

Logique séquentielle

SIN1 - Cours 3 - Partie 1

J. Villemejjane - julien.villemejjane@u-pec.fr

IUT Créteil-Vitry
Département GEII
Université Paris-Est Créteil

Année universitaire 2013-2014



Plan du cours

- 1 Introduction aux systèmes séquentiels
 - Notion d'état
 - Systèmes synchrones ou asynchrones
- 2 Représentation des systèmes séquentiels
 - Evolution d'une machine à état
 - Structure d'une machine à état
- 3 Les composants de base de la logique séquentielle

Introduction aux systèmes séquentiels

Logique combinatoire : Un système logique est dit combinatoire si à tout instant, le résultat logique en sortie ne dépend que de l'état de ses entrées. L'élément de base d'un système combinatoire est la porte logique.



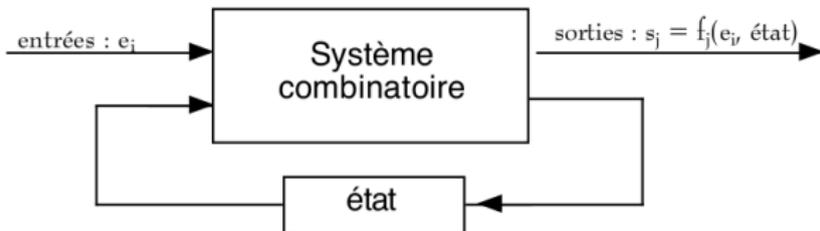
Logique séquentielle : Un système est dit séquentiel si à une même combinaison des variables d'entrée peut correspondre plusieurs combinaisons différentes des variables de sortie.

Introduction aux systèmes séquentiels

Logique combinatoire : Un système logique est dit combinatoire si à tout instant, le résultat logique en sortie ne dépend que de l'état de ses entrées. L'élément de base d'un système combinatoire est la porte logique.

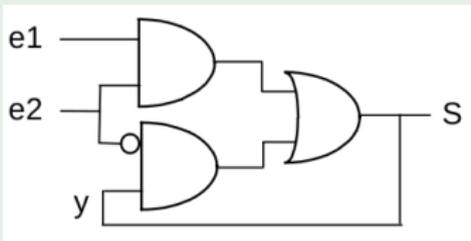


Logique séquentielle : Un système est dit séquentiel si à une même combinaison des variables d'entrée peut correspondre plusieurs combinaisons différentes des variables de sortie.



Introduction aux systèmes séquentiels

Exemple d'un circuit séquentiel

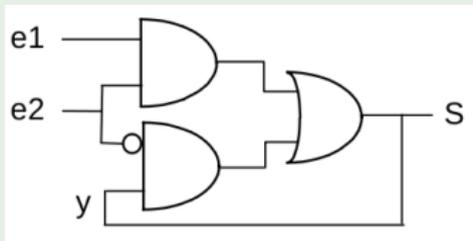


La fonction réalisée par cette structure : $S = (e1 \cdot e2) + (\overline{e2} \cdot y)$

- Apparition de **boucles de rétroaction**
- **Mémorisation** des informations (état du système)

Introduction aux systèmes séquentiels

Exemple d'un circuit séquentiel



La fonction réalisée par cette structure : $S = (e1 \cdot e2) + (\overline{e2} \cdot y)$

- Apparition de **boucles de rétroaction**
- **Mémorisation** des informations (état du système)

Introduction aux systèmes séquentiels

Notion d'état

Etat d'un système

Les valeurs des variables d'un système évoluent au fil du temps. A chaque combinaison de valeurs des variables du système correspond une configuration de celui-ci : un **état** du système.

Variables d'état

On identifie un *état* du système par un ensemble de variables de ce système. On parle alors de **variables d'état**. Elles correspondent au plus petit ensemble de variables *indépendantes*

Introduction aux systèmes séquentiels

Notion d'état

Etat d'un système

Les valeurs des variables d'un système évoluent au fil du temps. A chaque combinaison de valeurs des variables du système correspond une configuration de celui-ci : un **état** du système.

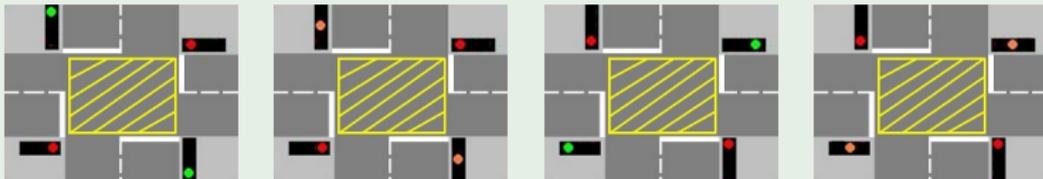
Variables d'état

On identifie un *état* du système par un ensemble de variables de ce système. On parle alors de **variables d'état**. Elles correspondent au plus petit ensemble de variables *indépendantes*

Introduction aux systèmes séquentiels

Notion d'état

Par exemple dans le cas d'un carrefour à 2 voies



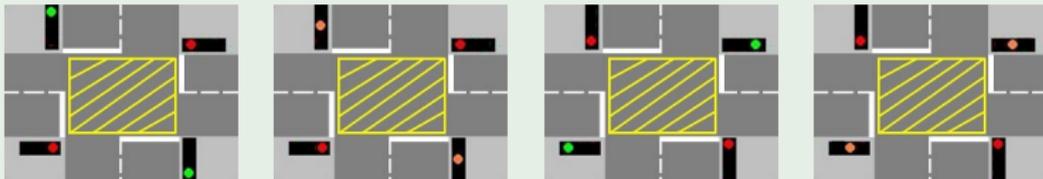
4 états sont nécessaires pour représenter ce système, il faudra au minimum **2 variables d'état** pour les coder.

Lorsqu'il existe p variables d'état, il existe 2^p états possibles.

Introduction aux systèmes séquentiels

Notion d'état

Par exemple dans le cas d'un carrefour à 2 voies



4 états sont nécessaires pour représenter ce système, il faudra au minimum **2 variables d'état** pour les coder.

Lorsqu'il existe p variables d'état, il existe 2^p états possibles.

Introduction aux systèmes séquentiels

Systèmes synchrones ou asynchrones

Un système séquentiel peut être synchrone ou asynchrone.

Système asynchrone

Un système séquentiel est **asynchrone** si à partir de l'instant où on applique un vecteur d'entrée, son évolution est **incontrôlable de l'extérieur**.

Les systèmes séquentiels asynchrones sont plus rapides, mais difficiles à mettre au point dans les applications réelles.

Système synchrone

Un système est **synchrone** si son évolution est **contrôlable de l'extérieur** par un signal d'horloge.

Les systèmes séquentiels synchrones sont moins efficaces, mais plus fiables et plus prédictibles.

Introduction aux systèmes séquentiels

Systèmes synchrones ou asynchrones

Un système séquentiel peut être synchrone ou asynchrone.

Système asynchrone

Un système séquentiel est **asynchrone** si à partir de l'instant où on applique un vecteur d'entrée, son évolution est **incontrôlable de l'extérieur**.

Les systèmes séquentiels asynchrones sont plus rapides, mais difficiles à mettre au point dans les applications réelles.

Système synchrone

Un système est **synchrone** si son évolution est **contrôlable de l'extérieur** par un signal d'horloge.

Les systèmes séquentiels synchrones sont moins efficaces, mais plus fiables et plus prédictibles.

Introduction aux systèmes séquentiels

Systèmes synchrones ou asynchrones

Un système séquentiel peut être synchrone ou asynchrone.

Système asynchrone

Un système séquentiel est **asynchrone** si à partir de l'instant où on applique un vecteur d'entrée, son évolution est **incontrôlable de l'extérieur**.

Les systèmes séquentiels asynchrones sont plus rapides, mais difficiles à mettre au point dans les applications réelles.

Système synchrone

Un système est **synchrone** si son évolution est **contrôlable de l'extérieur** par un signal d'horloge.

Les systèmes séquentiels synchrones sont moins efficaces, mais plus fiables et plus prédictibles.

Représentation des systèmes séquentiels

Evolution d'une machine à état

Machine à états finis

Un système logique ainsi conçu possède un **nombre fini d'états**. Les machines simples construites sur ce principe sont appelées des **machines à états finis** (ou *automates finis*).

Systèmes à mémoire ou séquentiels

L'état présent des systèmes décrits ici ne dépend pas que des variables d'entrée (logique combinatoire) mais dépend aussi des *états antérieurs*. Ils comportent donc une **mémoire**.

La succession des divers états pris par le système au cours de son fonctionnement constituent alors une **séquence**.

Comment représenter cette séquence ?

Représentation des systèmes séquentiels

Evolution d'une machine à état

Machine à états finis

Un système logique ainsi conçu possède un **nombre fini d'états**. Les machines simples construites sur ce principe sont appelées des **machines à états finis** (ou *automates finis*).

Systèmes à mémoire ou séquentiels

L'état présent des systèmes décrits ici ne dépend pas que des variables d'entrée (logique combinatoire) mais dépend aussi des *états antérieurs*. Ils comportent donc une **mémoire**.
La succession des divers états pris par le système au cours de son fonctionnement constituent alors une **séquence**.

Comment représenter cette séquence ?

Représentation des systèmes séquentiels

Evolution d'une machine à état

Machine à états finis

Un système logique ainsi conçu possède un **nombre fini d'états**. Les machines simples construites sur ce principe sont appelées des **machines à états finis** (ou *automates finis*).

Systèmes à mémoire ou séquentiels

L'état présent des systèmes décrits ici ne dépend pas que des variables d'entrée (logique combinatoire) mais dépend aussi des *états antérieurs*. Ils comportent donc une **mémoire**.
La succession des divers états pris par le système au cours de son fonctionnement constituent alors une **séquence**.

Comment représenter cette séquence ?

Représentation des systèmes séquentiels

Evolution d'une machine à état

Il existe plusieurs façons de représenter l'évolution d'une machine à état.

- **Chronogrammes**
- **Table de transition**
- **Diagramme d'état**
- GRAFCET
- Réseaux de Pétri

Carrefour à 2 voies

Le système est commandé par une entrée E. La machine change d'état à chaque changement d'état de E.

Représentation des systèmes séquentiels

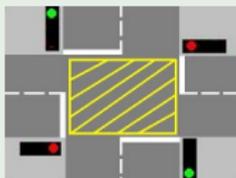
Evolution d'une machine à état

Il existe plusieurs façons de représenter l'évolution d'une machine à état.

- **Chronogrammes**
- **Table de transition**
- **Diagramme d'état**
- GRAFCET
- Réseaux de Pétri

Carrefour à 2 voies

Le système est commandé par une entrée E. La machine change d'état à chaque changement d'état de E.



Représentation des systèmes séquentiels

Evolution d'une machine à état - Chronogrammes

- Modèle graphique
- Evolution au cours du temps de toutes les entrées et sorties

Carrefour à 2 voies - Chronogrammes

- Mode de représentation **non synthétique**

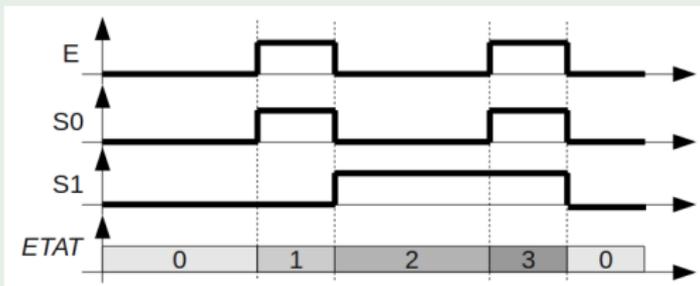
Le chronogramme servira plutôt pour **représenter un exemple concret de fonctionnement**.

Représentation des systèmes séquentiels

Evolution d'une machine à état - Chronogrammes

- Modèle graphique
- Evolution au cours du temps de toutes les entrées et sorties

Carrefour à 2 voies - Chronogrammes



- Mode de représentation **non synthétique**

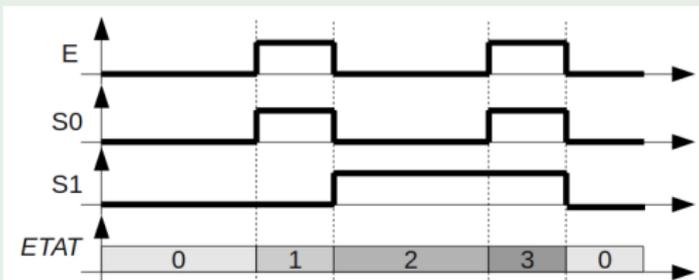
Le chronogramme servira plutôt pour **représenter un exemple concret de fonctionnement**.

Représentation des systèmes séquentiels

Evolution d'une machine à état - Chronogrammes

- Modèle graphique
- Evolution au cours du temps de toutes les entrées et sorties

Carrefour à 2 voies - Chronogrammes



- Mode de représentation **non synthétique**

Le chronogramme servira plutôt pour **représenter un exemple concret de fonctionnement.**

Représentation des systèmes séquentiels

Evolution d'une machine à état - Table de transition

Une table de transition permet de représenter les états suivants en fonction :

- des états présents ;
- de la valeur des entrées.

Carrefour à 2 voies - Table de transition

Etats actuels $S_1^- S_0^-$	E E	Etats suivants $S_1^+ S_0^+$
0 0	0	0 0
0 0	1	0 1
0 1	0	1 0
0 1	1	0 1
1 0	0	1 0
1 0	1	1 1
1 1	0	0 0
1 1	1	1 1

Représentation des systèmes séquentiels

Evolution d'une machine à état - Table de transition

Une table de transition permet de représenter les états suivants en fonction :

- des états présents ;
- de la valeur des entrées.

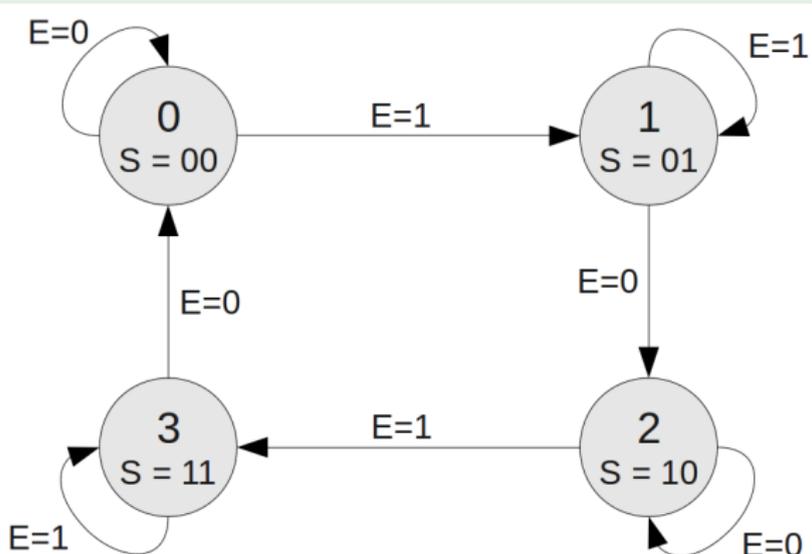
Carrefour à 2 voies - Table de transition

Etats actuels $S_1^- S_0^-$	E E	Etats suivants $S_1^+ S_0^+$
0 0	0	0 0
0 0	1	0 1
0 1	0	1 0
0 1	1	0 1
1 0	0	1 0
1 0	1	1 1
1 1	0	0 0
1 1	1	1 1

Représentation des systèmes séquentiels

Evolution d'une machine à état - Diagramme d'états

Carrefour à 2 voies - Diagramme d'états



Représentation des systèmes séquentiels

Structure d'une machine à état

Un système séquentiel peut être schématisé ainsi :

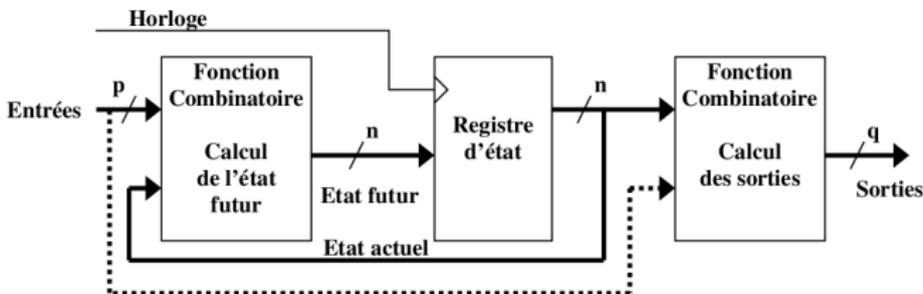
- un élément de **mémorisation**, retenant la valeur des variables d'état pour l'état *actuel* ;
- un élément de **calcul**, pour déterminer la valeur des variables d'état pour l'état *futur* ;
- optionnellement, un élément de calcul supplémentaire qui élabore les valeurs de sortie à partir des variables d'état.

Représentation des systèmes séquentiels

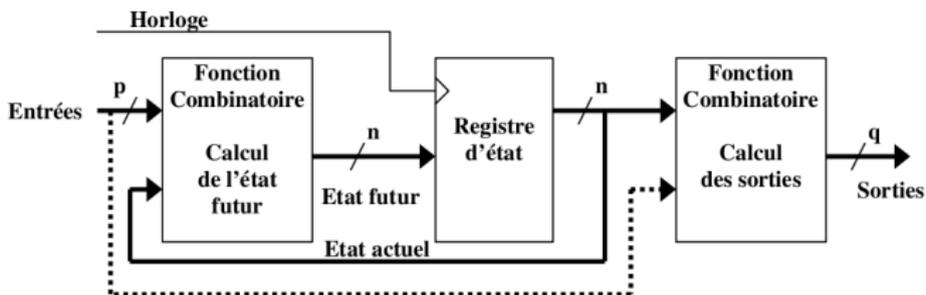
Structure d'une machine à état

Un système séquentiel peut être schématisé ainsi :

- un élément de **mémorisation**, retenant la valeur des variables d'état pour l'état *actuel* ;
- un élément de **calcul**, pour déterminer la valeur des variables d'état pour l'état *futur* ;
- optionnellement, un élément de calcul supplémentaire qui élabore les valeurs de sortie à partir des variables d'état.



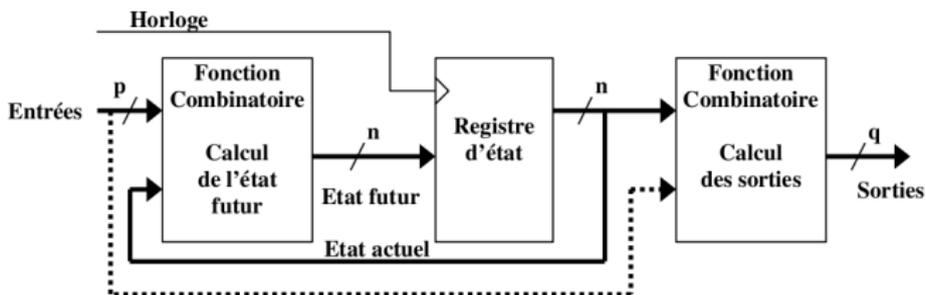
Les composants de base de la logique séquentielle



Comment réaliser la fonction **mémoire** ?

- La bascule RS
- La bascule T
- La bascule D
- La bascule JK

Les composants de base de la logique séquentielle



Comment réaliser la fonction **mémoire** ?

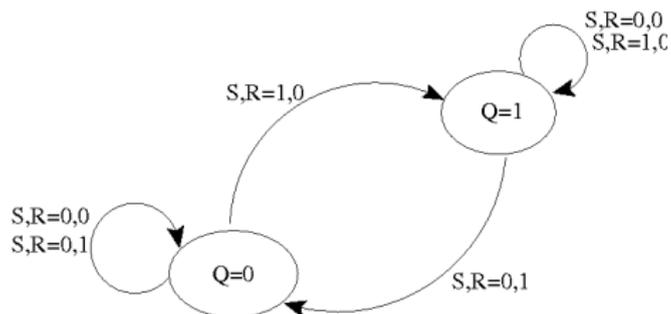
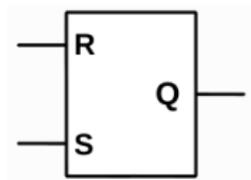
- La bascule RS
- La bascule T
- La bascule D
- La bascule JK

Les composants de base de la logique séquentielle

La bascule RS

S	R	Q^+	Fonction
0	0	Q^-	mémoire
0	1	0	reset
1	0	1	set
1	1	X	interdit

$$Q^+ = S + R \cdot Q^-$$

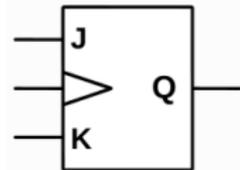


Les composants de base de la logique séquentielle

La bascule JK

J	K	Q^+	Fonction
0	0	Q^-	mémoire
0	1	0	reset (knock)
1	0	1	set (jump)
1	1	$\overline{Q^-}$	toggle

$$Q^+ = Q^- \cdot \overline{K} + \overline{Q^-} \cdot J$$

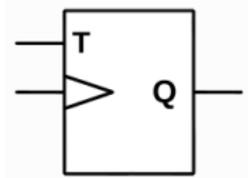


Les composants de base de la logique séquentielle

La bascule T

T	Q^+	Fonction
0	Q^-	mémoire
1	$\overline{Q^-}$	toggle

$$Q^+ = T \cdot \overline{Q^-} + \overline{T} \cdot Q^-$$



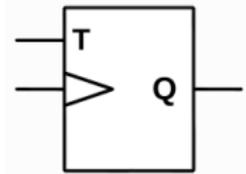
- Utilisée essentiellement dans la réalisation de **compteurs**

Les composants de base de la logique séquentielle

La bascule T

T	Q^+	Fonction
0	Q^-	mémoire
1	$\overline{Q^-}$	toggle

$$Q^+ = T \cdot \overline{Q^-} + \overline{T} \cdot Q^-$$



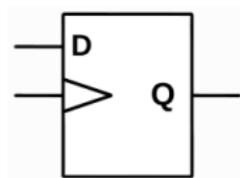
- Utilisée essentiellement dans la réalisation de **compteurs**

Les composants de base de la logique séquentielle

La bascule D

D_n	CLK	Q_{n+1}	
X	0	Q_n	maintien
X	1	Q_n	maintien
0	↑	0	reset
1	↑	1	set

$$Q^+ = D$$



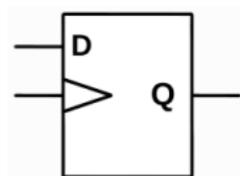
- La plus **utilisée** (y compris dans les circuits logiques complexes)

Les composants de base de la logique séquentielle

La bascule D

D_n	CLK	Q_{n+1}	
X	0	Q_n	maintien
X	1	Q_n	maintien
0	↑	0	reset
1	↑	1	set

$$Q^+ = D$$



- La plus **utilisée** (y compris dans les circuits logiques complexes)