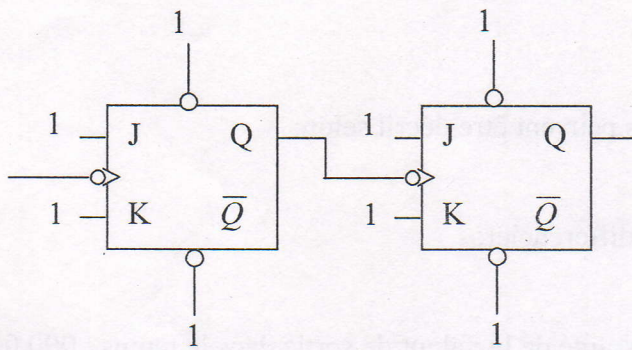


V.1. Introduction :

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 naturel.

Avec trois bascules on aura 8 états (de 000 à 111), et en général avec n bascules on a 2^n états : on peut donc compter de 0 à $2^n - 1$



Assemblage des deux bascules

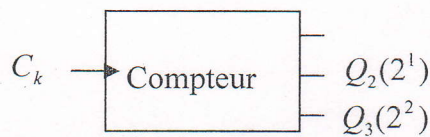
Les états possibles	Q_1	Q_2	
	0	0	↓ (0 - 3)
	0	1	
	1	0	
	1	1	

Donc avec cet assemblage on peut compter de 0 à 3.

Définition :

Un compteur (ou décompteur) est un circuit électronique constitué essentiellement par un ensemble de bascules et le plus souvent d'un système combinatoire comportant une seule variable indépendante : le signal d'horloge C_k . Le compteur permet d'établir une correspondance univoque entre le nombre d'impulsions appliquées sur son entrée d'horloge et l'état de sortie correspondante.

Impulsions appliquées à l'entrée



Il reste à trouver comment doivent être connectés les n bascules entre elles pour réaliser un compteur, et donc plusieurs techniques de réalisation.

V.2) classification des compteurs

En logique séquentielle, les compteurs peuvent être décrits selon:

1- le sens de comptage: Il permet de différencier:

- Les compteurs (évolution croissante de la valeur de sortie dans le temps : 000,001,.....111)
- Les décompteurs (évolution décroissante de la valeur de sortie dans le temps : 111,001,.....000)

2- le code dans lequel est exprimé la valeur de sortie : Il permet de différencier:

- Les compteurs en binaire naturel
- Les compteurs BCD
- Les compteurs Décimaux (ou à décade)
- Les compteurs En code Gray
- Ect.....

3- Le type de basculement du compteur : Il permet de différencier

- Les compteurs asynchrones ou à propagation
- Les compteurs synchrones ou parallèles

• **Compteur asynchrone**

Dans ce type de compteur, le signal d'horloge de chacune des bascules qui le composent est issu de la sortie d'une autre bascule (le plus souvent de la précédente), ou d'une fonction logique combinatoire des sorties appelé compteur asynchrone par le fait que les bascules ne changent pas d'état en même temps à la transition du signal d'horloge.

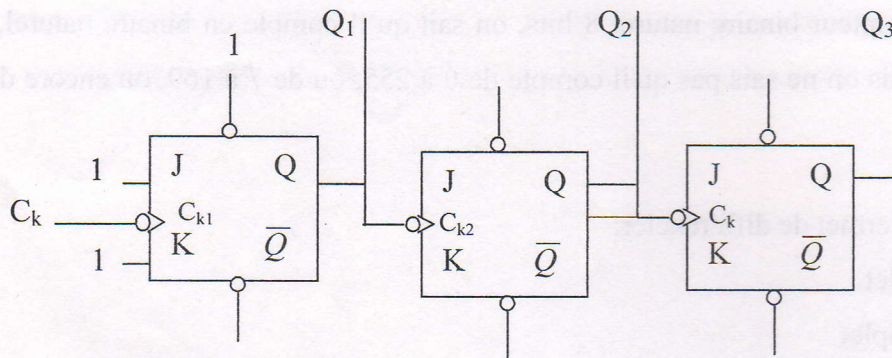


Figure1 : compteur asynchrone

$C_{k1} = C_k$ (l'horloge)

$C_{k2} = Q_1$, $C_{k3} = Q_2$

• **Compteurs synchrones**

Le signal d'horloge de l'ensemble des bascules qui le composent est unique et commun : les bascules changent d'état en même temps.

$C_{k1} = C_{k2} = C_{k3} \dots C_k$ (signal d'horloge) : la bascule 1 et la bascule 2 travaillent en même temps

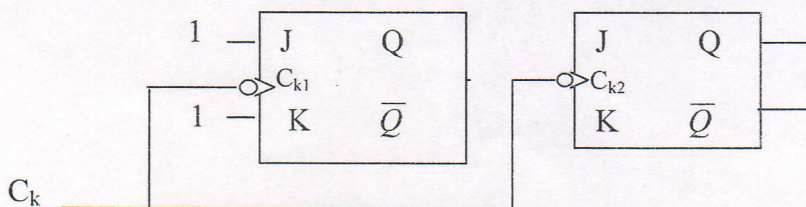


Figure2 : Compteur synchrone

Remarque:

Les compteurs asynchrones et synchrones sont conçus à partir des basculés synchrones. C'est le mode de connexion de ces bascules qui détermine le type du compteur.

4- le nombre de bit en sortie

Il permet de connaître l'ensemble des valeurs que peut prendre la valeur de sortie du compteur.

Exemple: si on parle d'un compteur binaire naturel 8 bits, on sait qu'il compte en binaire naturel, et on sait qu'il a 8 bits en sortie, mais on ne sait pas qu'il compte de 0 à 255, ou de 7 à 169, ou encore de 74 à 222.

5- le mode de comptage : Il permet de différencier:

- Les compteurs à cycle complet
- Les compteurs à cycle incomplet

Exemple

Un compteur 4 bits qui compte de 0 à 15 en binaire naturel est un compteur à cycle complet, car sa valeur de sortie utilise toutes les combinaisons possibles de ses sorties.

Un compteur de 4 bits qui compte de 0 à 9 seulement (on l'appelle aussi compteur BCD) est un compteur à cycle incomplet car les 16 combinaisons de ses 4 sorties ne sont pas toutes utilisées

On appelle Modulo d'un compteur le nombre d'états différents que peut prendre la valeur de sortie sur l'ensemble du cycle de comptage

Exemple

Un compteur BCD (0...9) est un compteur Modulo 10

Un compteur dont la sortie est variée de 0 à 16 est un compteur Modulo 16

V.3 compteur asynchrone**V.3.1 Analyse**

Les compteurs binaires asynchrones utilisent le code binaire pur pour compter (ou décompter). Ces compteurs sont asynchrones, car **seule la première bascule reçoit le signal d'horloge**.

Toutes les bascules qui suivent celle-ci sont commandées par la bascule précédente comme indiqué à la figure 3

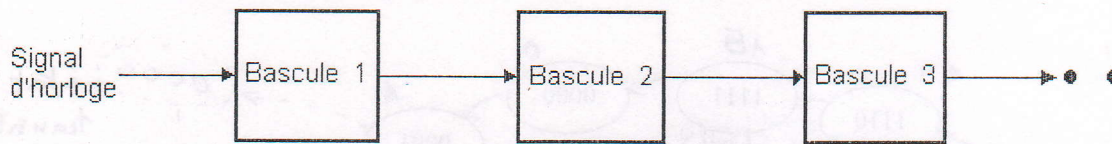
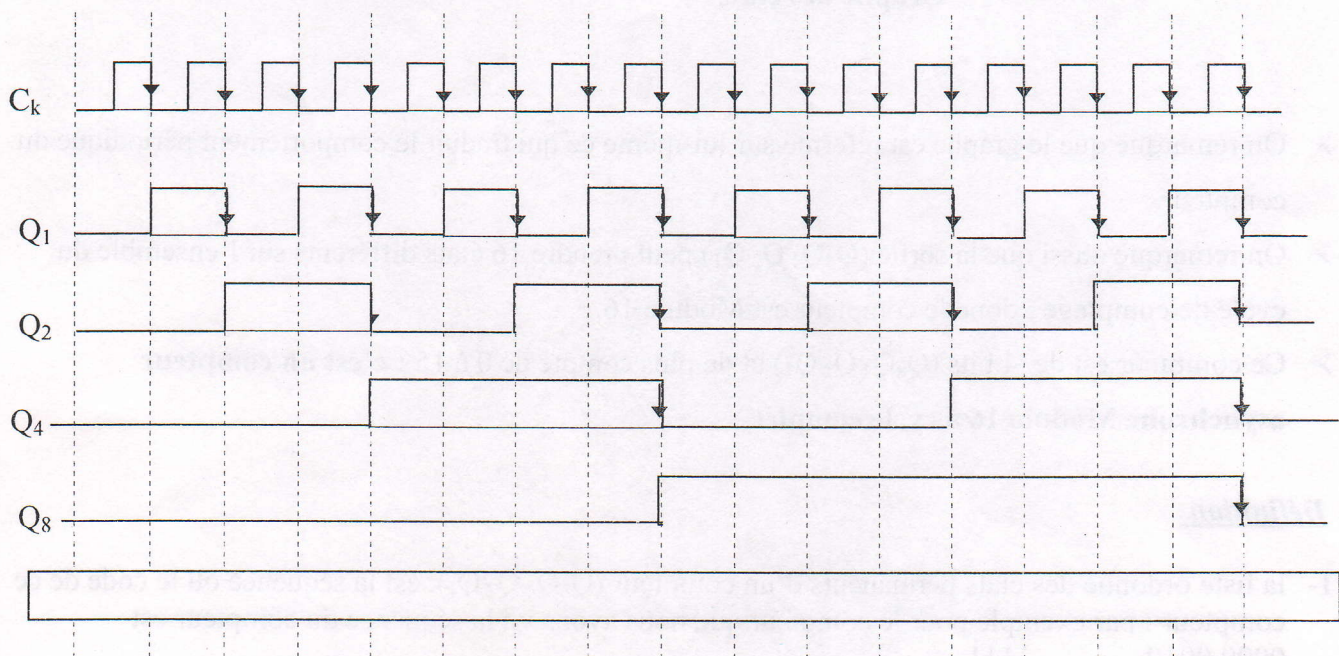


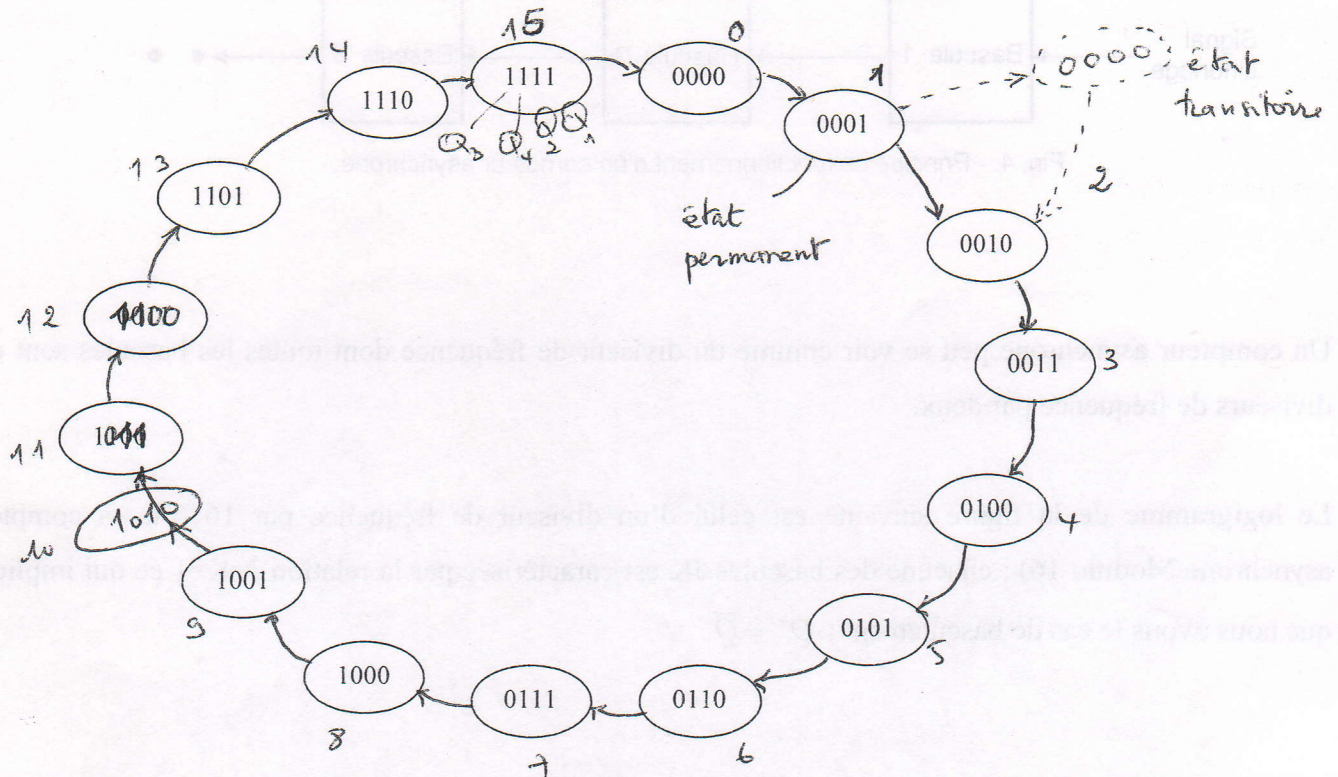
Fig. 4. - Principe de fonctionnement d'un compteur asynchrone.

Un compteur asynchrone peut se voir comme un diviseur de fréquence dont toutes les bascules sont des diviseurs de fréquence par deux.

Le logigramme de la figure suivante est celui d'un diviseur de fréquence par 16 (ou un compteur asynchrone Modulo 16) ; chacune des bascules JK est caractérisée par la relation $J=K=1$ ce qui implique que nous avons le cas de basculement : $Q^+ = \bar{Q}$



Toutes combinaisons des sorties Q_8, Q_4, Q_2, Q_1 est un état (ou état interne) du compteur et il est symbolisé par $(Q_8Q_4Q_2Q_1)$, ces états sont souvent appelé des états permanent dans certaines conditions on peu trouver aussi des états transitoires(à cause d'un retard de propagation par exemple)



Graphe des états

- On remarque que le graphe est refermé sur lui-même ce qui traduit le comportement périodique du compteur.
- On remarque aussi que la sortie $(Q_8Q_4Q_2Q_1)$ peut prendre 16 états différents sur l'ensemble du cycle de comptage : donc le compteur est Module 16.
- Ce compteur est de 4 bits $(Q_8Q_4Q_2Q_1)$ et de plus compte de 0 à 15 : **c'est un compteur asynchrone Modulo 16 à cycle complet**

Définition

- 1- la liste ordonné des états permanents d'un compteur $(Q_8Q_4Q_2Q_1)$, est la séquence ou le code de ce compteur : par exemple pour le compteur que nous avons vu la séquence du compteur est 0000,0010,.....,1111
- 2- le nombre des états permanents d'un compteur est la mesure P ou le module du compteur.

Pour l'exemple précédent nous avons 16 états permanents donc le compteur est de mesure $P=16$ ou compteur Modulo 16.

Conclusions

- 1) Dans un compteur asynchrone les bascules ne sont pas commandées par le même signal d'horloge ($C_{k1} = C_k$ mais $C_{k2} \neq C_k \dots \dots \dots C_{km} \neq C_k$)
- 2) De façon générale la mise en série de m bascules produit un compteur asynchrone (ou un diviseur de fréquence) dont le code est binaire pur et la mesure $P = 2^m$
- 3) Nous utilisons des bascules qui travaillent sur les fronts (montant ou descendant) et pas sur les niveaux.
- 4) Dans le cas où la mesure $P = 2^m$ avec m le nombre de bascules utilisées, aucun système combinatoire n'est nécessaire et le système possède une structure itérative.

Remarque

Pour réaliser un compteur avec un code quelconque (Gray, Excédent 3,) ou avec une mesure $P \neq 2^m$ (exemple $P=10$). Il faut utiliser généralement un système combinatoire assurant le codage ou la mesure désirée.

V.3.2 synthèse des compteurs Modulo P , avec $P \neq 2^m$

Méthode Pour faire la synthèse d'un compteur dont le code est binaire pur et dont la mesure P n'est pas une puissance de 2 ($P \neq 2^m$), on procède de la façon suivante :

1- On calcule le nombre m des bascules nécessaires pour la réalisation du compteur grâce à la relation suivante : $2^{m-1} < P < 2^m$

2- Les m bascules sont assemblées de façon à réaliser un compteur modulo 2^m (ou un par diviseur 2^m)

3- Les P états permanents du compteur portent les numéros décimaux 0,1,..., P-1. Comme le compteur est modulo P, le premier état indésirable rencontré est donc l'état P : **il est détecté à l'aide d'une fonction Z_P .**

- On réalise cette fonction Z_P avec la simplification.

- La remise à zéro toutes les bascules (Pr, Clr =01) est assurée par la fonction \bar{Z}_P ; on regagne ainsi l'état initial du compteur (0) sitôt après avoir détecté l'état P.

- Les états restants [$2^m - P$ état : P..... $2^m - 1$] sont définis comme des états φ

V.4 synthèse des compteurs synchrones

V.4.1 synthèse

L'objectif de la synthèse est la réalisation des fonctions d'excitation à partir d'un code imposé (par exemple on cherche les entrées J_i et K_i pour chaque bascule.)

Méthode

Les états du compteur se succèdent selon le code choisi. pour chaque instant d'horloge on procède de la façon suivante :

- On relève l'état présent Q_1, Q_2, \dots, Q_m , et l'état future $Q^+_1, Q^+_2, \dots, Q^+_m$
- pour chaque bascule Q_j ($j=1, \dots, m$) on obtient une transition Q_j, Q^+_j
- l'examen de la table des transitions nous donne la valeur des fonctions d'excitation (J_j et K_j par exemple)
- les fonctions d'excitation obtenue finalement sous la forme d'une table de vérité, peuvent être réalisés par la méthode des systèmes combinatoires.

Exemple

Un compteur synchrone comporte 10 états (les sorties $Q_8 Q_4 Q_2 Q_1$ dans le code binaire pur, on désire réaliser un compteur avec des bascules JK)

Synthèse des bascules JK

N	Q_8	Q_4	Q_2	Q_1	Q^+_8	Q^+_4	Q^+_2	Q^+_1	J_1K_1	J_2K_2	J_4K_4	J_8K_8
0	0	0	0	0	0	0	0	1	1φ	0φ	0φ	0φ
1	0	0	0	1	0	0	1	0	$\varphi 1$	1φ	0φ	0φ
2	0	0	1	0	0	0	1	1	1φ	$\varphi 0$	0φ	0φ
3	0	0	1	1	0	1	0	0	$\varphi 1$	$\varphi 1$	1φ	0φ
4	0	1	0	0	0	1	0	1	1φ	0φ	$\varphi 0$	0φ
5	0	1	0	1	0	1	1	0	$\varphi 1$	1φ	$\varphi 0$	0φ
6	0	1	1	0	0	1	1	1	1φ	$\varphi 0$	$\varphi 0$	0φ
7	0	1	1	1	1	0	0	0	$\varphi 1$	$\varphi 1$	$\varphi 1$	1φ
8	1	0	0	0	1	0	0	1	1φ	0φ	0φ	$\varphi 0$
9	1	0	0	1	0	0	0	0	$\varphi 1$	0φ	0φ	$\varphi 1$
10	1	0	1	0	φ	...	...	.....	.....	.....	...	φ
11	1	0	1	1	.	.	.	.	.	.	.	...
12	1	1	0	0	.	.	.	..	.	.	.	.
13	1	1	0	1	..	..	..	φ	..	..	..	..
14	1	1	1	0	..	..	..	..	..	..	..	..
15	1	1	1	1	φ	...	..	..	..	..	..	φ

Le tableau précédent contient les séquences et les entrées qui les provoquent. En second lieu on définit les entrées d'excitation de chaque bascule, en fonction des sorties $Q_3 Q_2 Q_1$.

Bascule 1 (J_1, K_1)

J_1

	00	01	11	10
00	1	1		1
01				
11				
10	1	1		

K_1

	00	01	11	10
00				
01	1	1		1
11		1		
10		1		

Bascule 2 (J_2, K_2)

J_2

	00	01	11	10
00	0	0		0
01	1	1		0
11				
10				

K_2

	00	01	11	10
00				
01				
11	1	1		
10	0	0		

Bascule 3 (J_4, K_4)

J_4

	00	01	11	10
00	0			0
01	0			0
11	1			
10	0			

K_4

	00	01	11	10
00		0		
01		0		
11		1		
10		0		

Bascule 4 (J_8 , K_8)

J_8

	00	01	11	10
00	0	0		
01	0	0		
11	0	1		
10	0	0		

K_8

	00	01	11	10
00				0
01				1
11				
10				