

Architecture Des Ordinateurs

<< Les Circuits Séquentiels >>

E.S.P de Dakar, 2020

Intervenant: **Abdou DIOP**

1

Organisation

- Introduction
- Notion d'horloge (système synchrone et système asynchrone)
- Les bascules
 - T
 - RS
 - RST
 - D et D latch
 - JK
- Les registres
- Les compteurs/decompteurs

2

I. Introduction

- Un circuit combinatoire est un circuit numérique dont les sorties dépendent uniquement des entrées:

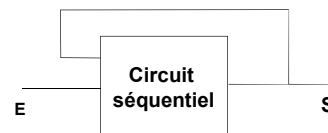
$$S = f(E)$$

- L'état du système ne dépend pas de l'état interne du système.
- Pas de mémorisation de l'état du système.

3

2. Les circuits séquentiels

- Un circuit séquentiel est un circuit numérique (logique) dont l'état à l'instant **t+1** est une fonction des entrées en même instant **t+1** et de l'état précédente du système (l'instant **t**)

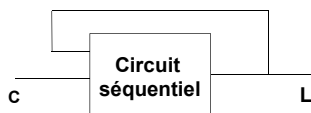


$$S_{t+1} = f(E, S_t)$$

$$S^+ = f(E, S)$$

4

Exemple d'un circuit séquentiel

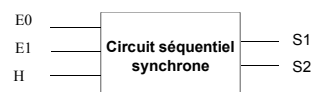
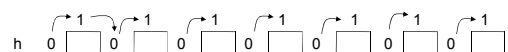


C	L	L*	
0	X	L	Mémoire
1	0	1	basculement
1	1	0	basculement

5

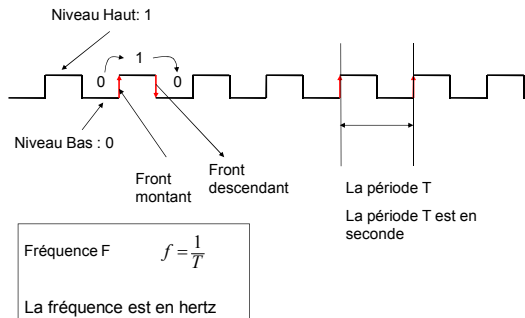
3. Système synchrone (Notion de l'horloge)

- Une horloge est une variable logique qui passe successivement de 0 à 1 et de 1 à 0 d'une façon périodique.
- Cette variable est utilisée souvent comme une entrée des circuits séquentiels → le circuit est dit synchrone.
- L'horloge est notée par **h** ou **ck** (clock).



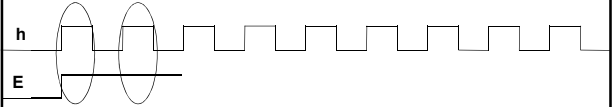
6

L'horloge

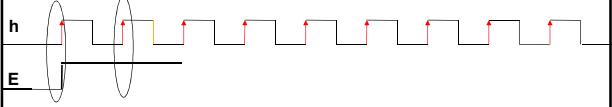


7

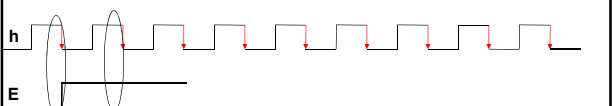
Synchronisation sur niveau Haut



Synchronisation sur front montant



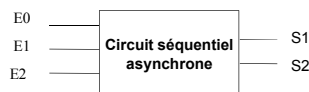
Synchronisation sur front descendant



8

4. Les systèmes Asynchrones

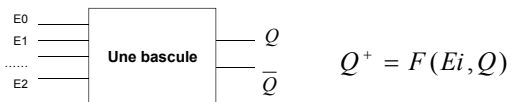
- Lorsque un circuit séquentiel n'a pas d'horloge comme variable d'entrée ou si le circuit fonctionne indépendamment de cette horloge alors ce circuit est asynchrone.



9

5. Les bascules (flip-flops)

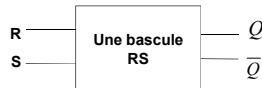
- Les bascules sont les circuits de bases de la logique séquentiel.
- Une bascule peut posséder une horloge (synchrone) ou non (asynchrone).
- Chaque bascule possède des entrées et deux sorties Q et \bar{Q} .
- Une bascule possède la fonction de mémorisation et de basculement.



Il existe plusieurs types de bascules : T, RS, RST, D, JK

10

5.1 Les bascules RS (Reset, Set)



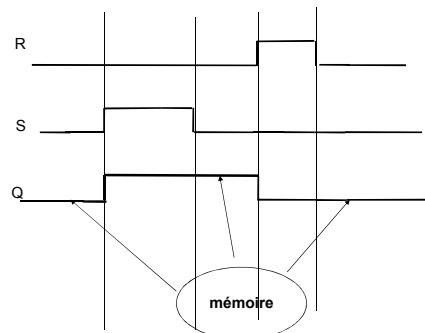
R	S	Q+
0	0	Q-
0	1	1
1	0	0
1	1	X



R	S	Q-	Q+	
0	0	0	0	Etat mémoire
0	0	1	1	
0	1	0	1	Remise à 1
0	1	1	1	
1	0	0	0	Remise à 0
1	0	1	0	
1	1	0	X	État interdite
1	1	1	X	

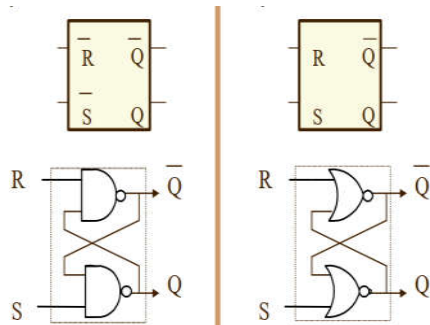
11

Chronogramme d'une bascule RS



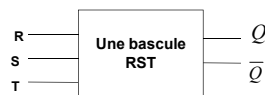
12

Structure interne d'une bascule RS



13

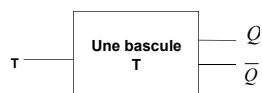
5.3 Les bascules RST



T	R	S	Q ⁺
0	X	X	Q
1	0	0	Q
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	X

14

5.3 Les bascules T

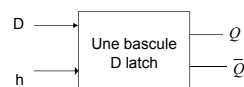


T	Q ⁺
0	Q
1	\bar{Q}

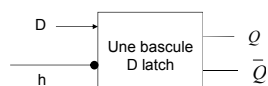
15

5.4 Les bascules D latch

- C'est une bascule synchrone (utilise une horloge) sur niveau Haut ou niveau Bas



Sur niveau Haut



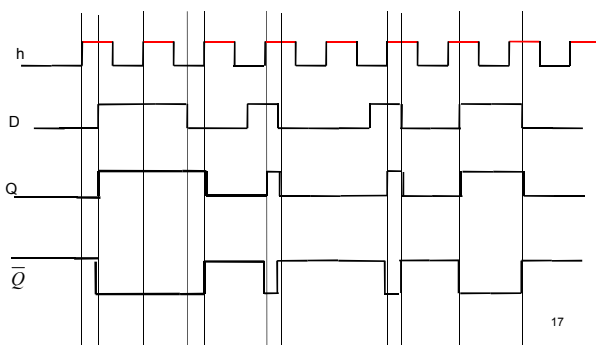
Sur niveau bas

h	D	Q ⁺
0	0	Q ⁻
0	1	Q ⁻
1	0	0
1	1	1

Si h=1 Q⁺=D

16

Chronogramme d'une bascule D latch (niveau haut)



17

Exercice

- Transformer une bascule RST pour qu'elle agisse comme une bascule D-latch ?

T	R	S	Q ⁺
0	X	X	Q
1	0	0	Q
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	X

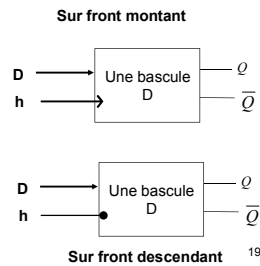
T = h
S = D
R = \bar{D}

18

5.6 Les bascules D

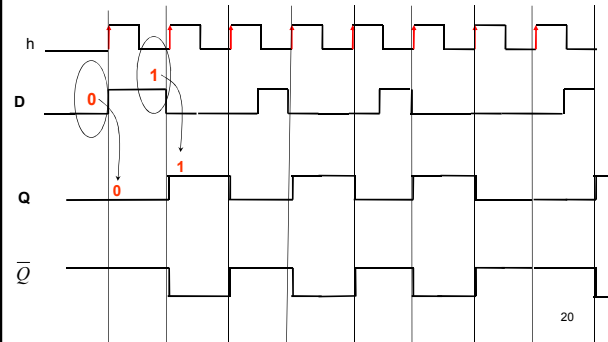
- C'est une bascule synchronisée sur front montant ou descendant

h	D	Q+
0/1	0	Q-
0/1	1	Q-
↑	0	0
↑	1	1



19

Chronogramme d'une bascule D

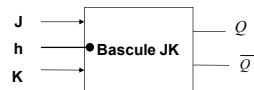


20

5.7 Les bascules J.K en mode synchrone

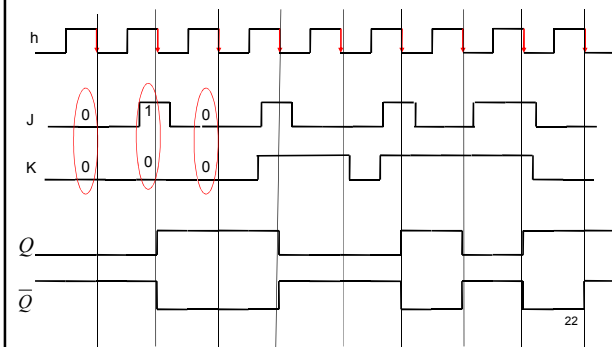
- Une bascule avec deux entrée J, K et une horloge (front montant ou descendant)

h	J	K	Q+
0/1	x	x	Q-
↓	0	0	Q-
↓	0	1	0
↓	1	0	1
↓	1	1	Q



21

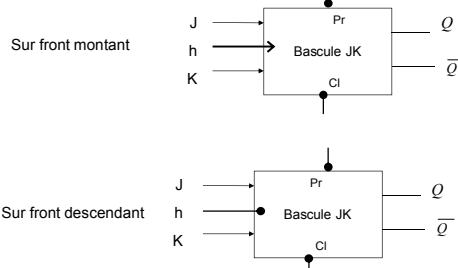
Chronogramme d'une bascule J.K



22

Les bascules J.K en mode asynchrone

- Deux entrées Pr (preset) et cl (clear) asynchrone
- Plus prioritaire que l'horloge
- Pr et Cl fonctionnent avec la logique négative.



23

Table de vérité d'une bascule J.K

	Pr	Cl	h	J	K	Q+	
Mode Asynchrone	0	0	X	X	X	X	État interdit
	0	1	X	X	X	1	Remise à 1
	1	0	X	X	X	0	Remise à 0
Mode Synchrone	1	1	0/1	x	x	Q	Etat mémoire
	1	1	↓	0	0	Q	Etat mémoire
	1	1	↓	0	1	0	Remise à 0
	1	1	↓	1	0	1	Remise à 1
	1	1	↓	1	1	Q	Basculement

24

Exercice

- Transformer une bascule JK en une bascule D ?

h	J	K	Q+
0/1	x	x	Q-
↓	0	0	Q-
↓	0	1	0
↓	1	0	1
↓	1	1	\bar{Q}

$$J = D$$

$$K = \bar{D}$$

$$h = \bar{h}1$$

25

Table de transition d'une bascule JK

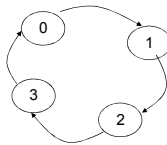
- On connaît les valeurs des sorties, comment déterminer les valeurs des entrées JK ?

Q	Q+	J	K	
0	0	0	X	Remise à 0 ou état mémoire
0	1	1	X	Remise à 1 ou basculement
1	0	X	1	Remise à 0 ou basculement
1	1	X	0	Remise à 1 ou état mémoire

26

Exercice

- Réaliser le circuit qui permet de réaliser le cycle suivant 0,1,2,3 à l'aide de bascules JK ?



27

Solution

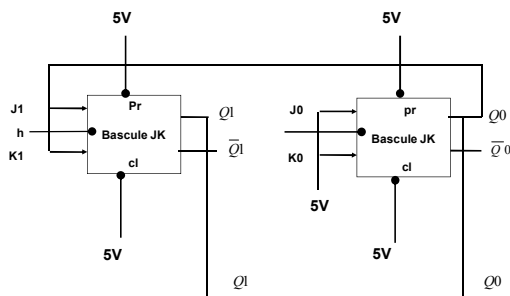
Q1	Q0	J1	K1	J0	K0	Q1+	Q0+
0	0	0	X	1	X	0	1
0	1	1	X	X	1	1	0
1	0	X	0	1	X	1	1
1	1	X	1	X	1	0	0

$$J0=K0=1$$

$$J1=K1=Q0$$

28

Solution (schéma)



29

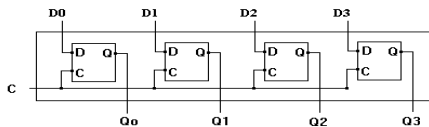
Les registres

30

1. Définition

- Une bascule est l'élément de base de la logique séquentielle.
- Une bascule permet de mémoriser un seul bit.
- Un registre est ensemble un ordonné de n bascules.
- Un registre permet de mémoriser (sauvegarder) une information sur n bits.

Exemple :



31

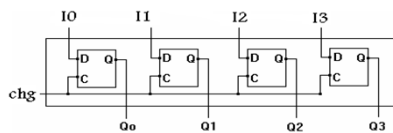
2. Type de registres

- Il existe plusieurs types de registres :
 - Registre à entrées parallèles et sorties parallèles (Registre à chargement parallèle).
 - Registre à entrée série et sortie série.
 - Registre à entrée série et sortie parallèle.
 - Registre à entrée parallèle et sortie série.
 - Registre à décalage circulaire.

32

2.1 Registre à entrées parallèles et sorties parallèles (Registre à chargement parallèle).

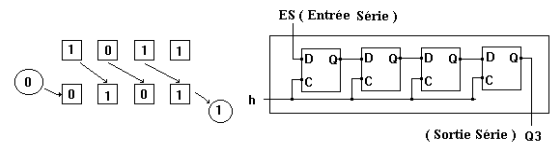
- Il peut charger une information sur N bits en même temps.
- Les n bascules changent d'états en même temps.
- Chaque bascule B_i prend la valeur de l'information i .
- Il possède une entrée de chargement chg ($chg=0 \rightarrow$ état mémoire, $chg=1$ chargement)



33

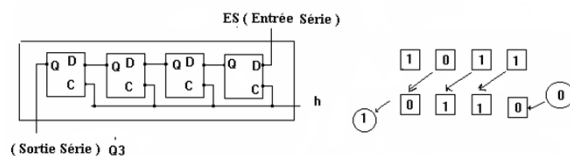
2.2 Registre à entrée série et sortie série

- L'information est introduite bit par bit (en série).
- L'ensemble du registre est décalé d'une position (B_i, B_{i+1}) et la bascule B_0 reçoit une nouvelle entrée ES.
- Un tel registre est appelé registre à entrée série à gauche et à sortie série à droite.



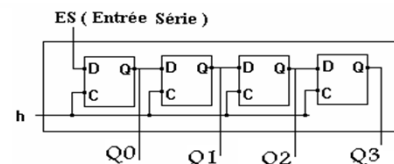
34

registre à entrée série à droite et à sortie série à gauche.



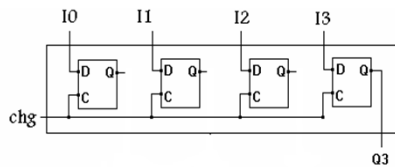
35

Registre à entrée série et sortie parallèle.



36

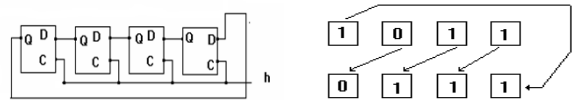
Registre à entrée parallèle et sortie série.



37

2.5 Registre à décalage circulaire

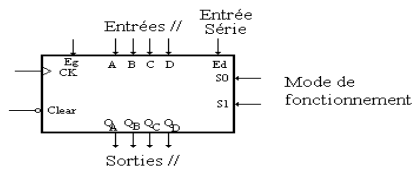
- C'est un registre qui effectue un décalage vers la gauche en répercutant la sortie de la dernière bascule vers l'entrée de la dernière bascule.
- Le décalage peut être un décalage droite (circulaire droite) ou gauche (circulaire gauche)



38

Registre programmable

- Il existe des registres qui permettent :
 - le décalage à droite (ou circulaire droite)
 - Le décalage à gauche (ou circulaire gauche)
 - Chargement parallèle.



39

Registre programmable (table de vérité)

h	S0	S1	QA+	QB+	QC+	QD+	Obs.
X	0	0	QA	QB	QC	QD	Mémoire
↑	0	1	Eg	QA	QB	QC	Décalage à droite
↑	1	0	QB	QC	QD	Ed	Décalage à gauche
↑	1	1	A	B	C	D	Chargement Synchron

40

Exercice

1./ Faites l'étude du registre décrit par le fonctionnement suivant (en utilisant des bascules D).

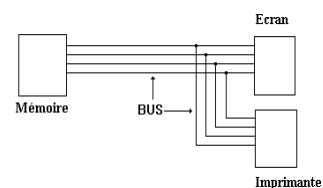
Raz	Chg	Dg	Dd	h	Q ₃ ⁺	Q ₂ ⁺	Q ₁ ⁺	Q ₀ ⁺
1	X	X	X	X	0	0	0	0
0	1	X	X	X	E3	E2	E1	E0
0	0	1	X	↑	Q ₂	Q ₁	Q ₀	S _L
0	0	0	1	↑	S _R	Q ₃	Q ₂	Q ₁
0	0	0	0	X	Q ₃	Q ₂	Q ₁	Q ₀

Raz et Chg sont des commandes Asynchrones

41

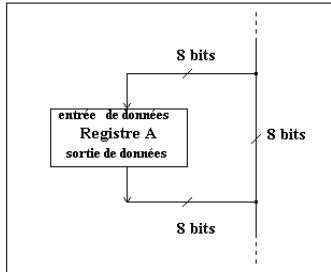
Les Bus

- Un bus est un ensemble de lignes utilisées pour interconnecter des éléments d'un ordinateur (registres, mémoires, ...).
- Son rôle est d'assurer le transport de l'information d'un élément à l'autre.



42

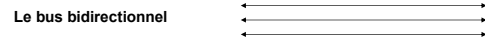
Représentation simplifié d'un bus sur 8 bits



43

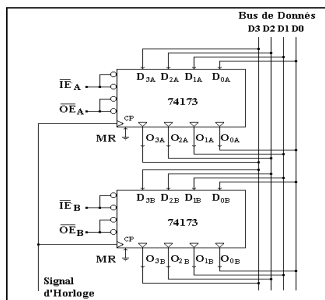
Bus Unidirectionnel et Bidirectionnel

- **Bus Unidirectionnel** : Ce type de bus assure un transport de l'information dans un seul sens.
- **Le bus bidirectionnel** : Le bus bidirectionnel assure le transfert de l'information dans les deux sens.



44

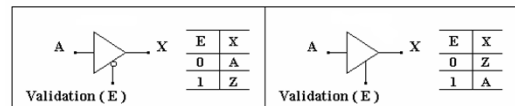
Application des Bus : interconnexions des registres



45

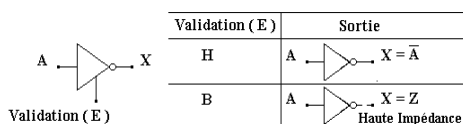
Le tampon trois états (Tristate)

- C'est un circuit qui possède trois états : Haut (H : 1), Bas (B : 0) et Haute Impédance (Z).
- Un tampon trois états est un circuit qui sert pour contrôler le passage d'un signal logique entre une entrée et une sortie.



46

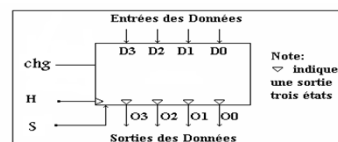
Inverseur à trois états



47

Registre à trois états

- Les sorties sont dotées de tampons à trois états.
- Si S=0 alors les Qi sont dans l'état haute impédance.



Les entrées aussi peuvent avoir des tampons à trois états

48

Circuits Logiques Séquentiels

LES COMPTEURS BINAIRES

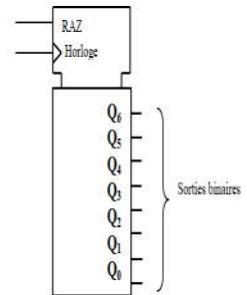
49

Introduction

Le **compteur** est un registre dont le contenu passe de la valeur n à $n + 1$ après application d'une impulsion de progression appelée communément **horloge**.

Le symbole général d'un compteur est donné ci-dessous, il comprend:

- une zone inférieure où l'on trouve les sorties à droite et dans certains cas particuliers des entrées de présélection à gauche.
- une zone supérieure de contrôle où l'on trouve l'horloge, la remise à zéro et éventuellement d'autres commandes particulières

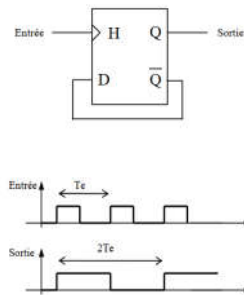


50

Le compteur ou diviseur élémentaire par deux

La bascule D est ici programmée ($D = Q$) pour que sa sortie Q change d'état à chaque front montant du signal d'entrée (transition d'un état bas vers un état haut). On peut constater que la période de sortie est deux fois plus grande que la période d'horloge. Il faudra deux périodes d'horloge pour obtenir une période de sortie.

La fréquence de sortie est divisée par 2 par rapport à la fréquence d'horloge : c'est un diviseur par 2.



51

FONCTIONNEMENT DES COMPTEURS/DECOMPTEURS.

Il existe

deux types de comptage/décomptage: **BINAIRE** ou **DECIMAL**,

et

deux modes de comptage/décomptage: **SYNCHRONES** ou **ASYNCHRONES**.

Un compteur est dit "compteur **binaire**" lorsque le compteur effectue un comptage binaire, c'est à dire que l'ensemble des états logiques que peuvent prendre les sorties du compteur forme des mots ou des nombres binaires 11001101.

Exemple:

Si un compteur possède 4 sorties Q_a , Q_b , Q_c et Q_d , le nombre de code possible sera $2^4 = 16$.

Le compteur peut compter jusqu'à 15: 0, 1, 2, 3, ..., 15.

52

FONCTIONNEMENT DES COMPTEURS/DECOMPTEURS.

Tableau des valeurs pour un compteur à 4 sorties

Sorties du compteur					Sorties du compteur				
Q_d	Q_c	Q_b	Q_a		Q_d	Q_c	Q_b	Q_a	
0	0	0	0	0	1	0	0	0	8
0	0	0	1	1	1	0	0	1	9
0	0	1	0	2	1	0	1	0	10
0	0	1	1	3	1	0	1	1	11
0	1	0	0	4	1	1	0	0	12
0	1	0	1	5	1	1	0	1	13
0	1	1	0	6	1	1	1	0	14
0	1	1	1	7	1	1	1	1	15

53

FONCTIONNEMENT DES COMPTEURS/DECOMPTEURS.

Chronogrammes associés



54

FONCTIONNEMENT DES COMPTEURS/DECOMPTEURS.

Un compteur est dit "compteur **décimal**" ou "compteur **BCD**" lorsque le nombre de mots binaires possibles fournis par ses sorties est au plus de dix, cela signifie que le compteur ne pourra compter au delà de la valeur 9, et donc la prochaine valeur correspondra à la valeur de départ 0.

Un compteur décimal possède 4 sorties binaires Qa, Qb, Qc et Qd comme un compteur binaire. Mais le nombre de codes possibles en sortie ne sera que de 10, du code 0000bin=0déc au code 1001bin=9déc.

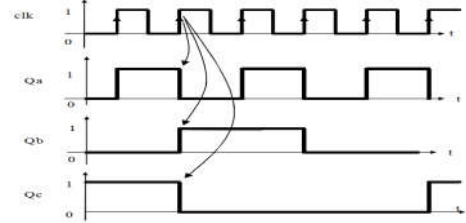
Nota: Compteur BCD signifie Compteur Binaire Codé Décimal

55

FONCTIONNEMENT DES COMPTEURS/DECOMPTEURS.

Un "**Compteur Synchrone**" signifie que les bascules qui composent le compteur sont synchronisées par le même signal (signal d'horloge) et donc "basculent" au même instant. Par conséquent le changement d'état des différentes sorties (Qa, Qb, ..., Qn) que composent le compteur ne peut s'effectuer qu'à des instants identiques.

Chronogrammes.

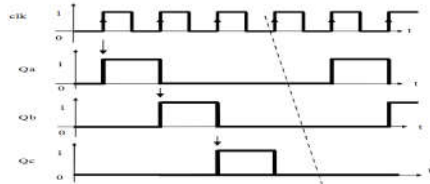


56

FONCTIONNEMENT DES COMPTEURS/DECOMPTEURS.

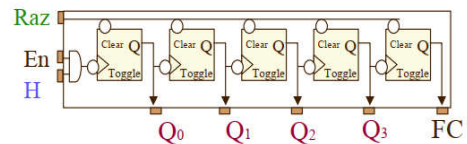
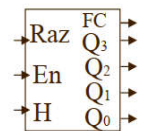
Un "Compteur Asynchrone" signifie que les "bascullements" des bascules du compteur s'effectuent les uns après les autres. Le changement d'état de la sortie d'une bascule autorisera le changement d'état de la sortie de la bascule suivante et ainsi de suite. C'est un fonctionnement dit en cascade. La conséquence de ce type de fonctionnement est que le changement d'état des sorties du compteur ne s'effectue pas à des instants réguliers.

Chronogrammes



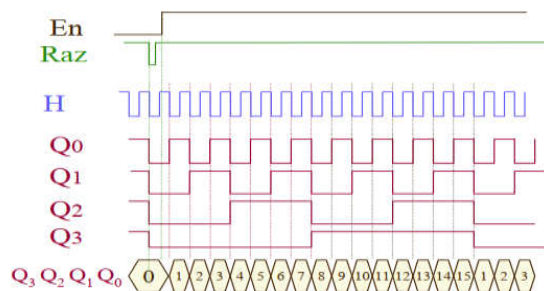
57

Compteur Diviseur de Fréquence



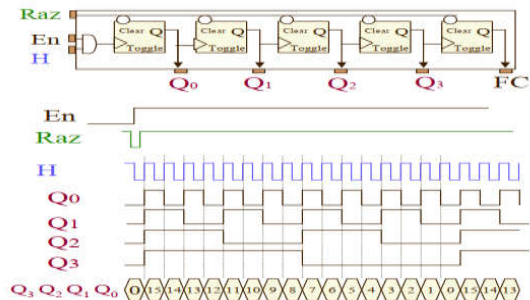
58

Compteur Diviseur de Fréquence



59

Décompteur Diviseur de Fréquence



60