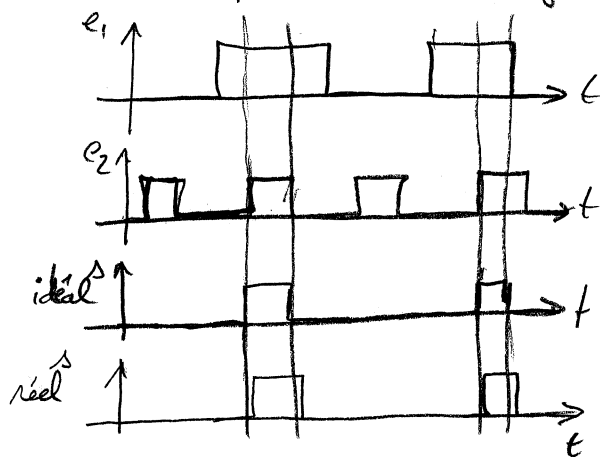


La logique séquentielle

Introduction

Les circuits de logique combinatoire ont des sorties qui dépendent uniquement de l'état des entrées au même instant. Ils se comportent de manière spontanée et réflexe.

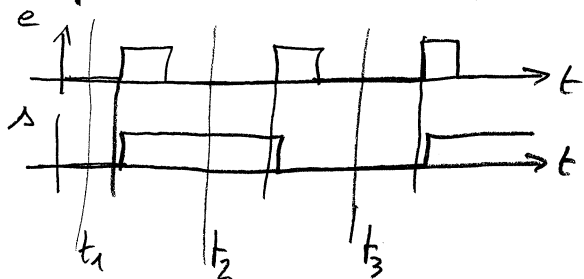


De manière idéale la sortie s'obtient en regardant l'état des entrées au même instant.
Pour être plus réaliste il faut tenir compte d'un retard de propagation.

Pour les circuits de logique séquentielle, ce n'est plus le cas. Les sorties dépendent des entrées et des valeurs antérieures des sorties. Le temps devient alors une variable importante $s = f(e_1, e_2, \dots, t)$.

Une propriété caractéristique d'un circuit séquentiel est que pour des niveaux logiques identiques en entrée, on a pas toujours la même sortie.

Exemple : bouton poussoir



Aux instants t_1 et t_2 , l'entrée est au niveau logique 0, la sortie n'est pas dans les deux cas au même niveau.

II) Composants

Les circuits de logique séquentielle sont souvent réalisés à l'aide de composants particuliers, appelés des bascules. Ces composants ont un comportement décrit par un tableau d'évolution.

1) Bascules RS asynchrone

Les bascules RS ont deux entrées R (reset) et S (set) et deux sorties Q_1 et Q_2 .

Il y a 2 sortes de bascule RS:

R	S	Q_1	Q_2
0	0	$Q_{1\text{pred}}$	$Q_{2\text{pred}}$
0	1	1	0
1	0	0	1
1	1	1	1

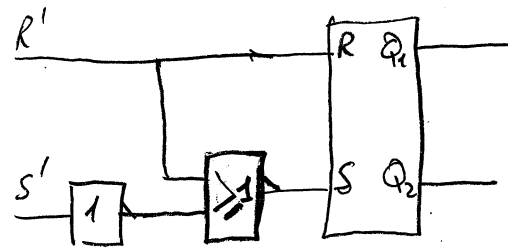
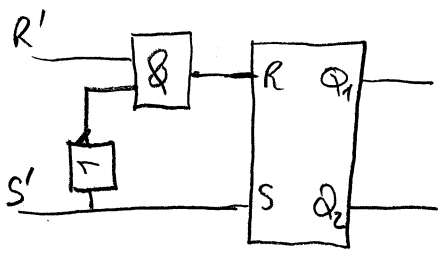
effet mémoire
mise à 1
mise à 0

R	S	Q_1	Q_2
0	0	$Q_{1\text{pred}}$	$Q_{2\text{pred}}$
0	1	1	0
1	0	0	1
1	1	0	0

Bascule RS à enclenchement prioritaire = priorité à la mise à 1

Bascule RS à déclenchement prioritaire = priorité à la mise à 0

Pour ne pas avoir à faire la différence entre ces deux types de bascules, il faut interdire le cas $R=S=1$. C'est pour cette raison que ce cas est appelé l'état interdit.



$$R = R' \cdot \bar{S}'$$

$$S = S'$$

$$\text{Si } R'=S'=1 \quad R=0, S=1$$

$\Rightarrow$ mise à 1 de Q_1

$\Rightarrow$ enclenchement prioritaire

$$R = R'$$

$$S = \overline{R' + \bar{S}'} = \bar{R}' \cdot S'$$

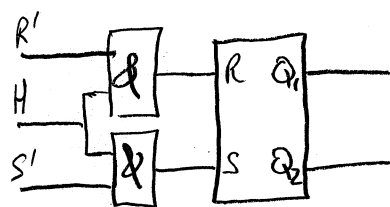
$$\text{Si } R'=S'=1, \quad R=1 \quad S=0$$

$\Rightarrow$ mise à zéro de Q_1

$\Rightarrow$ déclenchement prioritaire

2) Bascule RS synchronisées par un niveau

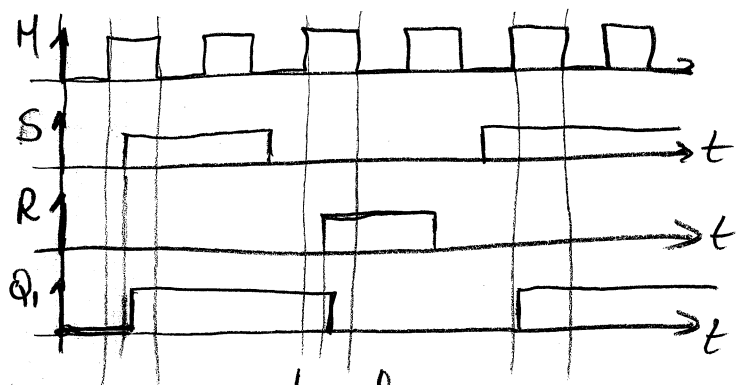
Les circuits sont souvent réalisés à l'aide de plusieurs bascules qui doivent changer d'état en même temps. Pour cela, il faut un signal qui donne la cadence, qui indique à quels moments les bascules doivent changer d'état. On l'appelle le signal d'horloge



$$\begin{cases} R = R' \cdot H \\ S = S' \cdot H \end{cases} \Rightarrow$$

Si $H=0$, $R=S=0$ donc les sorties sont bloquées.

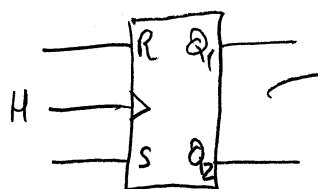
Si $H=1$, $R=R'$ et $S=S'$, donc les sorties peuvent évoluer



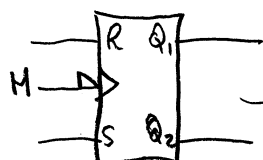
exemple de chronogramme

3) Basculer RS synchronisées par des fronts

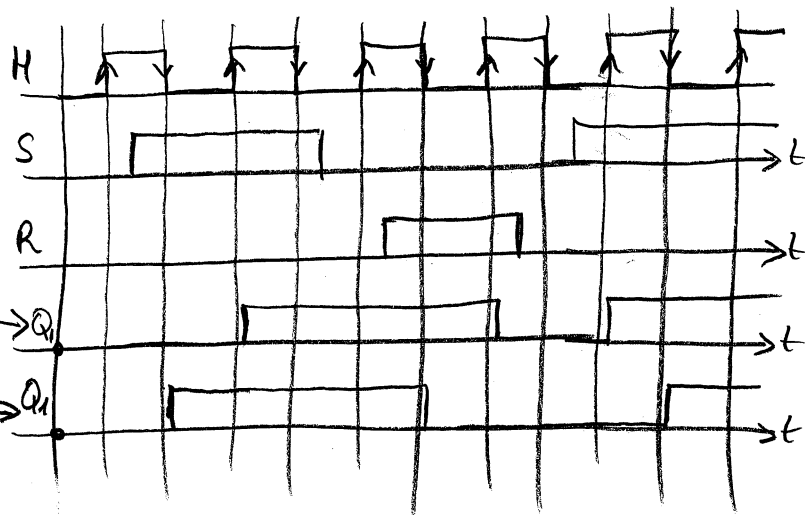
Pour avoir une meilleure synchronisation, on peut utiliser des bascules qui ne changent d'état que lorsque le signal d'horloge change de niveau



front montant

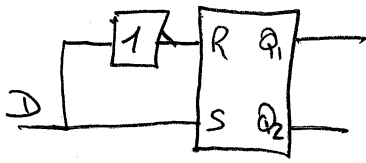


front descendant



4) les Bascules D

Une bascule D est une bascule RS avec $D = S = \bar{R}$

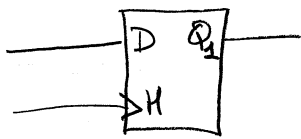


D	R	S	Q ₁	Q ₂
0	1	0	0	1
1	0	1	1	0

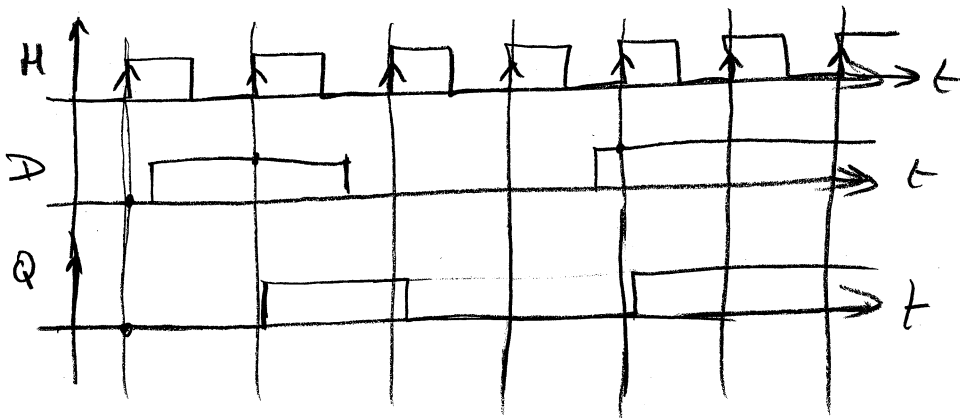
La sortie Q_1 est une copie de l'entrée

Dans sa version asynchrone, ce circuit n'est pas très intéressant.

Les versions synchrones avec activation par niveau ou par front sont très utilisées, car c'est le circuit séquentiel le plus simple : D est la prochaine valeur de Q_1 .



bascule D activée par un front montant



Q n'évolue que lorsqu'il y a un front montant sur H. Il prend alors la valeur de D

5) Les bascules JK

⑤

La bascule JK est le composant élémentaire de logique séquentielle qui offre la plus grande diversité de comportement

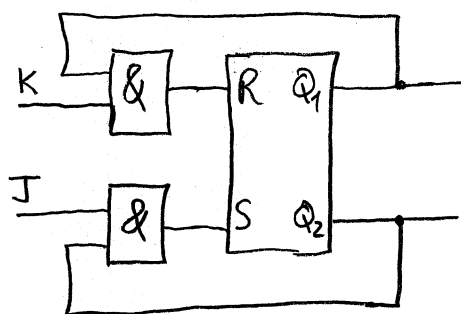
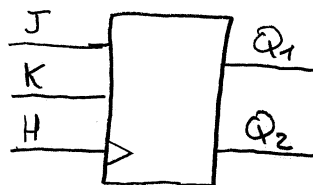
J	K	Q_1
0	0	$Q_{1\text{pred}}$
0	1	0
1	0	1
1	1	$\overline{Q_{1\text{pred}}}$

effet mémoire

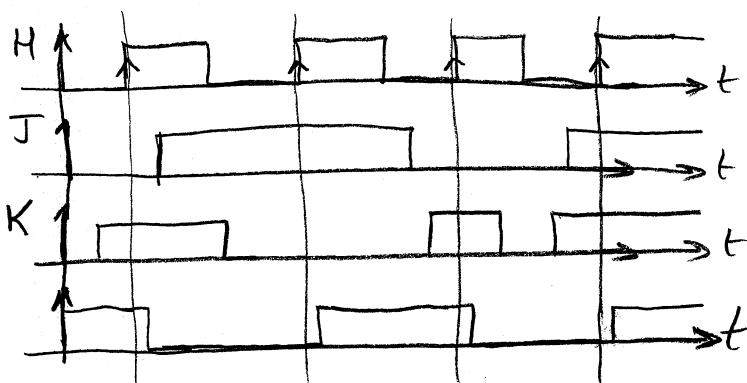
mise à zéro

mise à 1

effet compteur



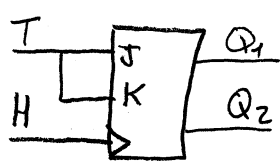
J	K	$R = K \cdot Q_1$	$S = J \cdot Q_2$	Q_1	Q_2
0	0	0	0	$Q_{1\text{pred}}$	$Q_{2\text{pred}}$
0	1	$Q_1 \cdot 1$	0	0	1
1	0	0	$Q_2 \cdot 1$	1	0
1	1	$Q_1 \cdot 1$	$Q_2 \cdot 1$	$\overline{Q_{1\text{pred}}}$	$\overline{Q_{2\text{pred}}}$



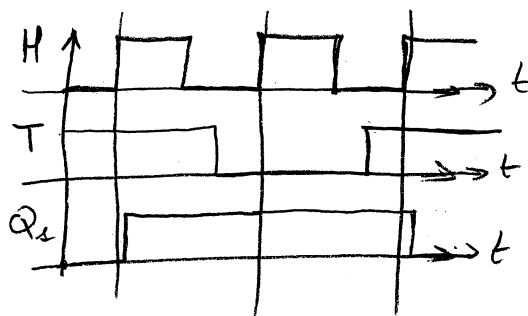
Remarque : si on prend $J = \bar{K} = D$, on obtient une bascule D

6) Les bascules T (Toggle)

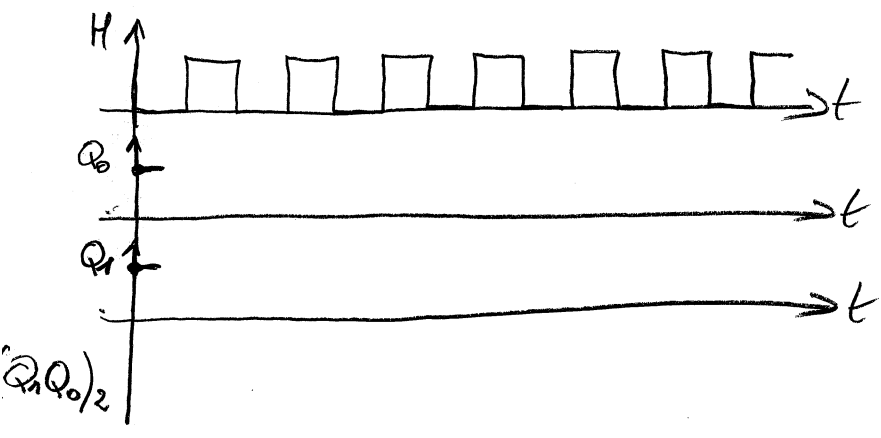
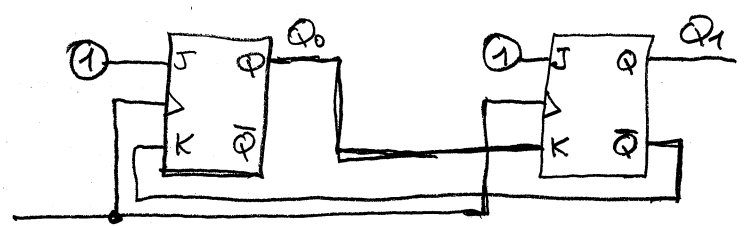
C'est une bascule JK avec $J = K = T$



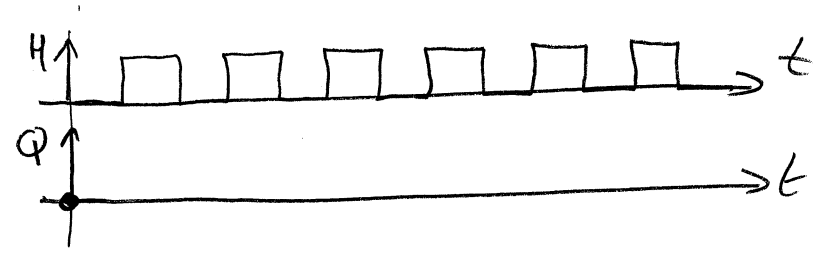
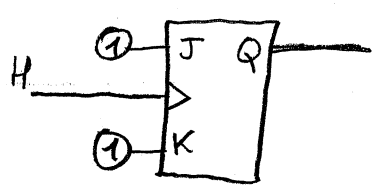
T	Q_1
0	$Q_{1\text{pred}}$
1	$\overline{Q_{1\text{pred}}}$



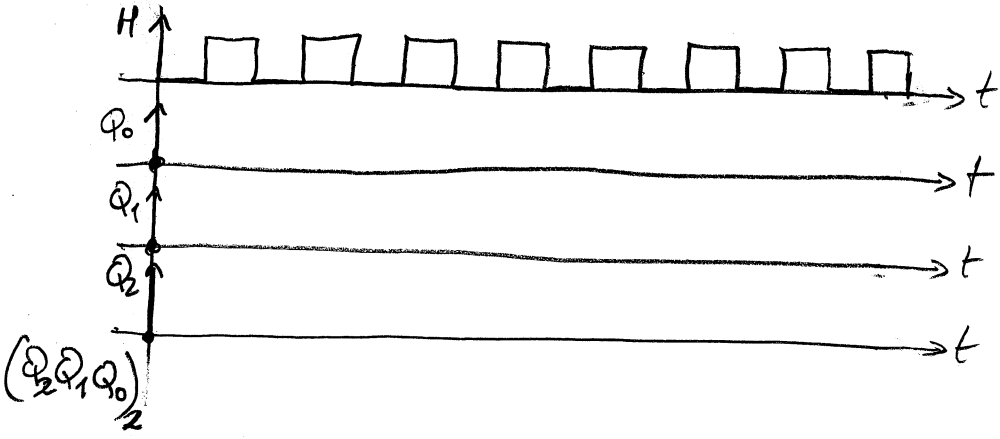
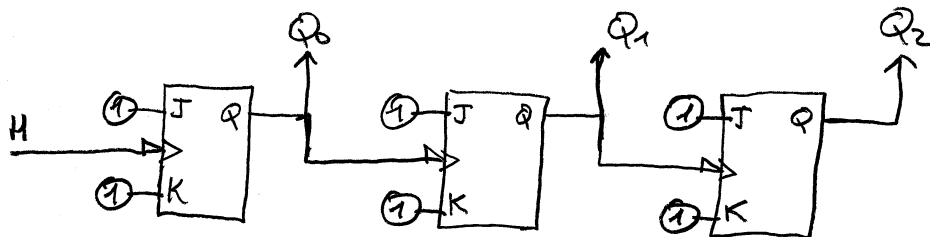
Exemples de circuit utilisant des bascules JK



Diviseur de fréquence par 2



Compteur asynchrone modulo 2^n



Compteur/décompteur asynchrone modulo 2^n

