

Solution : SERIE T.D N°03
Circuits Séquentiels

Réponses aux questions de cours :

Q1 : Dans les Circuits Logiques Séquentiels, nous avons la présence **d'éléments mémoire** :

Un circuit logique séquentiel peut être défini comme un circuit combinatoire englobant des éléments de mémoire. Il se distingue des circuits logiques combinatoires par le fait que ses sorties dépendent non seulement des entrées (combinatoires) mais aussi de l'état de ses sorties.

Q2 : Voici des exemples de bascules (cochez les bonnes réponses) :

RS D CLC CLS JK JSK RAM T

Q3 : On distingue 2 types de circuits logiques séquentiels : Asynchrones synchrones

Q4 : Dans un circuit logique asynchrone, on se sert d'un signal d'horloge pour faire coïncider les moments d'écriture des informations dans les bascules : Vrai Faux

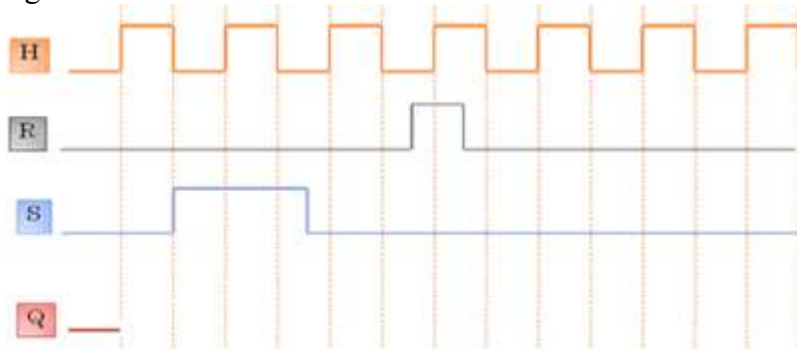
Q5 : Dans un circuit logique synchrone, on se sert d'un signal d'horloge pour synchroniser les moments de changement d'état des bascules : Vrai Faux

Exercice 01 (la solution se trouve en dernier)

Exercice 02 :

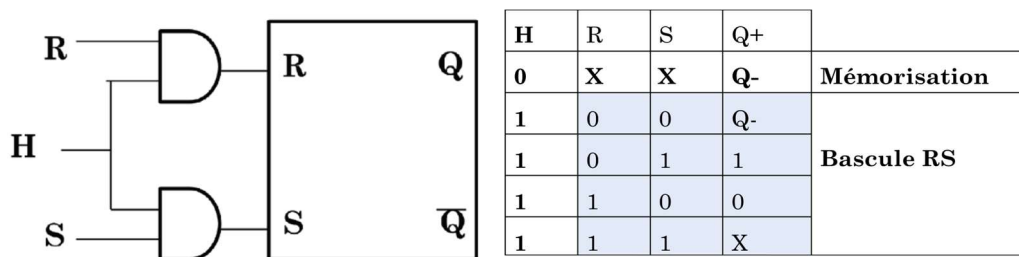
La bascule RSH est une : bascule RS synchronisée avec un signal d'horloge H :

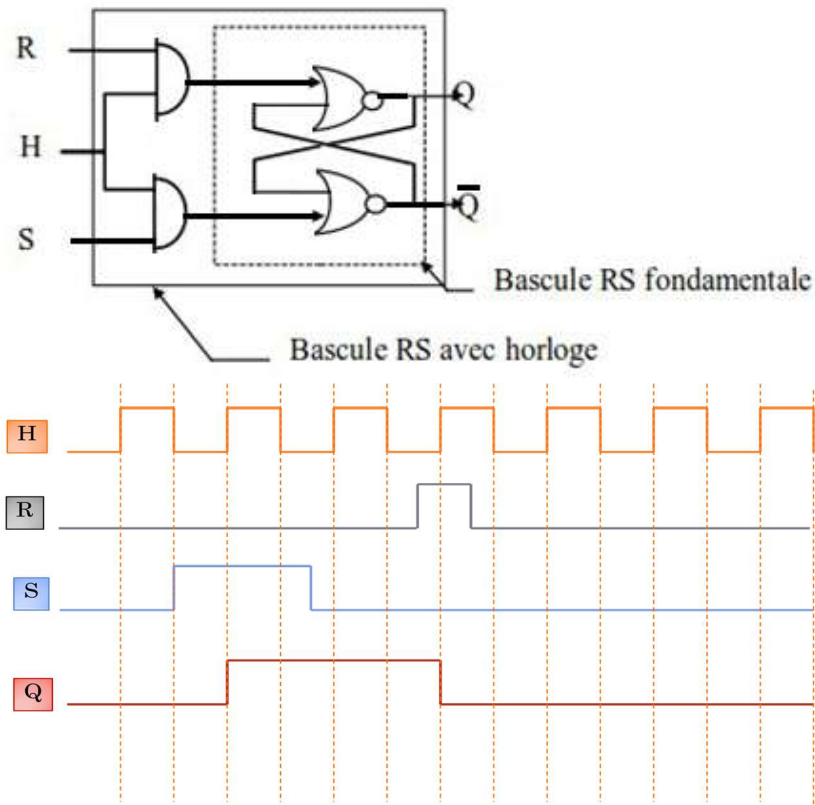
- 1- Donner le circuit de la bascule RSH en utilisant la bascule RS ?
- 2- Tracer le chronogramme de la bascule RSH ?



Exercice 02 : (Solution)

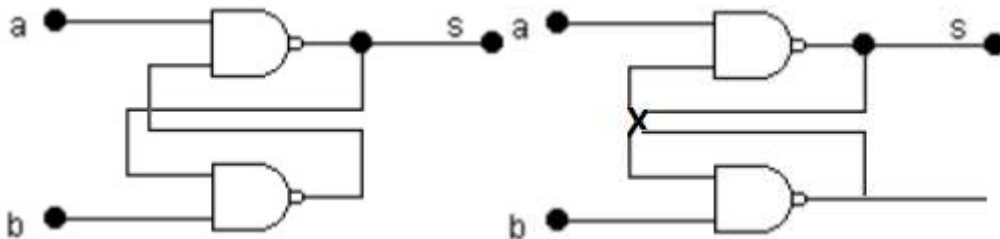
Il suffit de faire un ET logique entre ses entrées et le signal d'horloge, pour imposer à ce que la prise en considération de ses entrées soit rythmée par le signal d'horloge.





Exercice 3 :

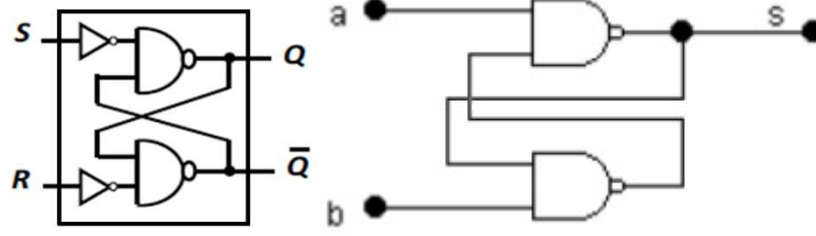
- 1- Donnez la table de vérité du montage ci-dessous :
- 2- Quelle fonction reconnaissez-vous (*Bien sûr* en analysons le fonctionnement) ?



Exercice 03 : (Solution)

- 1- La table de vérité :

a	b	S	S ⁺
0	0	0	x
0	0	1	x
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1



- 2- C'est la bascule SR avec $R = a$ et $S = b$.

Exercice 04.

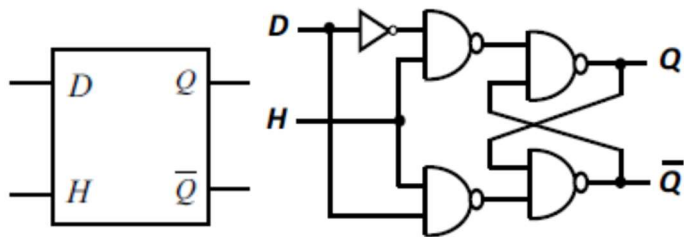
- 1- Transformer une bascule RSH pour qu'elle agisse comme une bascule D (niveau haut) ?
- 2- Transformer une bascule RSH pour qu'elle agisse comme une bascule JK ?
- 3- Réaliser une bascule JK asynchrone en utilisant une bascule RS ?

Exercice 04 : (Solution)

1- La bascule D est une bascule RSH dont les entrées R et S sont complémentées afin d'éliminer l'état interdit ($R=S=1$) et de minimiser le nombre d'états de mémorisation.

- ✓ Lorsque H est active et $D=1$, la sortie Q sera mise à 1 (set).
- ✓ Lorsque H est active et $D=0$, la sortie Q sera remise à 0 (reset).
- ✓ Lorsque H n'est pas active, les sorties restent dans l'état précédent (mémorisation).

D	Q_{n+1}	
	H active	H non active
0	0	Q_n
1	1	Q_n



H	D	Q^+
0	0	Q^-
0	1	Q^-
1	0	0
1	1	1

H	R	S	Q^+
0	X	X	Q^-
1	0	0	Q^-
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	X

$$H_D = H_{RSH}, R = \bar{D}; S = D$$

2- La bascule JK est une bascule RSH dont l'état interdit ($R=S=1$) est éliminé en rebouclant les sorties sur les entrées.

- ✓ Lorsque H est active et $J=1$ et $K=0$, la sortie Q sera mise à 1 (set).
- ✓ Lorsque H est active et $J=0$ et $K=1$, la sortie Q sera remise à 0 (reset).
- ✓ Lorsque H est active et $J=1$ et $K=1$, la sortie Q sera inversée.
- ✓ Lorsque H n'est pas active ou $J=0$ et $K=0$, les sorties restent dans l'état précédent (mémorisation).

J	K	Q_{n+1}	
		H active	H non active
0	0	Q_n	Q_n
0	1	0	Q_n
1	0	1	Q_n
1	1	\bar{Q}_n	Q_n

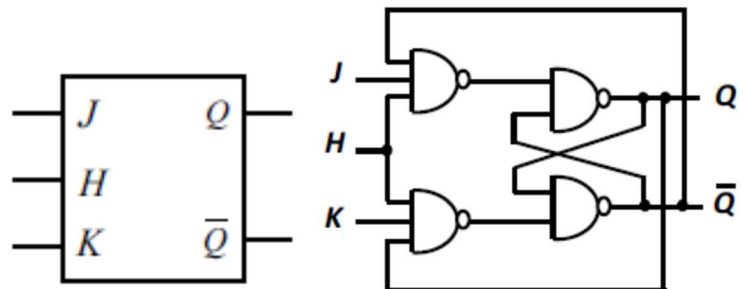
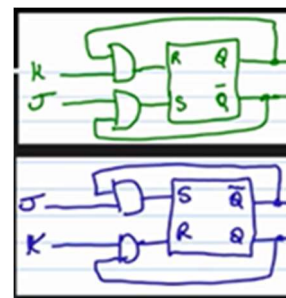
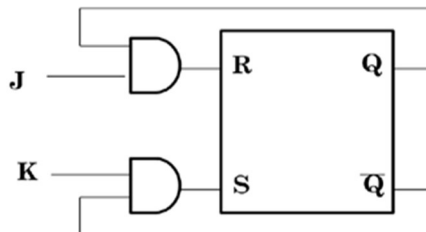


Table de vérité				
H	J	K	Q	Commentaire
↑	0	0	q	Mémorisation
↑	0	1	0	Mise à 0 de la sortie Q
↑	1	0	1	Mise à 1 de la sortie Q
↑	1	1	\bar{q}	Basculement de l'état de sortie

3- La bascule JK asynchrone en utilisant une bascule RS

R	S	Q-	Q+
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	X
1	1	1	X

J	K	Q-	Q+
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	0



J	K	Q	Commentaire
0	0	q	Mémorisation
0	1	0	Mise à 0 de la sortie Q
1	0	1	Mise à 1 de la sortie Q
1	1	\bar{q}	Basculement de l'état de sortie

Exercice 05 :

- 1- Transformer une bascule JK synchrone en une bascule D.
- 2- Transformer une bascule JK pour qu'elle agisse comme une bascule T (front descendant).

Exercice 05 :(Solution)

1-

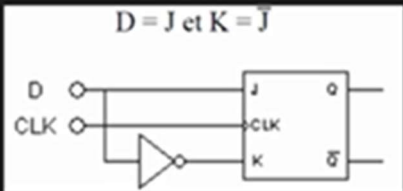
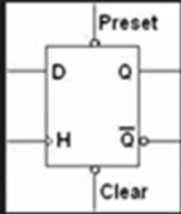
H	D	Q+
0/1	0	Q-
0/1	1	Q-
↑	0	0
↑	1	1

H	J	K	Q+
0/1	X	X	Q-
↓	0	0	Q-
↓	0	1	0
↓	1	0	1
↓	1	1	\overline{Q}

$$H_{JK} = \overline{H}_D, J = D ; K = \overline{D}$$

La bascule JK permet d'éviter la situation $R=S=1$. Elle est utilisée notamment pour le comptage

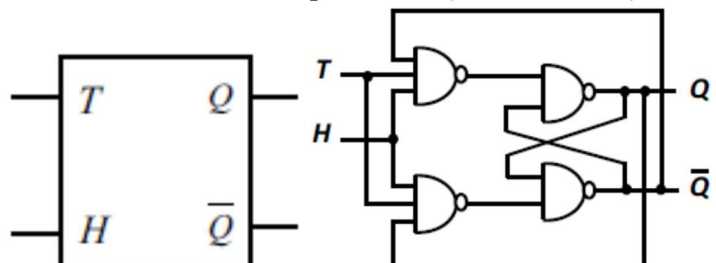
Il existe une autre bascule permettant d'éviter $R=S=1$: La bascule D. Elle peut être construite à base de la bascule RS ou JK :

2- La bascule T est une bascule qui a une seule entrée T. Il s'agit d'une bascule JK dont les deux entrées sont connectées ensemble :

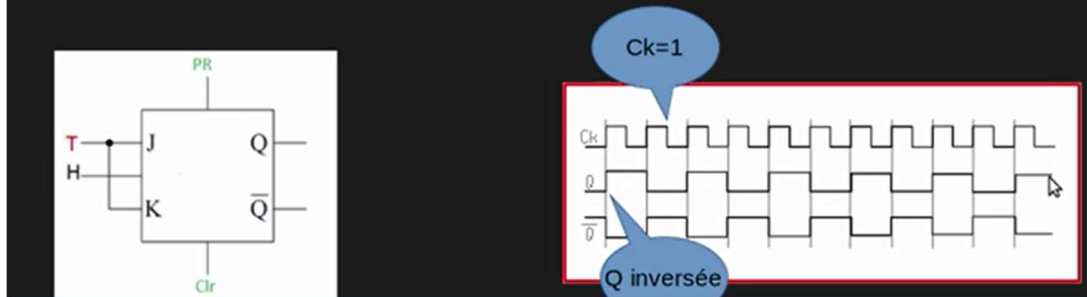
- ✓ Lorsque H est active et T=1, la sortie Q sera inversée.
- ✓ Lorsque H n'est pas active ou T=0, les sorties restent dans l'état précédent (mémoire).

T	Q_{n+1}	
	H active	H non active
0	Q_n	Q_n
1	$\overline{Q_n}$	Q_n



1 – Bascule T

- La bascule T est obtenue à partir de la JK en mettant ses entrées J et K à « 1 ».
- Puisque $J=K=1$ alors la sortie de la bascule est inversée à chaque fois que l'horloge est à « 1 »



T	H	Q+
0	X	Q-
1	0/1, ↑	Q-
1	↓	Q-

H	J	K	Q+
0/1, ↑	X	X	Q-
↓	0	0	Q-
↓	0	1	0
↓	1	0	1
↓	1	1	Q-

$$H_T = H_{JK}, J = K = T$$

Exercices supplémentaires : (Solution)

Exercice 06 :

Après avoir rappelé les tables de vérité des bascules D et JK synchronisées sur front montant, donnez le chronogramme des sorties Q de chacune des bascules câblées ci-dessous en fonction d'une entrée d'horloge H.

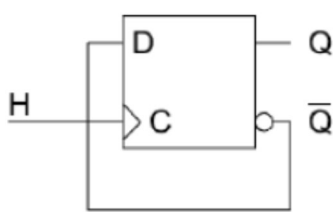


Figure 1

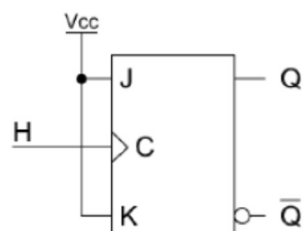


Figure 2

Exercice 06 : (Solution)

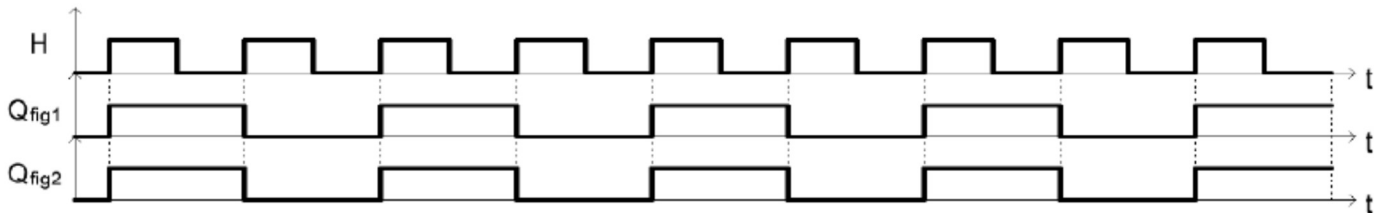
Bascule D

H	D	Q	\bar{Q}
↓	0	0	1
↓	1	1	0

Bascule JK

H	J	K	Q	\bar{Q}
↓	0	0	q	\bar{q}
↓	0	1	0	1
↓	1	0	1	0
↓	1	1	\bar{q}	q

q = valeur de Q juste avant le front montant de l'entrée d'horloge.



Exercice 07:

- 1- Montrer comment réaliser une bascule AB dont la table de vérité est donnée par la figure ci-dessous, en utilisant une bascule JK et toute la logique nécessaire.
- 2- Montrer comment réaliser cette bascule à l'aide d'un multiplexeur **MUX 4 → 1**.

A_n	B_n	Q_{n+1}
0	0	\bar{Q}_n
1	0	Q_n
0	1	1
1	1	0

Solution Exercice 07 :

- 1- A partir de la table de vérité de la bascule AB, nous pouvons définir les valeurs que doivent avoir les entrées J et K pour fournir le résultat attendu : (Rappel de la table de vérité de la bascule JK)

A_n	B_n	Q_{n+1}	J_n	K_n
0	0	\bar{Q}_n	1	1
1	0	Q_n	0	0
0	1	1	1	0
1	1	0	0	1

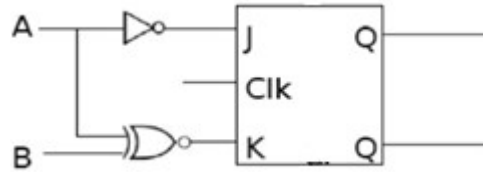
J	K	Q	Commentaire
0	0	q	Mémorisation
0	1	0	Mise à 0 de la sortie Q
1	0	1	Mise à 1 de la sortie Q
1	1	\bar{q}	Basculement de l'état de sortie

On déduit les expressions de J et K en fonction de A et B :

$$J = \bar{A}\bar{B} + \bar{A}B = \bar{A}$$

$$K = \bar{A}\bar{B} + AB = \bar{A} \oplus B$$

D'où le logigramme :



2- La bascule AB en fonction d'un MUX 4 → 1 :

Première méthode :

On a d'après la question 1:

$$J = \bar{A}\bar{B} + \bar{A}B = \bar{A}$$

$$K = \bar{A}\bar{B} + AB = \bar{A} \oplus B$$

.....(1)

Et d'après l'équation caractéristique de la bascule JK :

$$Q = J\bar{q} + Kq \dots\dots\dots (2)$$

De (1) et (2) on aura :

$$Q = \bar{A}\bar{q} + (\bar{A}\bar{B} + \bar{A}B)q = \bar{A}\bar{B}\bar{q} + \bar{A}B\bar{q} + \bar{A}\bar{B}q + \bar{A}Bq = \bar{A}\bar{B}(\bar{q}) + \bar{A}B(1) + \bar{A}\bar{B}(q) + \bar{A}B(0)$$

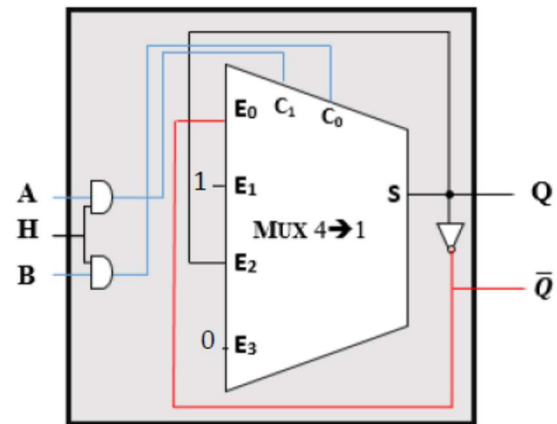
Par simulation avec l'équation d'un MUX 4 → 1 on aura :

$$E_0 = \bar{q}, E_1 = 1 = q + \bar{q}, E_2 = q, E_3 = 0 = \bar{E}_1 \quad A = C_1, B = C_0$$

2^{ème} Méthode

Directement de la table de vérité de la bascule AB :

$$Q = \bar{A}\bar{B}(\bar{q}) + \bar{A}B(1) + \bar{A}\bar{B}(q) + \bar{A}B(0)$$



Exercice 01 :

- 1- Donner une définition de la bascule de base RS ?
- 2- Réaliser La bascule RS en utilisant des portes NOR, ensuite donner le déroulement du comportement logique de cette dernière.
- 3- Réaliser La bascule RS en utilisant seulement des portes NAND.
- 4- Réaliser La bascule RS en utilisant \bar{R} , \bar{S} et des portes NAND.

Exercice 01 La solution (détaillée) :

Bascule RS (Verrou RS) :

La **bistable RS (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 de mémoriser son état « mémoire ». Il s'agit de l'élément de mémorisation de la logique séquentielle. Elle est commandée par deux entrées **S** et **R**, elle possède deux sorties **Q** et \bar{Q} . L'entrée **S (Set)** permet la mise à **1** de la sortie **Q** (enclenchement), **R (Reset)** permet sa mise à **0** (déclenchement). Les verrous les plus fréquemment rencontrés sont réalisés avec deux portes NOR ou NAND.

RS avec des portes NOR

R	S	Q-	Q-	Q+	Q+
0	0	0	1	0	1
0	0	1	0	1	0
0	1	0	1	1	0
0	1	1	0	1	0
1	0	0	1	0	1
1	0	1	0	0	1
1	1	0	1	X	X
1	1	1	0	X	X

RS	00	01	11	10
Q-				
0	0	1	X	0
1	1	1	X	0

$Q^+ = S + \bar{R} Q^-$

RS	00	01	11	10
Q-				
0	0	0	X	1
1	1	0	X	1

$\bar{Q}^+ = R + \bar{S} \bar{Q}^-$

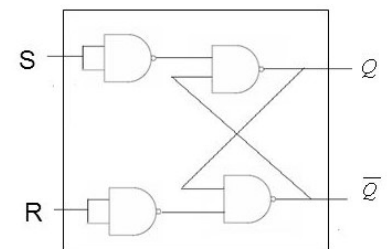
RS avec seulement des portes NAND

$$Q^+ = S + \bar{R}Q^-$$

$$\bar{Q}^+ = R + \bar{S}\bar{Q}^-$$

$$Q^+ = S + \bar{R}Q^- = \overline{\overline{S + \bar{R}Q^-}} = \overline{\bar{S} \uparrow (\bar{R} \uparrow Q^-)} = (S \uparrow S) \uparrow ((R \uparrow R) \uparrow Q^-)$$

$$\bar{Q}^+ = R + \bar{S}\bar{Q}^- = \overline{\overline{R + \bar{S}\bar{Q}^-}} = \overline{\bar{R} \uparrow (\bar{S} \uparrow \bar{Q}^-)} = (R \uparrow R) \uparrow ((S \uparrow S) \uparrow Q^-)$$



RS avec \bar{R} , \bar{S} et des portes NOR

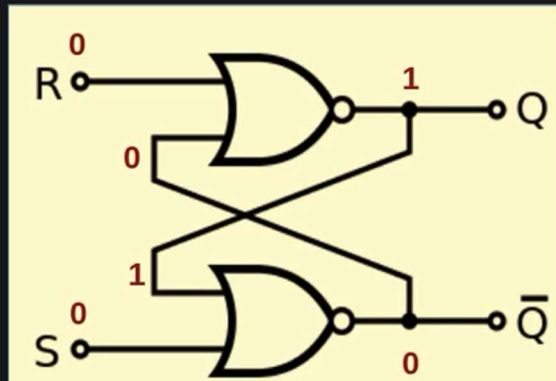
R	S	Q _{n+1}
0	0	Q _n
0	1	1
1	0	0
1	1	X

Analyse du comportement de bascule RS en utilisant des portes NOR:

■ Fonctionnement d'une bascule RS (NOR).

R = S = 0 : mémorisation

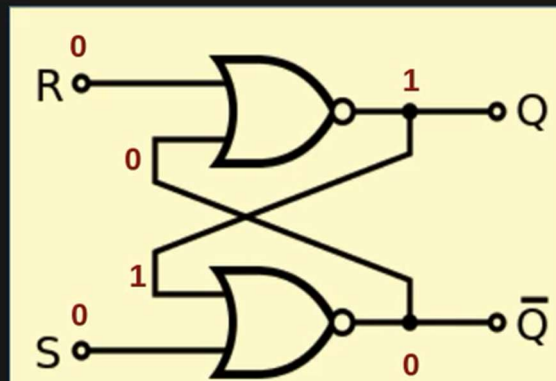
Si à t_0 On a : $Q = 1$



■ Fonctionnement d'une bascule RS (NOR).

R = S = 0 : mémorisation

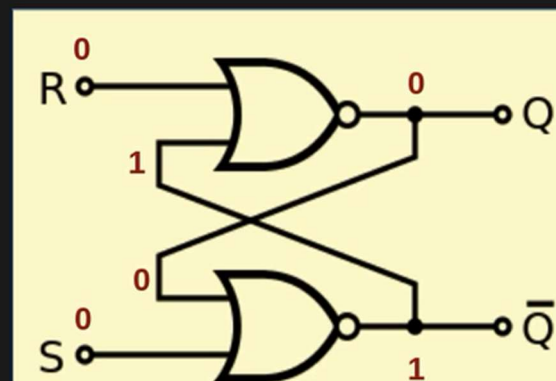
Alors à $t_0 + \tau$: On aura
 $Q^+ = R \downarrow Q_{\text{barre}} = 0 \downarrow 0 = 1$



■ Fonctionnement d'une bascule RS (NOR).

R = S = 0 : mémorisation

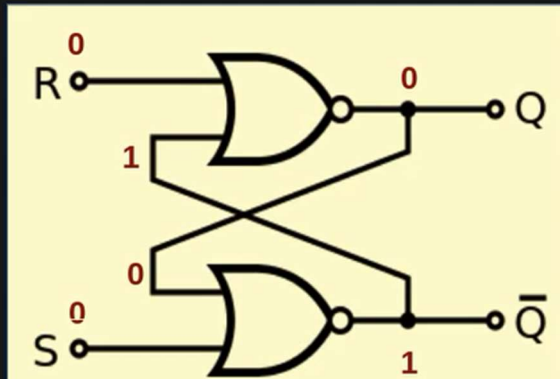
Si à t_0 On a : $Q = 0$



■ Fonctionnement d'une bascule RS (NOR).

R = S = 0 : mémorisation

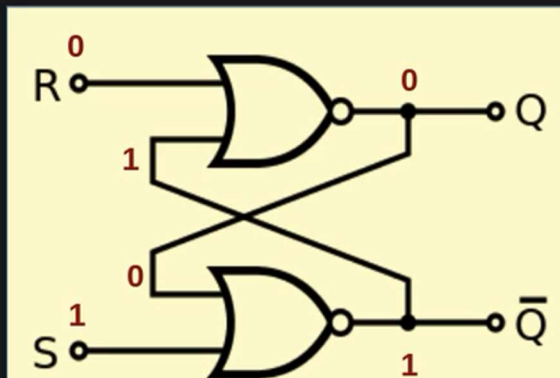
Alors à $t_0 + \tau$: On aura
 $Q^+ = R \downarrow Q_{\text{barre}} = 0 \downarrow 1 = 0$



■ Fonctionnement d'une bascule RS (NOR).

R = 0 et S = 1 : Mise à « 1 »

Si à t_0 On a : Q = 0



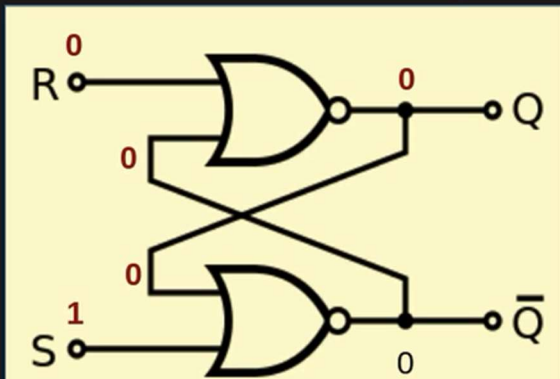
■ Fonctionnement d'une bascule RS (NOR).

R = 0 et S = 1 : Mise à « 1 »

Alors à $t_0 + \tau$: On aura
 $Q_{\text{barre}}^+ = S \downarrow Q = 1 \downarrow 0 = 0$

et
 $Q^+ = R \downarrow Q_{\text{barre}} = 0 \downarrow 0 = 1$

Si à t_0 On a : Q = 0

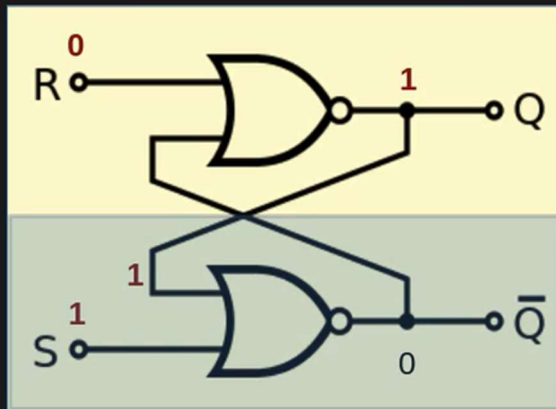


■ Fonctionnement d'une bascule RS (NOR).

R = 0 et S = 1 : Mise à « 1 »

Alors à $t_0 + \tau$: On aura
 $Q_{\text{barre}}^+ = S \downarrow Q = 1 \downarrow 1 = 0$

Si à t_0 On a : $Q = 1$



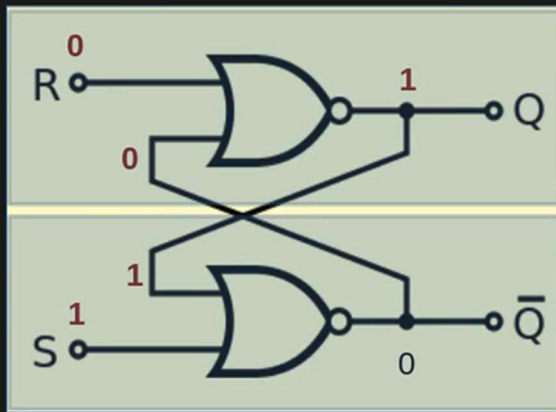
■ Fonctionnement d'une bascule RS (NOR).

R = 0 et S = 1 : Mise à « 1 »

Alors à $t_0 + \tau$: On aura
 $Q_{\text{barre}}^+ = S \downarrow Q = 1 \downarrow 1 = 0$

et
 $Q^+ = R \downarrow Q_{\text{barre}} = 0 \downarrow 0 = 1$

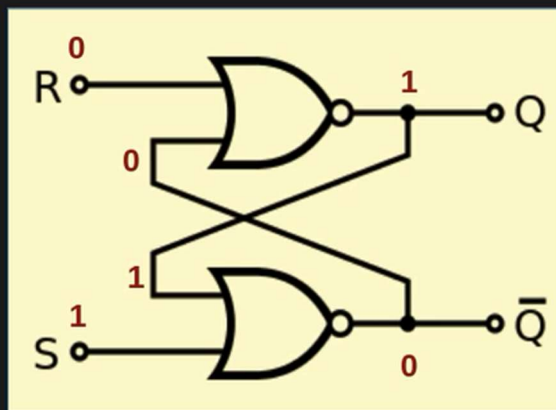
Si à t_0 On a : $Q = 1$



■ Fonctionnement d'une bascule RS (NOR).

R = 0 et S = 1 : Mise à « 1 »

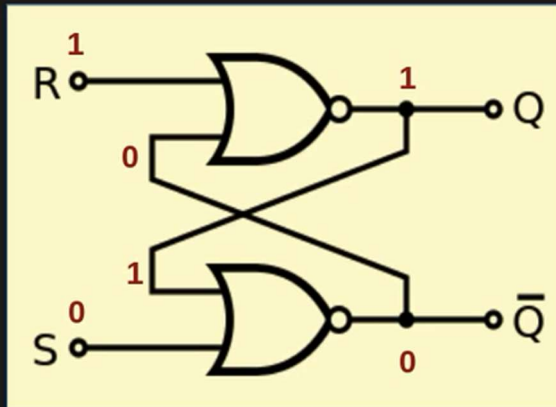
Si à t_0 On a : $Q = 1$



■ Fonctionnement d'une bascule RS (NOR).

R = 1 et S = 0 : Mise à « 0 »

Si à t_0 On a : $Q = 1$

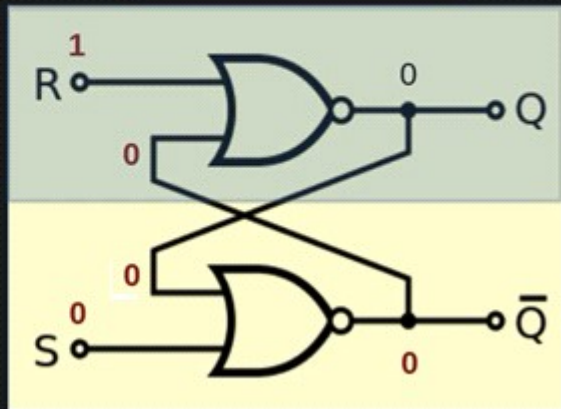


■ Fonctionnement d'une bascule RS (NOR).

R = 1 et S = 0 : Mise à « 0 »

Si à t_0 On a : $Q = 1$

Alors à $t_0 + \tau$: On aura
 $Q^+ = R \downarrow Q_{\text{barre}} = 1 \downarrow 0 = 0$



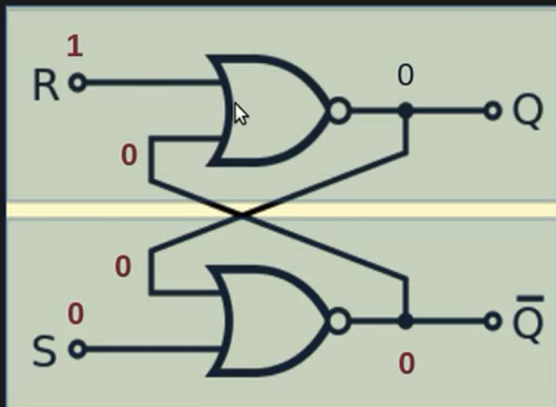
■ Fonctionnement d'une bascule RS (NOR).

R = 1 et S = 0 : Mise à « 0 »

Si à t_0 On a : $Q = 1$

Alors à $t_0 + \tau$: On aura
 $Q^+ = R \downarrow Q_{\text{barre}} = 1 \downarrow 0 = 0$

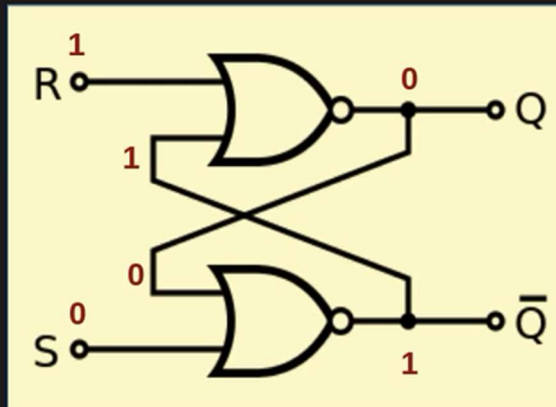
et
 $Q_{\text{barre}}^+ = S \downarrow Q = 0 \downarrow 0 = 1$



■ Fonctionnement d'une bascule RS (NOR).

R = 1 et S = 0 : Mise à « 0 »

Si à t_0 On a : $Q = 0$

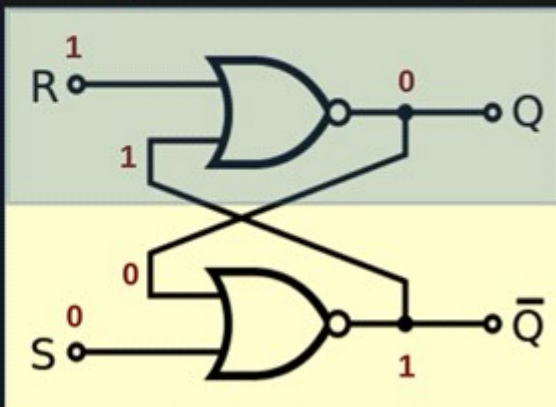


■ Fonctionnement d'une bascule RS (NOR).

R = 1 et S = 0 : Mise à « 0 »

Alors à $t_0 + \tau$: On aura
 $Q^+ = R \downarrow Q_{\text{barre}} = 1 \downarrow 1 = 0$

Si à t_0 On a : $Q = 0$



■ Fonctionnement d'une bascule RS (NOR).

R = 1 et S = 0 : Mise à « 0 »

Alors à $t_0 + \tau$: On aura
 $Q^+ = R \downarrow Q_{\text{barre}} = 1 \downarrow 1 = 0$

et
 $Q_{\text{barre}}^+ = S \downarrow Q = 0 \downarrow 0 = 1$

Si à t_0 On a : $Q = 0$

