

Electronique Numérique

Chapitre 3: Les bascules

UP embarqué

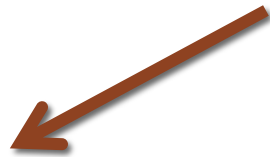
Année Universitaire 2020/2021

Plan

- ❑ Introduction
- ❑ Logique séquentielle
- ❑ Les bascules
- ❑ Les bascules asynchrones : RS
- ❑ Les bascules synchrones :
 - RSH
 - D
 - T
 - JK
 - JK avec entrées de forçage
- ❑ Applications des bascules

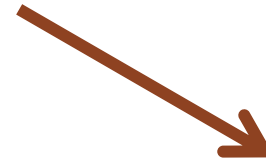
Introduction

Les systèmes Numériques



Les systèmes combinatoires

Les signaux de sortie ne dépendent que des signaux d'entrée présents.



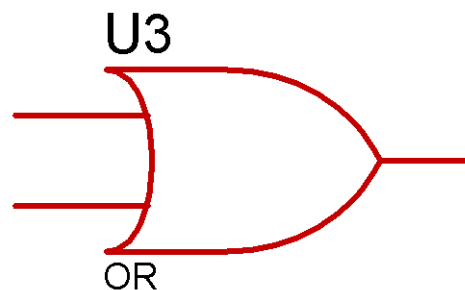
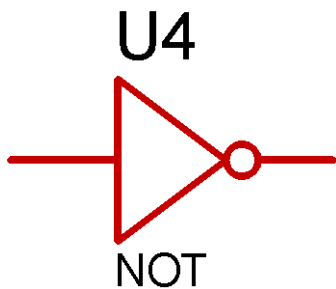
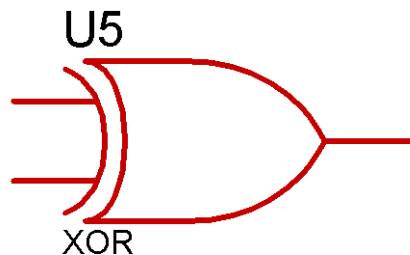
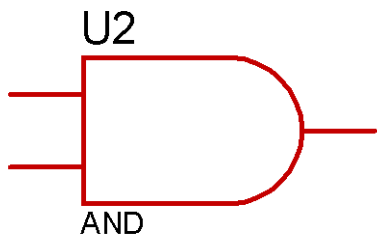
Les systèmes séquentiels

Circuits dans lesquels les signaux de sortie dépendent des signaux de sortie appliqués antérieurement en plus des signaux d'entrée présents.

Introduction

Les systèmes combinatoires

Sont basées sur les portes logiques tels que:



Les systèmes séquentiels

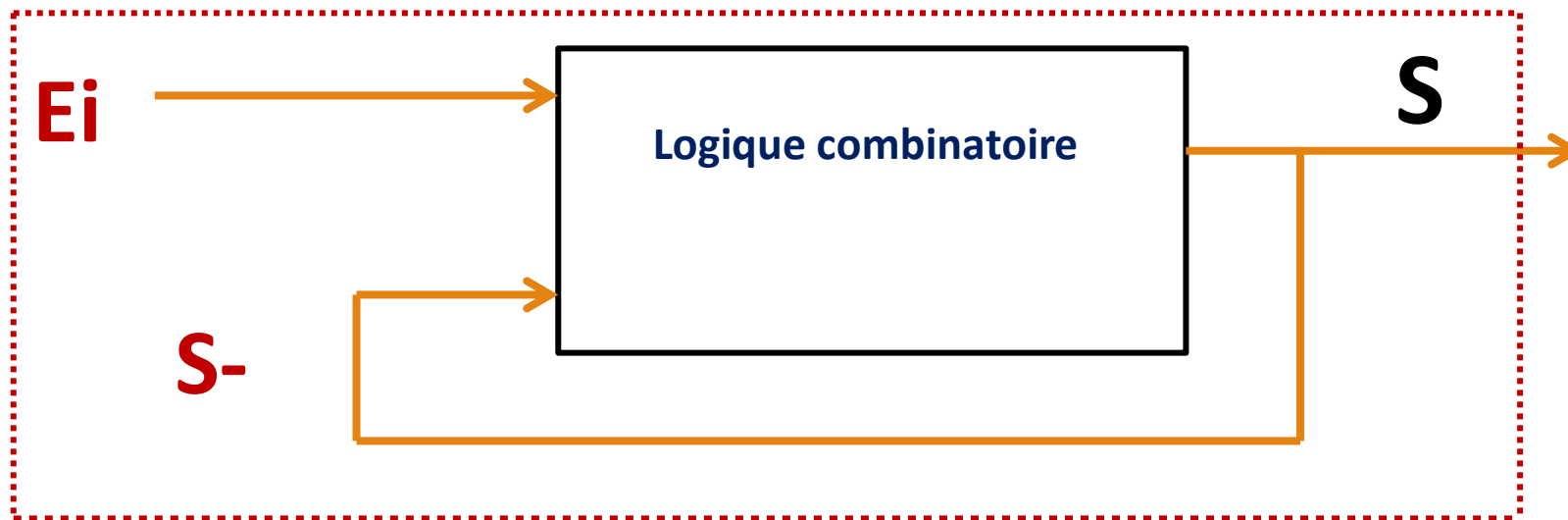
Sont basées sur les portes logiques ainsi que les bascules.

Une **bascule** est un circuit logique capable, dans certaines circonstances, de maintenir les valeurs de ses sorties malgré les changements de valeurs d'entrées, c'est-à-dire comportant un état « mémoire ».

Le fonctionnement des bascule est basé donc sur la logique séquentielle.

Logique séquentielle

Contrairement à la logique combinatoire, elle permet de mémoriser des états binaires.



Logique séquentielle

Pour déterminer l'état présent de la sortie il faut :

- ☐ L'état de l'entrée **Ei**
- ☐ L'état précédent de la sortie **S-**

Les bascules

Les bascules

Les bascules asynchrones

La seule bascule asynchrone est la bascule RS .

Les sorties évoluent à la suite d'un changement de combinaison d'entrées ce qui provoque :

- ☐ Des états transitoires
- ☐ Des retards de durées différentes
- ☐ Des risques d'instabilité



Les bascules synchrones

L'évolution des sorties est synchronisée par une commande externe appelé horloge afin d'éviter les multiples états transitoires notamment lorsque les entrées changent d'état simultanément.

Exemples :

- Bascule RSH
- Bascule D
- Bascule T
- Bascule JK



Les bascules asynchrones

□ Bascule RS :

Symbole

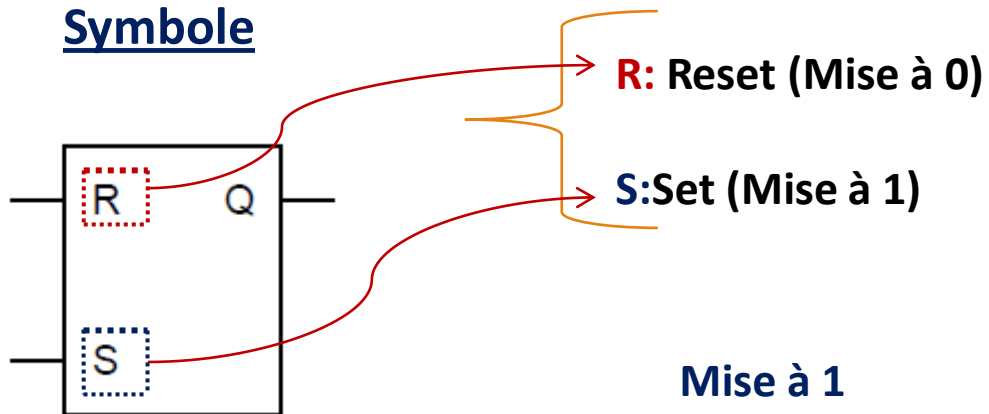


Table de fonctionnement

R	S	Q
0	0	Q-
0	1	1
1	0	0
1	1	Interdit

Les bascules synchrones

❑ Bascule RSH :

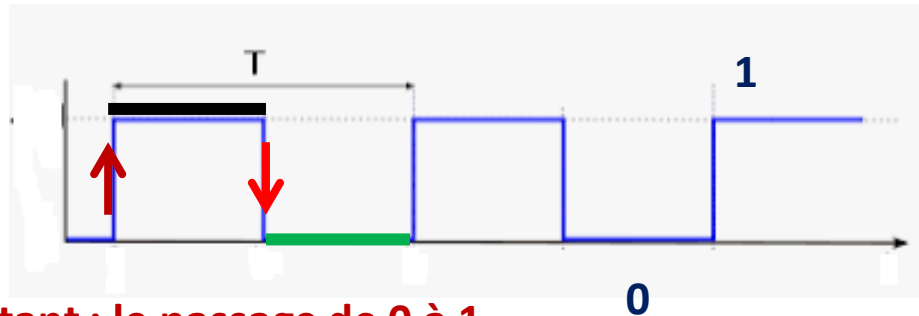
Les entrées sont :

❑ R: Reset (Remise à 0)

❑ S:Set (Remise à 1)

❑ H:Horloge

➤ Signal d'horloge



Front montant : le passage de 0 à 1

Front descendant : le passage de 1 vers 0

Niveau Haut : H=1

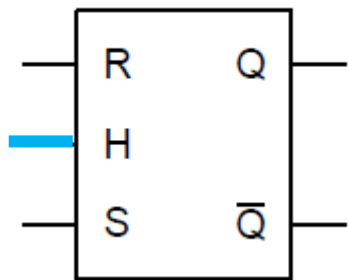
Niveau bas : H=0

Les bascules synchrones

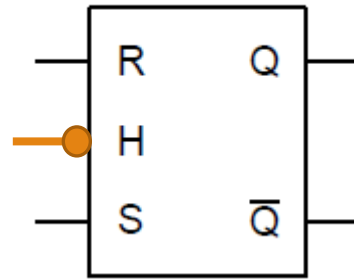
□ Bascule RSH :



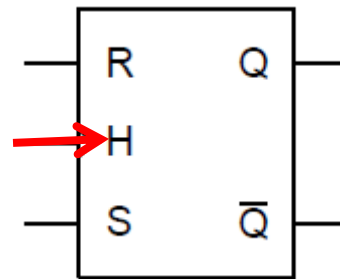
Mode de synchronisation et symboles



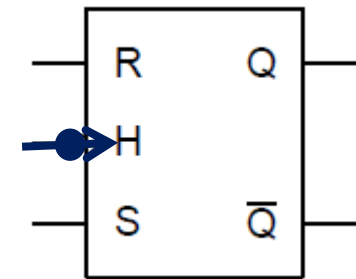
Niveau Haut



Niveau bas



Front montant



Front descendant

Synchronisation par niveau

Synchronisation par front

Les bascules synchrones

□ Bascule RSH :



Table de fonctionnement

□ Synchronisation par le front montant de l'horloge

H	R	S	Q+	
0	X	X	Q-	Mémorisation
1	X	X	Q-	Mémorisation
↑	0	0	Q-	Mémorisation
↑	0	1	1	Mise à 1
↑	1	0	0	Mise à 0
↑	1	1	Interdit	

□ Synchronisation par le front descendant de l'horloge

H	R	S	Q+	
0	X	X	Q-	Mémorisation
1	X	X	Q-	Mémorisation
↓	0	0	Q-	Mémorisation
↓	0	1	1	Mise à 1
↓	1	0	0	Mise à 0
↓	1	1	Interdit	

Les bascules synchrones

□ Bascule RSH :



Table de fonctionnement

□ Synchronisation par le niveau haut de l'horloge

H	R	S	Q+	
↓	X	X	Q-	Mémorisation
↑	X	X	Q-	Mémorisation
1	0	0	Q-	Mémorisation
1	0	1	1	Mise à 1
1	1	0	0	Mise à 0
1	1	1	Interdit	

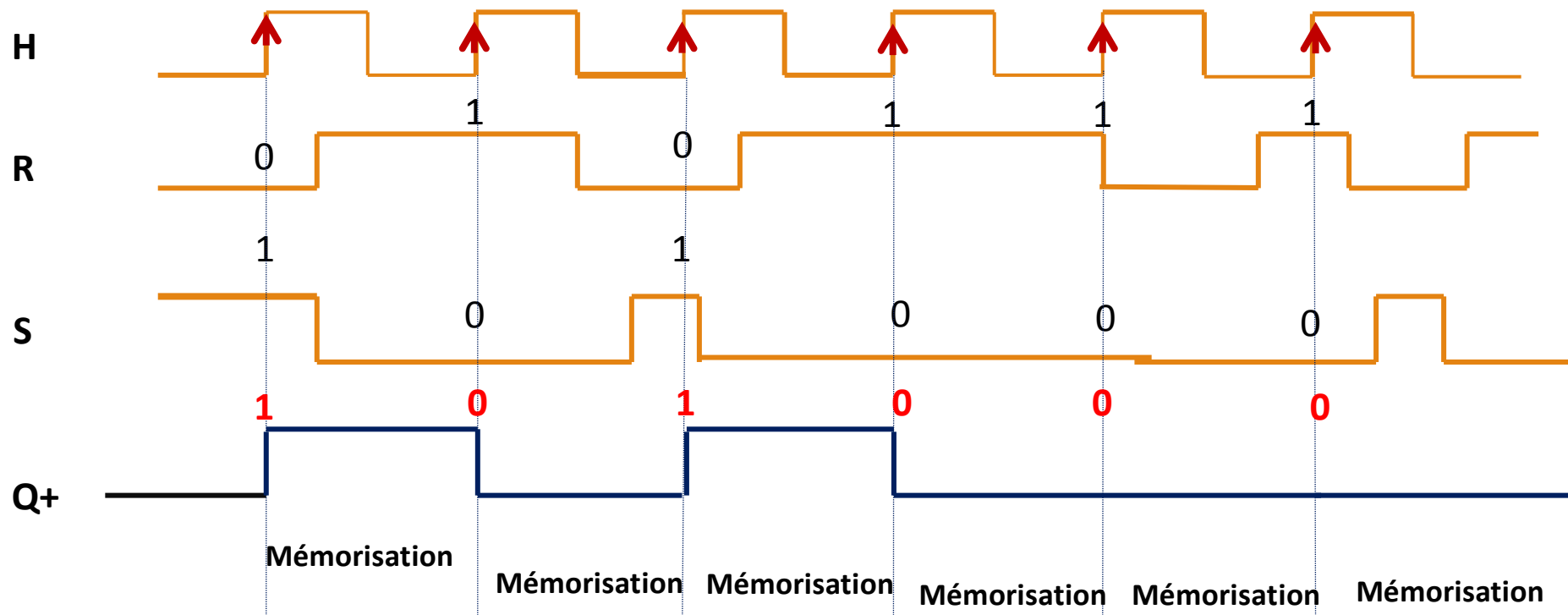
□ Synchronisation par le niveau bas de l'horloge

H	R	S	Q+	
↓	X	X	Q-	Mémorisation
↑	X	X	Q-	Mémorisation
0	0	0	Q-	Mémorisation
0	0	1	1	Mise à 1
0	1	0	0	Mise à 0
0	1	1	Interdit	

Les bascules synchrones

□ Bascule RSH :

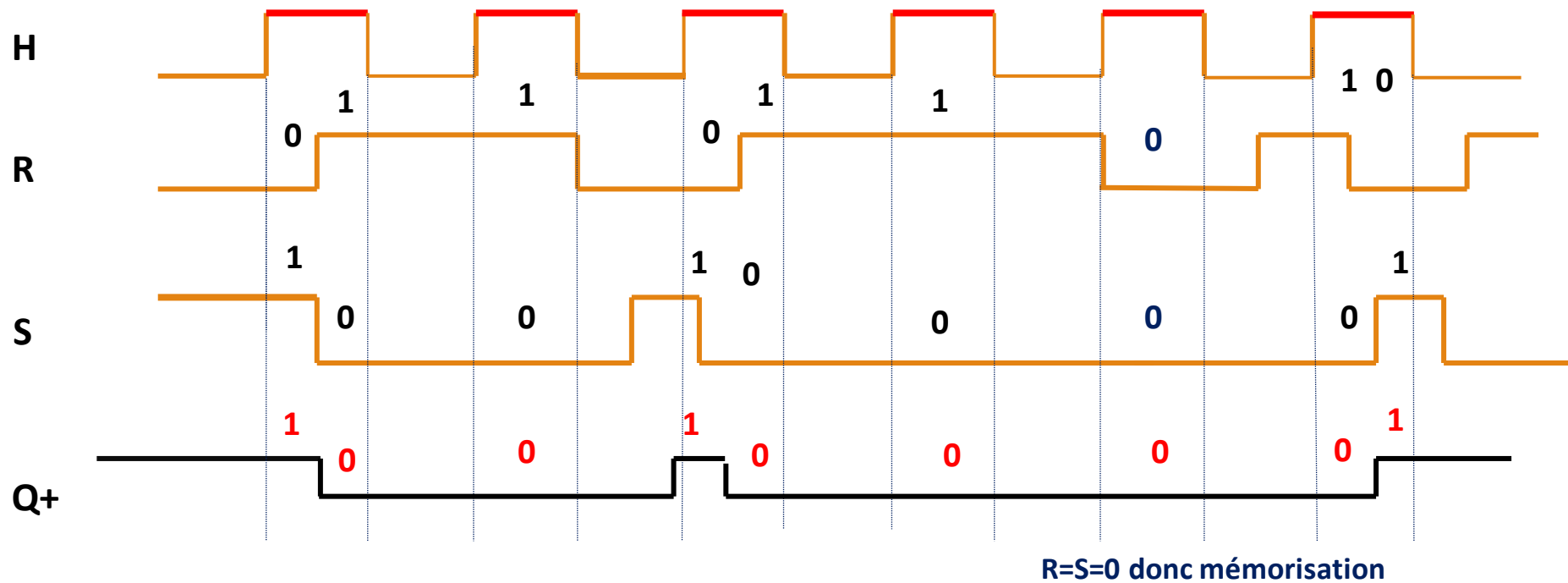
➤ Exemple 1 : Bascule RSH activée sur front montant



Les bascules synchrones

□ Bascule RSH :

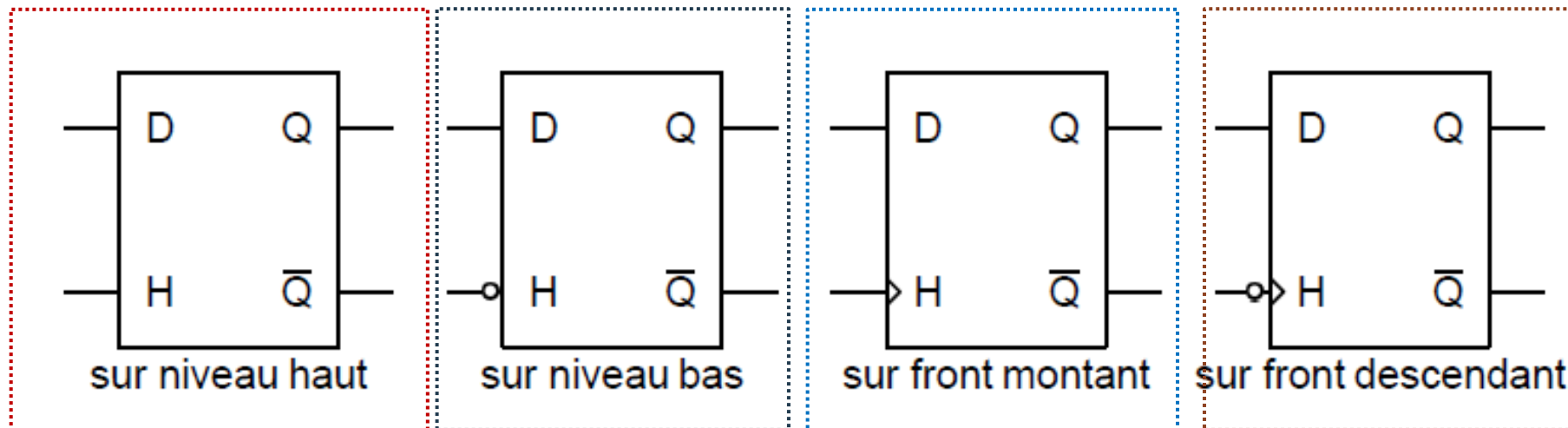
➤ Exemple 2 : Bascule RSH activée sur niveau Haut (H=1)



Les bascules synchrones

□ Bascule D :

Symbole



Les bascules synchrones

□ Bascule D :



Table de fonctionnement

□ Synchronisation par le front montant de l'horloge

H	D	Q ⁺
0	x	Q ⁻
1	x	Q ⁻
↑	0	0
↑	1	1

Mémorisation

Recopie

□ Synchronisation par le front descendant de l'horloge

H	D	Q ⁺
0	x	Q ⁻
1	x	Q ⁻
↓	0	0
↓	1	1

Mémorisation

Recopie

Les bascules synchrones

□ Bascule D :



Table de fonctionnement

□ Synchronisation par le niveau haut de l'horloge

H	D	Q ⁺
↑	x	Q ⁻
↓	x	Q ⁻
1	0	0
1	1	1

Mémorisation

Recopie

□ Synchronisation par le niveau bas de l'horloge

H	D	Q ⁺
↑	x	Q ⁻
↓	x	Q ⁻
0	0	0
0	1	1

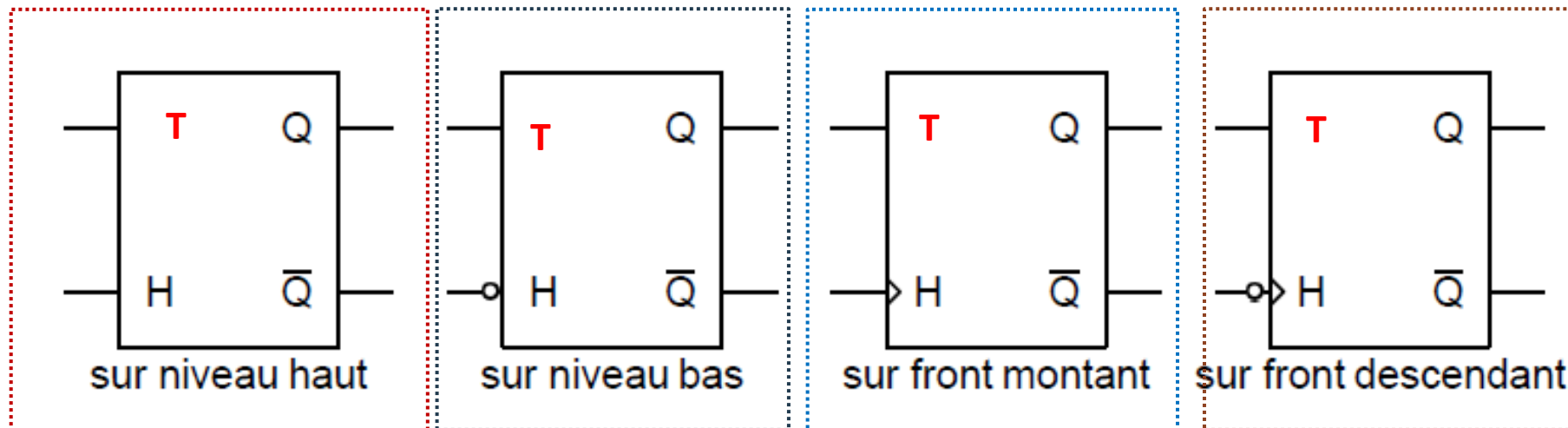
Mémorisation

Recopie

Les bascules synchrones

□ Bascule T :

Symbole



Les bascules synchrones

□ Bascule T :



Table de fonctionnement

□ Synchronisation par le front montant de l'horloge

H	T	Q^+
0	x	Q^-
1	x	Q^-
↑	0	$\overline{Q^-}$
↑	1	$\overline{Q^-}$

Mémorisation

Mémorisation

Basculement: Inversion

□ Synchronisation par le front descendant de l'horloge

H	T	Q^+
0	x	Q^-
1	x	Q^-
↓	0	$\overline{Q^-}$
↓	1	$\overline{Q^-}$

Mémorisation

Mémorisation

Basculement: Inversion

Les bascules synchrones

□ Bascule T :



Table de fonctionnement

□ Synchronisation par le niveau haut de l'horloge

H	T	
↑	x	Q^-
↓	x	Q^-
1	0	\dot{Q}^-
1	1	$\overline{Q^-}$

Mémorisation

Mémorisation

Basculement: inversion

□ Synchronisation par le niveau bas de l'horloge

H	T	Q^+
↑	x	Q^-
↓	x	Q^-
0	0	\dot{Q}^-
0	1	$\overline{Q^-}$

Mémorisation

Mémorisation

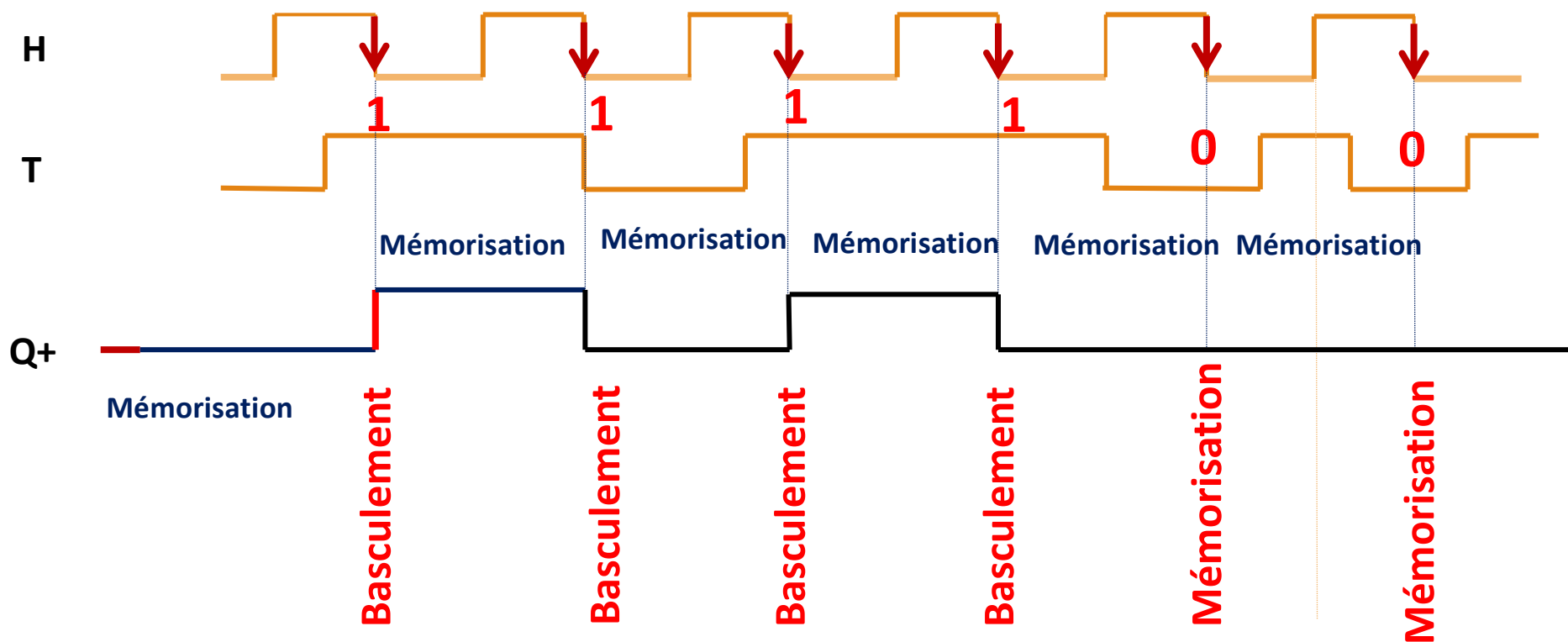
Basculement: inversion

Les bascules synchrones

□ Bascule T :



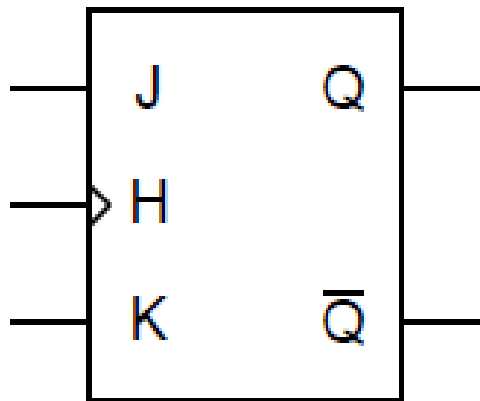
Exemple: Bascule T activée sur front descendant



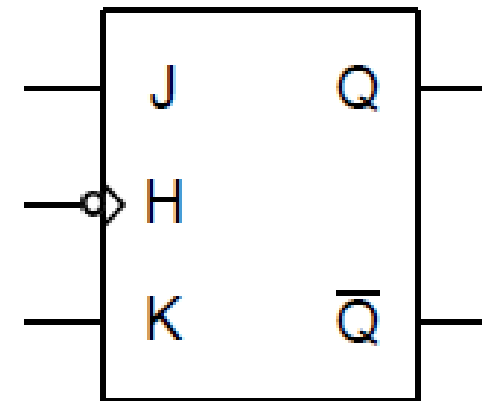
Les bascules synchrones

□ Bascule JK :

➤ Symbole



basculer JK à déclenchement
sur front montant



basculer JK à déclenchement
sur front descendant

Les bascules synchrones

□ Bascule JK :

➤ Table de fonctionnement : Bascule Jk à front montant

H	J	K	Q+
0	x	x	Q-
1	x	x	Q-
↑	0	0	Q-
↑	0	1	0
↑	1	0	1
↑	1	1	\overline{Q}

Mémorisation

Mise à 0

Mise à 1

Basculement

The diagram shows the timing of a J-K flip-flop. The inputs are H (clock), J, and K. The output is Q+.

- H (Clock):** A periodic square wave. Red arrows indicate the rising edges where state changes occur.
- J:** Input signal. Values 0 and 1 are labeled at the rising edges of H.
- K:** Input signal. Values 0 and 1 are labeled at the rising edges of H.
- Q+:** Output signal. It changes state at the rising edges of H when J and K are both 1.

The sequence of events at each rising edge of H is as follows:

Edge	J	K	Q+ Action
1	0	1	Mémorisation (0)
2	1	0	Mémorisation (1)
3	0	1	Mémorisation (0)
4	1	0	Mémorisation (1)
5	1	0	Mémorisation (1)
6	1	1	Basculement (1 to 0)

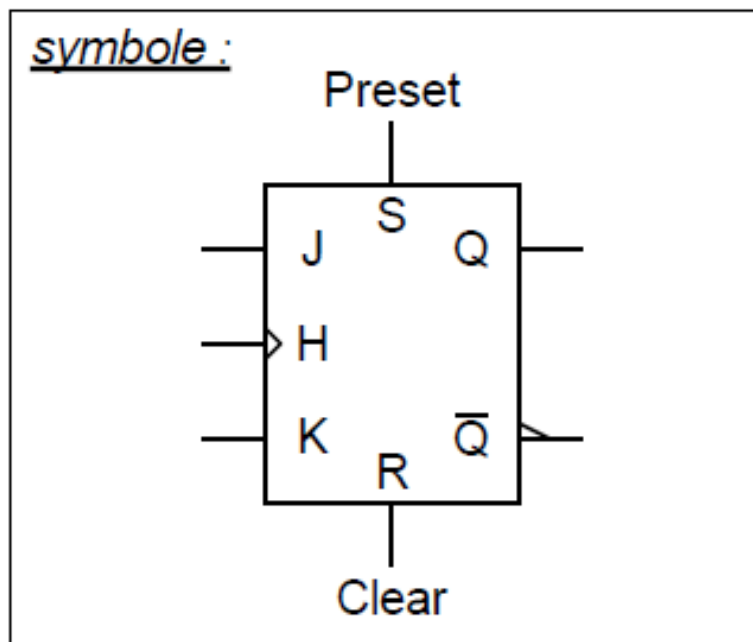
Les bascules synchrones

□ Bascule JK sur front montant avec les entrées de forçage :

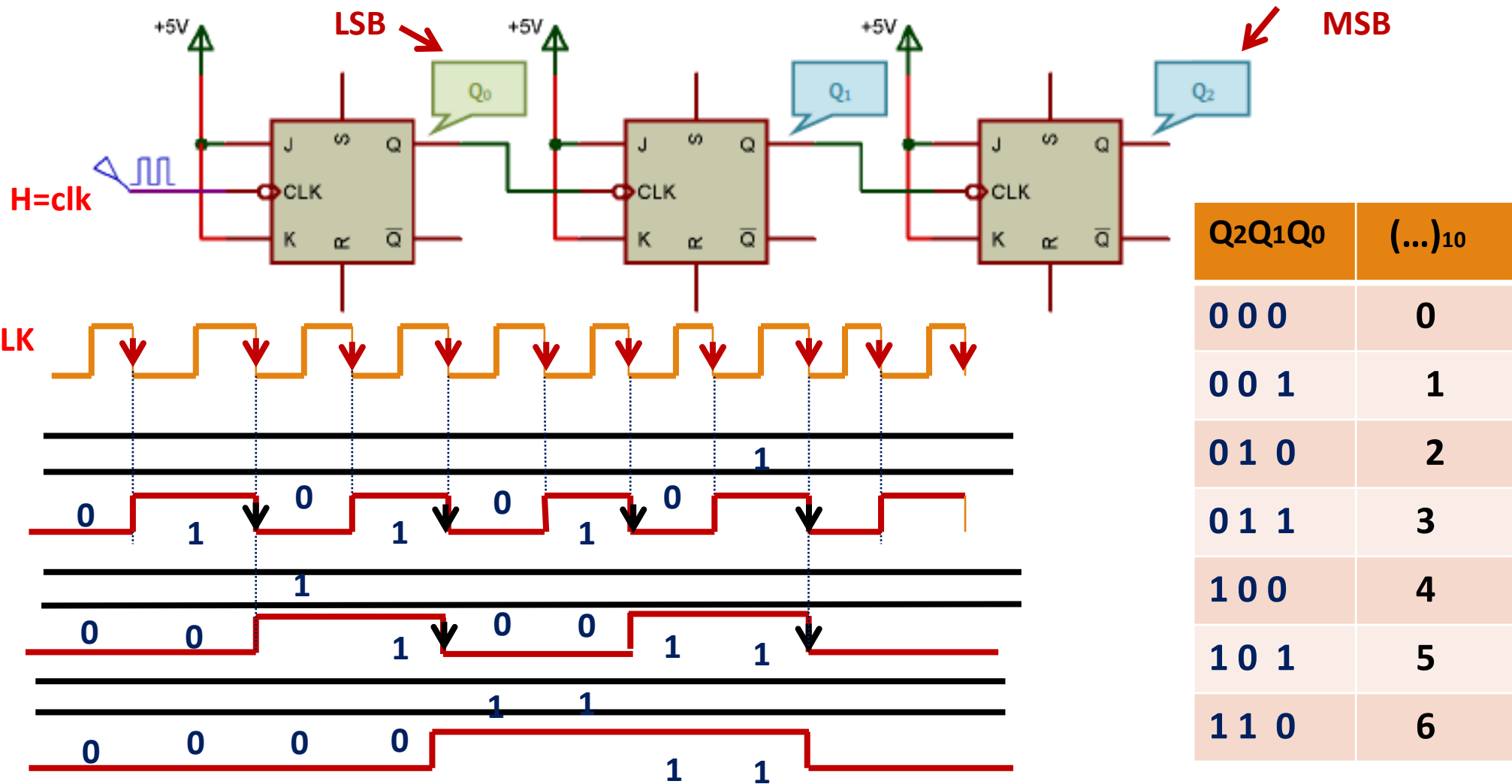
table de fonctionnement :

Entrées de forçage

Cl	Pr	H	J	K	Q ⁺	
1	0	Φ	Φ	Φ	0	Forçage à 0
0	1	Φ	Φ	Φ	1	Forçage à 1
0	0	↑	0	0	Q ⁻	Mémoire
0	0	↑	0	1	0	Mise à 0
0	0	↑	1	0	1	Mise à 1
0	0	↑	1	1	\bar{Q}	Inversion
1	1	Φ	Φ	Φ	Φ	Interdit



Applications des bascules



Q2	Q1	Q0		Q2 ₊	Q1 ₊	Q0 ₊
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

On remarque que Q1 passe de 0 à 1 et de 1 à 0 à chaque fois que **Q0 passe de 1 à 0** → Q0 est utilisée comme une **horloge à front descendant** pour Q1 avec **J1=K1=1 pour avoir un basculement.**

On remarque que Q2 passe de 1 à 0 et de 0 à 1 à chaque fois que **Q1 passe de 1 à 0** → Q1 est utilisée comme une **horloge** pour Q2 avec **J2=K2=1 pour avoir un basculement.**

Applications des bascules

□ Les compteurs

- Les compteurs synchrones
- Les compteurs asynchrones

□ Les registres

- Les registres circulaires
- Les registres à décalage