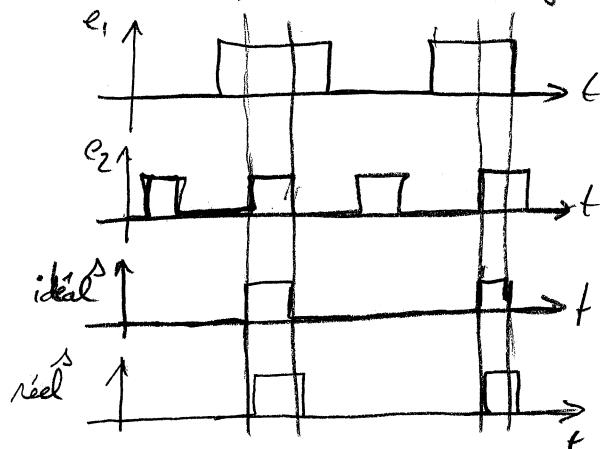
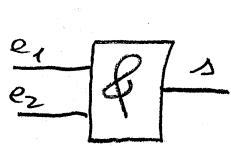


La Logique séquentielle

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.



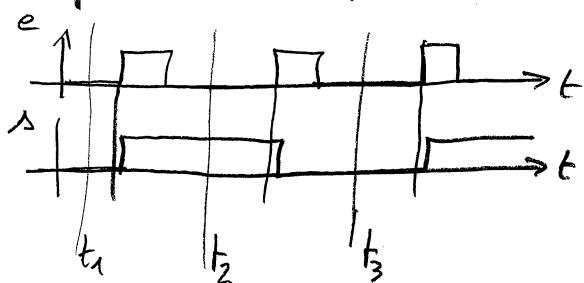
De manière idéale la sortie s'obtient en regardant l'état des entrées au même instant

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

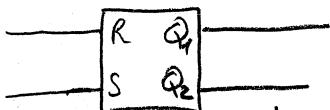


Aux instants t_1 et t_2 , l'entrée est au niveau logique 0, la sortie n'est pas dans les deux cas au même niveau.

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 asynchrones



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:

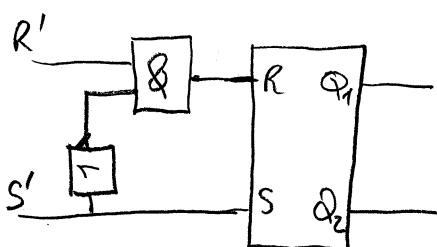
R	S	Q_1	Q_2
0	0	$Q_{1\text{pred}}$	$Q_{2\text{pred}}$
0	1	1	0
1	0	0	1
1	1	1	1

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 déclenchement prioritaire = priorité à la mise à 0

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



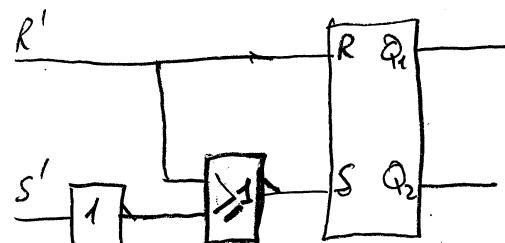
$$R = R' \cdot \bar{S}'$$

$$S = S'$$

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

⇒ mise à 1 de Q_1

⇒ enclenchement prioritaire



$$R = R'$$

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

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

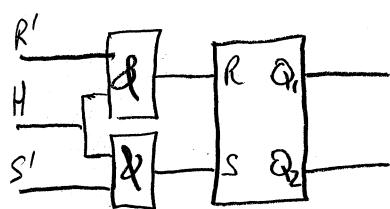
⇒ mise à zéro de Q_1

⇒ déclenchement prioritaire

③

2) Bascule RS synchronisées par un niveau

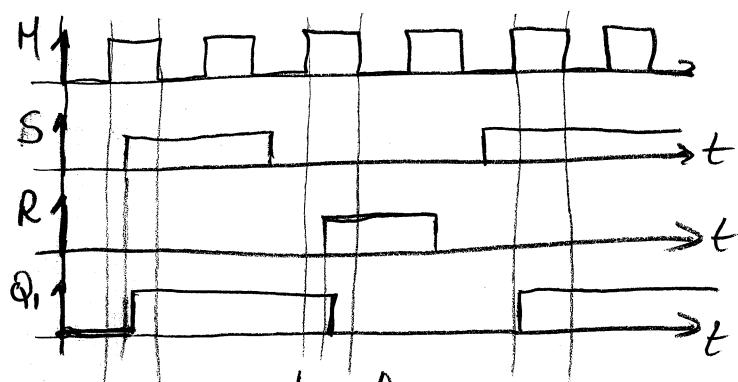
Les circuits sont souvent réalisés à l'aide de plusieurs bascules qui doivent changer d'état en même temps. Pour cela, il faut un signal qui donne la cadence, qui indique à quels moments les bascules doivent changer d'état. On l'appelle le signal d'horloge.



$$\left\{ \begin{array}{l} R = R' \cdot H \\ S = S' \cdot H \end{array} \right.$$

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

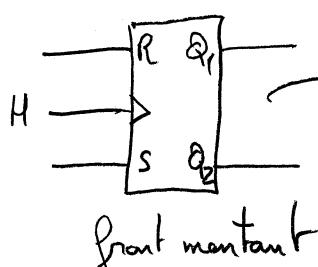
Si $H=1$, $R=R'$ et $S=S'$, donc les sorties peuvent évoluer



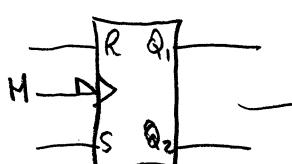
exemple de chronogramme

3) Bascule RS synchronisées par des fronts

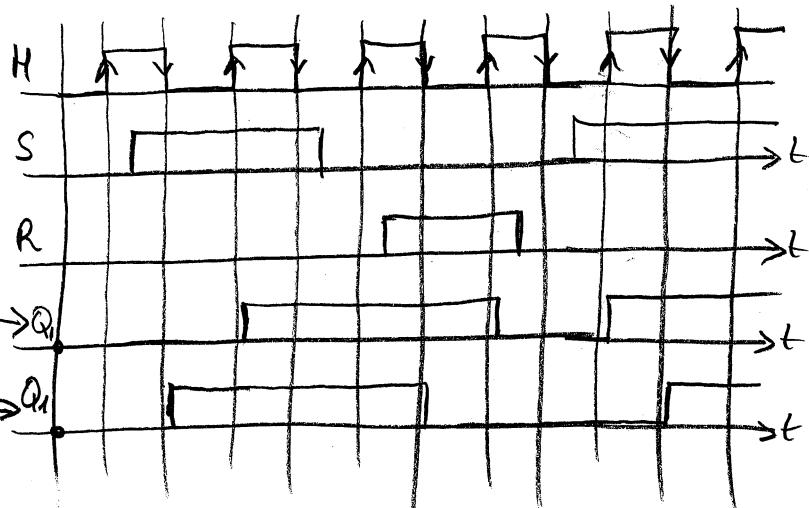
Pour avoir une meilleure synchronisation, on peut utiliser des bascules qui ne changent d'état que lorsque le signal d'horloge change de niveau.



front montant

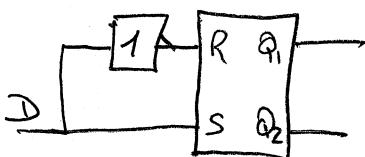


front descendant



4) les Bascules D

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

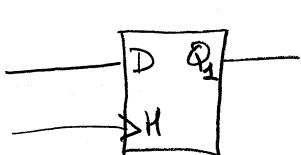


D	R	S	Q_1	Q_2
0	1	0	0	1
1	0	1	1	0

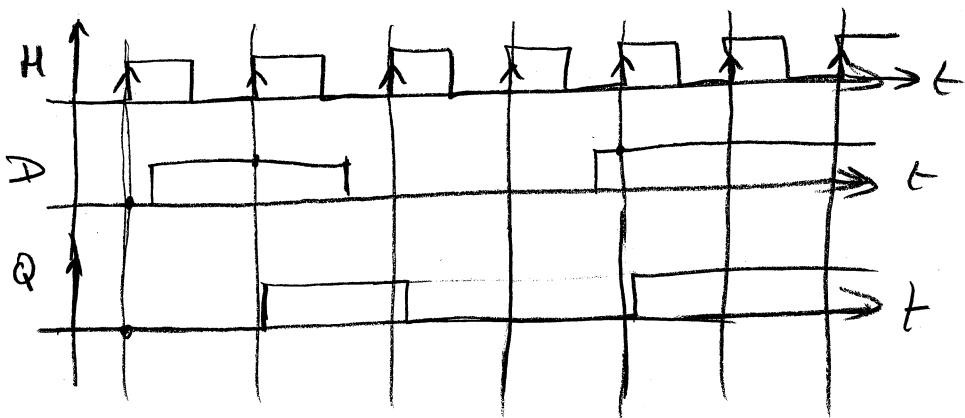
La partie Q_1 est une recopie de l'entrée

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



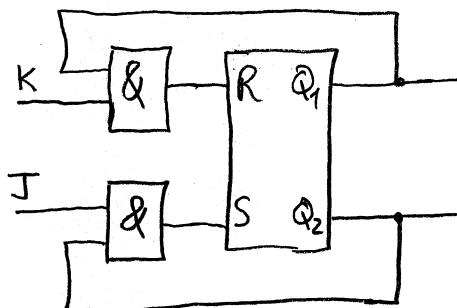
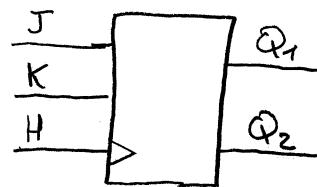
Q n'évolue que lorsqu'il y a un front montant sur H . Il prend alors la valeur de D

5) Les bascules JK

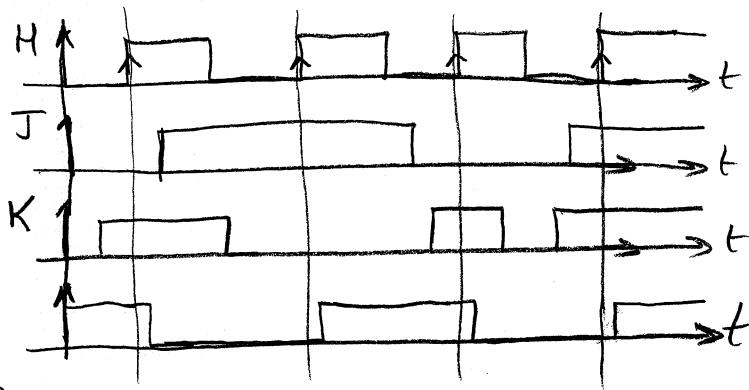
La bascule JK est le composant élémentaire de logique séquentielle qui offre la plus grande diversité de comportement

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

effet mémoire
mise à zéro
mise à 1
effet compteur



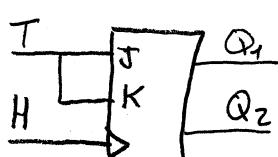
J	K	$R = K \cdot Q_1$	$S = J \cdot Q_2$	Q_1	Q_2
0	0	0	0	$Q_{1\text{pred}}$	$Q_{2\text{pred}}$
0	1	$Q_1 \stackrel{?}{=} 1$	0	0	1
1	0	0	$Q_2 \stackrel{?}{=} 1$	1	0
1	1	$Q_1 \stackrel{?}{=} 1$	$Q_2 \stackrel{?}{=} 0$	$Q_{1\text{pred}}$	$Q_{2\text{pred}}$



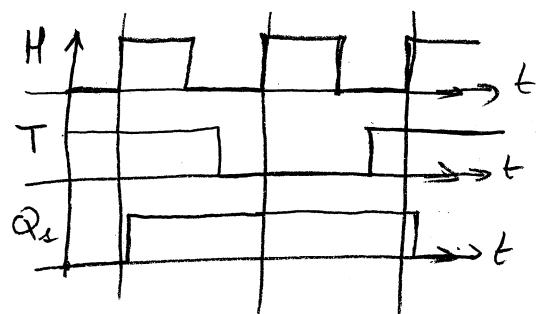
Remarque : si on prend $J = K = T$, on obtient une bascule D

6) Les bascules T (toggle)

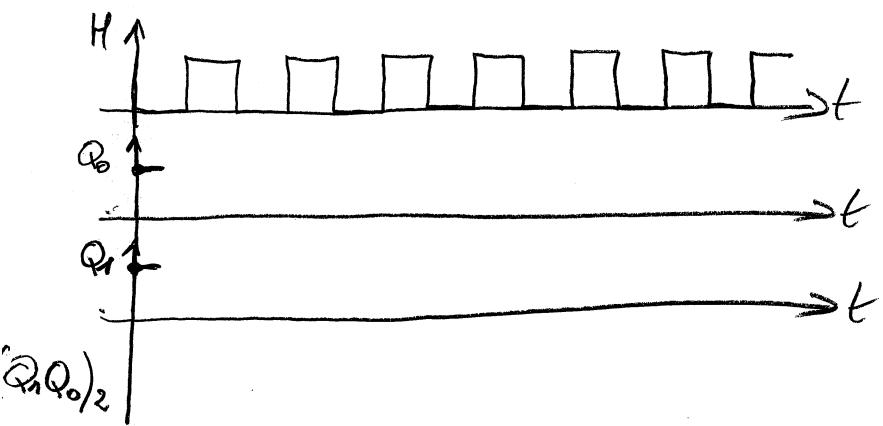
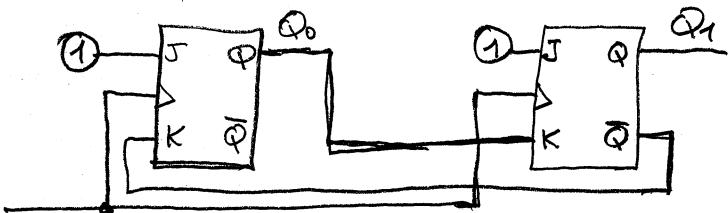
C'est une bascule JK avec $J = K = T$



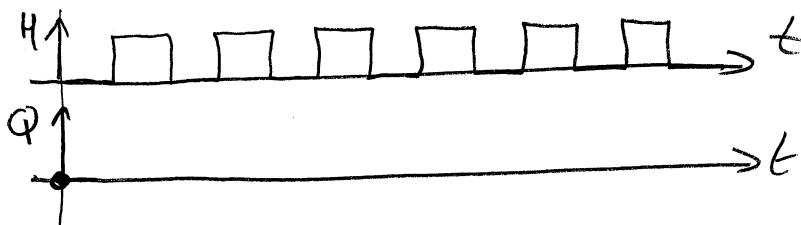
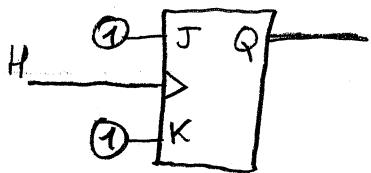
T	Q_1
0	$Q_{1\text{pred}}$
1	$Q_{1\text{pred}}$



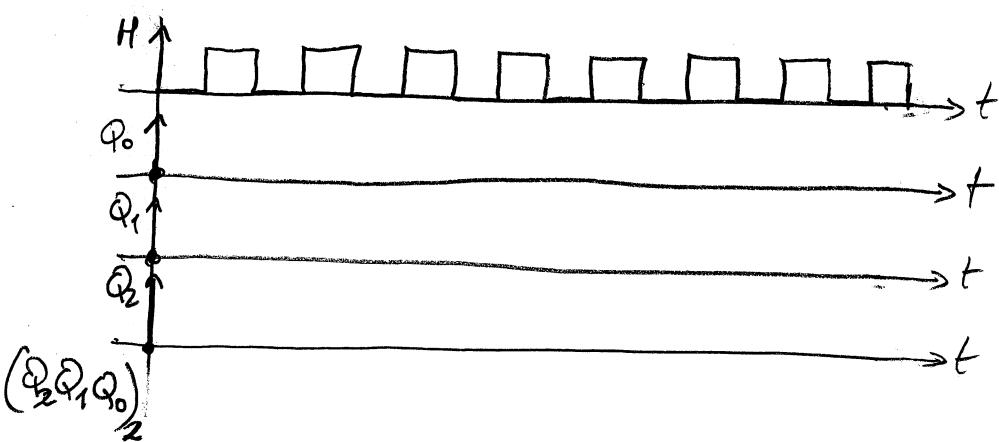
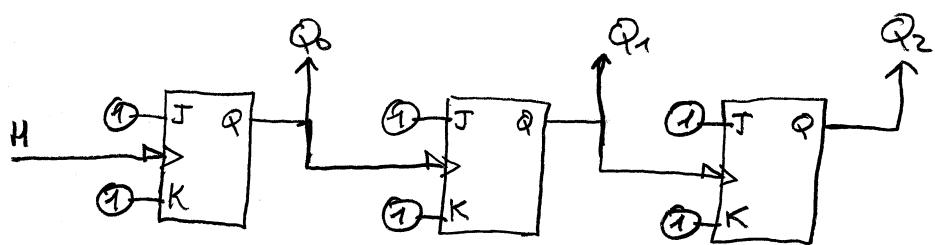
Exemples de circuit utilisant des bascules JK



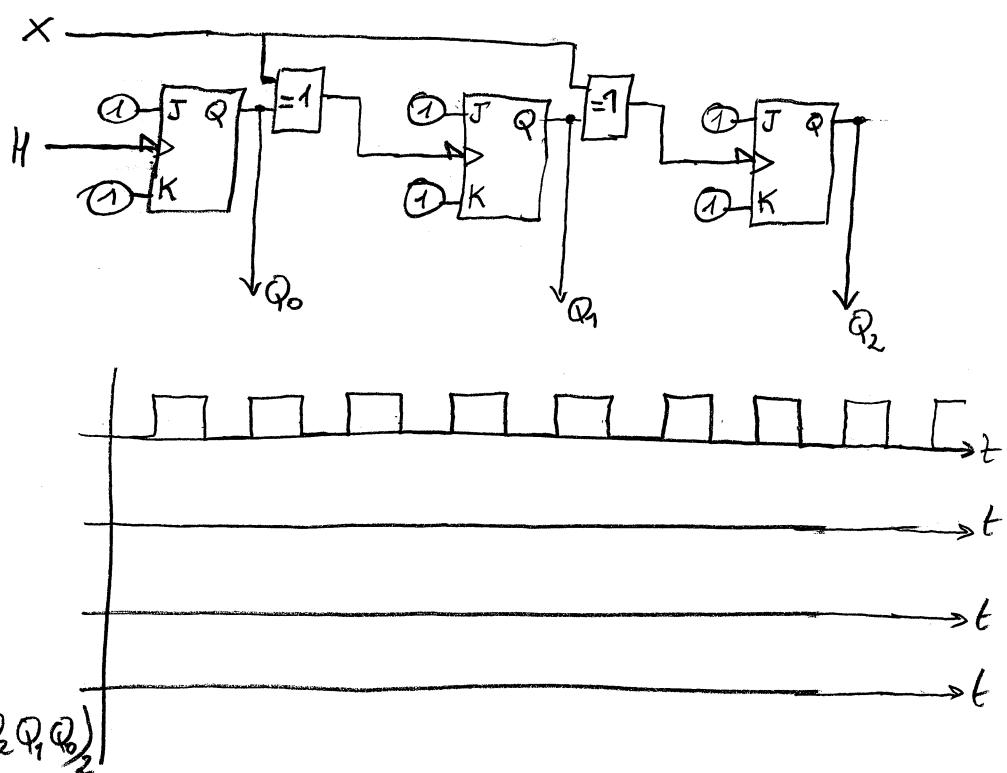
Diviseur de fréquence par 2



Compteur asynchrone modulo 2^n



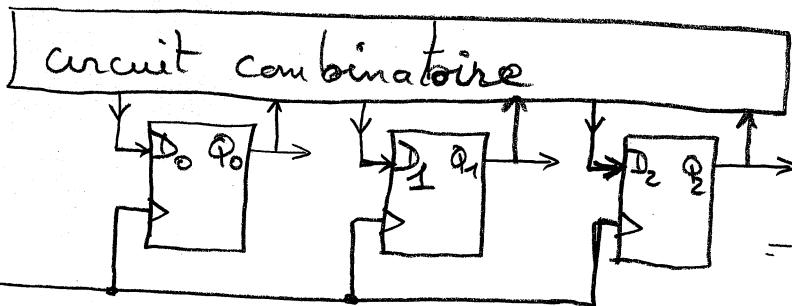
Compteur/décompteur asynchrone modulo 2^n



III) Synthèse de compteurs synchrones : méthode de Marcus

De nombreux circuits de logique séquentielle servent à produire une séquence périodique de niveaux logiques, par exemple pour compter des objets ou des événements. Ces circuits sont réalisés à l'aide de bascules activées par le même signal d'horloge, donc synchrones.

exemples : réalisation d'un compteur modulo 8 avec des bascules D



circuit combinatoire : produit les évolutions désirées et garantit la stabilité

bascules élémentaires : elles produisent un comportement séquentiel

seul signal d'entrée = signal d'activation de toutes les bascules. Il assure le synchronisme et détermine la cadence

Il faut mettre sur l'entrée D des bascules ce qui va permettre d'obtenir le niveau logique souhaité sur leur sortie Q au prochain front montant du signal d'horloge.

$$\text{On obtient } D_0 = \bar{Q}_0$$

$$D_1 = Q_0 \oplus Q_1$$

$$D_2 = \bar{Q}_2 \cdot Q_0 \cdot Q_1 + Q_2 \cdot \bar{Q}_0 \cdot \bar{Q}_1 \\ = Q_2 \oplus (Q_0 \cdot Q_1)$$

Q_2	Q_1	Q_0	D_2	D_1	D_0
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

