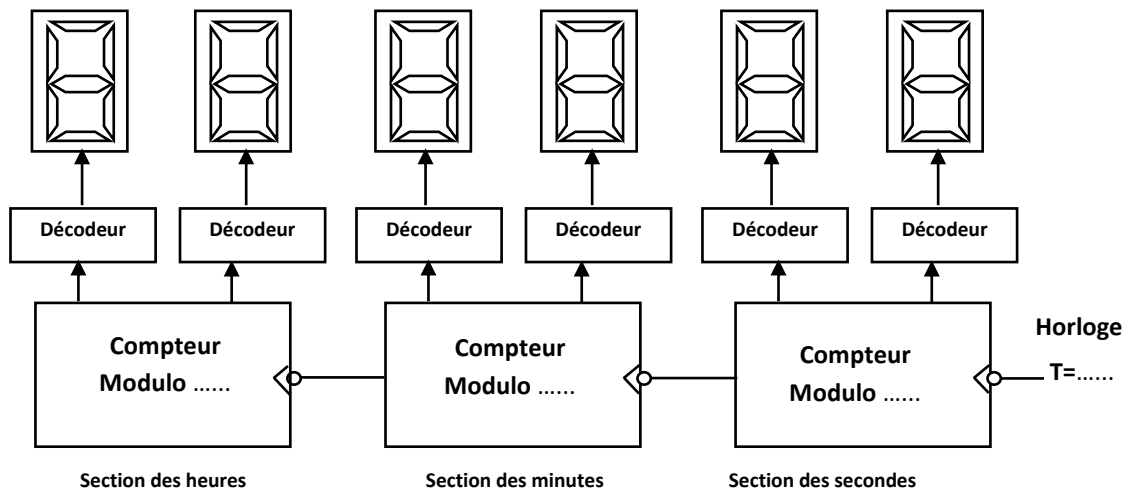
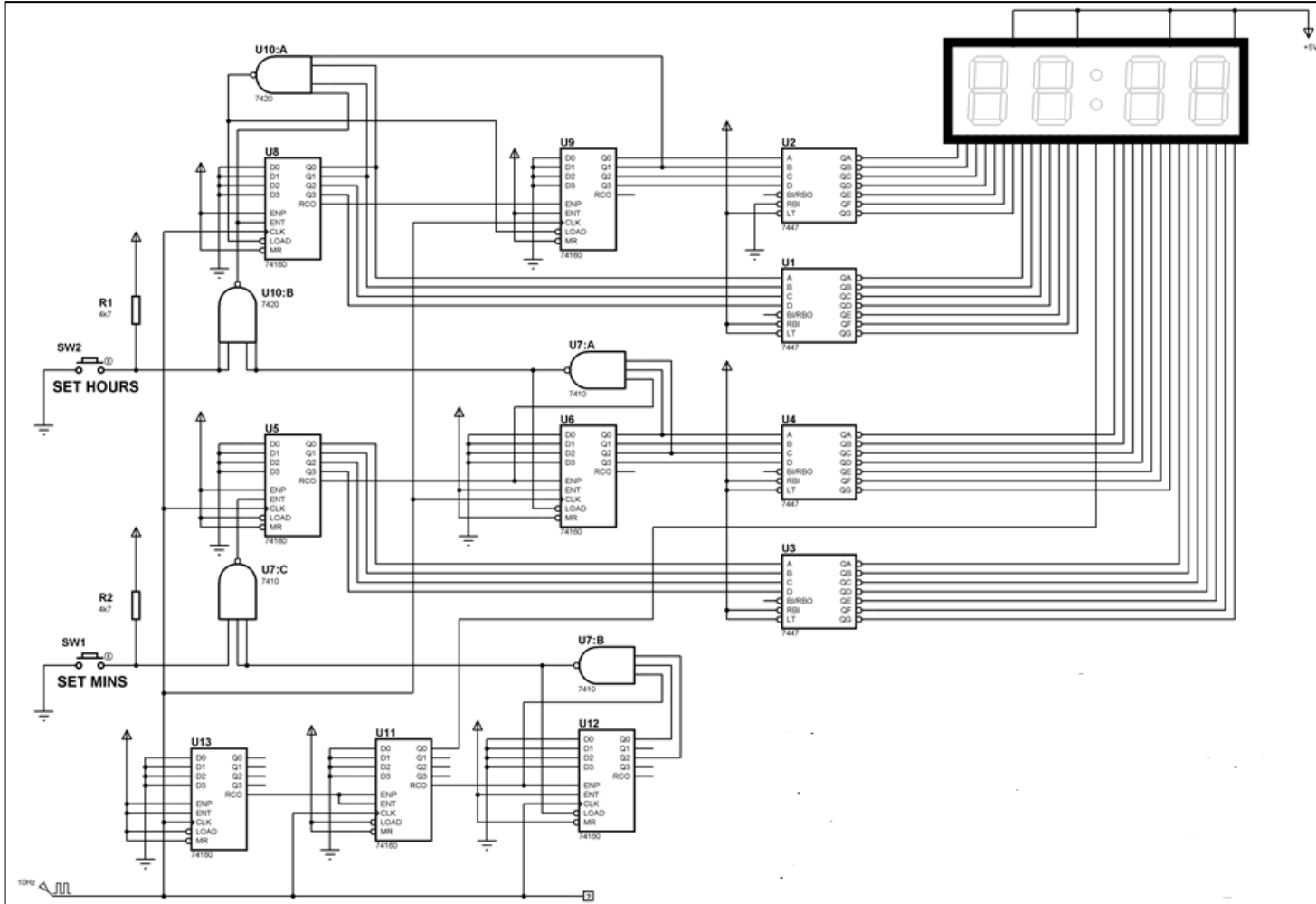


# LES COMPTEURS

## A - Mise en situation : Montre électronique :

Une des applications les plus courantes des compteurs est la montre électronique où l'heure du jour est indiquée au moyen de chiffres : deux chiffres pour les heures, deux chiffres pour les minutes et deux chiffres pour les secondes.



*Schéma synoptique d'une montre électronique*

## B - Rappels : Les compteurs asynchrones :

1 - **Définition** : Un compteur asynchrone est un circuit ..... composé de ..... qui commutent en ..... à partir du signal d'horloge placé sur la ..... bascule . L'entrée d'horloge de la 2<sup>ème</sup> bascule reçoit ..... de la ..... bascule etc..

*Front descendant* : ..... est relié à la sortie ..... de la bascule de rang ( i-1 ) .

*Front montant* : ..... est relié à la sortie ..... de la bascule de rang ( i-1 ) .

### 2 - Applications :

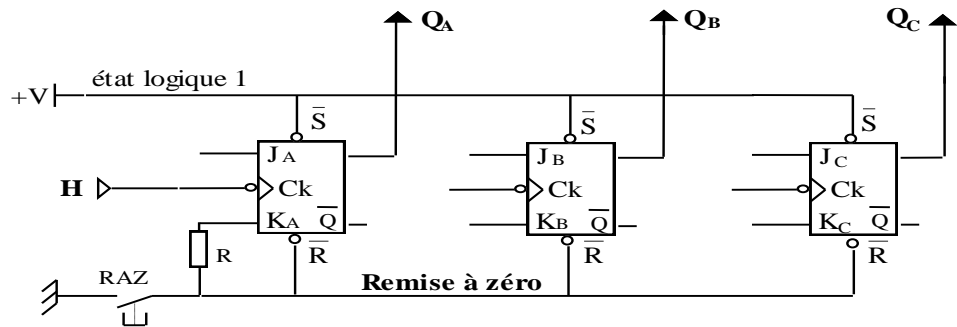
#### a - Compteur asynchrone modulo N = 8 :

Le nombre de bascules est déterminé par :  $2^n \leq N \leq 2^{n+1}$  avec  $N = 8$  du compteur et  $n = 3$   $\Rightarrow N = 8 = 2^3$  donc  $n = 3$  bascules .

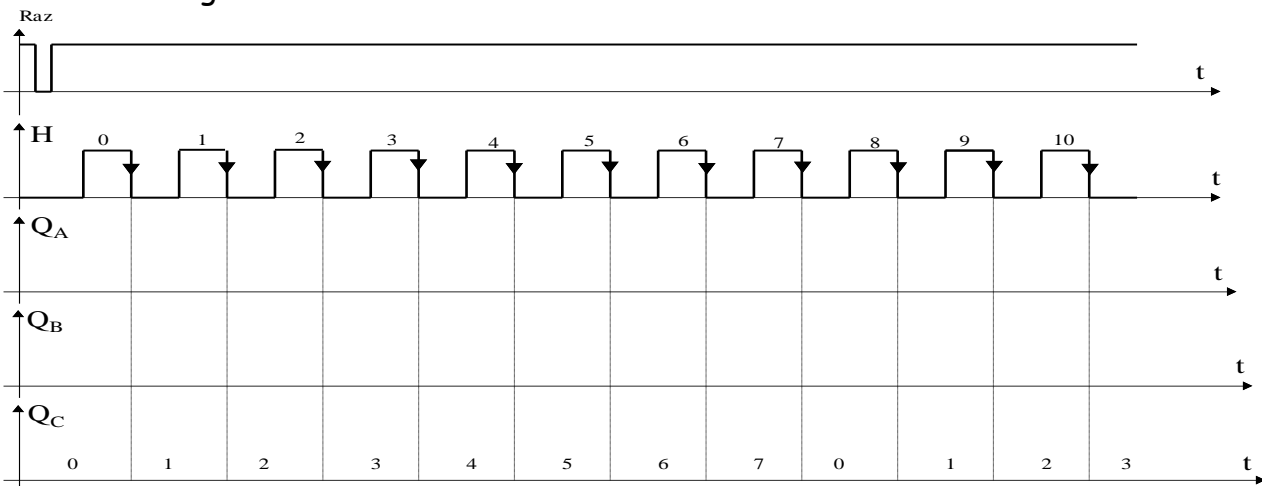
• On utilise des bascules JK à front descendant et à entrée de forçage à 0 complétementée

- Table de transitions et schéma de câblage (  $H_i = Q_{i-1}$  )

Cycle	QC	QB	QA
0			
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			

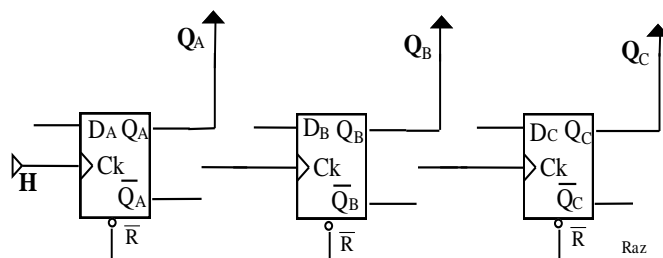


- Chronogrammes :



#### Activité 1 : simuler par le logiciel ISIS ce compteur

• On utilise des bascules D à front montant et à entrée de forçage à 0 complétementée :



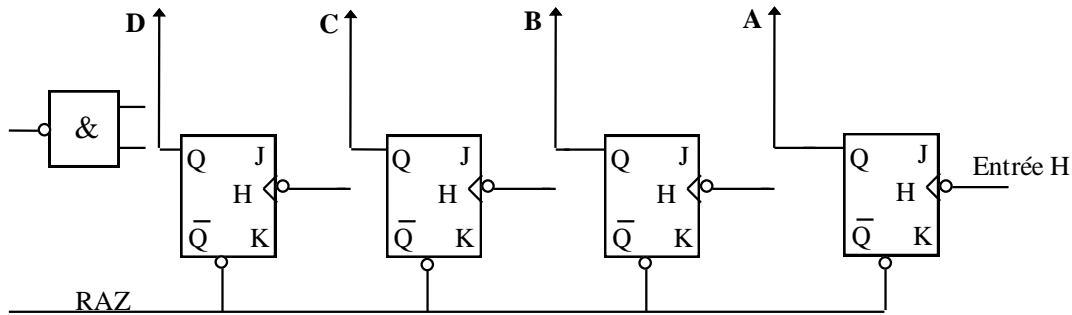
**Remarques :**

*Compteur* : - Bascule à front descendant :  $H_i = Q_{i-1}$  ; - Bascule à front montant :  $H_i = \overline{Q_{i-1}}$   
*Décompteur* : - Bascule à front descendant :  $H_i = \overline{Q_{i-1}}$  - Bascule à front montant :  $H_i = Q_{i-1}$

**b - Compteur asynchrone à cycle incomplet :**

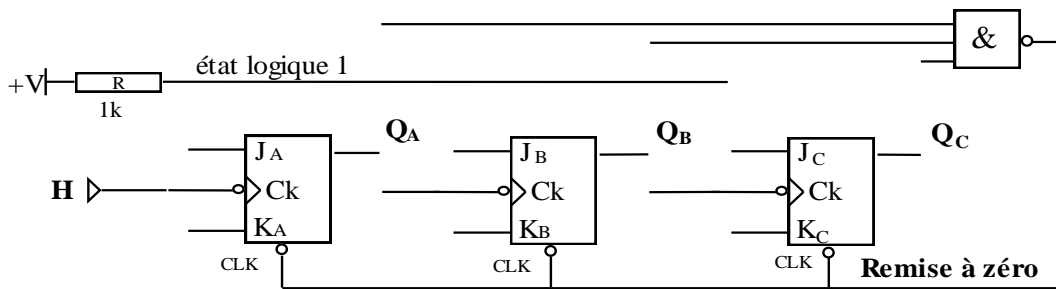
• **Réalisation d'un compteur asynchrone modulo 10**

A la 10<sup>ème</sup> combinaison , on doit initialiser toutes les bascules :  $RAZ = \overline{DCBA}$  . On remarque que  $B = D = 1$  n'apparaît pour la 1<sup>ère</sup> fois que pour la 10<sup>ème</sup> combinaison . L'équation se réduit à :  $RAZ = DB$  donc  $RAZ = \overline{DB} = \overline{D} \overline{B}$  , le RAZ des bascules est actif au niveau bas .

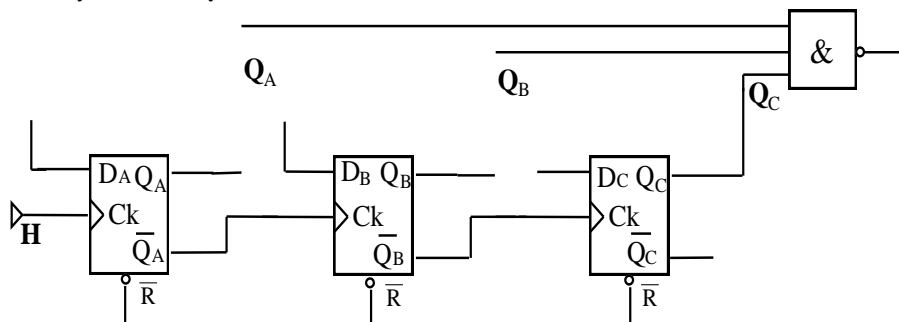


• **Réalisation du compteur asynchrone modulo 7 avec des bascules JK :**

Si les entrées de remise à zéro sont actives à l'état bas : on applique  $\overline{Q_A Q_B Q_C}$  en mettant un inverseur à la sortie du ET ou on supprime l'inverseur si on utilise des opérateurs NAND.



• **Réalisation du compteur asynchrone modulo 7 avec des bascules D :**

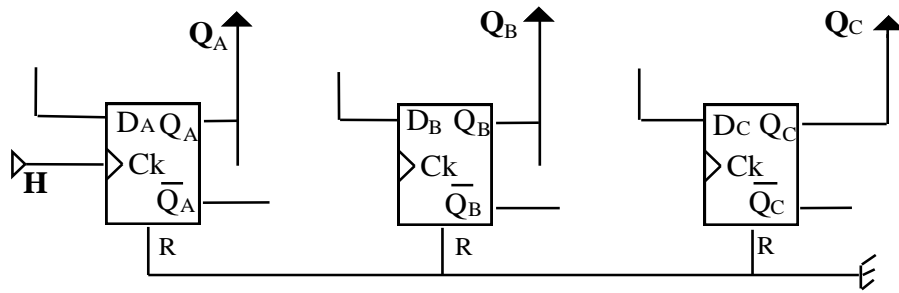


Ces compteurs comptent jusqu'à 6 puis repassent à 0 : il s'agit des compteurs **modulo 7**

**c - Décompteurs asynchrones :**

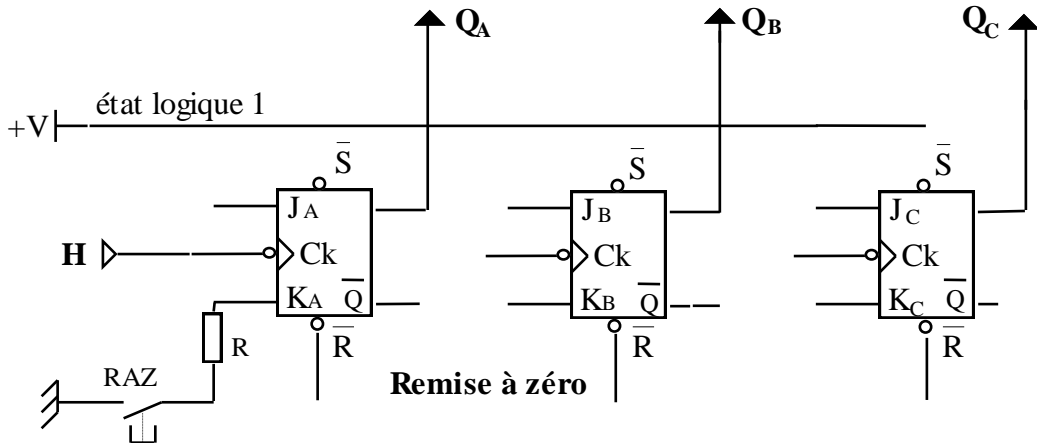
• **Décompteur modulo 8 en bascules D à front montant :**

- cycle à décompter : 7 à 0 .
- Nombre de bascules : 3 bascule D à front montant (  $H_i = Q_{i-1}$  ) .
- schéma de câblage :

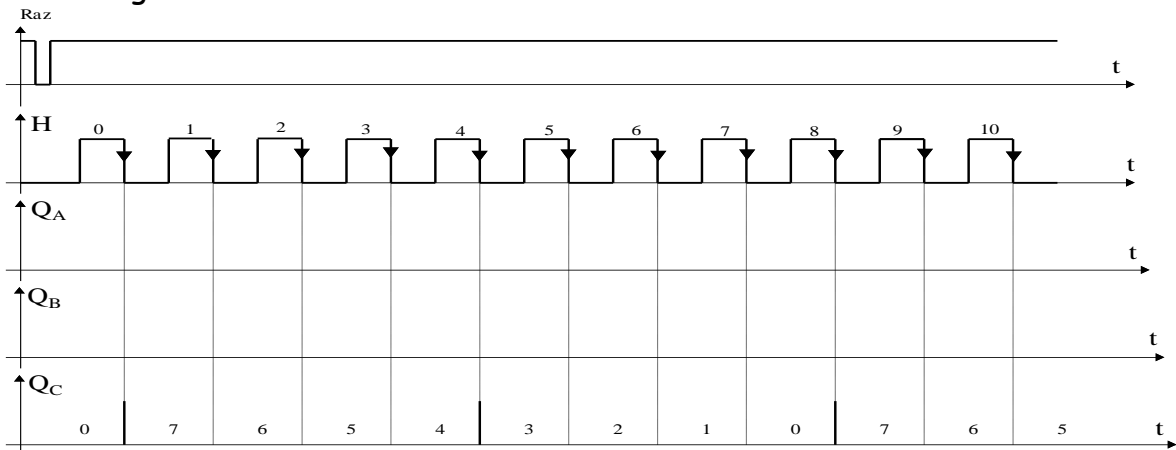


• **Décompteur modulo 8 en bascules JK à front descendant :**

- schéma de câblage : ( $H_i = \bar{Q}_{i-1}$ )



- chronogrammes :

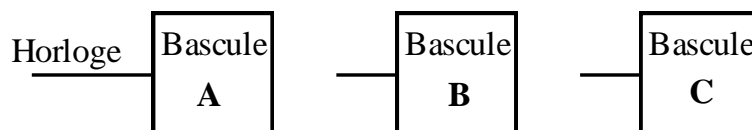


**C - Compteurs /Décompteurs synchrones :**

**1 - Définition :**

Dans un compteur ( ou décompteur ) synchrone l'horloge est la même pour tous les étages .

Toutes les bascules commutent simultanément et le vitesse de fonctionnement est plus rapide .



**2 - applications :**

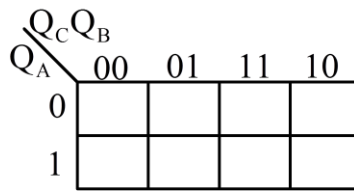
**a - Compteur synchrone modulo 8 :**

- cycle de comptage : 0 - 1 - 2 - ....7 . ; - Nombre de bascules : 3

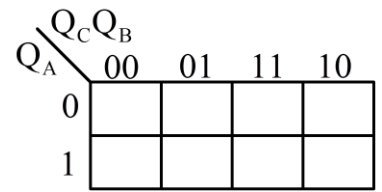
- Table de comptage :

- Tables de fonctionnement des différentes bascules :

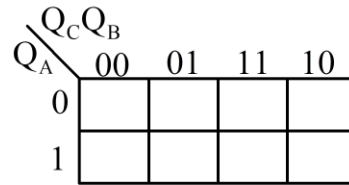
Déc	n			n+1		
	Q <sub>C</sub>	Q <sub>B</sub>	Q <sub>A</sub>	Q <sub>C</sub>	Q <sub>B</sub>	Q <sub>A</sub>
0						
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						



Bascule A



Bascule B



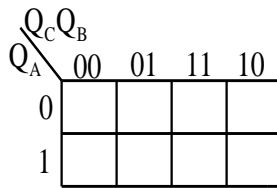
Bascule C

**• Choisissons la bascule JK :**

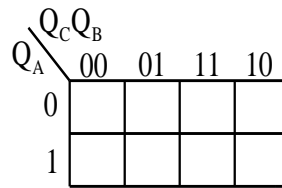
- Table de vérité symbolique

J	K	Q <sub>n</sub>	Q <sub>n+1</sub>	Rque

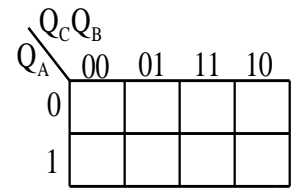
- Equations des entrées :



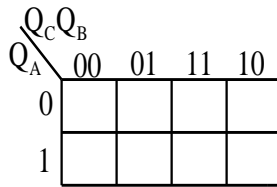
J<sub>A</sub> = ....



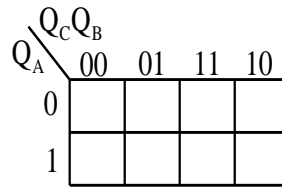
J<sub>B</sub> = .....



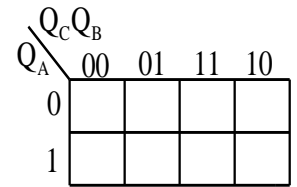
J<sub>C</sub> = .....



K<sub>A</sub> = .....

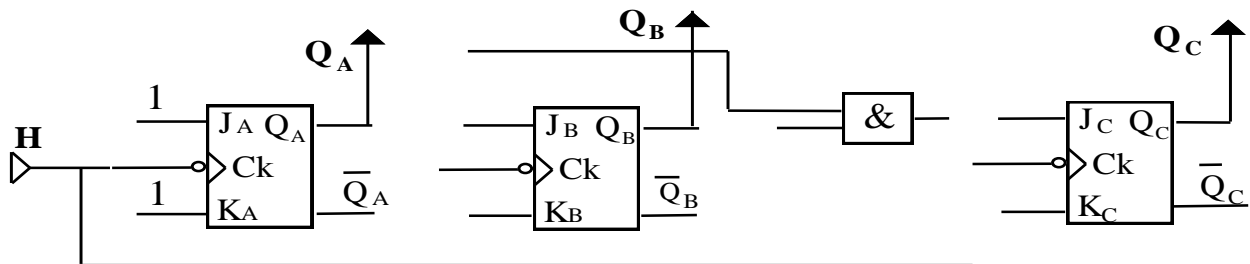


K<sub>B</sub> = .....



K<sub>C</sub> = .....

- Schéma de câblage :



**• Choisissons la bascule D :**

- Table de vérité symbolique :

D	Q <sub>n</sub>	Q <sub>n+1</sub>	Rque

- Matrices des entrées :

Q <sub>C</sub> Q <sub>B</sub>	Q <sub>A</sub>			
	00	01	11	10
0				
1				

D<sub>A</sub> = .....

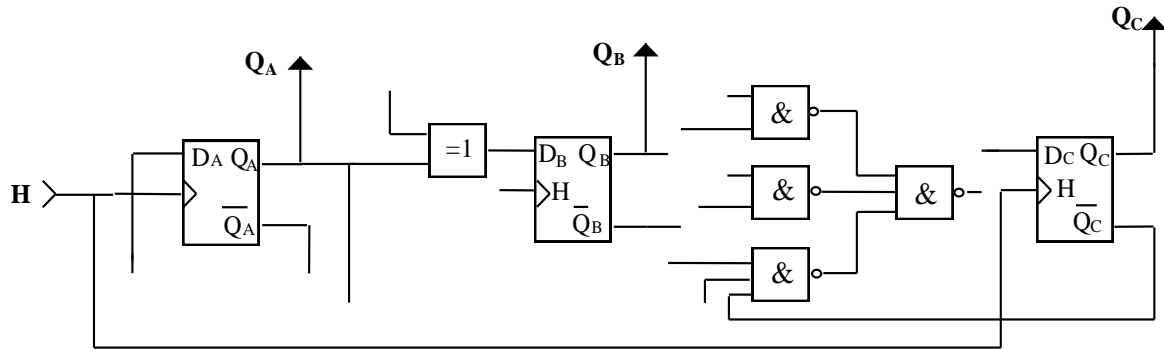
Q <sub>C</sub> Q <sub>B</sub>	Q <sub>A</sub>			
	00	01	11	10
0	0			0
1				

D<sub>B</sub> = .....

Q <sub>C</sub> Q <sub>B</sub>	Q <sub>A</sub>			
	00	01	11	10
0				
1				

D<sub>C</sub> = .....

- Schéma de câblage :



b - Compteur synchrone modulo 5 :

• En utilisant des bascules JK à front descendant :

On a besoin de trois bascules ( 2<sup>3</sup> combinaisons = 8 ), il faudra donc éliminer 3 combinaisons

- Table de transitions ( de comptage ou vérité ) :

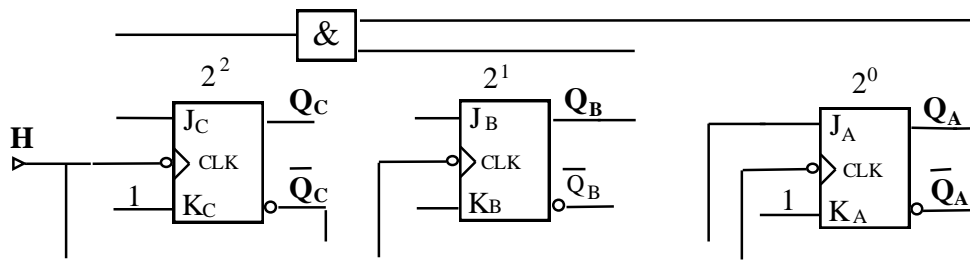
No	Q <sub>C</sub>	Q <sub>B</sub>	Q <sub>A</sub>	J <sub>C</sub>	K <sub>C</sub>	J <sub>B</sub>	K <sub>B</sub>	J <sub>A</sub>	K <sub>A</sub>
0	0	0	0						
1	0	0	1						
2	0	1	0						
3	0	1	1						
4	1	0	0						

- Equations :

Q <sub>C</sub> Q <sub>B</sub>	Q <sub>A</sub>				Equation
	00	01	11	10	
0					$J_C = Q_A Q_B$
1					
Q <sub>C</sub> Q <sub>B</sub>	Q <sub>A</sub>				Equation
	00	01	11	10	
0					$K_C = 1$
1					
Q <sub>C</sub> Q <sub>B</sub>	Q <sub>A</sub>				Equation
	00	01	11	10	
0					$J_B = Q_A$
1					
Q <sub>C</sub> Q <sub>B</sub>	Q <sub>A</sub>				Equation
	00	01	11	10	
0					$K_B = J_B = Q_A$
1					
Q <sub>C</sub> Q <sub>B</sub>	Q <sub>A</sub>				Equation
	00	01	11	10	
0					$J_A = \overline{Q_C}$
1					
Q <sub>C</sub> Q <sub>B</sub>	Q <sub>A</sub>				Equation
	00	01	11	10	
0					$K_A = 1$
1					

$J_A = \overline{Q_C}$  ;  $K_A = K_C = 1$  ;  $J_B = K_B = Q_A$  ;  $J_C = Q_A Q_B$

**-Schéma du compteur synchrone modulo 5 :**

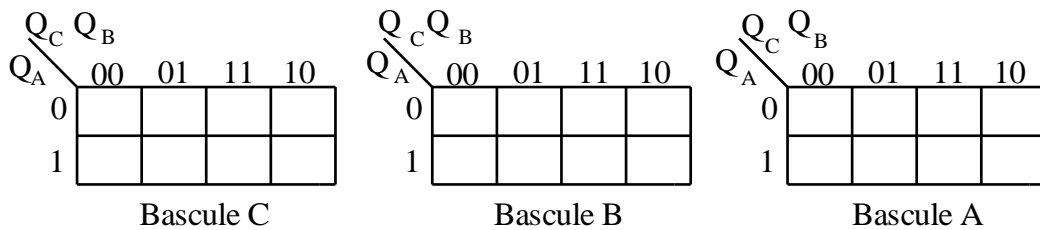


**• En utilisant des bascules D :**

**-Table de vérité :**

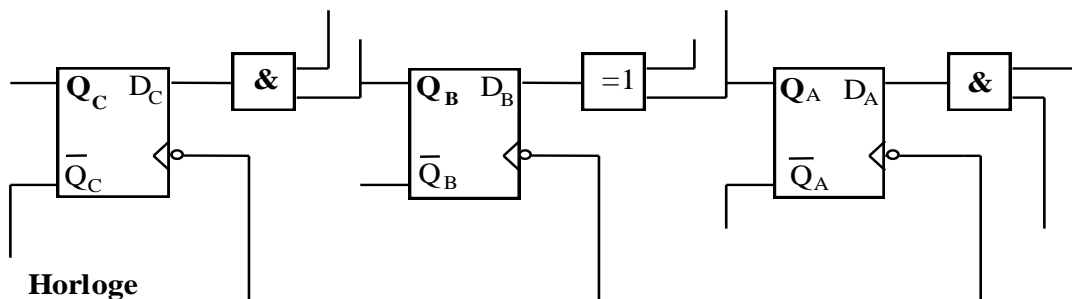
N <sup>o</sup>	Q <sub>C</sub>	Q <sub>B</sub>	Q <sub>A</sub>	D <sub>C</sub>	D <sub>B</sub>	D <sub>A</sub>
0						
1						
2						
3						
4						

**-Equations des entrées :**



$$D_C = Q_A Q_B ; D_B = \bar{Q}_A Q_B + Q_A \bar{Q}_B = Q_A \oplus Q_B ; D_A = \bar{Q}_A \bar{Q}_C$$

**- Schéma du compteur en bascules D :**



Le procédé de remise à 0 n'est pas mentionné sur le schéma.

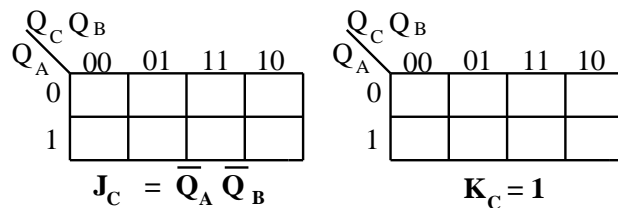
**b - Décompteur synchrone modulo 5 en bascules JK :**

Dans ce type de circuit , le sens de comptage est inversé . La méthode exposée précédemment s'applique très bien .

- Table de transitions:

No	QC	QB	QA	JC	KC	JB	KB	JA	KA
4	1	0	0						
3	0	1	1						
2	0	1	0						
1	0	0	1						
0	0	0	0						

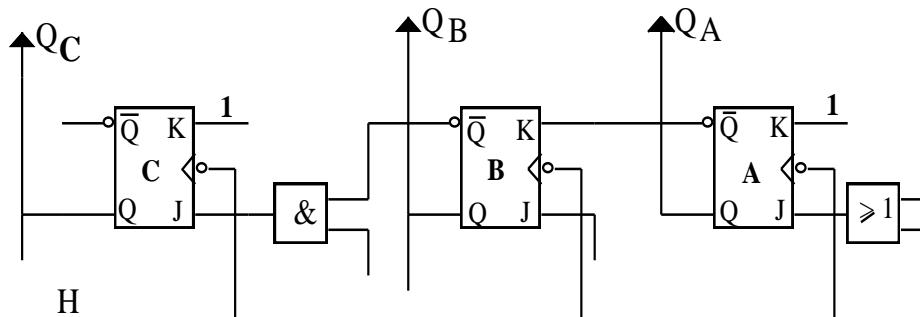
- Equations :



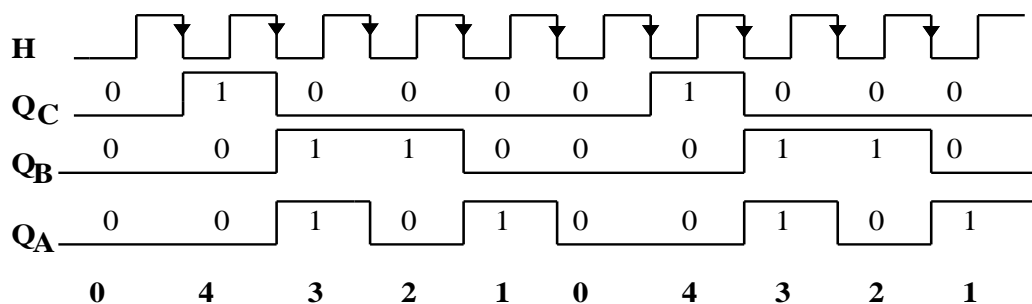
On peut déterminer les équations restantes :

$$J_A = Q_B + Q_C \text{ et } K_A = 1 ; J_B = Q_C \text{ et } K_B = \overline{Q_A}$$

- Schéma du décompteur :



- Chronogrammes :



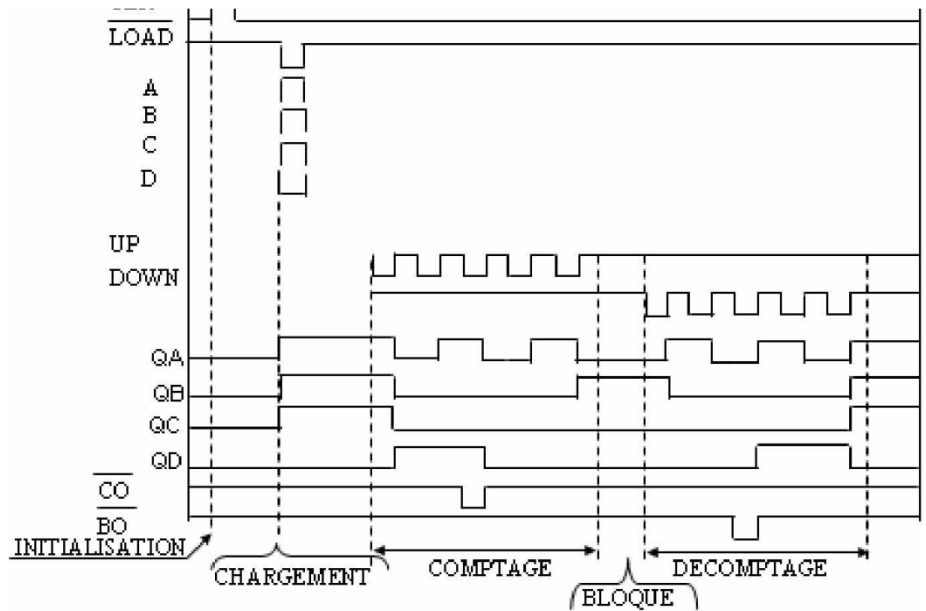
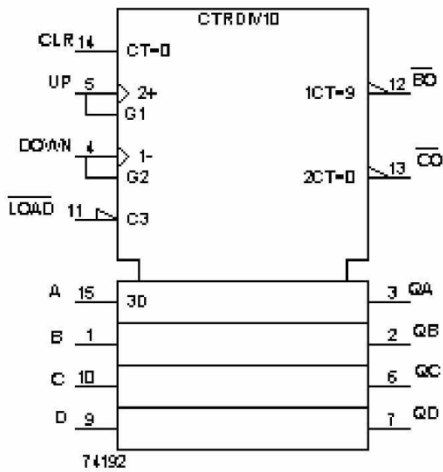
## D - Compteurs / Décompteurs à base des circuits intégrés :

### I- Compteur synchrone décimal :

Exemple du circuit intégré 40192 : compteur-décompteur décimal (BCD) synchrone à 4 bits double horloge (UP / DOWN) avec remise à zéro (CLR).

#### 1-Symbole et chronogrammes



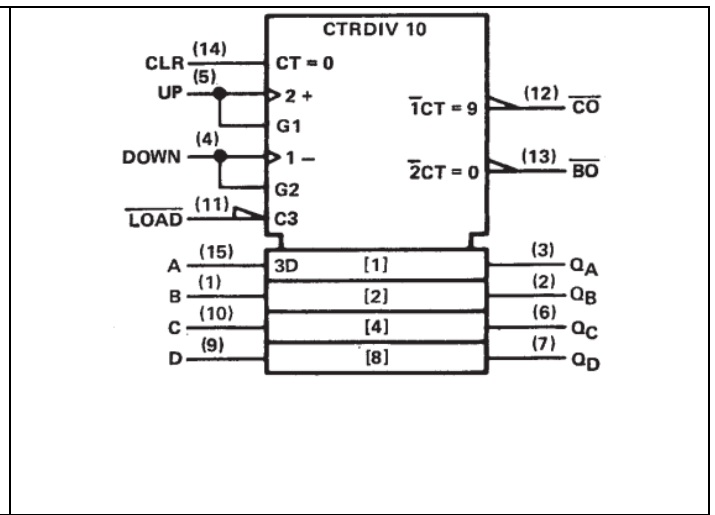
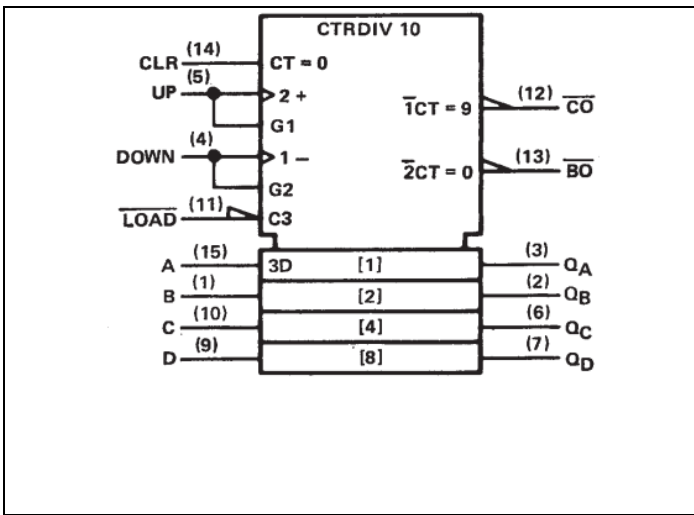


## 2- Caractéristiques

- \* **DIV 10 : compteur modulo 10** : ce circuit permet de compter ou décompter à 10 sans forçage
- \* **CLR : entrée de remise à zéro** : si CLR = 1 (active) alors  $Q_D Q_C Q_B Q_A = 0000$ , (désactivé si CLR = 0)
- \* **UP : horloge du compteur synchrone modulo 10** : chaque impulsion sur l'horloge UP le compteur s'incrémte de 1, (désactivé si UP = 0)
- \* **DOWN : horloge du décompteur synchrone modulo 10** : chaque impulsion sur l'horloge DOWN le décompteur se décrémte de 1, (désactivé si DOWN = 1)
- \* **LOAD : entrée de chargement** : si LOAD = 1 (active) les sorties se chargent par les entrées de programmation :  $Q_A = A$ ,  $Q_B = B$ ,  $Q_C = C$ ,  $Q_D = D$ , (désactivé si LOAD = 0)
- \* **A, B, C, D : entrées de programmation**
- \* **CO : fin de comptage** : CO fournit une impulsion après chaque 10 impulsions d'horloge UP ailleurs  $CO = 1$
- \* **BO : fin de décomptage** : BO fournit une impulsion après chaque 10 impulsions d'horloge DOWN ailleurs  $BO = 1$
- \* pour montage en cascade, connecter CO à l'entrée UP et BO à l'entrée DOWN.

## 3-Activité 1 :

Compteur synchrone modulo 10	Compteur synchrone modulo 5
<p><b>description et câblage</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-cycle de comptage de 0 à 9 sans forçage</li> <li>-CLR et LOAD : désactivés : CLR = 0 et LOAD = 1</li> <li>-Comptage : UP = l'horloge et DOWN = 1</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-cycle de comptage de 0 à 4 avec forçage à 5 ; 5 = 0101, on doit forcer à zéro Q0 et Q2 donc CLR = <math>Q_2 \cdot Q_0</math></li> <li>- pendant le cycle de comptage de 0 à 4 : CLR = 0 désactivé</li> <li>- au moment de forçage à 5 CLR = 1 activé</li> <li>LOAD = 1 : désactivé</li> <li>-Comptage : UP = l'horloge et DOWN = 1</li> </ul>

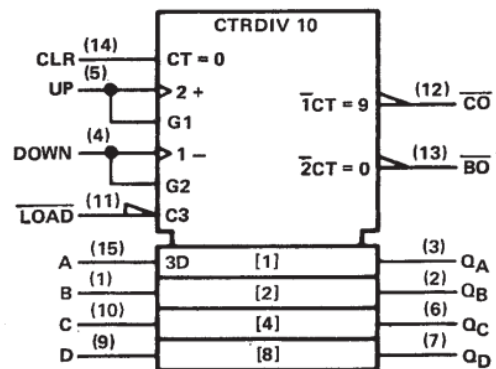
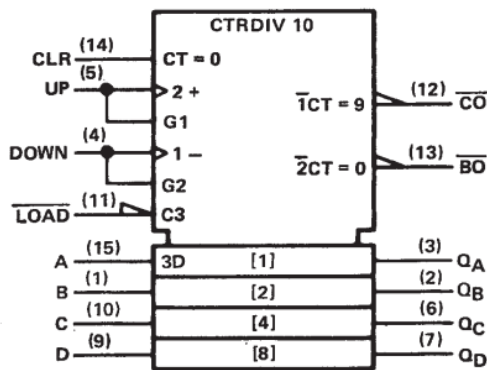


### Décompteur synchrone modulo 10

- cycle de comptage de 9 à 0 sans forçage
- CLR et LOAD : désactivé : CLR = 0 et LOAD = 1
- Comptage : DOWN = l'horloge et UP = 1

### Décompteur synchrone modulo 5

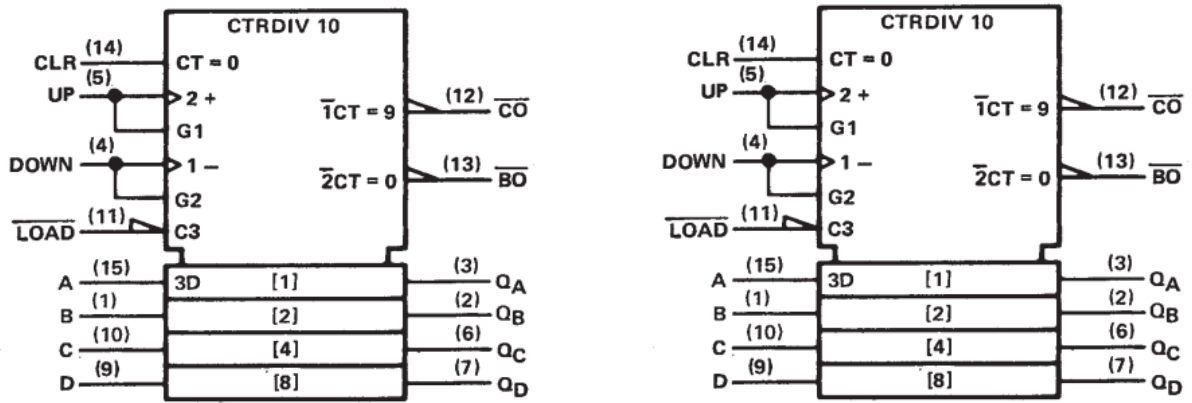
- cycle de décomptage de 4 à 0 avec mise à 4,  $4 = 0100$ , on doit charger au départ le décompteur à 4 au lieu de 9 LOAD = 9(10) = 1001 = Q3 . Q0 DCBA = 4(10) = 0100
- au moment de chargement : LOAD = 0 activé
- pendant le cycle de décomptage de 4 à 0 : LOAD = 1 désactivé , CLR = 1 : désactivé
- Comptage : DOWN = l'horloge et UP = 1



### Compteur synchrone modulo 100

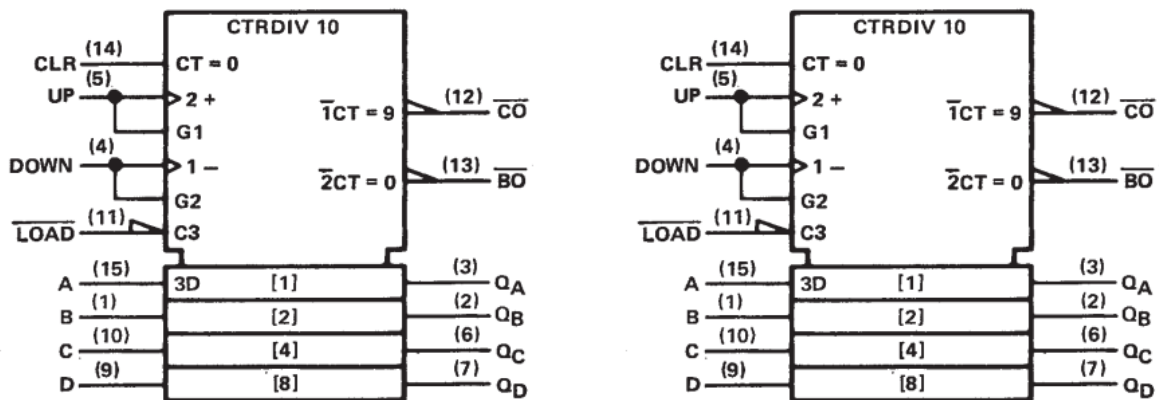
- cycle de comptage de 00 à 99 sans forçage
- compteur unité : CLR et LOAD : désactivé : CLR = 0 et LOAD = 1
- Comptage : UP = l'horloge et DOWN = 1
- compteur dizaine : CLR et LOAD : désactivé : CLR = 0 et LOAD = 1
- Comptage : UP = l'horloge et DOWN = 1
- le compteur unité compte de 0 à 9 (10 impulsions d'horloge) , alors que le compteur dizaine s'incrémente d'une 1 impulsion ,
- à chaque 10 impulsions la sortie CO fournit une impulsion d'horloge alors que BO fournit toujours 1L

-pour obtenir un compteur modulo 100 on doit mettre en cascade le deux compteurs en reliant : CO à UP et BO à DOWN



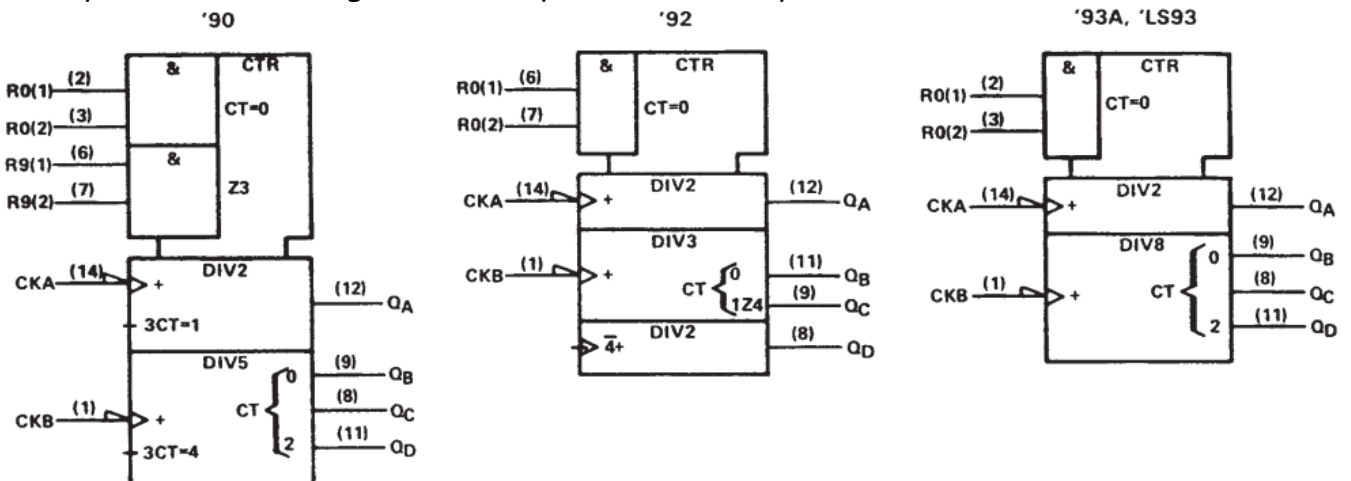
### Décompteur synchrone modulo 100

- le compteur unité compte de 9 à 0 ( 10 impulsions d'horloge ) alors que le compteur dizaine décrémente d'une impulsion (1 impulsions ) ,  
 -à chaque 10 impulsions la sortie BO fournit une impulsion d'horloge alors que CO fournit toujours 1L . Pour obtenir un décompteur modulo 100 on doit mettre en cascade le deux compteurs en reliant : CO à UP et BO à DOWN



## II - Compteur asynchrone binaire ( ou binaire)

1-Exemple du circuit intégré d'un compteur binaire asynchrone à 4 bits : 7493 - 74293



'90A, 'LS90  
BCD COUNT SEQUENCE  
(See Note A)

COUNT	OUTPUT			
	Q <sub>D</sub>	Q <sub>C</sub>	Q <sub>B</sub>	Q <sub>A</sub>
0	L	L	L	L
1	L	L	L	H
2	L	L	H	L
3	L	L	H	H
4	L	H	L	L
5	L	H	L	H
6	L	H	H	L
7	L	H	H	H
8	H	L	L	L
9	H	L	L	H

'90A, 'LS90  
BI-QUINARY (5-2)  
(See Note B)

COUNT	OUTPUT			
	Q <sub>A</sub>	Q <sub>D</sub>	Q <sub>C</sub>	Q <sub>B</sub>
0	L	L	L	L
1	L	L	L	H
2	L	L	H	L
3	L	L	H	H
4	L	H	L	L
5	H	L	L	L
6	H	L	L	H
7	H	L	H	L
8	H	L	H	H
9	H	H	L	L

'92A, 'LS92  
COUNT SEQUENCE  
(See Note C)

COUNT	OUTPUT			
	Q <sub>D</sub>	Q <sub>C</sub>	Q <sub>B</sub>	Q <sub>A</sub>
0	L	L	L	L
1	L	L	L	H
2	L	L	H	L
3	L	L	H	H
4	L	H	L	L
5	L	H	L	H
6	H	L	L	L
7	H	L	L	H
8	H	L	H	L
9	H	L	H	H
10	H	H	L	L
11	H	H	L	H

'90A, 'LS90  
RESET/COUNT FUNCTION TABLE

RESET INPUTS				OUTPUT			
R <sub>0</sub> (1)	R <sub>0</sub> (2)	R <sub>9</sub> (1)	R <sub>9</sub> (2)	Q <sub>D</sub>	Q <sub>C</sub>	Q <sub>B</sub>	Q <sub>A</sub>
H	H	L	X	L	L	L	L
H	H	X	L	L	L	L	L
X	X	H	H	H	L	L	H
X	L	X	L	COUNT			
L	X	L	X	COUNT			
L	X	X	L	COUNT			
X	L	L	X	COUNT			

'93A, 'LS93  
COUNT SEQUENCE  
(See Note C)

COUNT	OUTPUT			
	Q <sub>D</sub>	Q <sub>C</sub>	Q <sub>B</sub>	Q <sub>A</sub>
0	L	L	L	L
1	L	L	L	H
2	L	L	H	L
3	L	L	H	H
4	L	H	L	L
5	L	H	L	H
6	L	H	H	L
7	L	H	H	H
8	H	L	L	L
9	H	L	L	H
10	H	L	H	L
11	H	L	H	H
12	H	H	L	L
13	H	H	L	H
14	H	H	H	L
15	H	H	H	H

'92A, 'LS92, '93A, 'LS93  
RESET/COUNT FUNCTION TABLE

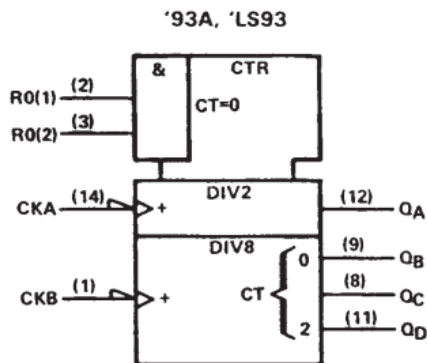
RESET INPUTS		OUTPUT			
R <sub>0</sub> (1)	R <sub>0</sub> (2)	Q <sub>D</sub>	Q <sub>C</sub>	Q <sub>B</sub>	Q <sub>A</sub>
H	H	L	L	L	L
L	X	COUNT			
X	L	COUNT			

- NOTES: A. Output Q<sub>A</sub> is connected to input CKB for BCD count.  
 B. Output Q<sub>D</sub> is connected to input CKA for bi-quinary count.  
 C. Output Q<sub>A</sub> is connected to input CKB.  
 D. H = high level, L = low level, X = irrelevant

## 2-Activité 2 : Compteur binaire

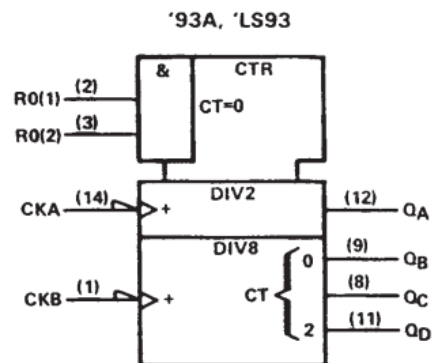
### Compteur binaire modulo 2

- On utilise seulement le compteur DIV2
- CKA relié au signal d'horloge
- compteur modulo 2 sans forçage
- les entrées R01 et R02 sont à la masse



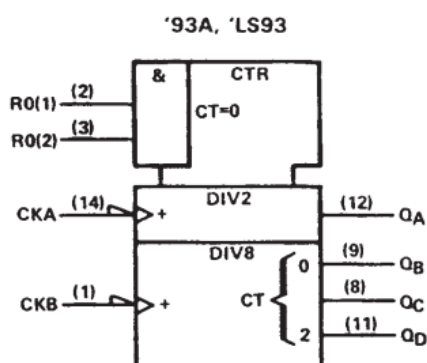
### Compteur binaire modulo 8

- On utilise seulement le compteur DIV8
- CKB relié au signal d'horloge
- compteur modulo 8 sans forçage
- les entrées R01 et R02 sont à la masse



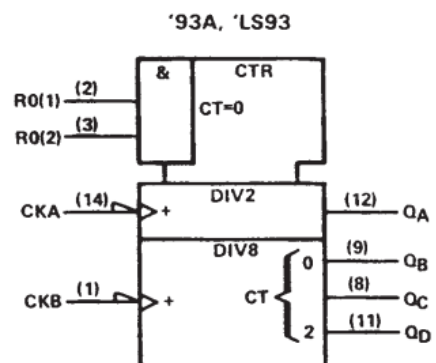
### Compteur binaire modulo 16

- On utilise le compteur DIV2 et DIV8
- pour obtenir un compteur DIV16 ( 4 bascules )
- on doit relié QA à CKB
- CKA relié au signal d'horloge
- compteur modulo 16 sans forçage
- les entrées R01 et R02 sont à la masse



### Compteur binaire modulo 10

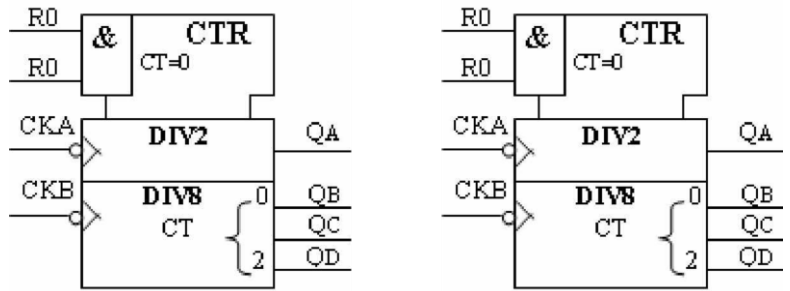
- On doit forcer le compteur modulo 16 à 10
- forçage à 10 = 1010
- R01 = R02 = Q3 = Q1 = 1 dans ce cas
- R01 . R02 = Q3 . Q1 = 1 ( activées )
- le compteur se remettre à zéro



### Compteurs binaire modulo 50 :

$$50_{(10)} = 110010_{(2)}$$

- 6 bascules nécessaires donc deux circuits 7493
- forcer à 50 le compteur revient à activer R01.R02 = 1 à 50 seule les sorties QB1 = QA2 = QB2 = 1
- R01.R02 = QB1. QA2. QB2
- CKA1 relié au horloge
- CKB1 relié à QA1
- pour relier le deux circuits



on doit relier la dernière bascule du circuit1 ( QD1 ) au horloge du première bascule du circuit2 ( CKA2

### 3-Activité 3 : Compteur asynchrone décimal :(7490 -74290)

#### caractéristiques

CKA : horloge du compteur modulo 2 (DIV2) :cycle de comptage : 0 à 1

CKB : horloge du compteur modulo 5 (DIV5) :cycle de comptage : 0 à 4

R01 et R02 : entrées de remise à zéro du circuit de comptage

R01 . R02 = 0 : désactivées ; R01 . R02 = 1 : activées alors QD DC QB QA = 0 0 0 0

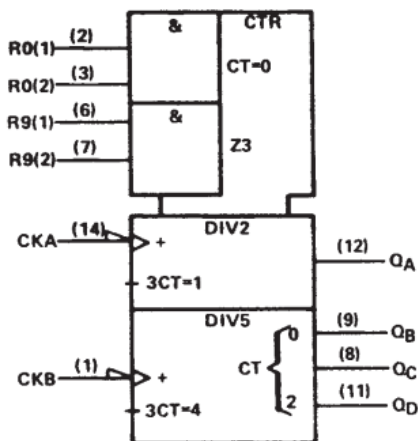
R91 et R92 : entrées de mise à 9 du circuit de comptage ; R9(1) . R9(2) = 0 : désactivées

R01 . R02 = 1 : activées alors QD DC QB QA = 1 0 0 1 (2)

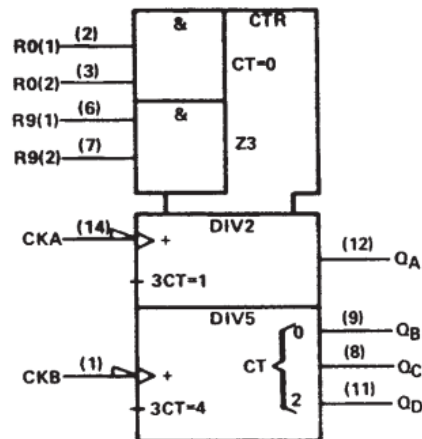
Compteur décimal modulo2	Compteur décimal modulo 5
<ul style="list-style-type: none"> <li>- On utilise seulement le compteur DIV2</li> <li>- CKA relié au signal d'horloge</li> <li>- compteur modulo 2 sans forçage</li> <li>les entrées R01et R02 sont à la masse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- On utilise seulement le compteur DIV5</li> <li>- CKB relié au signal d'horloge</li> <li>- compteur modulo 5 sans forçage</li> <li>les entrées R01et R02 sont à la masse</li> </ul>

### Compteur décimal modulo 10

- On utilise le compteur DIV2 et DIV5
- pour obtenir un compteur DIV10 ( 4 bascules ) on doit relié QA à CKB
- CKA relié au signal d'horloge
- compteur modulo 10 sans forçage les entrées R01et R02 sont à la masse



### Compteur décimal modulo 7



### Compteur décimal modulo 52

$$50(10) = 0101\ 0010_{(2)}$$

- on utilise deux circuits 7490 une pour l'unité et l'autre pour dizaine

- forcer à 52 le compteur revient à activer R01.R02 = 1 donc forcer à 5 le circuit unité et forcer à 2 le circuit dizaine

- à 52 seule les sorties

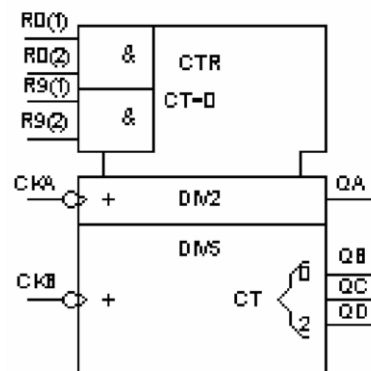
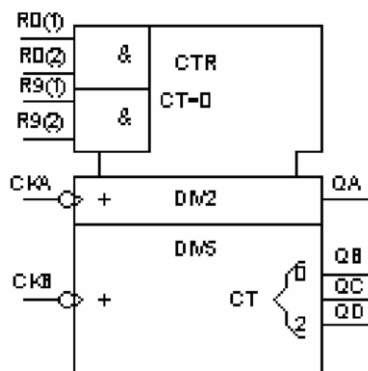
$$QB1 = QA2 = QC2 = 1$$

$$R01.R02 = QB1. QA2. QC2$$

- CKA1 relié au horloge

- CKB1 relié à QA1

- pour relier le deux circuits on doit relier la dernière bascule du circuit1 ( QD1 ) au horloge du première bascule du circuit2 ( CKA2 ).

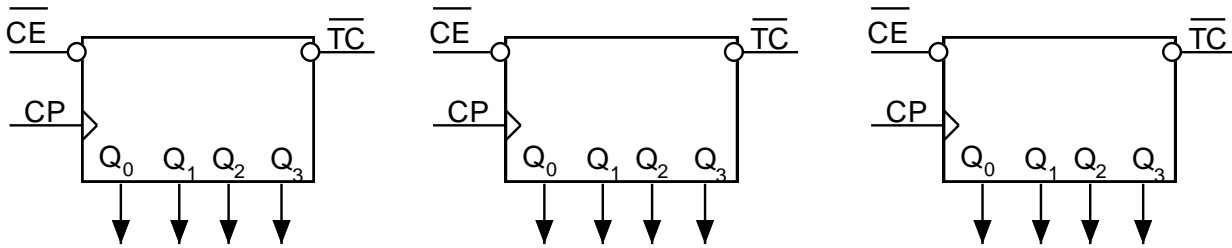


### III - Mise en cascade des compteurs synchrones :

La mise en cascade des compteurs synchrones peut - être réalisée de 2 manières différentes.

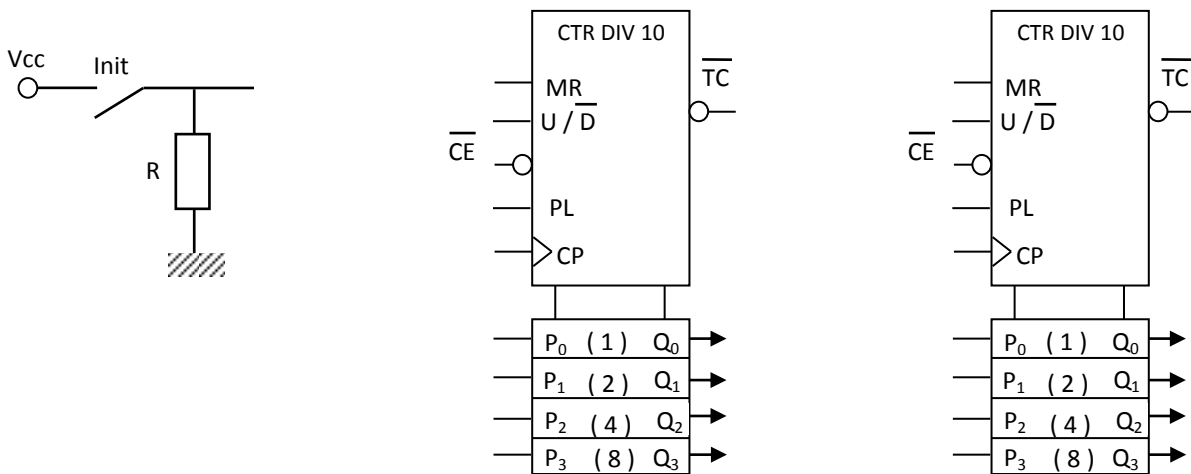
❖ **Cascade asynchrone :**

Tous les compteurs sont validés , seul le premier compteur reçoit les impulsions à compter sur son entrée d'horloge ( CP) . Les autres compteurs reçoivent sur l'entrée CP , le signal de sortie  $\overline{TC}$  du compteur de poids inférieur .



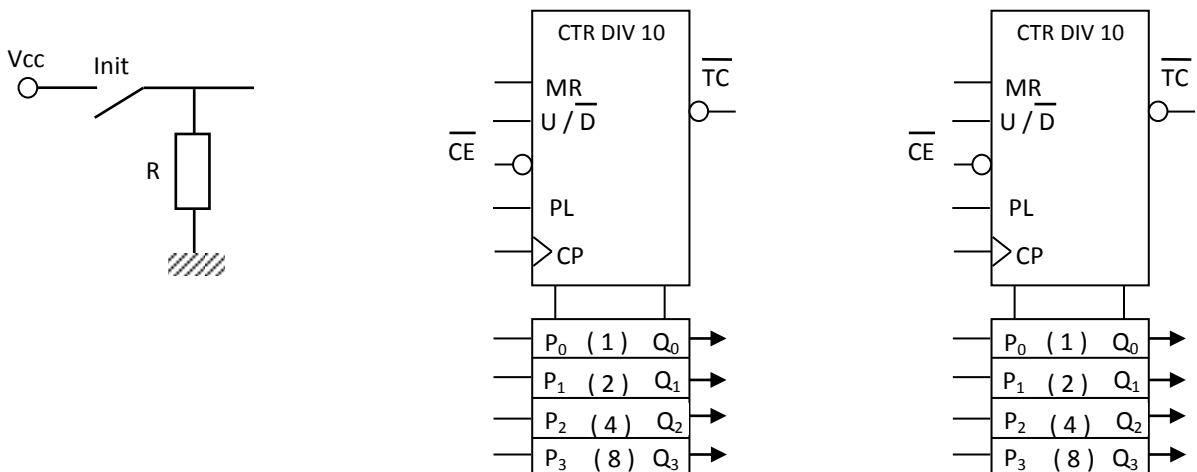
☺ **Activité N °1 :** Réaliser un compteur modulo 24 en utilisant le C.I 4510

( connexion en mode asynchrone ) puis vérifier le fonctionnement en utilisant le logiciel ISIS .



☺ **Activité N°2:** Réaliser un décompteur modulo 65 en utilisant le C.I 4510

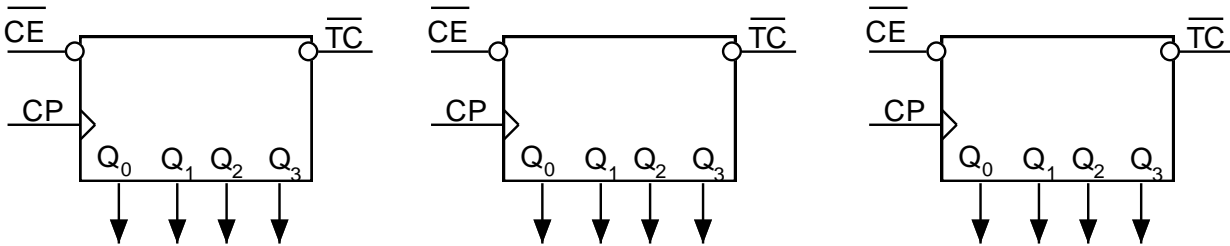
( connexion en mode asynchrone ) puis vérifier le fonctionnement en utilisant un micro-ordinateur et un logiciel .



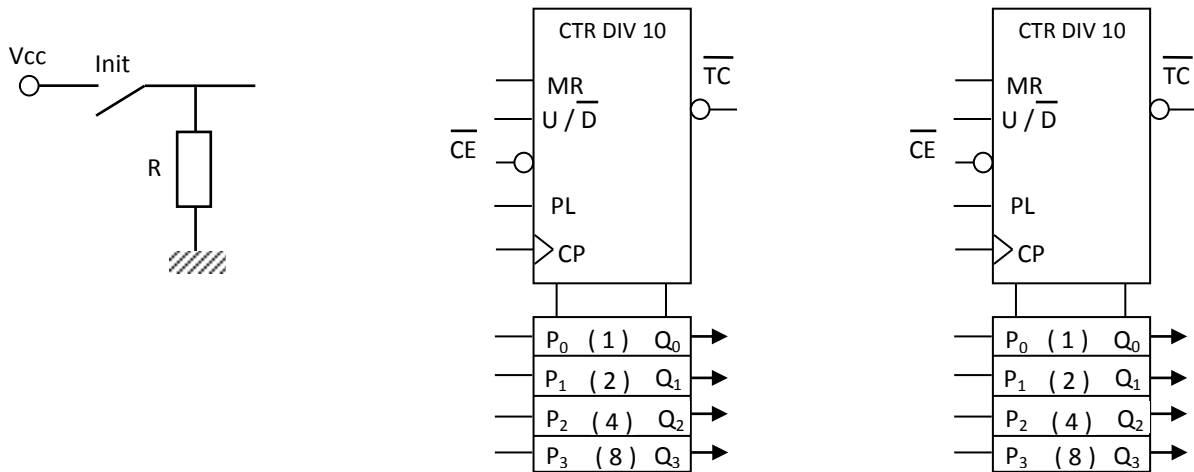


❖ **Cascade synchrone**

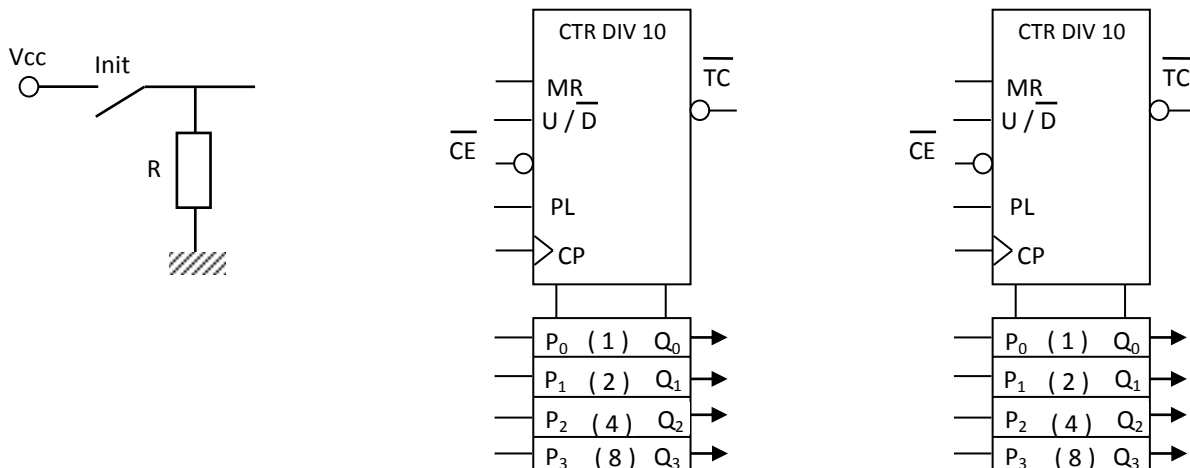
L'horloge est la même pour tous les boîtiers . La sortie du retenue  $\overline{TC}$  , est reliée à l'entrée de validation  $\overline{TE}$  du boîtier suivant .



**Activité N°1 :** Réaliser un compteur modulo 24 en utilisant le C.I 4510 ( connexion en mode synchrone ) puis vérifier le fonctionnement en utilisant une maquette ou un micro-ordinateur et un logiciel .



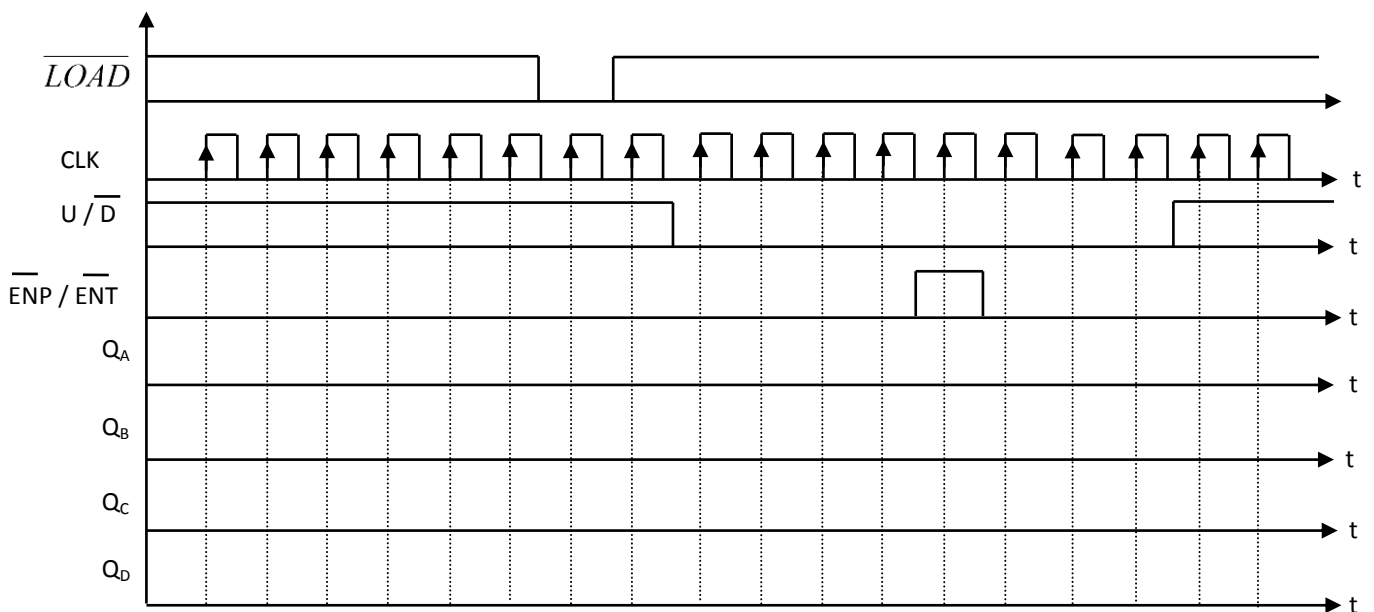
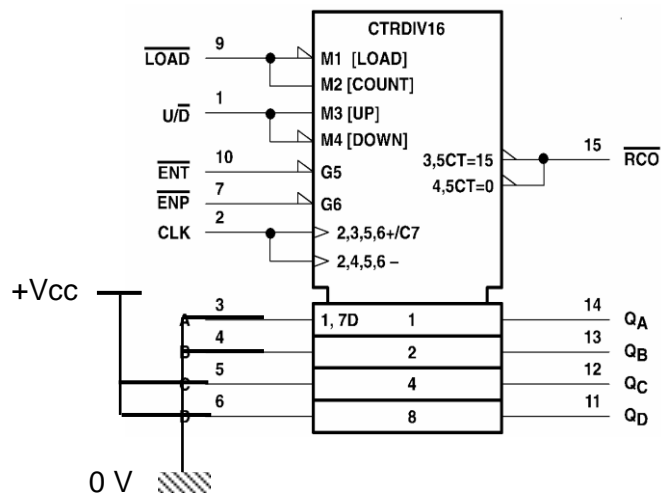
**Activité N°2 :** Réaliser un décompteur modulo 65 en utilisant le C.I 4510 ( connexion en mode synchrone ) puis vérifier le fonctionnement en utilisant une maquette ou un micro-ordinateur et un logiciel .



### Activité N°3:

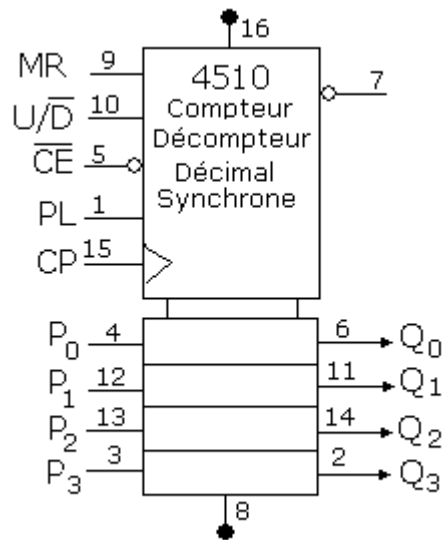
Le compteur - décompteur **74169** est branché comme l'indique la figure suivante . En se référant au dossier technique et d'après les chronogrammes de la séquence typique du circuit intégré 74169 , compléter les chronogrammes de ses sorties sachant qu'à l'état initial

$$Q_A = 1, Q_B = 1, Q_C = 1, Q_D = 0.$$

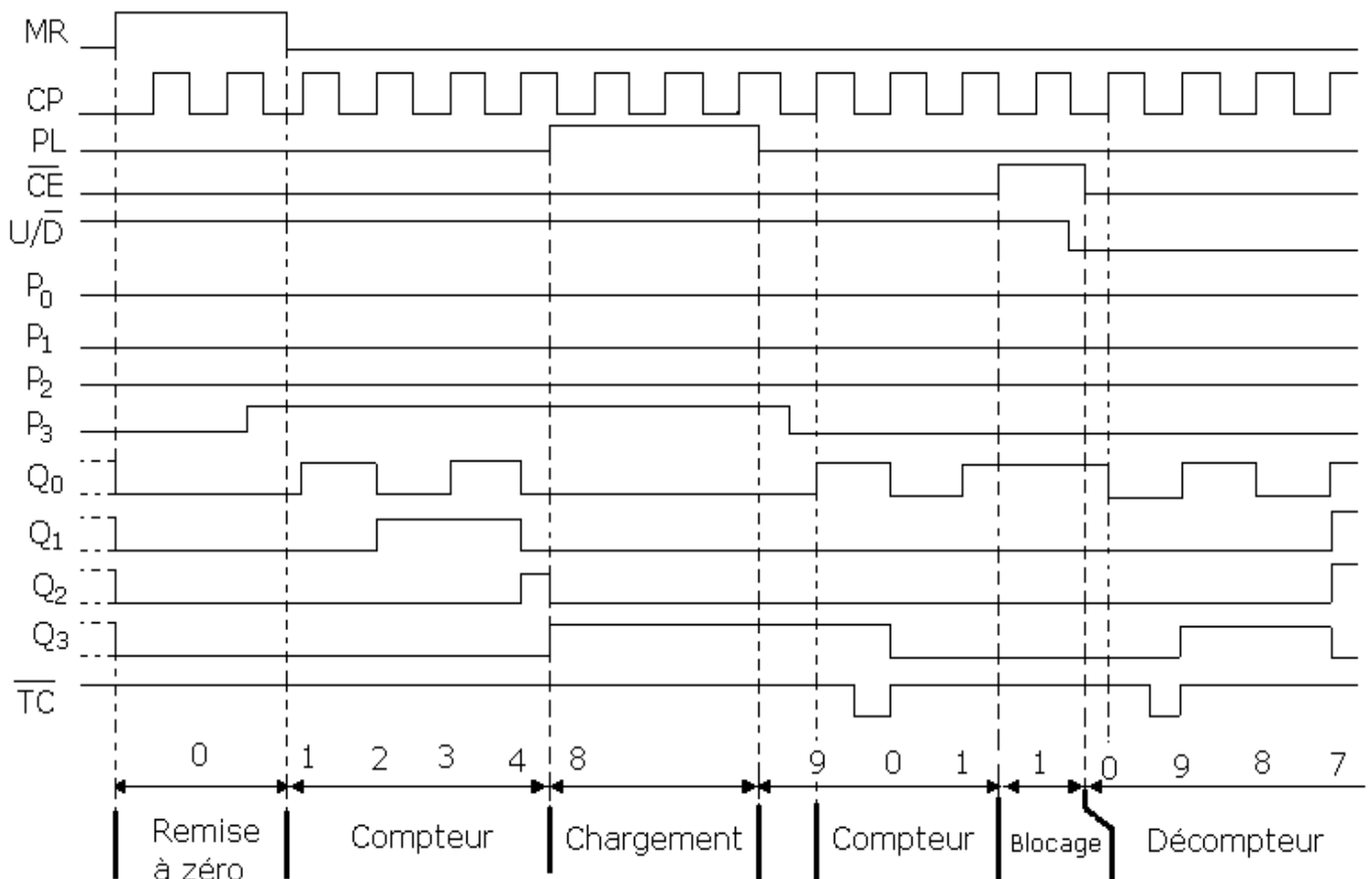


# DOSSIER TECHNIQUE

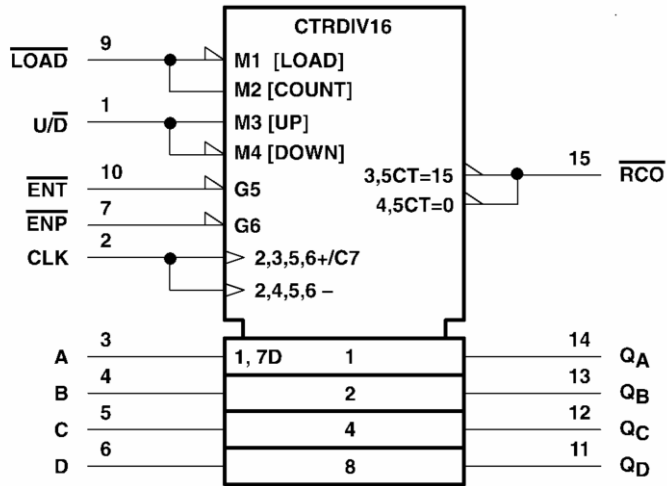
## 1. Circuit de brochage du CI 4510 :



## 2. Séquences typiques



## 1. Circuit de brochage du CI 74169



## 2. Séquences typiques

