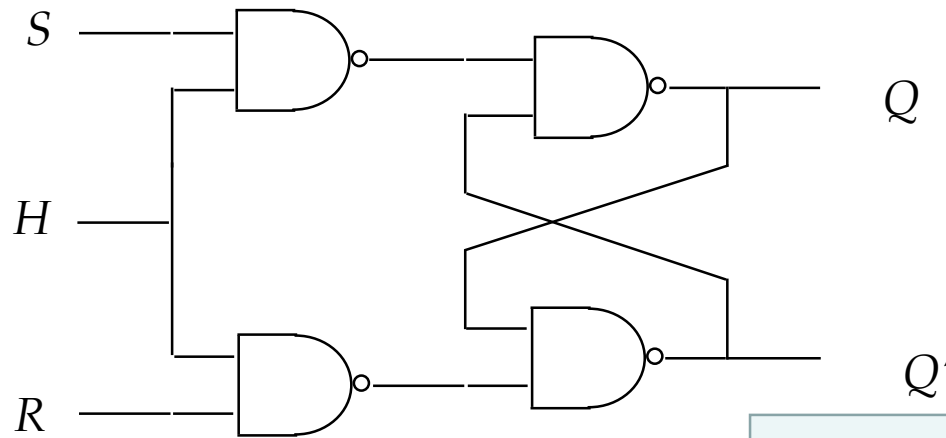
R	S	Q_{t+1}	
0	0	Q_t	Ne change pas d'état
0	1	1	Mise à 1
1	0	0	Mise à 0
1	1	?	Interdit

Bascule RS



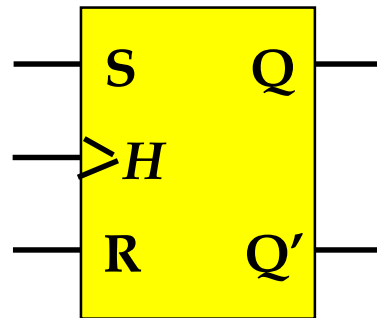
Bascule RSH

- Diagramme, symbole et table de transition :



Condition supplémentaire :
H actif

- Si $H=1$ mémoire classique
- Si $H=0$ mémoire figée



R	S	Q_{t+1}	
0	0	Q_t	Ne change pas d'état
0	1	1	Mise à 1
1	0	0	Mise à 0
1	1	?	Interdit

Bascule RSH

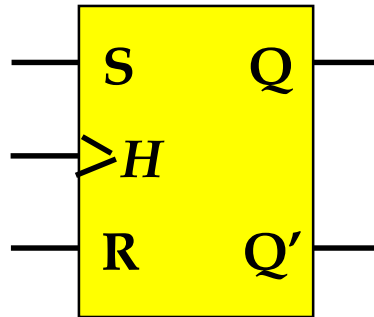


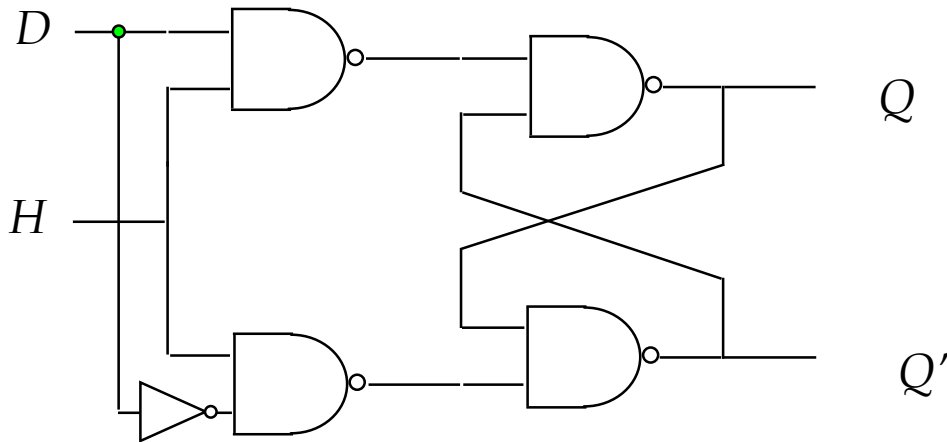
Table de vérité

Q_t	$Q(t+1)$	R	S
0	0	<i>X</i>	<i>0</i>
0	1	<i>0</i>	<i>1</i>
1	0	<i>1</i>	<i>0</i>
1	1	<i>0</i>	<i>X</i>

Table de transition

Bascule D

- Diagramme, symbole et table de transition :



D	Q_{t+1}
0	0
1	1

Table de vérité

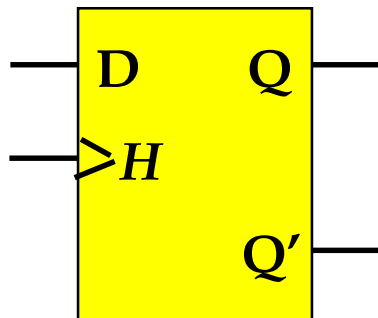
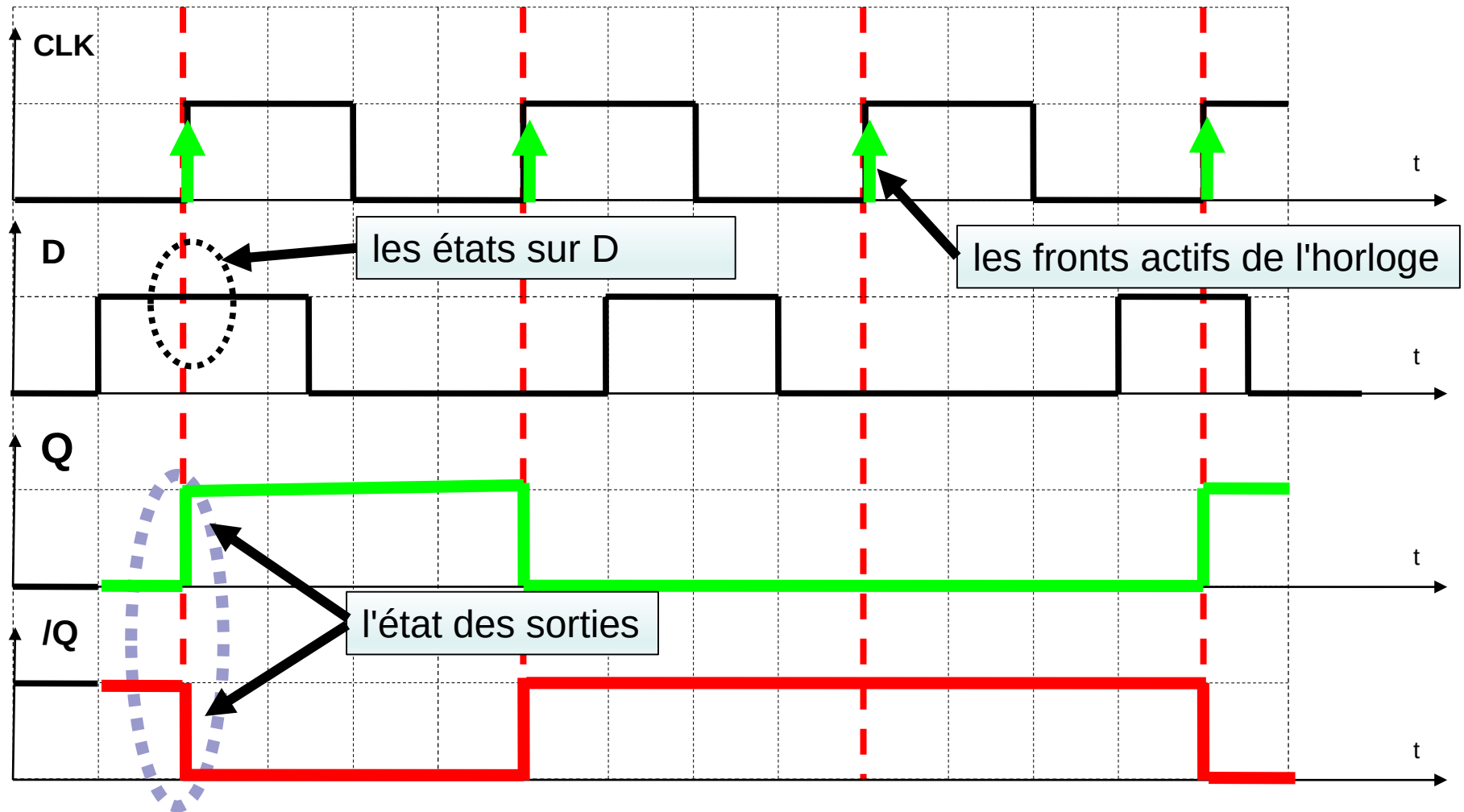


Table de transition

Bascule D



Bascule JK

- Diagramme, symbole et table de transition :

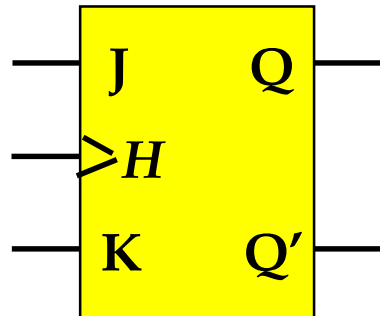
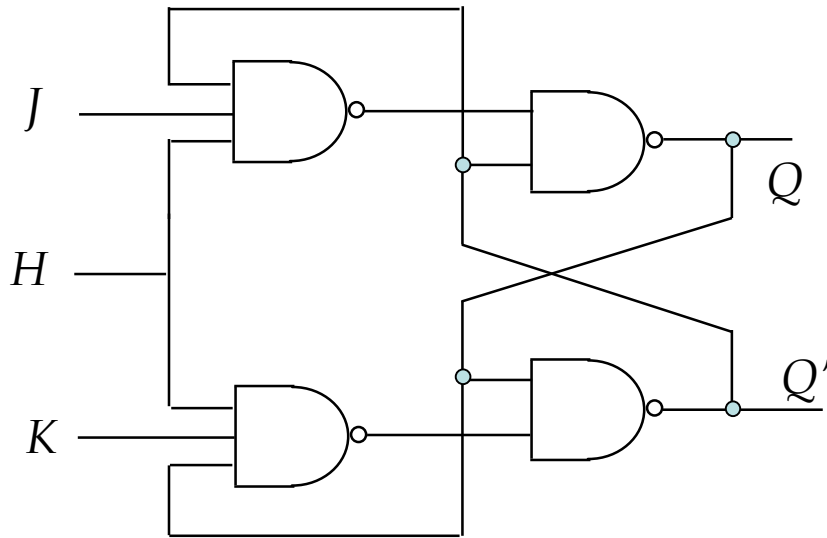


Table de vérité

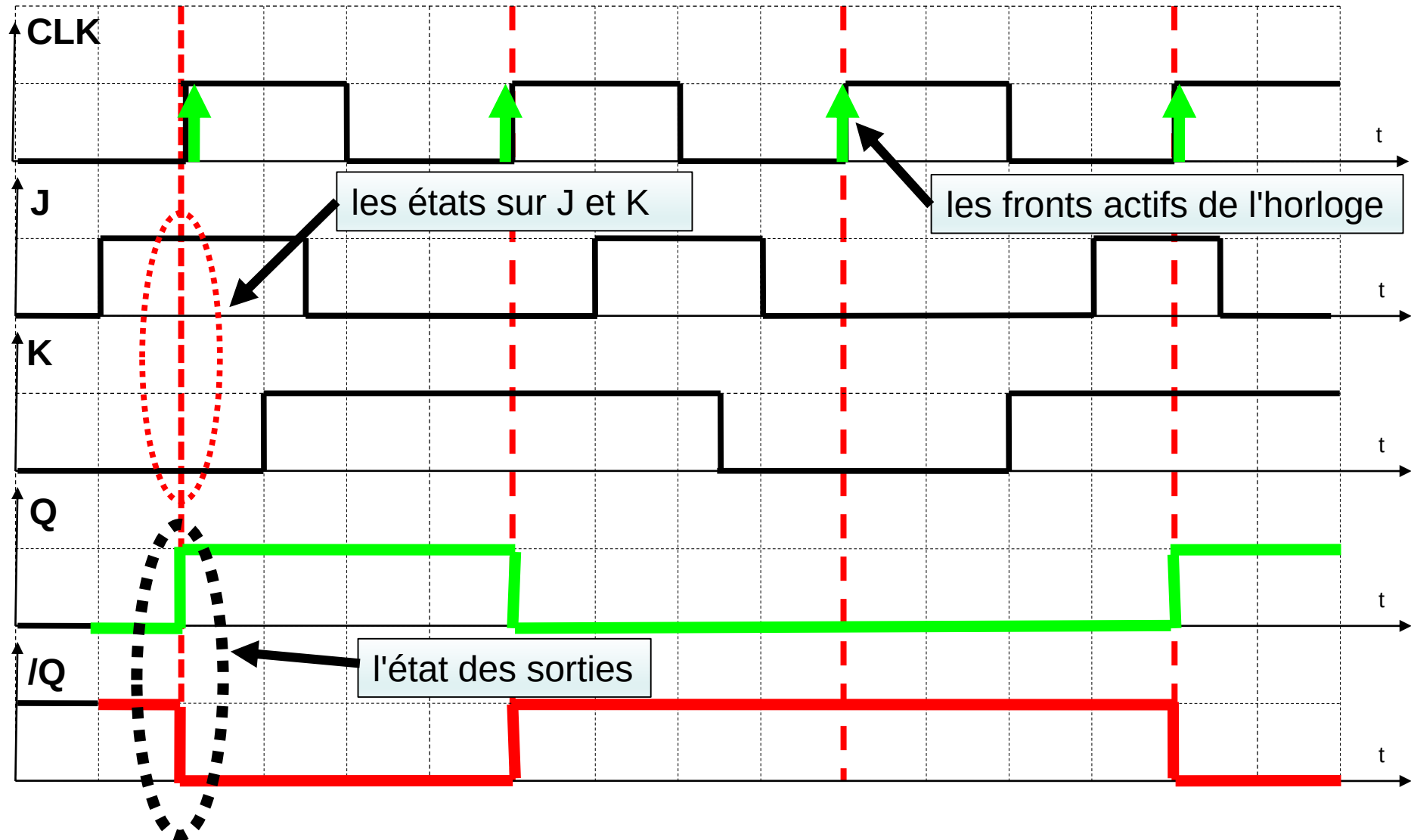
J	K	Q_{t+1}	
0	0	Q_t	Ne change pas d'état
0	1	0	Mise à 0
1	0	1	Mise à 1
1	1	$\overline{Q_t}$	Change d'état



Q_t	$Q(t+1)$	J	K
0	0	0	X
0	1	1	X
1	0	X	1
1	1	X	0

Table de transition

Bascule JK



Applications des circuits séquentiels

- Les registres**
- Les compteurs**

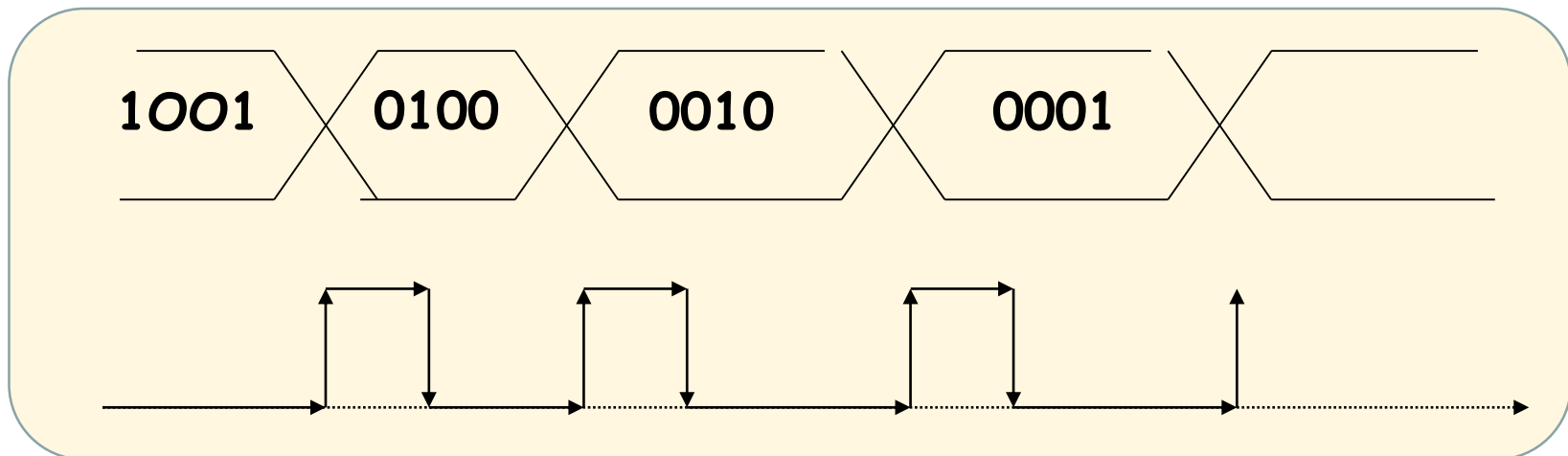
Applications des circuits séquentiels

- Les registres à décalage :

Dans un registre à décalage droite (resp. gauche) :

$\langle n-1, \dots, i+1, i, i-1, \dots, 1, 0 \rangle$

La sortie de la bascule i à l'instant **t** correspond à la sortie de la bascule **$i+1$** (resp. **$i-1$**) à l'instant **$t-1$** .

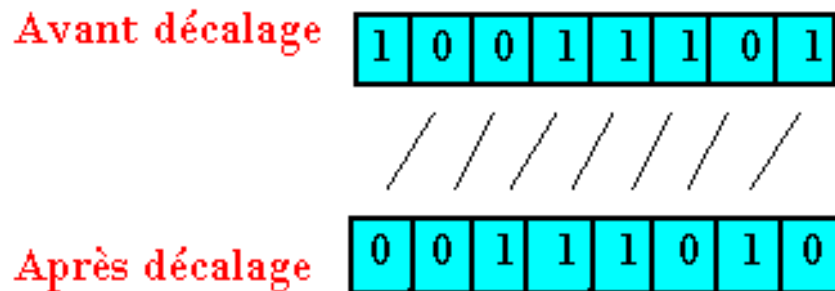


Applications des circuits séquentiels

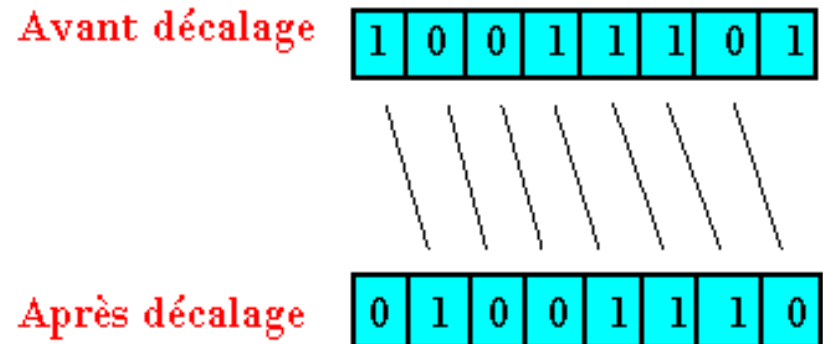
Les registres à décalage :

Le décalage à droite consiste à faire avancer l'information vers la droite:

Exemples:



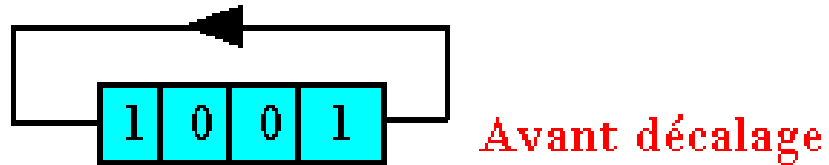
décalage à gauche



décalage à droite

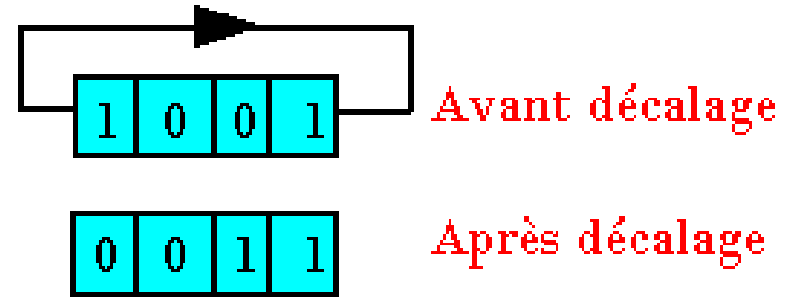
Applications des circuits séquentiels

Les registres à décalage :



1 1 0 0 Après décalage

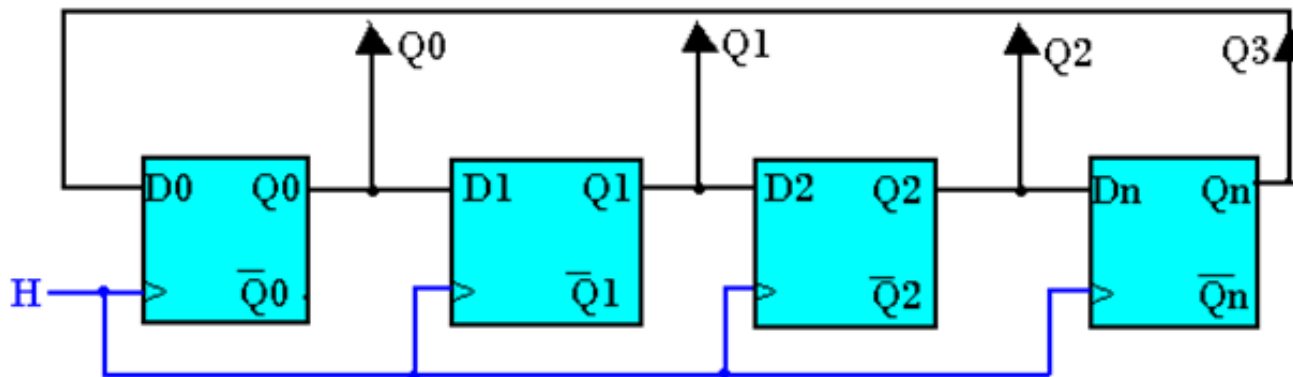
Décalage circulaire à droite



0 0 1 1 Après décalage

Décalage circulaire à gauche

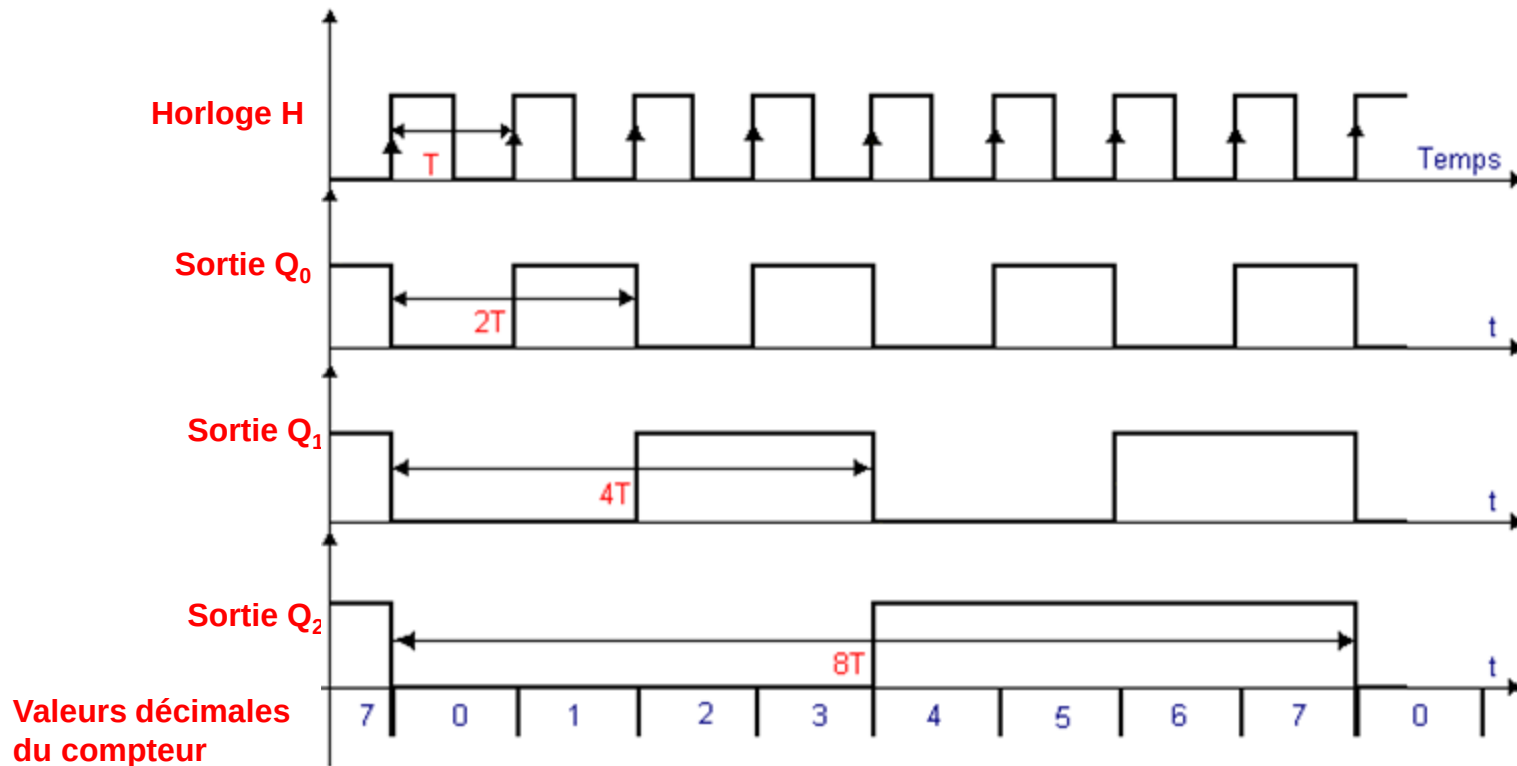
Exemple: registre à décalage circulaire 4 bits à bascule D



Applications des circuits séquentiels

Les compteurs :

Exercice: on désire réaliser un compteur modulo 8 : 0, 1, 2, ...7, 0, 1....
En utilisant les bascules JK



Nous avons trois bits : donc trois bascules 0,1, 2

Exercice : réaliser ce compteur avec des bascules JK.

Etat Actuel Avant			Etat Suivant après			Ce qu'il faut appliquer aux entrées		
Q2	Q1	Q0	Q2	Q1	Q0	J2/K2	J1/K1	J0/K0
0	0	0	0	0	1	?	?	?
0	0	1	0	1	0	?	?	?
0	1	0	0	1	1	?	?	?
0	1	1	1	0	0	?	?	?
1	0	0	1	0	1	?	?	?
1	0	1	1	1	0	?	?	?
1	1	0	1	1	1	?	?	?
1	1	1	0	0	0	?	?	?
						?	?	?

Trouvez les équations de J2, K2, J1, K1, J0, K0 en fonction des Qi avant (à l'instant t)

Table de transition de la bascule JK

J	K	Q_{t+1}
0	0	Q_t
0	1	0
1	0	1
1	1	$\overline{Q_t}$

Table de vérité



Q_{avant}	$Q_{\text{après}}$	J	K
0	0	0	X
0	1	1	X
1	0	X	1
1	1	X	0

Table de transition

Tables de transition

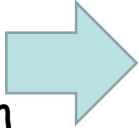
Q _{avant}	Q _{après}	J	K
0	0	0	X
0	1	1	X
1	0	X	1
1	1	X	0

Table de transition JK

Etat Actuel Avant	Etat Suivant après	Ce qu'il faut appliquer aux entrées
----------------------	-----------------------	--

Q2	Q1	Q0	Q2	Q1	Q0	J2/K2	J1/K1	J0/K0
0	0	0	0	0	1	0 X	0 X	1 X
0	0	1	0	1	0	0 X		
0	1	0	0	1	1			
0	1	1	1	0	0			
1	0	0	1	0	1			
1	0	1	1	1	0			
1	1	0	1	1	1			
1	1	1	0	0	0			
								27

Trouvez les équations de J2, K2, J1, K1, J0, K0 en fonction des Qi avant



Applications des circuits séquentiels

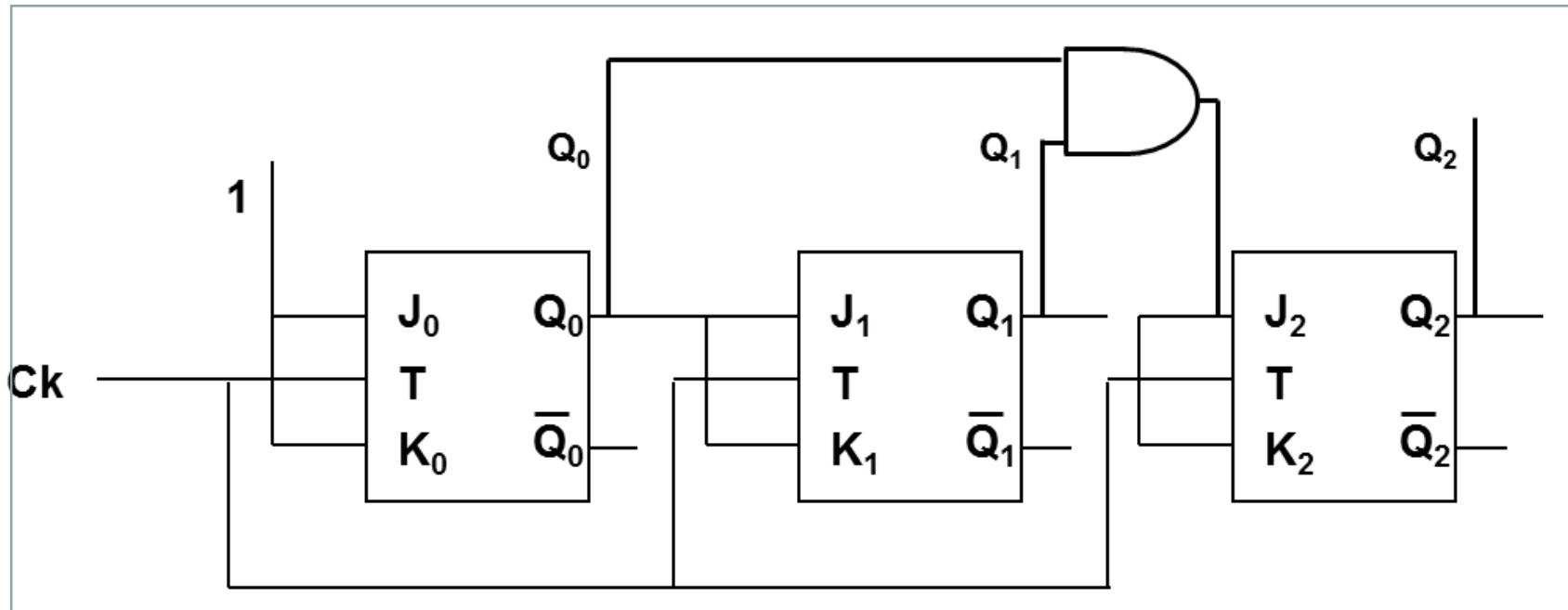
- Resultats

$$J_0 = K_0 = 1$$

$$J_1 = K_1 = Q_0$$

$$J_2 = K_2 = Q_0 \cdot Q_1$$

ATTENTION : Poids fort Q_2 , Poids Faible Q_0



Compteur synchrone modulo 8 à l'aide des bascules JK

Source: <https://perso.univ-lyon1.fr/hamid.ladjal/LIFBAP/Supports/CM3.pdf>

Merci pour votre attention
