

- ✓ *Les compteurs : (modulo 8 ,10 et 16)*
- ✓ *Les décompteurs :(modulo 8,10 et 16)*

## 1- Définitions

Logique séquentielle : en logique combinatoire l'état de sortie est une fonction déterminée par l'état des entrées. En logique séquentielle l'état des entrées ne suffit pas toujours pour connaître l'état de la sortie. Il faut parfois connaître l'entrée antérieure de la sortie.

Basculer : une bascule est un dispositif électronique susceptible de changer d'état binaire sur commande et conserver cet état jusqu'à l'apparition d'un autre signal. Ce dispositif constitue donc une mémoire (exemple : dans un ascenseur lorsque nous appuyons sur le bouton 6, cette information est gardée en mémoire jusqu'à ce que l'ascenseur soit arrivé au 6<sup>ème</sup> étage).

## 2- Les bascules

### ➤ Bascules RS

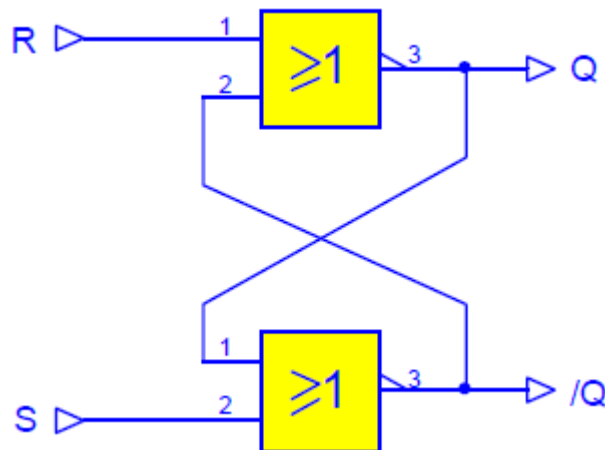
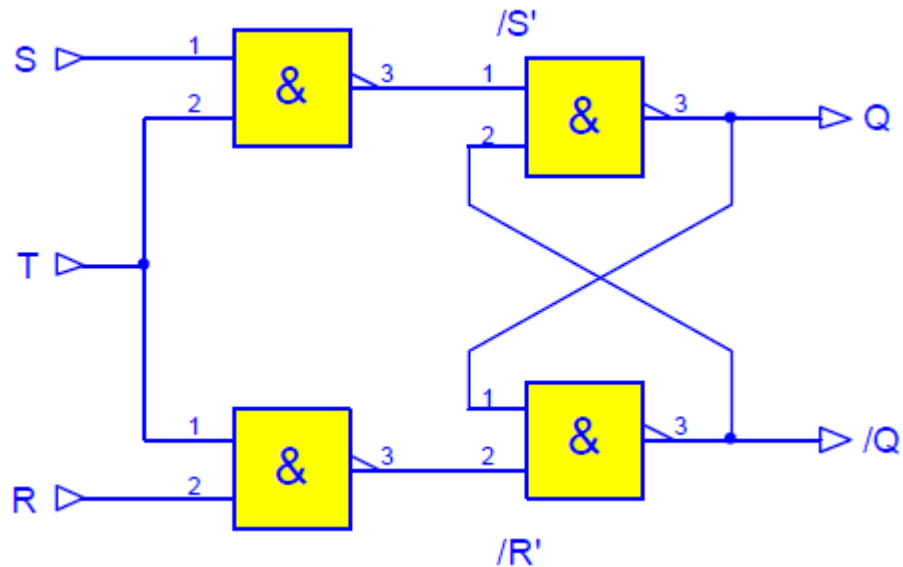


Table de vérité :

R	S	$Q_{t-1}$	$Q_t$	$\overline{Q_t}$	Remarque
0	0	0	0	1	Position mémoire
0	0	1	1	0	$Q_t = Q_{t-1}$
0	1	0	1	0	Mise à 1 (S = set)
0	1	1	1	0	Mise à 1 (S = set)
1	0	0	0	1	Mise à 0 (R = reset)
1	0	1	0	1	Mise à 0 (R = reset)
1	1	0	0	0	Position indéterminée
1	1	1	0	0	Position indéterminée

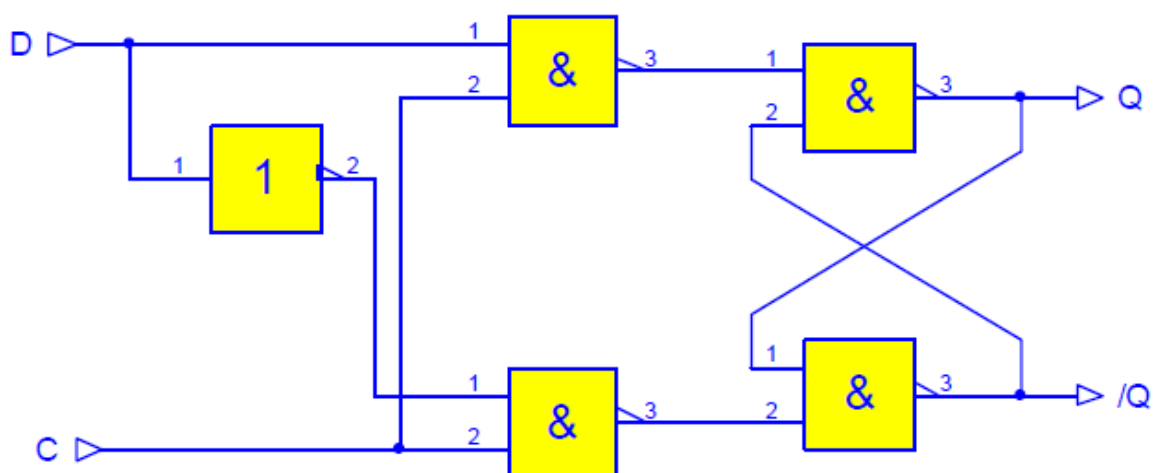
## ➤ Bascule RST



**Table de vérité :**

T	S	R	$\overline{S'}$	$\overline{R'}$	$Q_t$	$\overline{Q_t}$	Remarque
0	0	0	1	1	$Q_{t-1}$	$\overline{Q_{t-1}}$	Position mémoire
0	0	1	1	1	$Q_{t-1}$	$\overline{Q_{t-1}}$	Position mémoire
0	1	0	1	1	$Q_{t-1}$	$\overline{Q_{t-1}}$	Position mémoire
0	1	1	1	1	$Q_{t-1}$	$\overline{Q_{t-1}}$	Position mémoire
1	0	0	1	1	$Q_{t-1}$	$\overline{Q_{t-1}}$	Position mémoire
1	0	1	1	0	0	1	Mise à 0
1	1	0	0	1	0	1	Mise à 1
1	1	1	0	0	1	0	Position indéterminée

## ➤ Bascule D

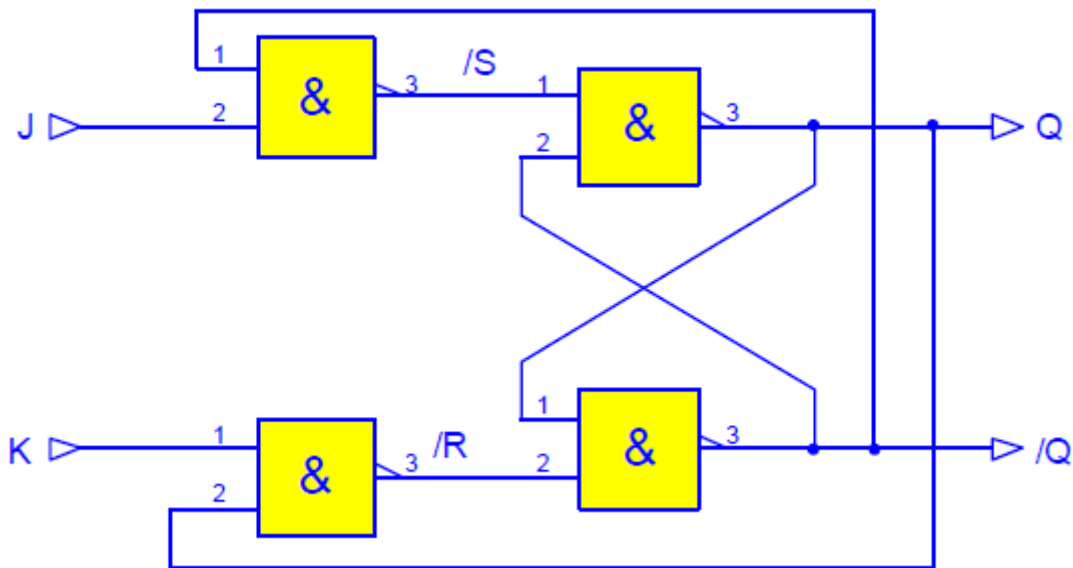


### Table de vérité :

C	D	$\bar{S}$	$\bar{R}$	$Q_t$	$\bar{Q}_t$	Remarque
0	0	1	1	$Q_{t-1}$	$\bar{Q}_{t-1}$	Position mémoire C = 0, verrouillage de la donnée D
0	1	1	1	$Q_{t-1}$	$\bar{Q}_{t-1}$	Position mémoire C = 0, verrouillage de la donnée D
1	0	1	0	0	1	Recopie de la donnée D sur la sortie Q
1	1	0	1	1	0	Recopie de la donnée D sur la sortie Q

### ➤ Bascules JK et JKMS

#### Bascule JK :



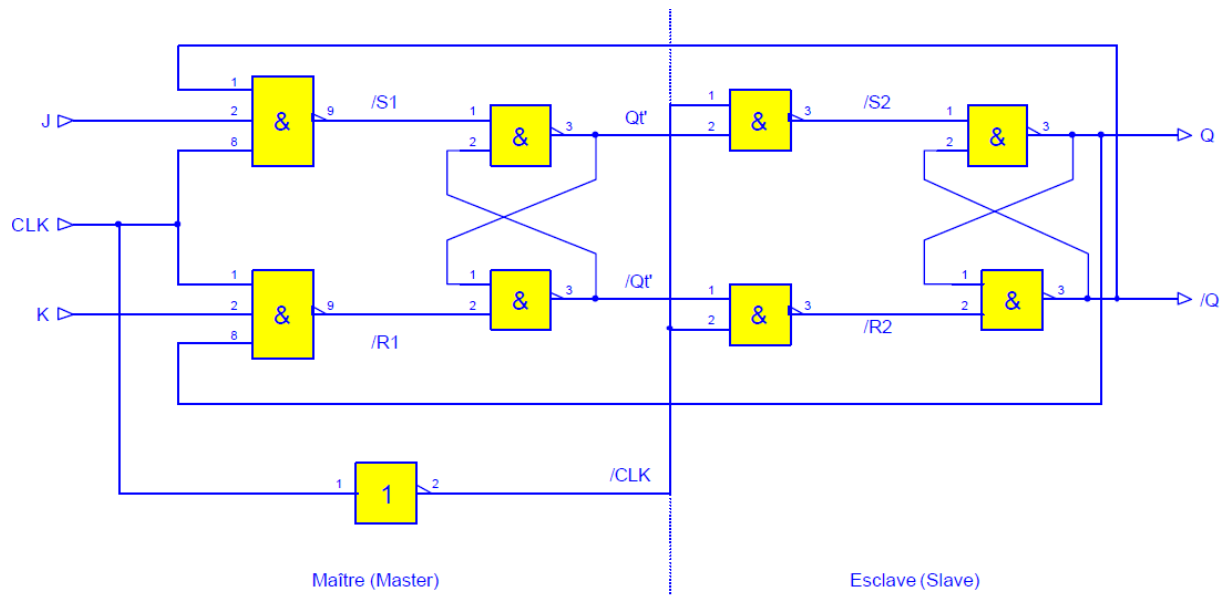
### Table de vérité :

J	K	$Q_{t-1}$	$\bar{Q}_{t-1}$	$\bar{S}$	$\bar{R}$	$Q_t$	$\bar{Q}_t$	Remarque
0	0	0	1	1	1	0	1	Position mémoire
0	0	1	0	1	1	1	0	Position mémoire
0	1	0	1	1	1	0	1	Mise à 0
0	1	1	0	1	0	0	1	Mise à 0
1	0	0	1	0	1	1	0	Mise à 1
1	0	1	0	1	1	1	0	Mise à 1
1	1	0	1	0	1	1	0	Basculement
1	1	1	0	1	0	0	1	Basculement

#### Bascule JKMS :

Lorsque les bascules sont utilisées en série avec une horloge commune (compteur synchrone par exemple), il peut être gênant que les sorties des branches changent d'état au moment où elles doivent être lues.

La structure maître-esclave a été développée pour s'affranchir de ce problème.



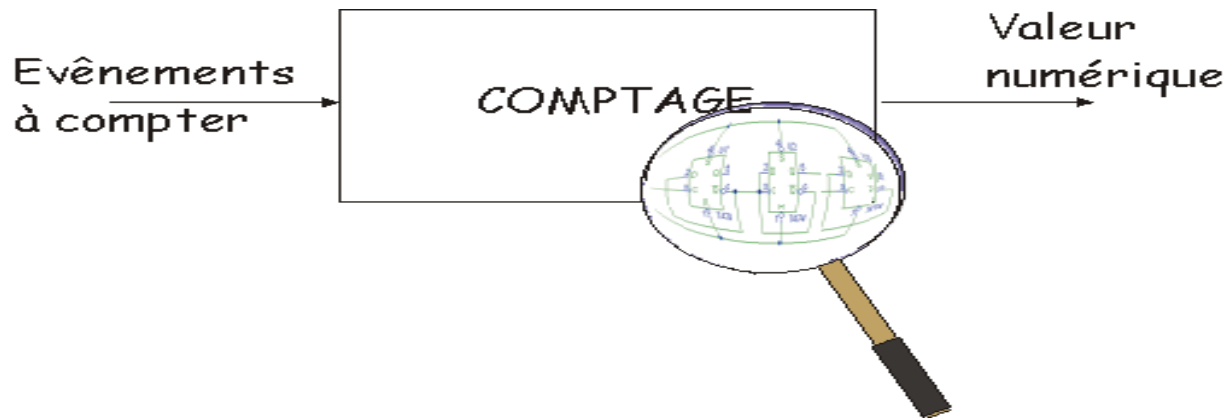
**Table de vérité :**

Maître								Esclave				Remarque
CLK Front montant								CLK Front descendant				
J	K	$Q_{t-1}$	$\overline{Q_{t-1}}$	$\overline{S_1}$	$\overline{R_1}$	$Q_{t'}$	$\overline{Q_{t'}}$	$\overline{S_2}$	$\overline{R_2}$	$Q_t$	$\overline{Q_t}$	
0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	Position mémoire
0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	Position mémoire
0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	Mise à 0
0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	Mise à 0
1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	Mise à 1
1	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	Mise à 1
1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	Basculement
1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	Basculement

### 3-Fonction du comptage:

#### ➤ Introduction :

La fonction comptage est utilisée à chaque fois que l'on souhaite dénombrer des évènements.



Les évènements correspondent à des impulsions logiques tandis que la valeur de sortie se présente sous forme de mot binaire. La fonction comptage est donc, en toute logique, associée à des **structures séquentielles**.

**Nota :** Une bascule peut avoir 2 états différents à sa sortie (0 et 1), et peut donc permettre de compter de 0 à 1. Avec 2 bascules on peut avoir jusqu'à 4 états différents : 00, 01, 10 et 11, ce qui permet de compter de 0 à 3 en binaire naturel. Avec 3 bascules on a 8 états (de 000 à 111), et en général **avec n bascules on a  $2^n$  états : on peut donc compter de 0 à  $2^n - 1$** .

Il reste à trouver comment doivent être connectées les n bascules entre elles pour réaliser un compteur, sachant qu'il existe plusieurs types de compteurs, et donc plusieurs techniques de réalisation.

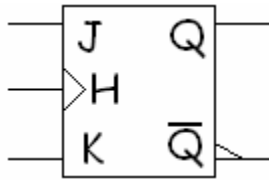
#### ➤ Principe et propriété :

Le compteur matérialisé sous forme de circuit intégré à une capacité de comptage qui dépend du nombre de ses sorties.

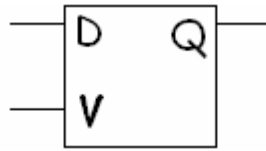
#### • **Les compteurs :**

#### ➤ Compteurs asynchrones :

Pour construire un compteur, nous pouvons remarquer qu'une bascule T dont l'entrée est à 1 fonctionne en diviseur de fréquence. Il en est de même que lorsque la sortie complémentée d'une bascule D est rebouclée sur l'entrée D ou que les entrées d'une bascule JK sont égales à 1.



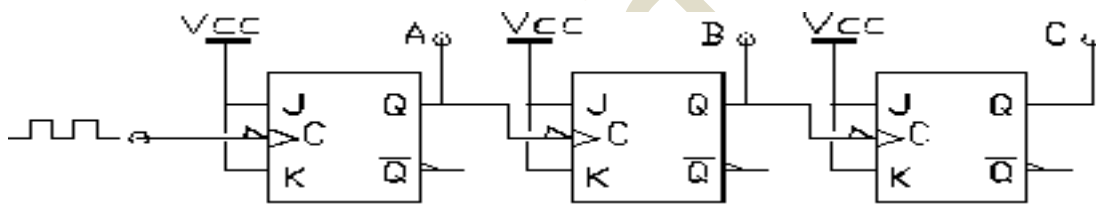
Symbole bascule JK



symbole bascule D

### Compteur modulo n :

Pour réaliser un compteur modulo  $n$  où  $n$  n'est pas une puissance de 2 on réalise la même structure que précédemment mais on utilise l'entrée de remise à zéro asynchrone pour forcer le compteur à repasser à zéro avant la 2<sup>ème</sup> impulsion. Si l'on désire, par exemple réaliser un compteur modulo 10, il faut utiliser quatre bascules (3 ne permettent de compter que jusqu'à 8) et les remettre toutes à zéro lorsque le nombre 10, soit 1010 en binaire, est affiché en sortie. En supposant que la remise à zéro est active au niveau bas, on effectuera une remise à zéro en appliquant les sorties D et B aux entrées d'une porte NON ET dont la sortie est reliée aux entrées de remise à zéro des bascules.



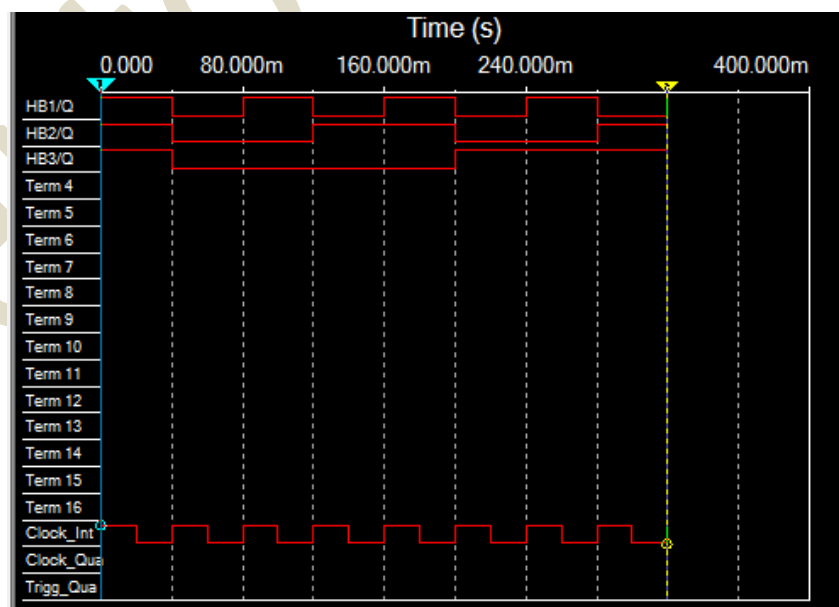
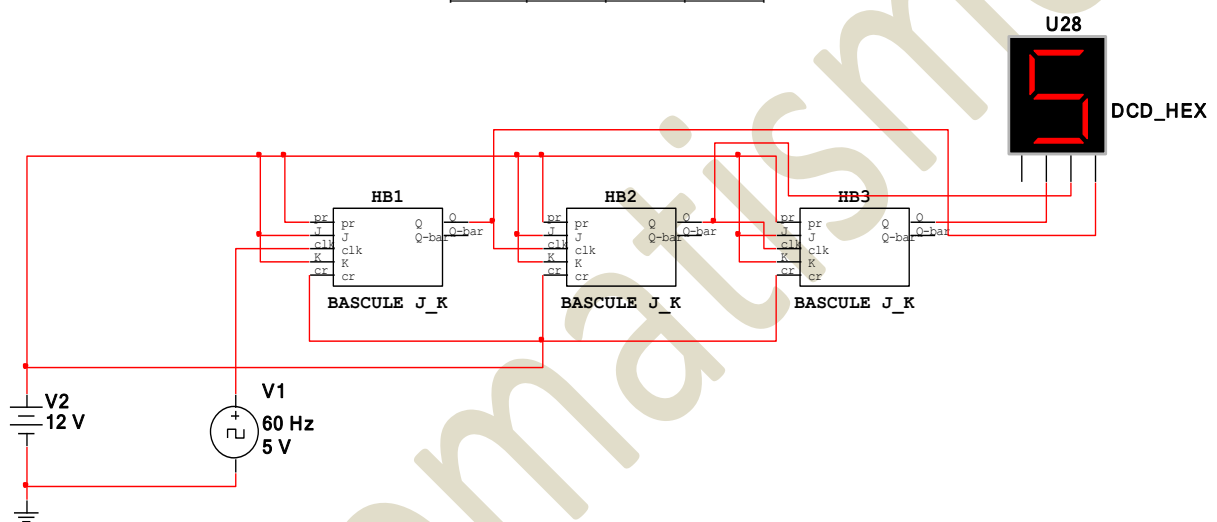
Le compteur est remis à zéro dès la dixième impulsion L'impulsion, de courte durée sur la sortie B ne pose pas de problème si les sorties commandent un afficheur mais serait gênante si la sortie B devait attaquer d'autres circuits logiques.

## ➤ Compteurs asynchrones (modulo 8,10 et 16) :

### Compteur asynchrone modulo 8 :

Pour réaliser un compteur modulo 8 à partir de 3 bascules J-K qu'on relie de la manière suivante :

N	Qc	Qb	Qa
0	0	0	0
1	0	0	1
2	0	1	0
3	0	1	1
4	1	0	0
5	1	0	1
6	1	1	0
7	1	1	1

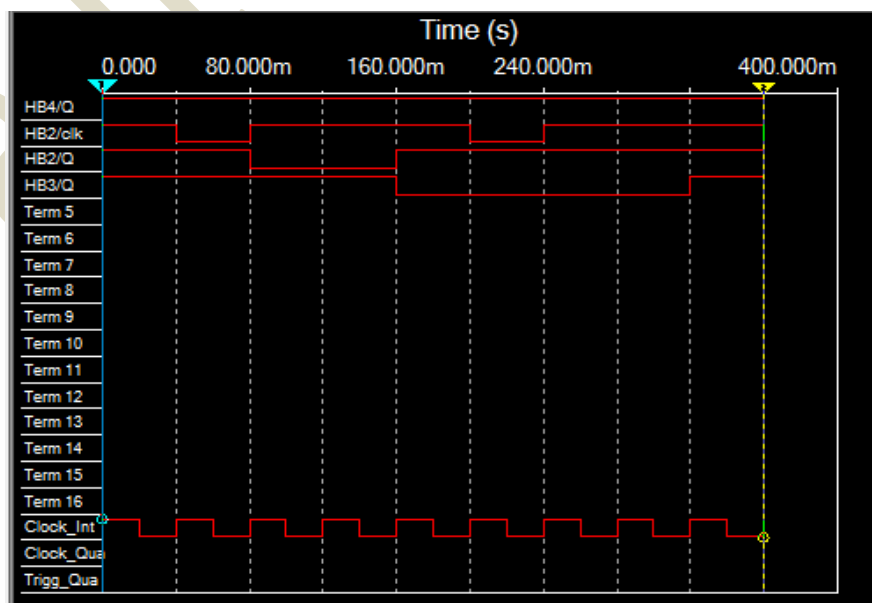
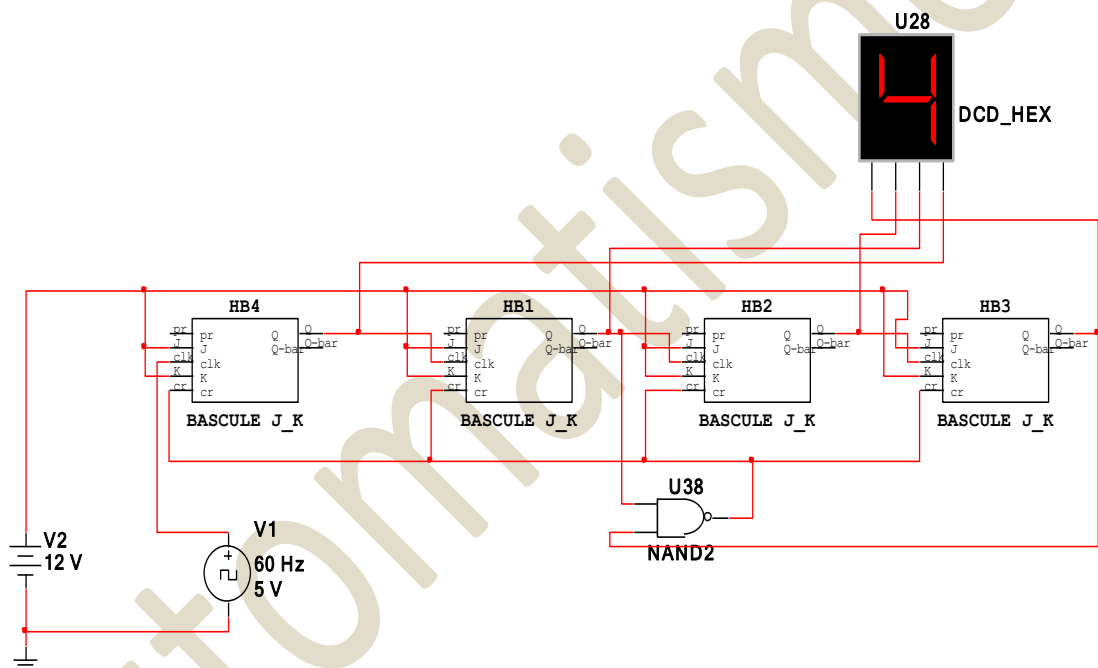




### Compteur asynchrone modulo 10 :

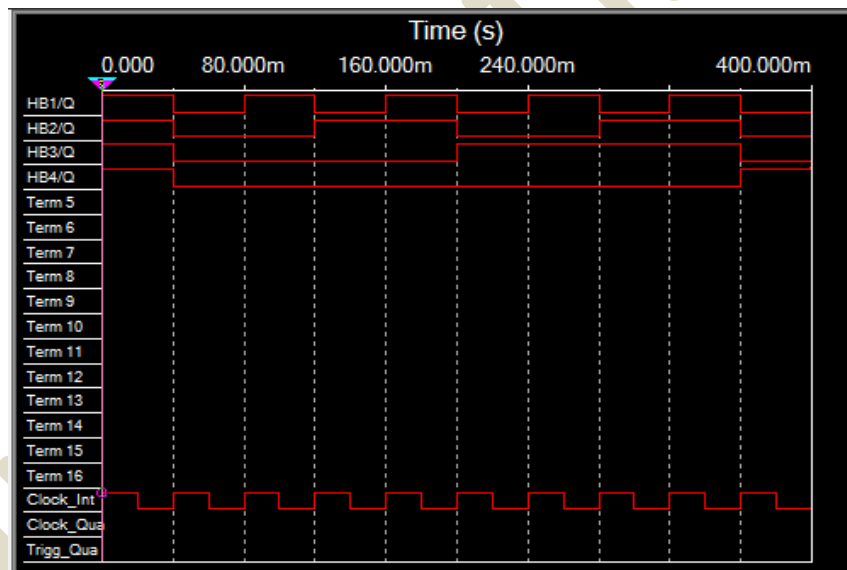
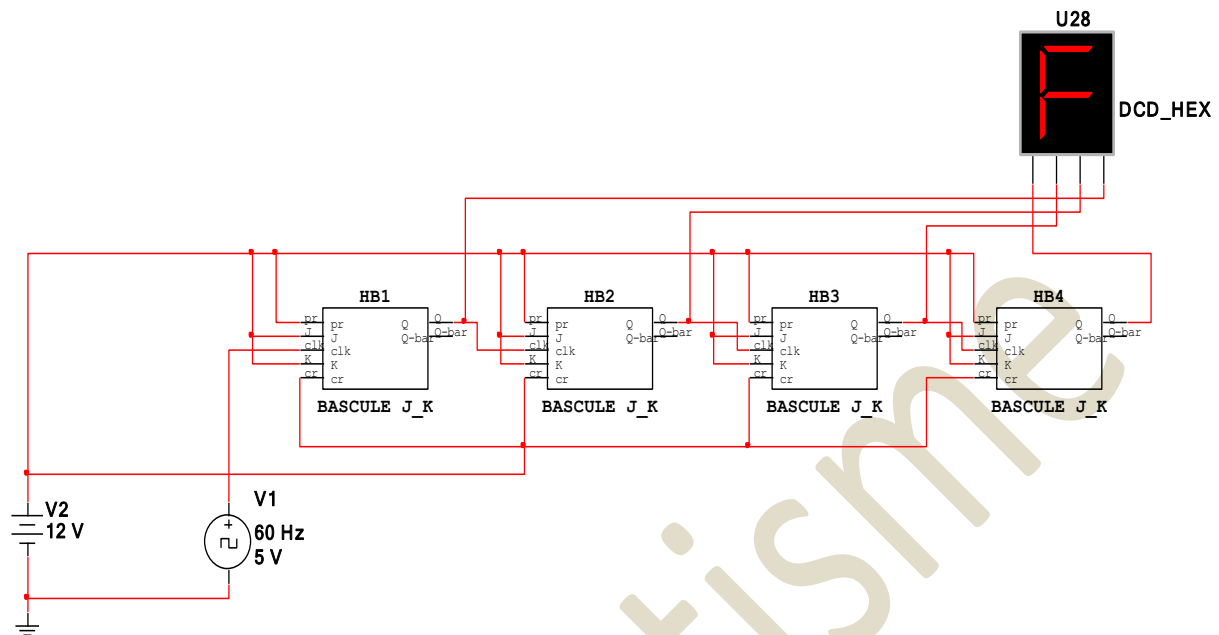
Pour réaliser un compteur modulo 10 à partir de 4 bascules J-K qu'on relie de la manière suivante :

N	Qd	Qc	Qb	Qa
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1



### Compteur asynchrone modulo 16 :

Pour réaliser un compteur modulo 16 à partir de 4 bascules J-K qu'on relie de la manière suivante :



### ➤ Compteurs synchrones :

Les temps de propagation  $TP$  s'ajoutant, le signal de sortie de la  $n$ ième bascule est retardé de  $n \cdot tp$ . Ce retard augmentant avec le nombre de bascules, les compteurs asynchrones seront vite limités en fréquence. D'autre part, des états intermédiaires de durée  $TP$  apparaissent et peuvent être à l'origine de dysfonctionnements. Pour pallier ce problème, on réalise des compteurs synchrones, pour lesquels le signal d'horloge est commun à toutes les bascules.

### Avantage :

Le compteur synchrone est donc plus rapide que le compteur asynchrone puisque les délais de propagation des bascules ne sont pas cumulés. D'autre part, si l'on suppose que toutes les bascules ont le même délai de propagation il n'y a pas d'état transitoire sur la sortie. Dans la pratique, ce n'est bien évidemment pas le cas car les délais de propagation de bascules peuvent être différents (temps de montée et de descente différents, charges différentes etc.). Toutefois, la durée de ces transitoires est réduite à la différence de fonctionnement des bascules et en aucun cas n'est aussi importante qu'en asynchrone.

### ➤ Compteurs synchrones (modulo 8, 10 et 16) :

#### Compteur synchrone modulo 8 :

Pour réaliser un compteur modulo 8 à partir de 3 bascules J-K qu'on relie de la manière suivante :

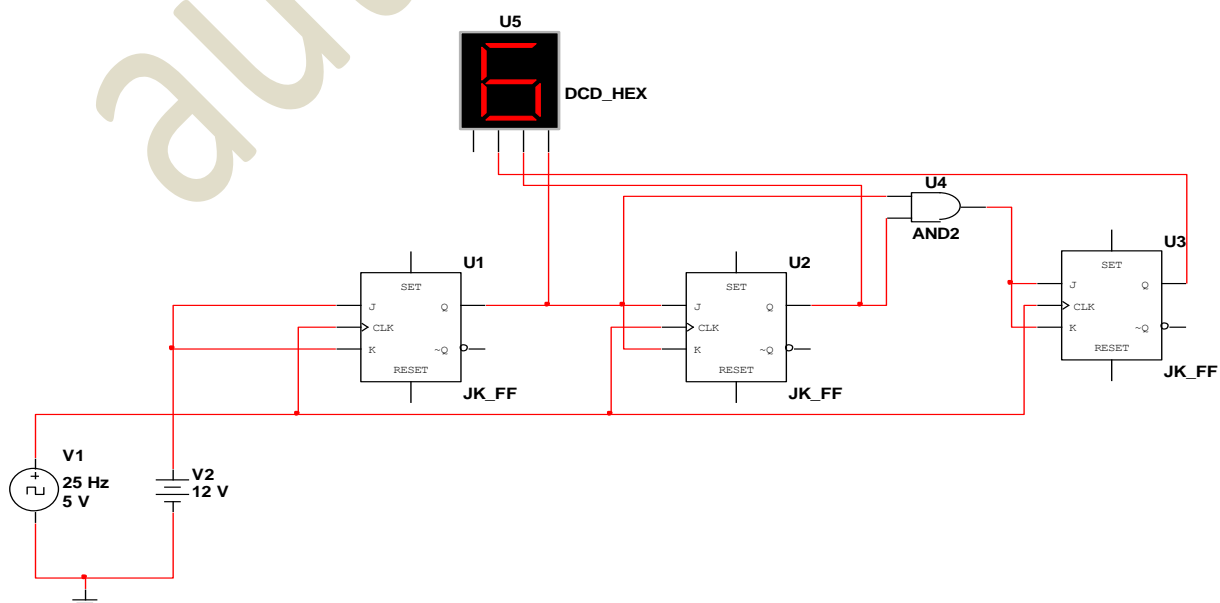
L'impulsion d'horloge est appliquée simultanément à chaque bascule. Celles-ci évoluent en fonction des informations présentes sur leurs entrées J, K au moment où apparaît l'impulsion. Il faut donc repositionner J et K à l'instant  $t$  pour obtenir le basculement désiré à l'instant  $t+1$ .

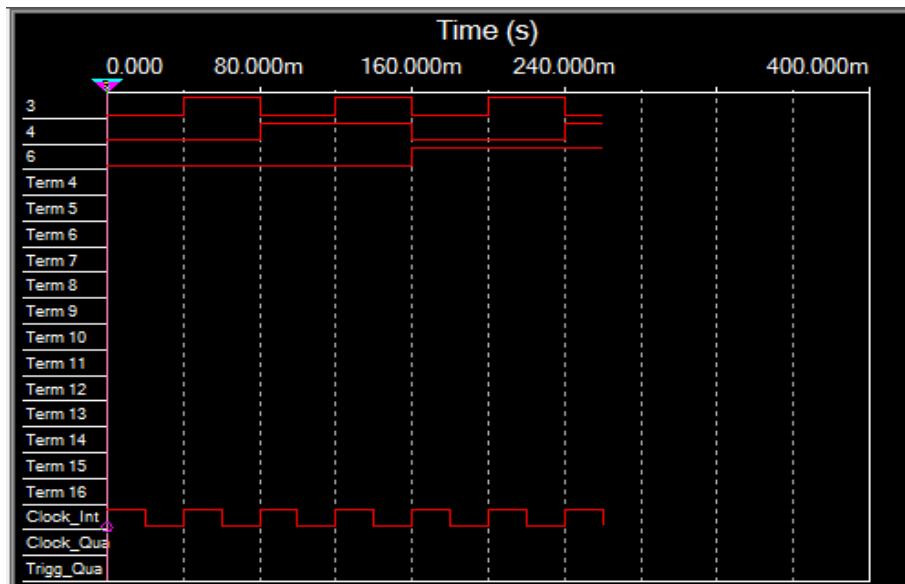
J	K	Q
0	0	Q
0	1	0
1	0	1
1	1	$\overline{Q}$

Q <sub>n</sub>	Q <sub>n-1</sub>
0	1
1	0
1	1
0	0

J	K
1	x
x	1
x	0
0	x

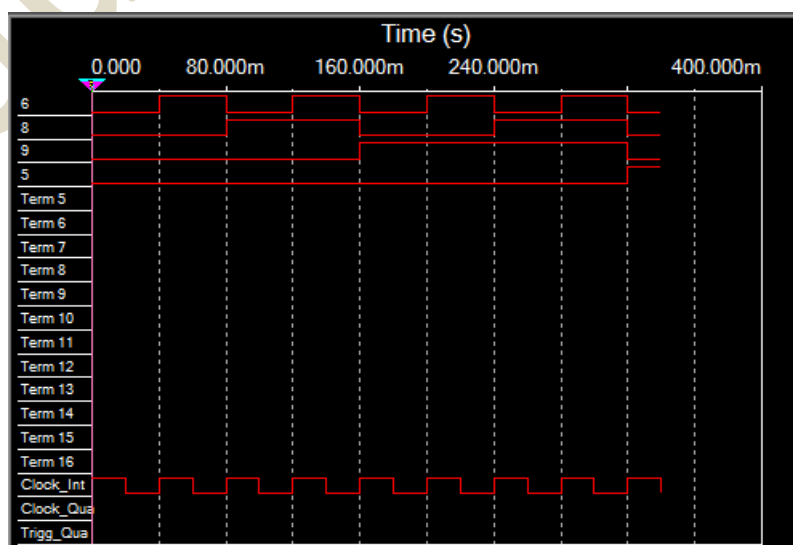
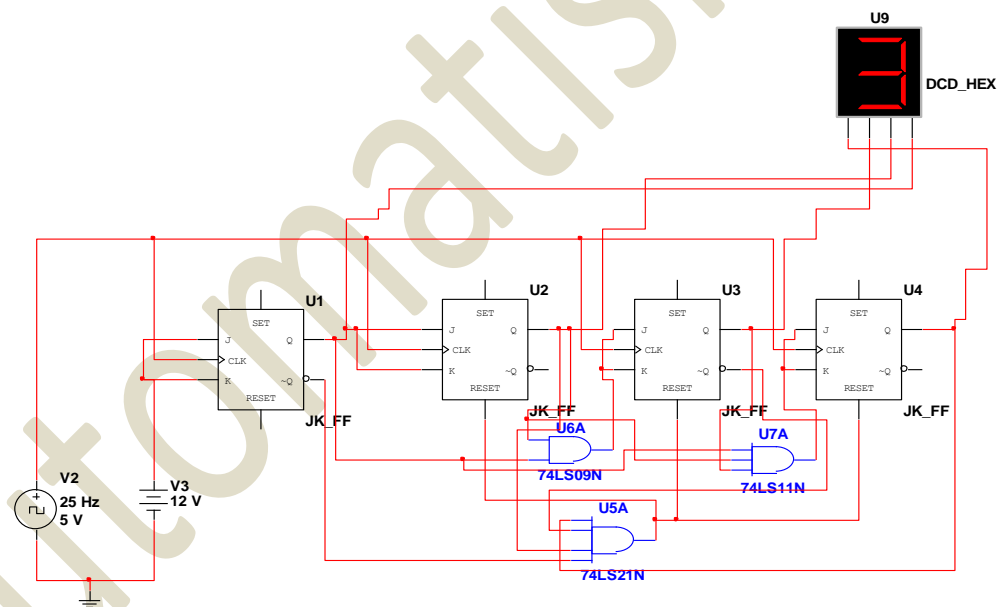
N	Q <sub>c</sub>	Q <sub>b</sub>	Q <sub>a</sub>	J <sub>c</sub>	K <sub>c</sub>	J <sub>b</sub>	K <sub>b</sub>	J <sub>a</sub>	K <sub>a</sub>
0	0	0	0	0	x	0	x	1	x
1	0	0	1	0	x	1	x	x	1
2	0	1	0	0	x	x	0	1	x
3	0	1	1	1	x	x	1	x	1
4	1	0	0	x	0	0	x	1	x
5	1	0	1	x	0	1	x	x	1
6	1	1	0	x	0	x	0	1	x
7	1	1	1	x	1	x	1	x	1



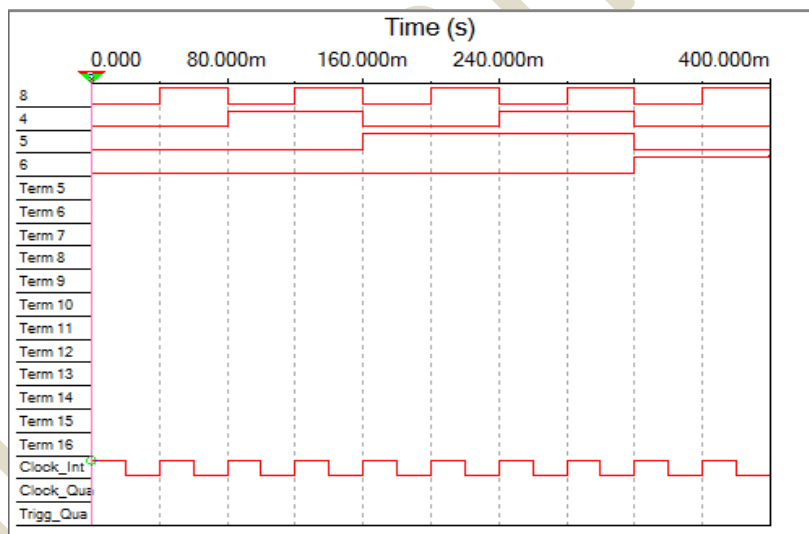
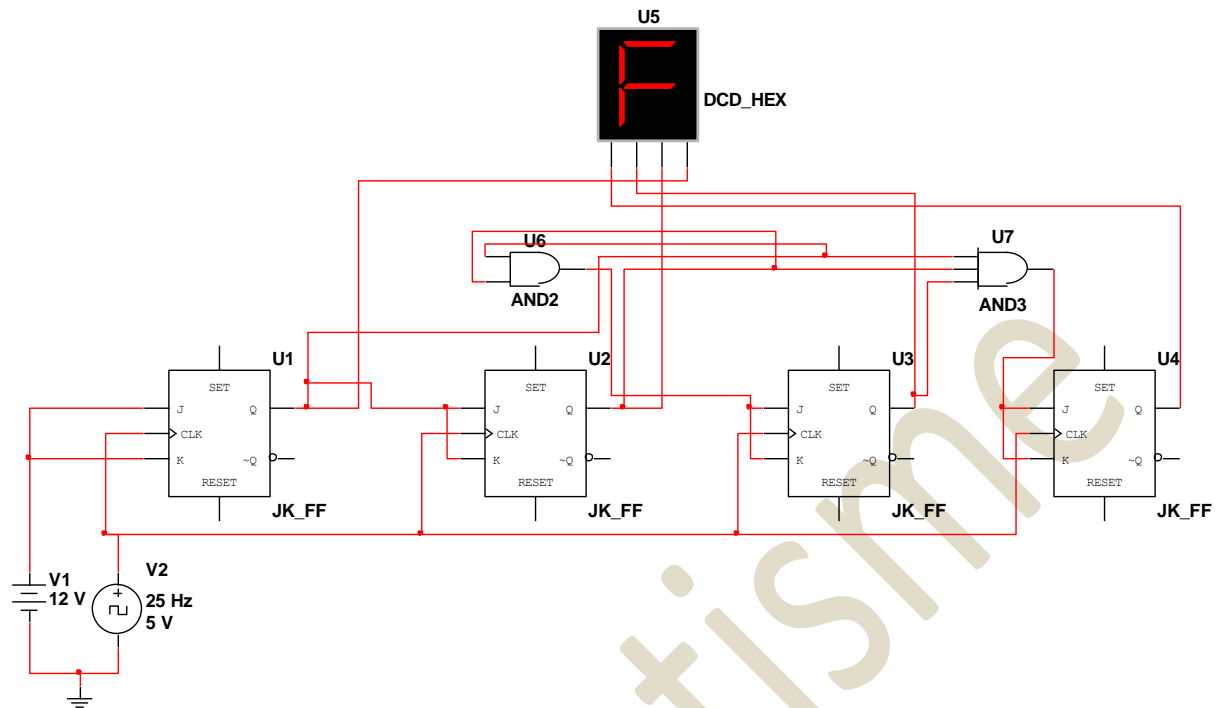


### Compteur synchrone modulo 10 :

Pour réaliser un compteur modulo 10 à partir de 4 bascules J-K qu'on relie de la manière suivante :



Pour réaliser un compteur modulo 16 à partir de 4 bascules J-K qu'on relie de la manière suivante :



#### 4-fonction du décomptage :

➤ **Principe :**

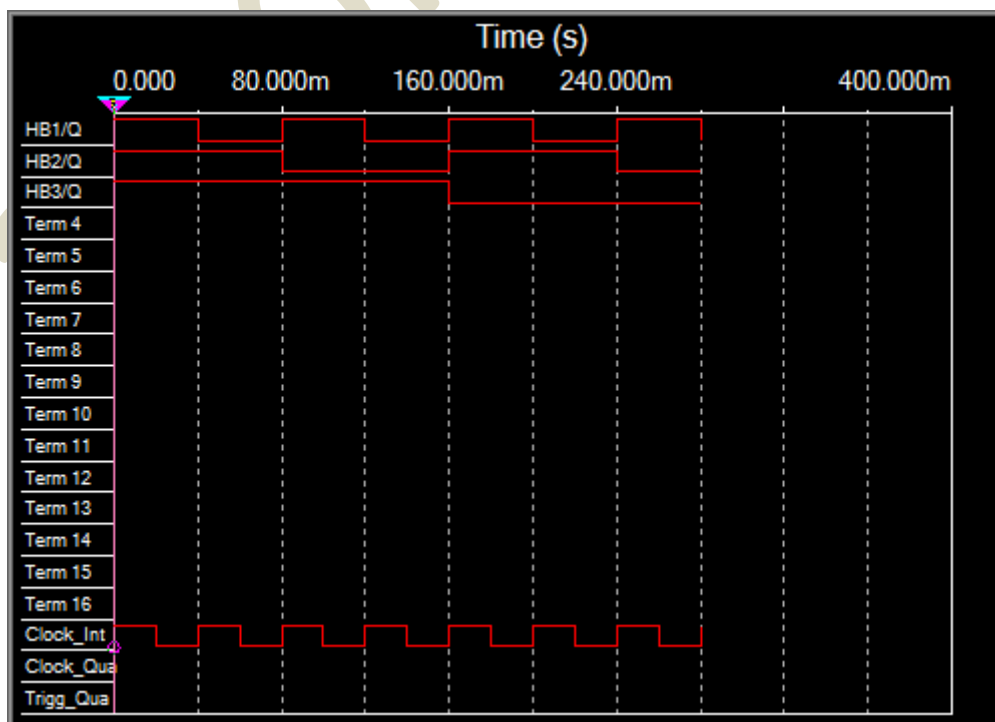
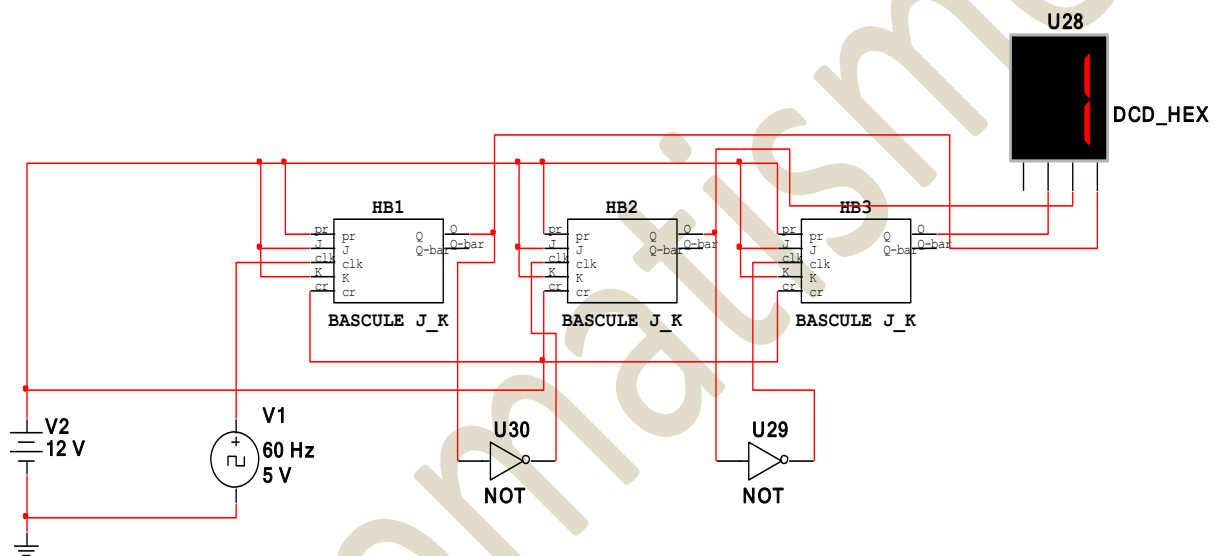
Un décompteur possède les mêmes caractéristiques qu'un compteur à ceci près qu'à chaque nouvel événement le code binaire de sortie est décrémenté de 1.

- Les décompteurs :

➤ Décompteurs asynchrones (modulo 8,10 et 16) :

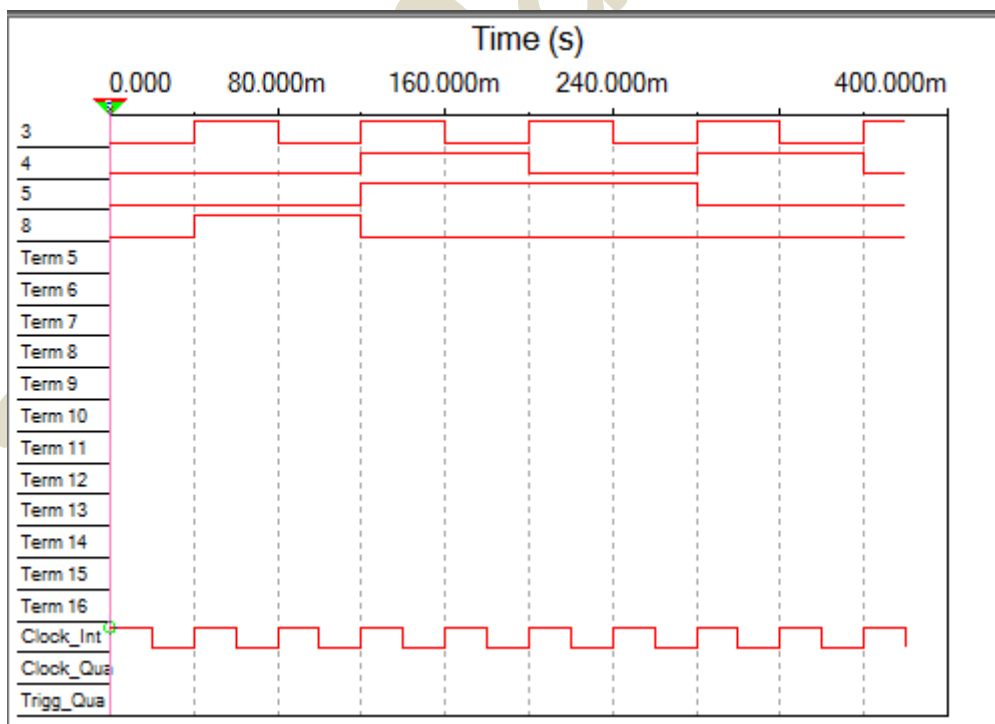
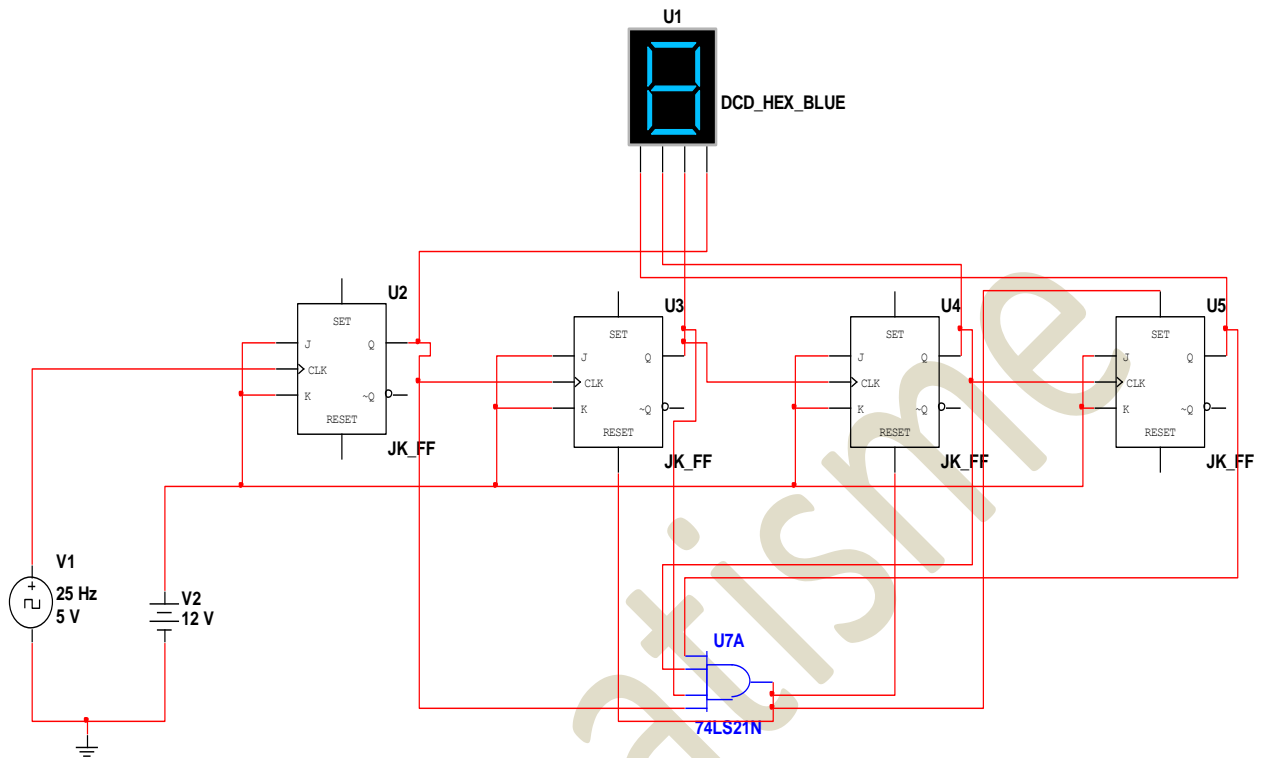
### Décompteur asynchrone modulo 8 :

Pour réaliser un décompteur modulo 8 à partir de 3 bascules J-K qu'on relie de la manière suivante :



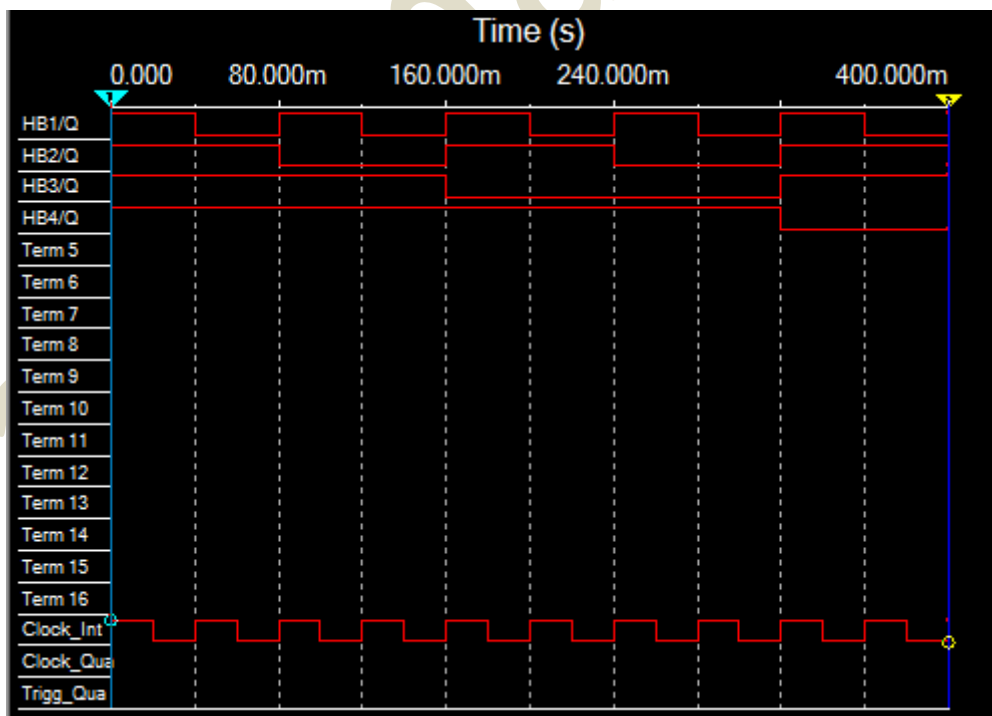
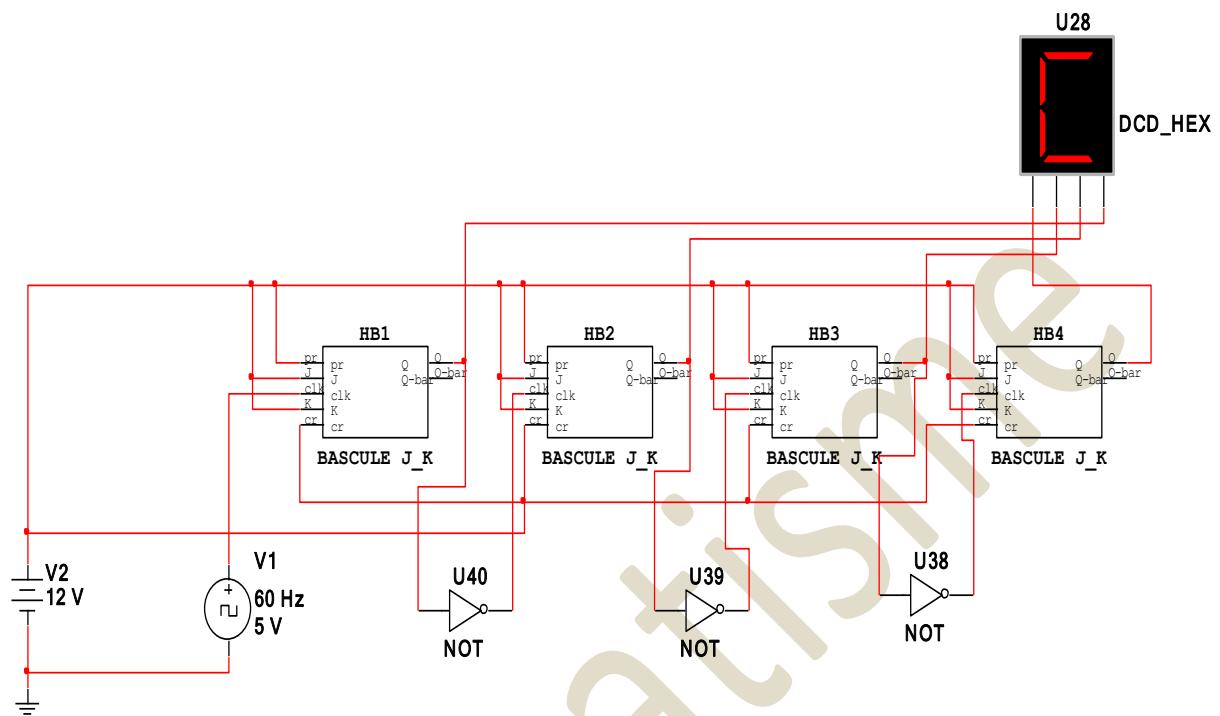
### Décompteur asynchrone modulo 10 :

Pour réaliser un décompteur modulo 10 à partir de 3 bascules J-K qu'on relie de la manière suivante :



### Décompteur asynchrone modulo 16 :

Pour réaliser un décompteur modulo 16 à partir de 3 bascules J-K qu'on relie de la manière suivante :

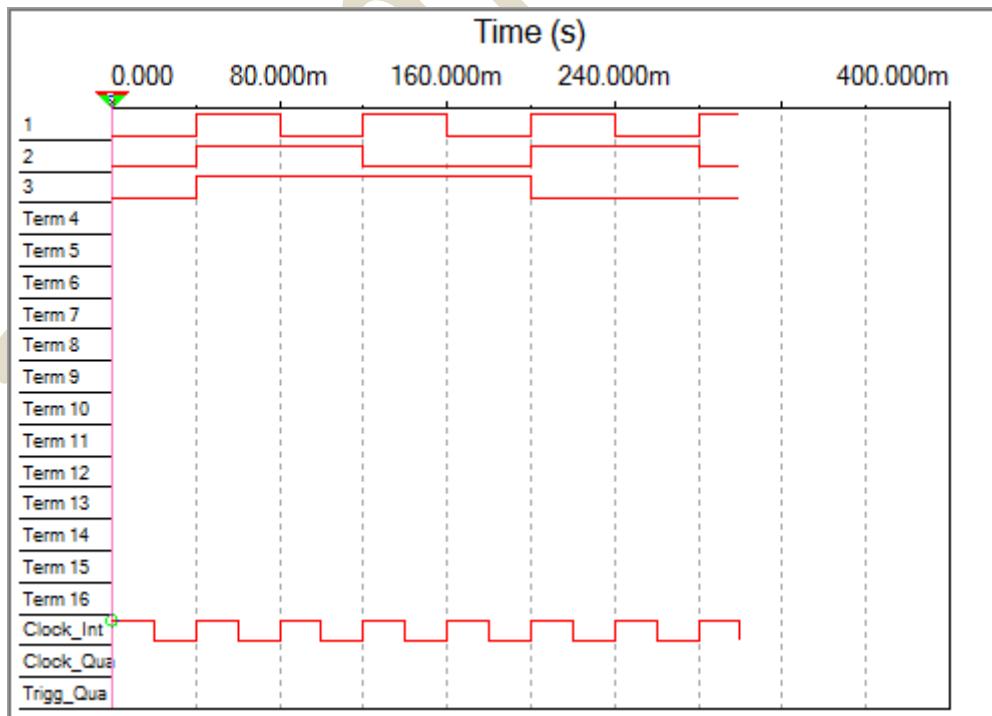
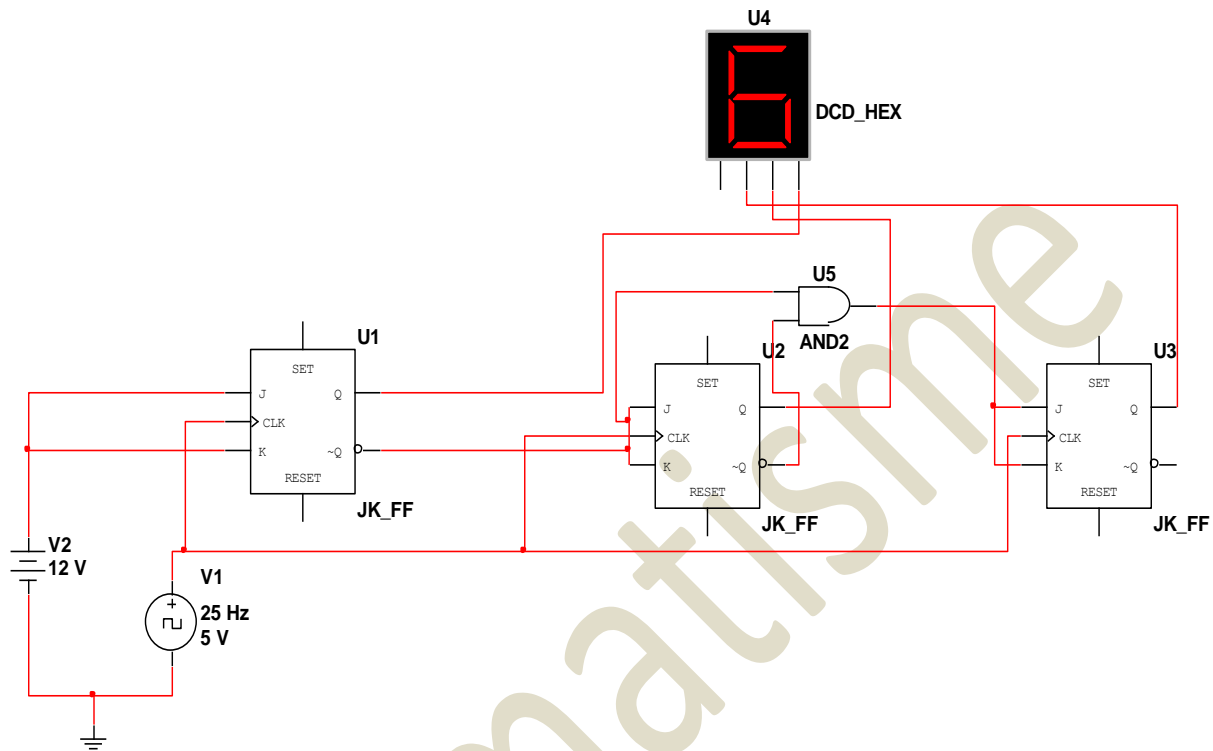




## ➤ Décompteurs synchrones (modulo 8,10 et 16) :

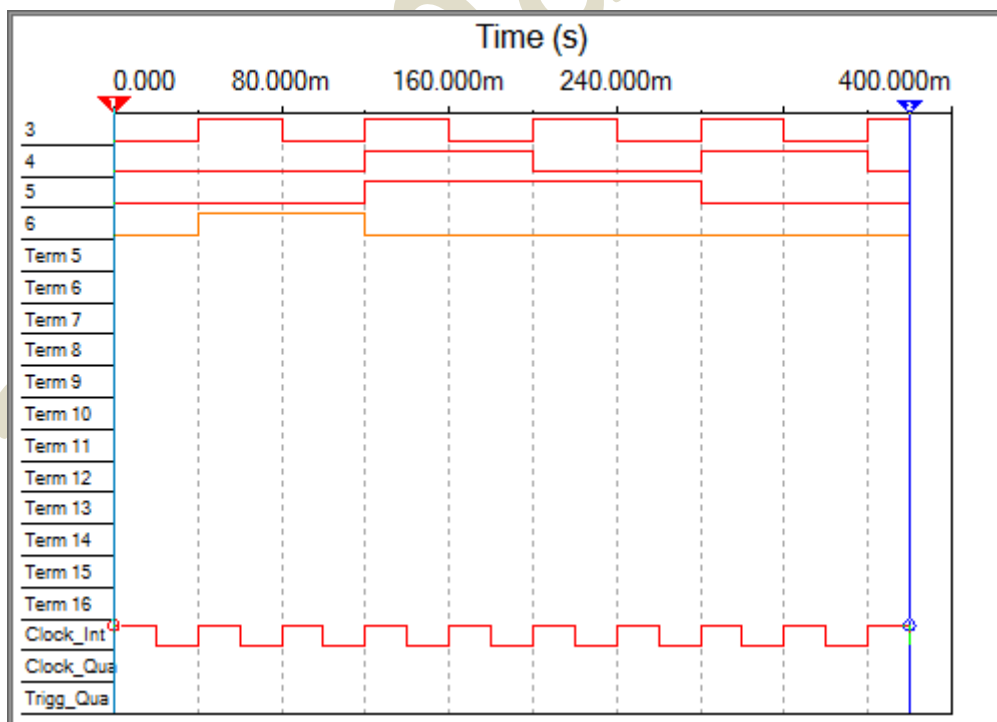
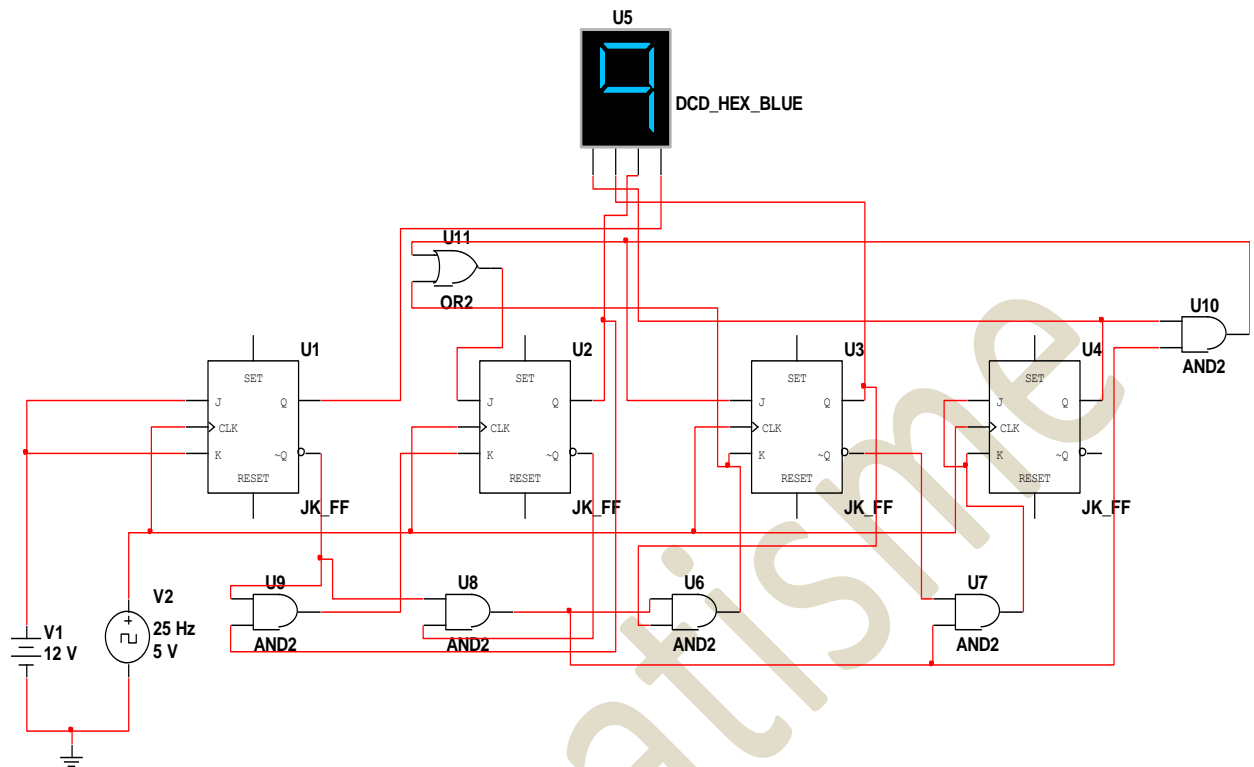
### Décompteur synchrone modulo 8 :

Pour réaliser un décompteur modulo 8 à partir de 3 bascules J-K qu'on relie de la manière suivante :



### Décompteur synchrone modulo 10 :

Pour réaliser un décompteur modulo 10 à partir de 3 bascules J-K qu'on relie de la manière suivante :



### Décompteur synchrone modulo 16 :

Pour réaliser un décompteur modulo 16 à partir de 3 bascules J-K qu'on relie de la manière suivante :

