

Logique Séquentielle - fonction « Comptage »

1. Introduction

Fonction comptage : Dans de nombreux systèmes on est obligé de compter pour mesurer, dénombrer, totaliser etc. ...

A chaque fois qu'il est nécessaire de faire de telles opérations on utilise des compteurs.

Un des systèmes le plus simple et le plus connu de tous, que l'on utilise régulièrement tous les jours en est la plus belle application. Ce sont les Horloges (& montres). Partant d'un signal de fréquence stable (basé sur un résonateur à Quartz par exemple), ces systèmes sont équipés de multitudes de compteurs pour générer les secondes; minutes, heures, jours ...

Autres exemples : Distributeur de Carburant (totalisation des volumes distribués), chronomètres, compteurs etc...

Principe du compteur :

Définition de compter : Dénombrer des événements.

En Électronique les événements sont traduits sous forme d'impulsions électriques.

Le compteur est un circuit intégré qui dénombre les impulsions qui lui sont appliquées en entrée (fronts montants ou descendants).



A chaque impulsion, l'incrémement d'une unité [+ 1] (mode compteur) ou la décrémentation d'une unité [- 1] (mode décompteur) s'applique sur le résultat en sortie.

Nombre de sorties / Capacité de comptage :

Chaque compteur est caractérisé en sortie par :

- le nombre de sorties (ou nombre de bits en sortie)
- et par conséquent par sa capacité de comptage.

Rappel : Capacité de comptage $C =$

Exemple : pour un compteur 10 bits, la capacité de comptage est de valeurs (combinaisons).

Structure interne - mode de fonctionnement :

En interne un compteur est réalisé en associant plusieurs bascules en série. Selon le mode de fonctionnement (synchrone ou asynchrone) de ces bascules il existe deux types de compteurs.

- **les compteurs synchrones :** chaque bit en sortie évolue simultanément en synchronisme sur le signal d'horloge (ici les impulsions).

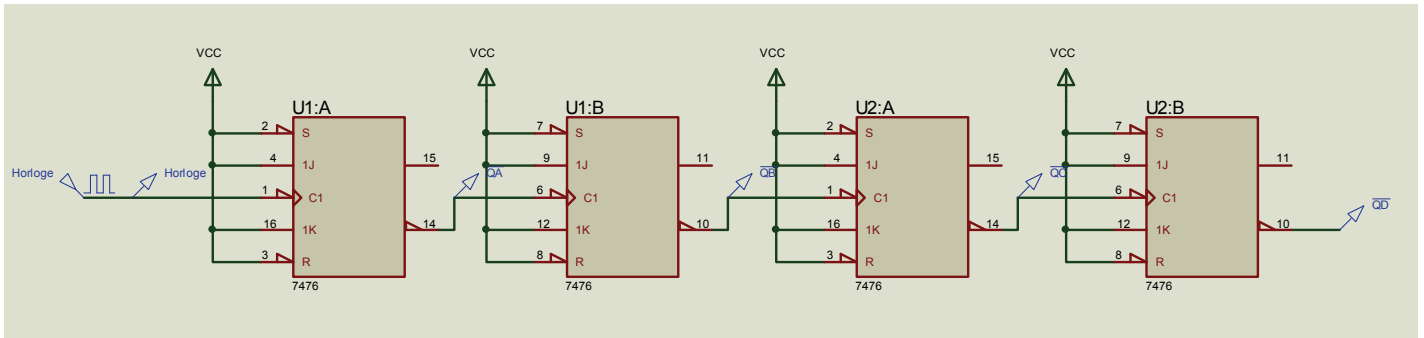
- **les compteurs asynchrones :** chaque changement éventuel en sortie sur un bit de rang n est induit par un changement sur le bit de rang $n-1$. il apparaît donc des temps de propagation entre chaque sortie du compteur.

2. Les compteurs asynchrones

Constitution générale :

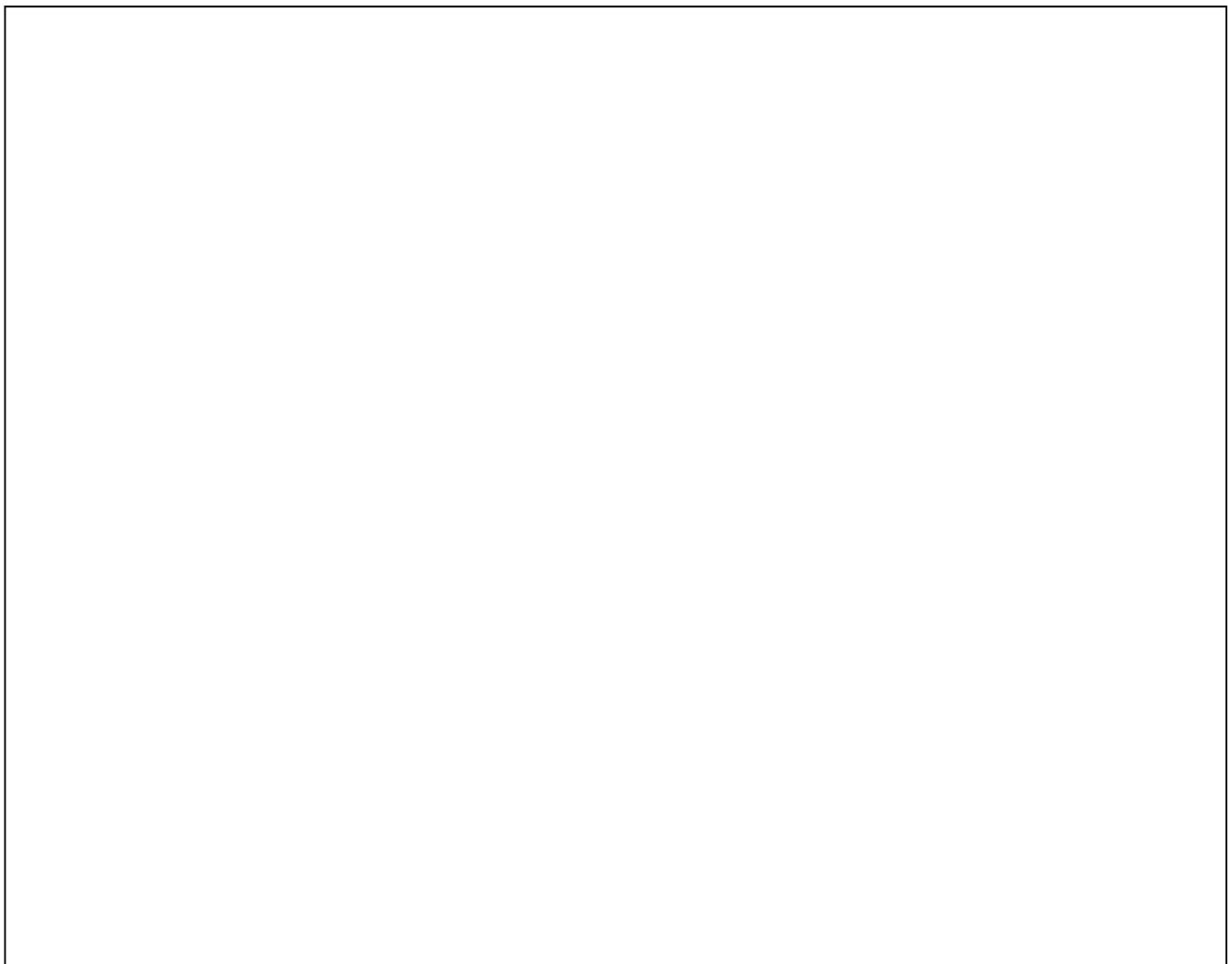
- > Mise en cascade de bascules
- > L'horloge (ou les impulsions à compter) n'est envoyée que sur l'entrée d'horloge de la première bascule.
- > La sortie d'une bascule, attaque l'entrée d'horloge de la bascule suivante.

2.1 Compteur asynchrone réalisé à base de bascules JK



Se reporter au TP « partie 1 » (réf : TE-Logique-sequentielle-Fonction-Comptage-2008.pub)

Conclusion sur cette structure :



2.2 Modulo d'un compteur

Le compteur vu à la page précédente compte naturellement de 0 à 15 (cycle de 0000 à 1111).
On peut souhaiter que le compteur compte jusqu'à une valeur différente du fin de cycle
exemple de 0 à 9.

Le nombre de valeurs comptées est donc 0 à 9 => 10 valeurs
C'est ce qu'on appelle le Modulo m du compteur ($m = 10$) dans l'exemple.

Se reporter au TP « partie 2 » (réf : TE-Logique-sequentielle-Fonction-Comptage-2008.pub)

Conclusion :

Nombre de bascules à utiliser :

Décodage du nombre (m-1)

Remarque - Réalisation d'un compteur de X à Y:

Se reporter au TP « partie 3 » (réf : TE-Logique-sequentielle-Fonction-Comptage-2008.pub)

Conclusion :

3. Les compteurs synchrones

Constitution générale :

Les entrées d'horloge de toutes les bascules constituant les sorties du compteur, reçoivent toutes le même signal d'Horloge.

A chaque impulsion d'horloge, un circuit combinatoire recalcule à partir des nouvelles sorties, les valeurs à appliquer aux entrées des bascules, de façon à ce que la prochaine impulsion d'horloge provoque bien le passage à l'état suivant du compteur.

Note : il est possible de compter selon une séquence différente qu'une simple incrémentation de 1 du compteur. Des exemple de valeurs successives possibles : 2 -> 4 -> 6 -> 8 -> 2 -> 4 ou bien 1-> 4 -> 7 -> 12 -> 1 -> 4...

Remarque : Réaliser un compteur synchrone nécessite de :

- 1) Établir une table de transition (valeurs successives)
- 2) En déduire une table d'excitation
- 3) En déduire les équations simplifiées des fonctions d'excitation
- 4) Réaliser le câblage et tester le fonctionnement.

Se reporter au TP « partie 4 » (réf : TE-Logique-sequentielle-Fonction-Comptage-2008.pub)

4. Les compteurs « intégrés »

Il existe des circuits intégrés réalisant la fonction « comptage » ou/et « décomptage ». On peut distinguer dans la série TTL :

- les compteurs **binaires** [modulo 16],,
- les compteurs **décimaux** (ou BCD) [modulo 10],
- les compteurs/décompteurs **décimaux** avec entrées de préchargement,
- les compteurs/décompteurs **binaires** avec entrées de préchargement,
- les compteurs/décompteurs **décimaux** avec registre,
- les **diviseurs de fréquence** (taux de division fixe ou programmable)

4.1 Exemple de compteur décimal asynchrone : 7490

Principales caractéristiques :

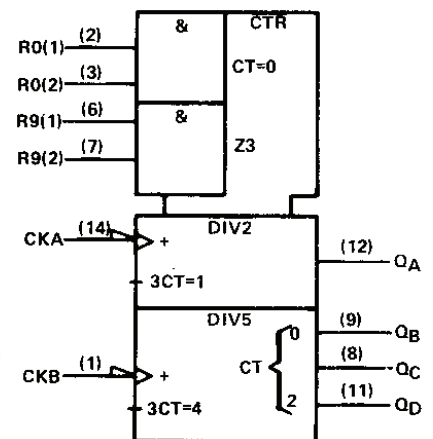
- 2 entrées de remise à zéro [R0(1) et R0(2)]
- 2 entrées de remise à NEUF [R9(1) et R9(2)]
- les entrées de RAZ et RA9 sont indépendantes de l'état des entrées d'horloge.
- rapports de divisions possibles : 1/2, 1/5, 1/10.

Mode CTR DIV 2 : Entrée du signal d'horloge sur CKA, sortie sur QA

Mode CTR DIV 5 : Entrée du signal d'horloge sur CKB, sorties sur QB à QD.

Mode CTR DIV 10 - mode BCD : Entrée du signal d'horloge sur CKA, sortie QA reliée à CKB, sorties QA à QD.

Mode CTR DIV 10 - mode bi-quinaire : Entrée du signal d'horloge sur CKB, sortie QD reliée à CKA, sorties QA à QD.



Remarques sur le symbole :

Infos - Mode bi-quinaire

(ou mode division par 10 symétrique) :
comptage de 0 à 4 puis incrément de 1 du bit supérieur (c.f table ci-dessous pour comparaison)

Séquence de comptage BCD				
cpt	Q _b	Q _c	Q _d	Q _a
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

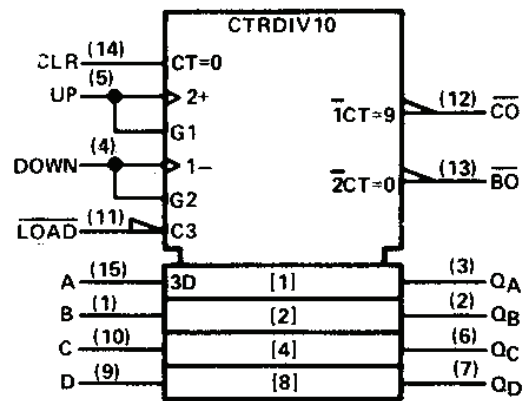
Séquence de comptage Bi-quinaire				
cpt	Q _a	Q _b	Q _c	Q _d
0	L	L	L	L
1	L	L	L	H
2	L	L	H	L
3	L	L	H	H
4	L	H	L	L
5	H	L	L	L
6	H	L	L	H
7	H	L	H	L
8	H	L	H	H
9	H	H	L	L

4.2 Exemple de compteur/décompteur décimal synchrone programmable : 74192

Principales caractéristiques :

- mode réversible : Compteur / décompteur
- Déclenchement simultané de toutes les bascules (mode synchrone).
- 4 entrées de préchargement (A à D) - entrée de cmde /LOAD
- Entrée d'horloge pour le comptage (UP)
- Entrée d'horloge pour le décomptage (DOWN)
- Entrée de RAZ.

Description du symbole :



CTR DIV16 : compteur modulo 16 (diviseur de fréquence par 16).

CLR : actif état haut. Le libellé « CT=0 » nous informe que l'action sur CLR est de ramener le nombre dans le compteur à 0.

UP : horloge sur front montant. « + » indique que c'est une horloge de comptage. « 2 » avant ce signe indique que cette entrée est valide si G2 valide.

si G2 valide (= 1) alors les entrées précédées de 2 seront valides, c'est à dire l'horloge 2+ et 2CT=0.

Si UP = 1 alors G1 est valide, l'horloge DOWN peut alors être validée.

DOWN : horloge sur front montant. « - » indique que c'est une horloge de décomptage. « 1 » avant ce signe indique que cette entrée est valide si G1 valide. Si DOWN = 1 alors G2 est valide, l'horloge UP peut alors être validée.

LOAD : entrée valide état bas. Si C3 = 0 alors C3 active, les entrées précédées de 3 sont alors validées, c'est à dire les entrées A, B, C et D. On peut donc effectuer un chargement en parallèle (comptage/ décomptage programmable (ou prépositionnable).

CO : sortie « de retenue » (ou dépassement positif) valide quand G1 = 0 et sortie du compteur = 9. Cette sortie indique une fin de cycle de comptage.

BO : sortie « d'emprunt » (ou dépassement négatif) valide quand G2 = 0 et sortie du compteur égale à 0. Elle indique une fin de cycle de décomptage.

Remarque : Ces sorties /CO et /BO permettent de cascader des compteurs pour augmenter la capacité de comptage/décomptage en reliant ces sorties au compteur de rang immédiatement supérieur [/CO à UP et /BO à DOWN]