TP 3 : Circuits séquentiels (suite)

Rappels

J	K	Q_{n+1}	$\neg Q_{n+1}$
0	0	Q_n	$\neg Q_n$
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	$\neg Q_n$	Q_n

Table 1 – Table d'excitation de la bascule JK.

Équation de fonctionnement d'une bascule D : $Q_{n+1} = D_n$.

Équation de fonctionnement d'une bascule JK : $Q_{n+1} = Q_n\overline{K_n} + \overline{Q_n}J_n$.

Méthodologie

Tout circuit séquentiel peut être modélisé formellement par un automate de Moore. Les automates de Moore sont des opérateurs séquentiels dont l'état suivant ne dépend que de l'entrée et de l'état actuel. Ceux-ci utilisent des bascules non transparentes (souvent des bascules D) pour mémoriser l'état présent et des opérateurs combinatoires pour générer les sorties et l'état futur. L'utilisation de bascules non transparentes est nécessaire à cause du rebouclage (indirecte) des sorties des bascules sur les entrées. Plus formellement, on utilisera ici la notion d'automate de Moore déterministe à états finis défini par un 6-uplet (Q, q_0, E, S, T, O) avec :

- Q l'ensemble des états,
- $q_0 \in Q$ l'état initial,
- E l'alphabet d'entrée,
- S l'alphabet de sortie,
- T la fonction de transition ($T : Q \times E \to Q$),
- O la fonction de sortie ($O : Q \to S$).

Le fonctionnement d'un automate de Moore est schématisé ci-dessous :

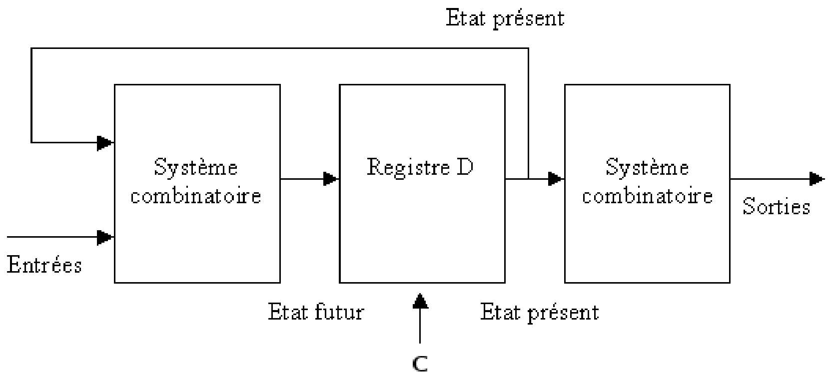

Figure 1 – Automate de Moore.

Pour réaliser un circuit séquentiel répondant à un problème, la méthodologie basée sur les automates de Moore est la suivante.

Méthode des automates :

1. Représentation de l'automate de Moore par un graphe d'états.
2. Choisir un codage pour les états de l'automate, les entrées, et les sorties.
3. Établir le tableau de Karnaugh pour la fonction de transitions d'états (impliquant l'état courant et l'entrée).
4. Appliquer la méthode de Karnaugh pour déduire, pour chaque bit du codage des états, une fonction booléenne impliquant les bits des états précédents et des entrées.
5. Établir le tableau de Karnaugh pour la fonction de sortie dépendant de l'état actuel.
6. Appliquer la méthode de Karnaugh pour déduire, pour chaque bit du codage des sorties, une fonction booléenne impliquant les bits des états précédents.
7. Choisir un type de bascule.
8. Adapter les fonctions booléennes au fonctionnement de la bascule choisie.

Un air de déjà vu...

Ah non, pas encore !

Afin de vous familiariser avec la Méthode des automates, vous pouvez l'appliquer sur certains exercices du TD3, parmi lesquels :

1. les questions 3 et 4 de **Comptage et un peu d'automates**,
2. l'exercice **Les opérations booléennes revisited**.

On ne manquera pas de comparer chaque circuit séquentiel ainsi obtenu avec celui réalisé "avec les mains" à l'époque. De manière générale, que pensez-vous des automates obtenus avec la Méthode des automates ? Évaluez leur taille. Vous paraissent-ils optimaux en général ?

Le Digicode

Open Sesame !

On souhaite réaliser un digicode ouvrant une porte lorsque la séquence "1664" est saisie. L'alphabet d'entrée est {0,1,2,3,4,5,6,R} où R est le signal de reset du digicode quand la porte se referme. L'alphabet de sortie est donc {Open, Closed}. En guise d'exemple, on notera que les séquences suivantes mènent à l'ouverture de la porte : "1664", "1111664", "1431664", "1661661664".

1. Représentez le fonctionnement du digicode avec un automate de Moore et donnez les fonctions de transitions/sortie avec des bascules *flip-flop* D.
2. Réalisez le circuit sur `Logisim`.
3. *(Bonus)* Idem avec des bascules *flip-flop* JK.

Feux rouges

`tkgate2.0` *just crashed : 5 victims.*

On considère un automate contrôlant les feux à un carrefour entre une grande route et un chemin. Sur le chemin, des détecteurs repèrent la présence éventuelle d'une voiture en attente. Le feu ne passe au rouge sur la route qu'après une durée appelée "temps long" pendant laquelle un véhicule attend sur le chemin, et le feu ne peut pas rester rouge sur la route plus longtemps que cette durée "temps long", même si des véhicules sont présents sur le chemin. Une durée appelée "temps court" correspond à la durée des feux oranges. On appelle TC (*resp.* TL) la variable associée au temps court (*resp.* temps long), telle que TC = 1 (*resp.* TL = 1) si le temps écoulé depuis la dernière remise à zéro du compteur est supérieur à "temps court" (*resp.* "temps long") et TC = 0 (*resp.* TL = 0) sinon.

On souhaite représenter le scénario ci-dessus par un automate de Moore dont les états internes sont :

— RV (Feux Route Verts et Feux Chemin Rouges),
— RO (Feux Route Oranges et Feux Chemin Rouges),
— CV (Feux Route Rouges et Feux Chemin Verts),
— CO (Feux Route Rouges et Feux Chemin Oranges).

1. Explicitez l'automate de Moore contrôlant les feux du carrefour ; donnez ses fonctions de transition/sortie avec bascules *flip-flop* D. Dans un premier temps on peut considérer que les variables TC et TL sont données en entrées (ce n'est pas à vous de les calculer).
2. Servez-vous de cet automate pour réaliser le circuit sur `Logisim`.