

Objectifs	Etudier et comprendre le fonctionnement des bascules D et JK et les compteurs synchrones, semi-synchrones et asynchrones
Moyens	Câblage de divers compteurs
Préalable	Cours de Systèmes Logiques I
Théorie	"Circuits numériques pour interfaces microprocesseur", pp 66-69, 71-72, 83, 89
Matériel	Boîte de logidules LAMI
Durée	2-3 heures

1. Introduction

Dans les manipulations qui suivent, on étudiera les bascules et les compteurs. On testera :

- des compteurs par 3: synchrone, asynchrone et semi-synchrone
- un compteur par 16
- un compteur par 10
- un compteur par 2^n

Dans un deuxième temps, on réunira quelques compteurs afin de réaliser un détecteur de réflexe.

La lecture de la section 2 n'est pas nécessaire pour les étudiants qui ont bien assimilés les chapitres correspondant du cours de Systèmes Logique.

2. Rappel

Les bascules D et JK sont décrites par des tables de vérité, dont la connaissance doit devenir instinctive si l'on veut pouvoir maîtriser des interfaces complexes.

Les bascules changent d'état à des instants déterminés, en phase avec un signal appelé horloge (CK ou CP). Sur les schémas, un petit triangle caractérise les entrées sensibles à un front. Par convention, une entrée sensible à un front descendant est mise en évidence par un rond d'inversion devant le triangle (figure 1a). Une entrée active au front montant n'a pas de rond d'inversion (figure 1b).

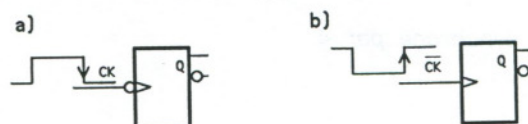
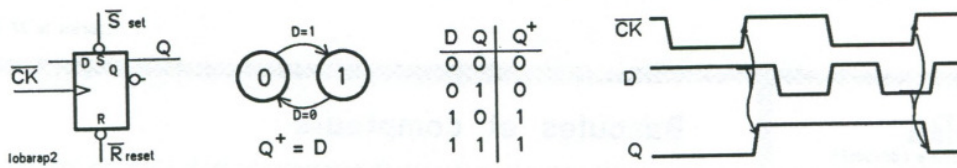


Fig. 1 Convention pour les fronts

2.1 Bascule D

La bascule D (figure 2) copie l'état de l'entrée D sur la sortie Q lors de flanc montant d'horloge. Elle est munie d'une entrée de mise à 1 (S - Set) et une entrée de mise à 0 (R - Reset) statique. Ces dernières sont prioritaires sur les entrées d'horloge.



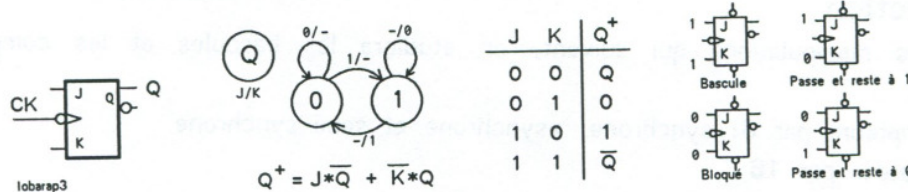
lobarap2

Fig. 2 Caractéristiques de la bascule D

2.2 Bascule JK

La bascule JK (figure 3) réagit de la manière suivante:

- Si J = K = 0, la sortie ne change pas
- Si J = 1, la sortie passe à l'état 1
- Si K = 1, la sortie passe à l'état 0
- Si J = K = 1, la sortie bascule à chaque front actif de l'horloge (diviseur par 2)

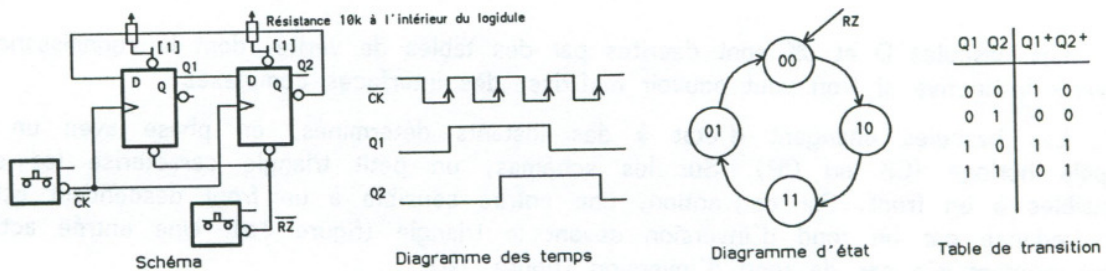


lobarap3

Fig. 3 Caractéristiques de la bascule JK

2.3 Exemple: Compteur par 4

Le codage des états successifs d'un compteur peut être binaire (croissant ou décroissant), en code GRAY ou autre. Le diagramme d'états (en anglais state diagram), le diagramme des temps et la table de transition sont trois façons de représenter son évolution.



LOB1

Fig. 4 Compteur Gray synchrone par 4

3. Compteurs par 3

Il existe 3 classes de compteurs. Ils peuvent être

- synchrones
- asynchrones
- semi-synchrones.

Dans les manipulations suivantes, on va construire et étudier un compteur de chaque type.

3.1 Compteur par 3 synchrone :

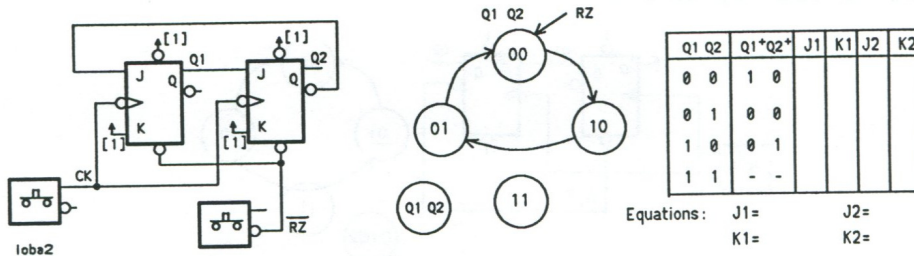


Fig. 5 Compteur par 3 synchrone

Réaliser le montage de la figure précédente.

Question 1

Répondre sur la feuille annexe

- 1.1 Faire des actions simultanées sur \overline{CK} et sur \overline{RZ} . Que peut-on en déduire sur la priorité de ces deux signaux ?
- 1.2 Quel est le temps de propagation (Sorties du compteur par rapport à CK)
- 1.3 Quel est l'état qui suit l'état 11 ? Décider d'après la table de la fig 5 complétée, puis vérifier expérimentalement.

3.2 Compteur par 3 asynchrone

Pour ce type de compteur, une action sur la remise à zéro est utilisée pour terminer la séquence. Certains schémas sont **dangereux**, lorsque l'impulsion de remise à zéro disparaît avant que son effet soit complet. Dans le schéma ci-dessous, la transition via l'état 11 peut évoluer vers l'état 10 si la bascule Q2 est anormalement lente, et n'a pas le temps de voir l'impulsion qui suffit pour remettre à zéro Q1.

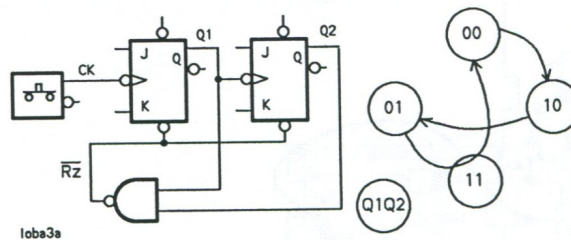


Fig. 6 Compteur par 3 asynchrone

Réaliser le montage de la figure précédente et tester le compteur en pas à pas.

Question 2

Répondre sur la feuille annexe

- 2.1 Quel est le temps de propagation pire (retard pour les portes et bascules: 10ns).
- 2.2 Observez à l'oscilloscope et donner le diagramme des temps précis avec une horloge à 16MHz (période 60ns). Synchronisez l'oscillo par Q2 et observez en particulier \overline{Rz} .

3.3 Compteur par 3 semi-synchrone

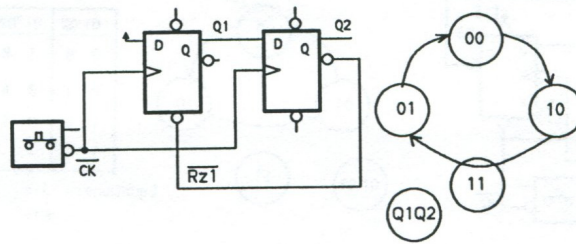


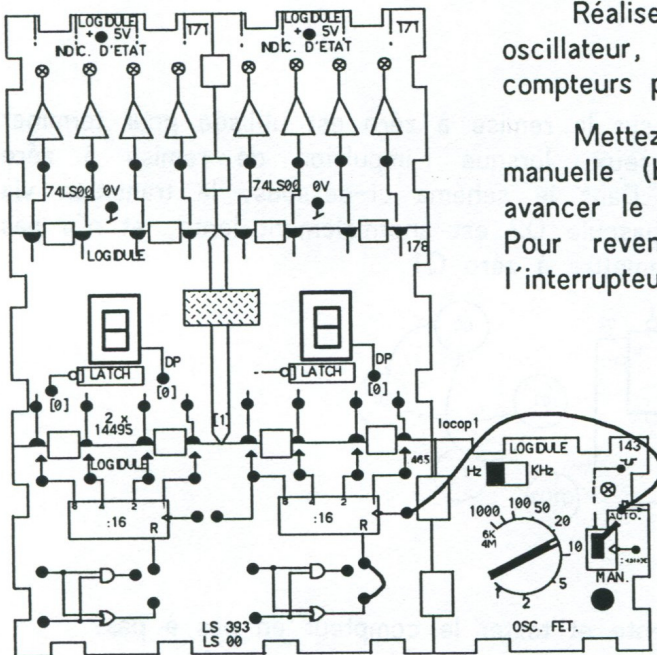
Fig. 7 Compteur par 3 semi-synchrone

Question 3

Répondre sur la feuille annexe

3.1 Tester le compteur et donner le diagramme des temps précis avec une horloge à 16MHz. Faites les mesures à l'oscilloscope.

4. Compteur par 10



Réalisez le circuit ci-contre en utilisant un logidule oscillateur, un affichage et un logidule contenant deux compteurs par 16 dont on utilisera celui de droite.

Mettez l'interrupteur de l'oscillateur sur position manuelle (basculement temporaire vers le bas). Faites avancer le compteur à l'aide du bouton poussoir MAN. Pour revenir en mode "automatique", faire basculer l'interrupteur vers le haut.

Fig. 8 Disposition des logidules pour le compteur par 16

Pour réaliser un compteur par 10 (code BCD) à partir d'un compteur par 16, il suffit de remettre à zéro le compteur dès que l'état des sorties du compteur atteint l'état 10'10 (les bits de poids faibles 2 et 8 étant actifs). De plus, on souhaite pouvoir le mettre à tout moment à zéro, indépendamment des états de sortie du compteur; ceci implique une porte OU supplémentaire ou un porte NAND, en tenant compte de la logique additionnelle dans le compteur (figure 9).

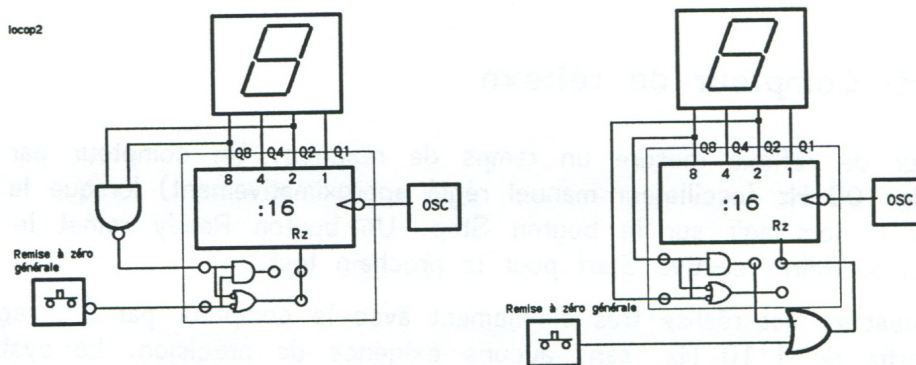


Fig. 9 Compteur par 10 par remise à zéro d'un compteur asynchrone par 16.

Question 4

Répondre sur la feuille annexe

- 4.1 Expliquez pourquoi dans la figure 8 l'entrée Reset des compteurs est câblé sur la porte OU et pas sur la porte ET.
- 4.2 Dans la figure 9, sur quelles sorties du compteur devrait-on brancher les deux entrées de la porte AND pour réaliser un compteur par 12 ?

5. Compteur par 2^n

Le circuit LS292 est un diviseur par $2^2, 2^3, \dots, 2^{31}$, selon un code binaire placé sur les entrées. Les codes 00000 et 00001 ne sont pas acceptés : on ne peut diviser par $2^0 = 1$ et $2^1 = 2$. L'entrée E est en principe maintenue par défaut à l'état zéro par une résistance de tirage vers le bas (pull-down), indiquée sur le couvercle logidule par un [0]. Si ce n'est pas le cas, câbler cette entrée au Gnd (on peut vérifier l'état avec le crayon lumineux).

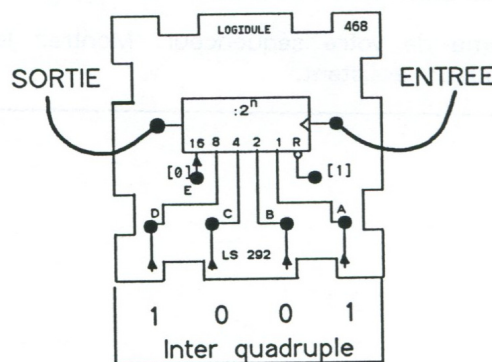


Fig. 10 Branchement du diviseur par 2^9

Question 5

Répondre sur la feuille annexe

- 5.1 Vérifiez le fonctionnement du compteur par 2^n avec un oscillateur 1MHz en entrée. Quelle est le codage sur les entrées qui donne une fréquence proche de 1 Hz en sortie?

6. Nanoprojet: Compteur de réflexe

Un compteur de réflexe mesure un temps de réaction. Un compteur par 100 reçoit une fréquence de 100 Hz (oscillateur manuel réglé approximativement) lorsque le signal Start est activé. Il faut alors agir sur le bouton Stop. Un bouton Ready remet le compteur à zéro et un signal aléatoire réactive Start pour le prochain test.

Le signal aléatoire est réalisé très simplement avec le compteur par 2^n , réglé pour une fréquence de sortie de 1/10 Hz, sans aucune exigence de précision. Le système a trois états; il faut donc au moins 2 bascules dans le séquenceur. Une entrée est dynamique (le signal "aléatoire" Start peut agir au front montant ou descendant, mais ne peut pas avoir une action statique) et les deux autres sont statiques ou dynamiques. Une solution asynchrone avec 2 bascules est donc possible. Une bascule appelée Req (request for a cycle), est activée par le signal Ready, et désactivée par Start. La bascule Cnt (count time) est activée par Start et désactivée par Stop; elle autorise donc l'activation du compteur lorsque le signal "aléatoire" Start s'active.

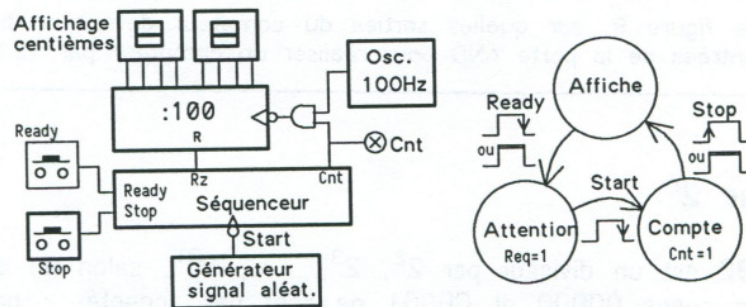


Fig. 11 Schéma bloc d'un compteur de réflexe

Question 6



Répondre sur la feuille annexe

- 6.1 Donnez le schéma de votre séquenceur. Montrez le bon fonctionnement à une assistante ou un assistant.

Note: A l'occasion du 50^e, ce compteur de réflexe a été documenté en utilisant les boîtes de l'atelier logidule. Voir <https://www.didel.com/AtelierLogi50e.pdf>
Autres liens sous <https://wiki.epfl.ch/doc-logidules>