



# Conception numérique (DiD)

## Compteurs synchrone

### CNT

Filière Systèmes industriels

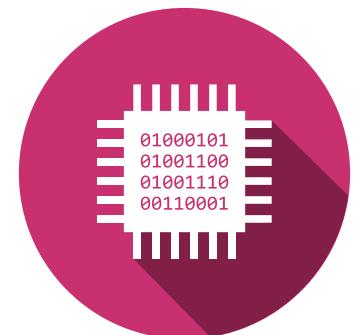
Filière Energie et techniques environnementales

Filière Informatique et systèmes de communications

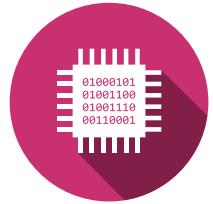
Silvan Zahno [silvan.zahno@hevs.ch](mailto:silvan.zahno@hevs.ch)

Christophe Bianchi [christophe.bianchi@hevs.ch](mailto:christophe.bianchi@hevs.ch)

François Corthay [francois.corthay@hevs.ch](mailto:francois.corthay@hevs.ch)



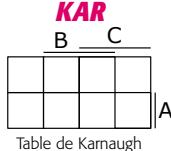
# Situation du thème dans le cours



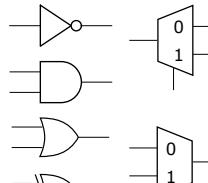
Cahier des charges

**NUM**  
11110101  
Binary dig IT

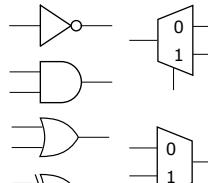
a	b	y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0



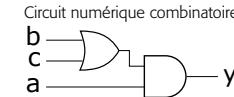
**COM**



**MUX**

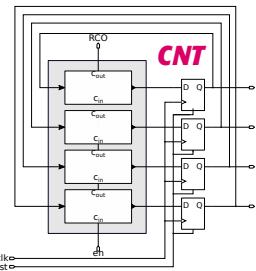


Eléments de logique combinatoire

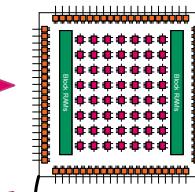


**LST**

Compteur



**FPGA**

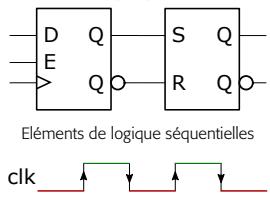


Equation polynomiale

$$Q_0^+ = \overline{Q_0}$$

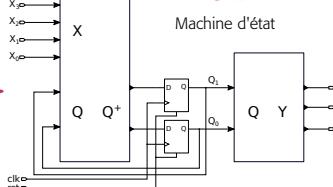
$$Q_1^+ = Q_0 \oplus Q_1$$

**LAT**



Eléments de logique séquentielles

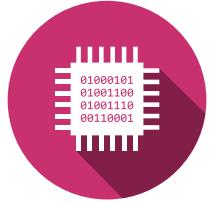
**FSM**



Machine d'état

DiD CNT

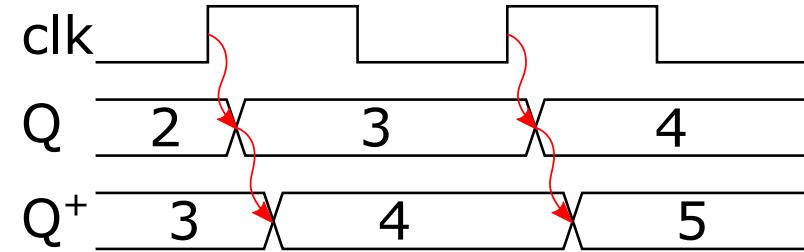
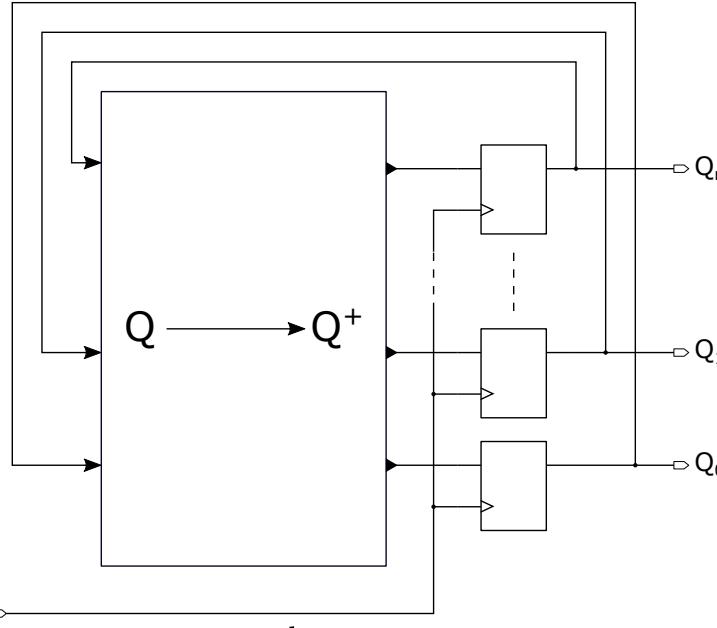
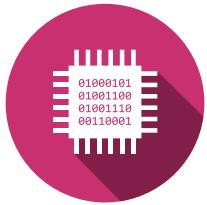
# Contenu



- **Architecture des compteurs synchrones**
- Compteurs par une puissance de 2
- Compteurs par un nombre quelconque
- Circuits itératifs

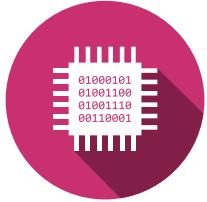
# Compteur synchrones

## Architecture



- Compteur synchrone:
- Un circuit logique calcule la valeur suivante
- Cette valeur est chargée au prochain coup d'horloge dans les bascules
- Le circuit logique calcule à nouveau la valeur suivante

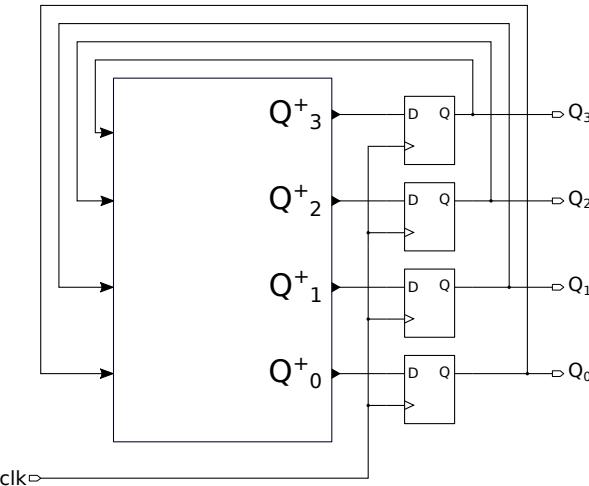
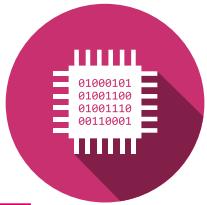
# Contenu



- Architecture des compteurs synchrones
- **Compteurs par une puissance de 2**
  - Avec des bascules D
  - Avec d'autres types de bascules
- Compteurs par un nombre quelconque
- Circuits itératifs

# Compteur synchrones

Compteur par 16 ( $2^4$ ) avec D-FlipFlops

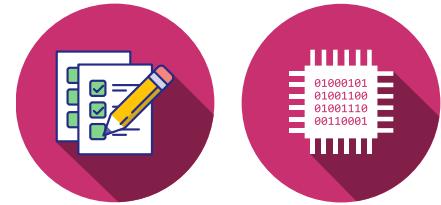


$$\begin{array}{lll}
 D_0 = Q_0^+ & D_0 = Q_0 \oplus 1 & D_0 = \overline{Q}_0 \\
 D_1 = Q_1^+ & D_1 = Q_1 \oplus Q_0 & \\
 D_2 = Q_2^+ & D_2 = Q_2 \oplus Q_1 Q_0 & \\
 D_3 = Q_3^+ & D_3 = Q_3 \oplus Q_2 Q_1 Q_0 &
 \end{array}$$

<b>Q<sub>3</sub></b>	<b>Q<sub>2</sub></b>	<b>Q<sub>1</sub></b>	<b>Q<sub>0</sub></b>	<b>Q<sub>+</sub><sub>3</sub></b>	<b>Q<sub>+</sub><sub>2</sub></b>	<b>Q<sub>+</sub><sub>1</sub></b>	<b>Q<sub>+</sub><sub>0</sub></b>
0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	1	0	0	1	0
0	0	1	0	0	0	1	1
0	0	1	1	0	1	0	0
0	1	0	0	0	1	0	1
0	1	0	1	0	1	1	0
0	1	1	0	0	1	1	1
0	1	1	1	1	0	0	0
1	0	0	0	1	0	0	1
1	0	0	1	1	0	1	0
1	0	1	0	1	0	1	1
1	0	1	1	1	1	0	0
1	1	0	0	1	1	0	1
1	1	0	1	1	1	1	0
1	1	1	0	1	1	1	1
1	1	1	1	0	0	0	0

## Exercice 1.1 (cnt/pow2-01)

### Décompteur

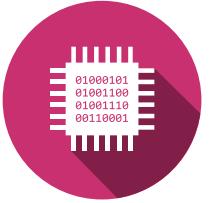


A l'aide de bascule D et de portes logiques combinatoires, réaliser un décompteur synchrone.

Il a la séquence:

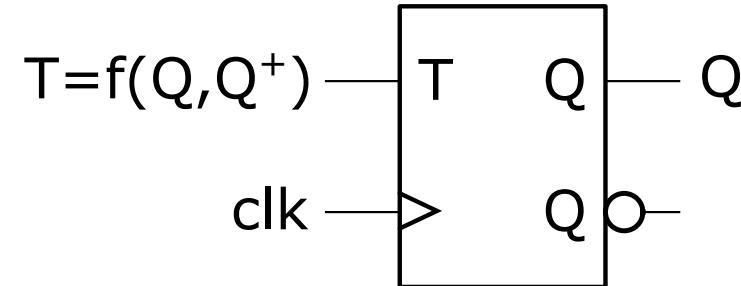
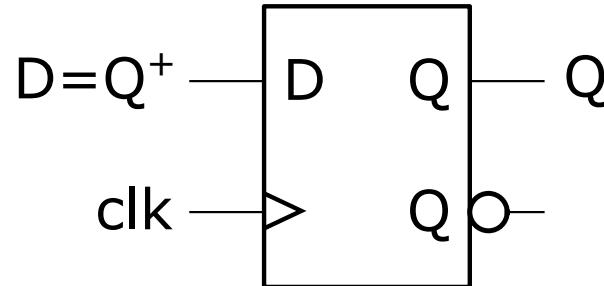
15 – 14 – 13 – 12 - ... - 3 – 2 – 1- 0 – 15 - ...

Donner le schéma complet.



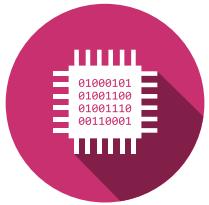
# Compteur synchrones

Compteur avec d'autre types de FlipFlop



Q	Q <sup>+</sup>	D	T	E	D
0	0	0	0	0	-
0	1	1	1	1	1
1	0	0	1	1	0
1	1	1	0	0	-

DiD CNT



# Compteur synchrones

## Compteur avec de T-FlipFlop

$Q_3$	$Q_2$	$Q_1$	$Q_0$	$Q_3^+$	$Q_2^+$	$Q_1^+$	$Q_0^+$	$T_3$	$T_2$	$T_1$	$T_0$
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1
0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1
0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1
0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1
0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1
0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1
0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1
1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1
1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	1
1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1
1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1
1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1
1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1
1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1
1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1

$$T_0 = 1$$

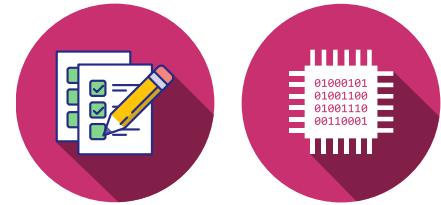
$$T_1 = Q_0$$

$$T_2 = Q_1 Q_0$$

$$T_3 = Q_2 Q_1 Q_0$$

## Exercice 1.2 (cnt/pow2-02)

### Décompteur

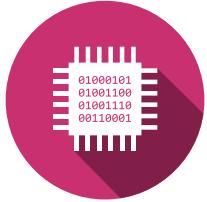


A l'aide de bascule T et de portes NAND, réaliser un décompteur synchrone.  
Il a la séquence:

7 – 6 – ... – 3 – 2 – 1 – 0 – 7 – ...

Donner le schéma complet.

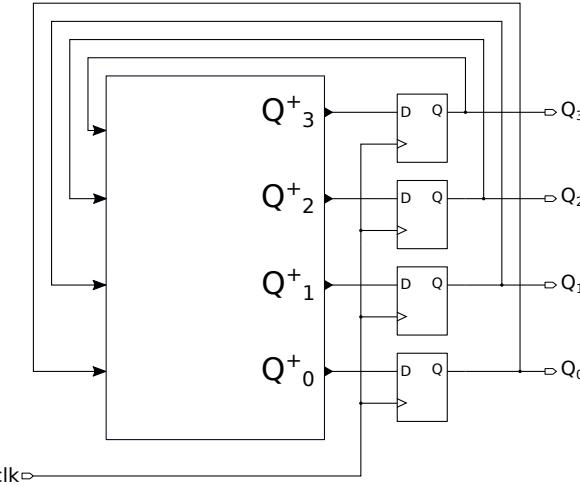
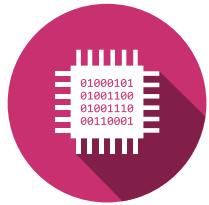
# Contenu



- Architecture des compteurs synchrones
- Compteurs par une puissance de 2
- **Compteurs par un nombre quelconque**
  - Réalisation
  - Vérification
- Circuits itératifs

# Compteur synchrones

## Réalisation compteur modulo 10



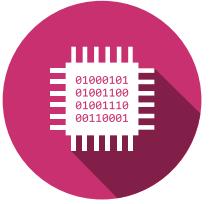
$$D_0 = \overline{Q_0}$$

$$D_1 = Q_1 \overline{Q_0} + \overline{Q_3} \overline{Q_1} Q_0$$

$$D_2 = Q_2 \overline{Q_1} + Q_2 \overline{Q_0} + \overline{Q_2} Q_1 Q_0$$

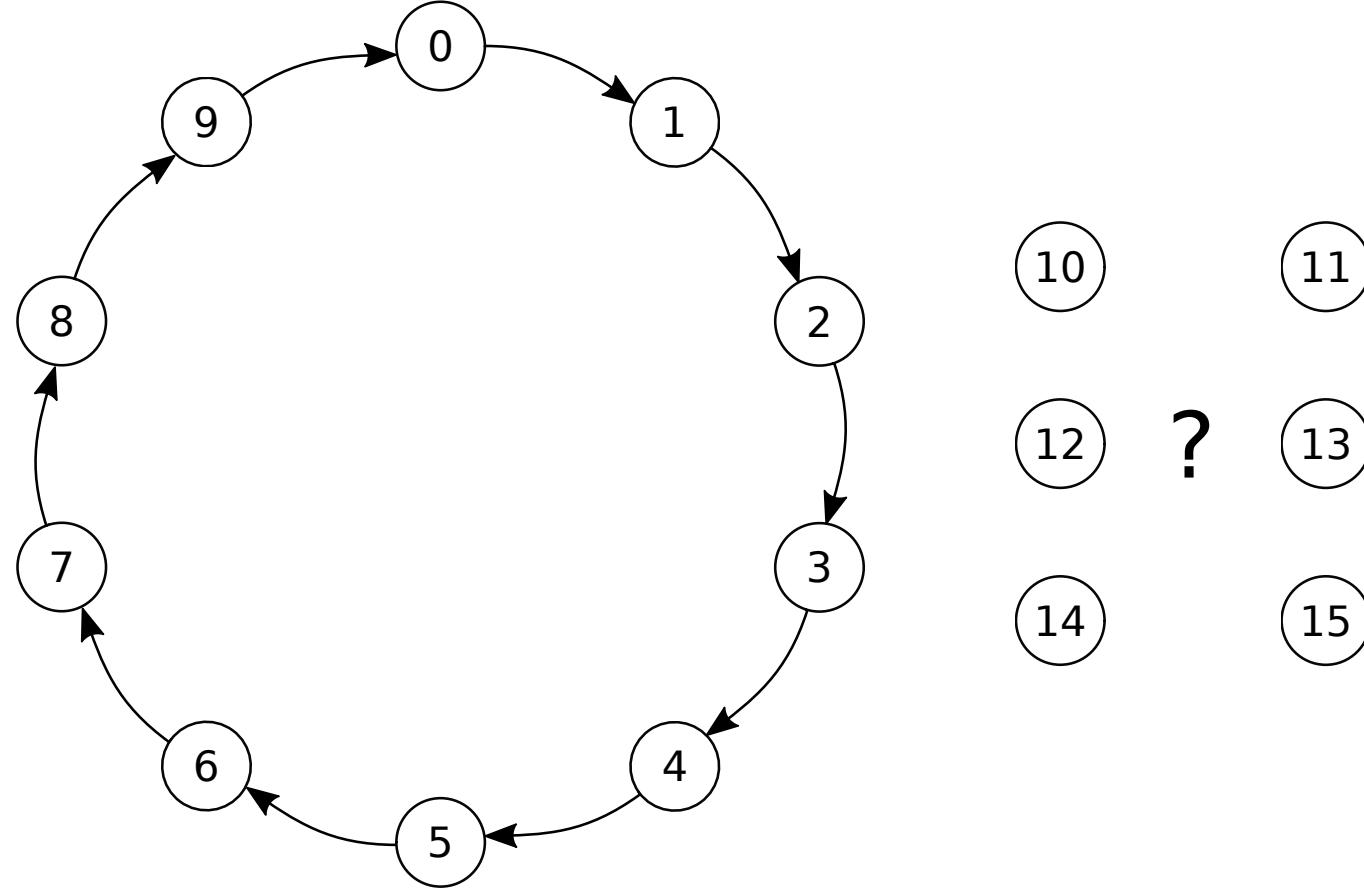
$$D_3 = Q_3 \overline{Q_0} + Q_2 Q_1 Q_0$$

<b>Q<sub>3</sub></b>	<b>Q<sub>2</sub></b>	<b>Q<sub>1</sub></b>	<b>Q<sub>0</sub></b>	<b>Q<sub>+</sub><sub>3</sub></b>	<b>Q<sub>+</sub><sub>2</sub></b>	<b>Q<sub>+</sub><sub>1</sub></b>	<b>Q<sub>+</sub><sub>0</sub></b>
0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	1	0	0	1	0
0	0	1	0	0	0	1	1
0	0	1	1	0	1	0	0
0	1	0	0	0	1	0	1
0	1	0	1	0	1	1	0
0	1	1	0	0	1	1	1
0	1	1	1	1	0	0	0
1	0	0	0	1	0	0	1
1	0	0	1	0	0	0	0
1	0	1	0	-	-	-	-
1	0	1	1	-	-	-	-
1	1	0	0	-	-	-	-
1	1	0	1	-	-	-	-
1	1	1	0	-	-	-	-
1	1	1	1	-	-	-	-



# Compteur synchrones

## Vérification – Graphe des états du compteur



# Compteur synchrones

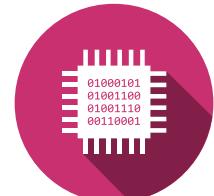
## Vérification – Etats non définis

$$D_0 = \overline{Q_0}$$

$$D_1 = Q_1 \overline{Q_0} + \overline{Q_3} \overline{Q_1} Q_0$$

$$D_2 = Q_2 \overline{Q_1} + Q_2 \overline{Q_0} + \overline{Q_2} Q_1 Q_0$$

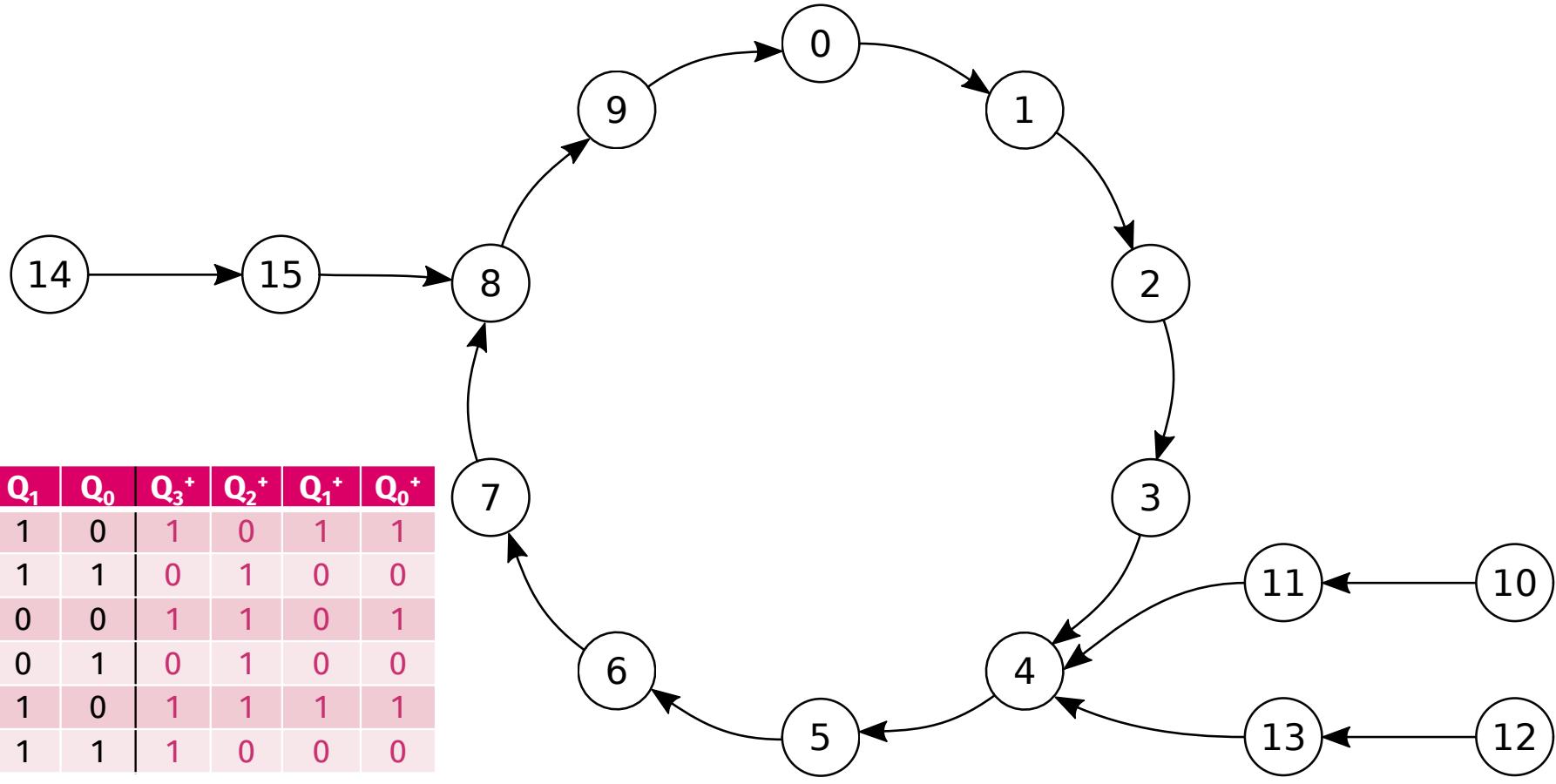
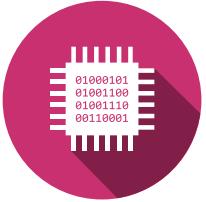
$$D_3 = Q_3 \overline{Q_0} + Q_2 Q_1 Q_0$$



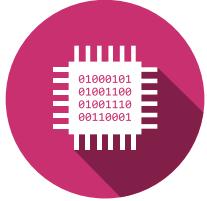
$Q_3$	$Q_2$	$Q_1$	$Q_0$	$Q_3^+$	$Q_2^+$	$Q_1^+$	$Q_0^+$
0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	1	0	0	1	0
0	0	1	0	0	0	1	1
0	0	1	1	0	1	0	0
0	1	0	0	0	1	0	1
0	1	0	1	0	1	1	0
0	1	1	0	0	1	1	1
0	1	1	1	1	0	0	0
1	0	0	0	1	0	0	1
1	0	0	1	0	0	0	0
1	0	1	0	1	0	1	1
1	0	1	1	0	1	0	0
1	1	0	0	1	1	0	1
1	1	0	1	0	1	0	0
1	1	1	0	1	1	1	1
1	1	1	1	1	0	0	0

# Compteur synchrones

## Vérification – Graphe complet

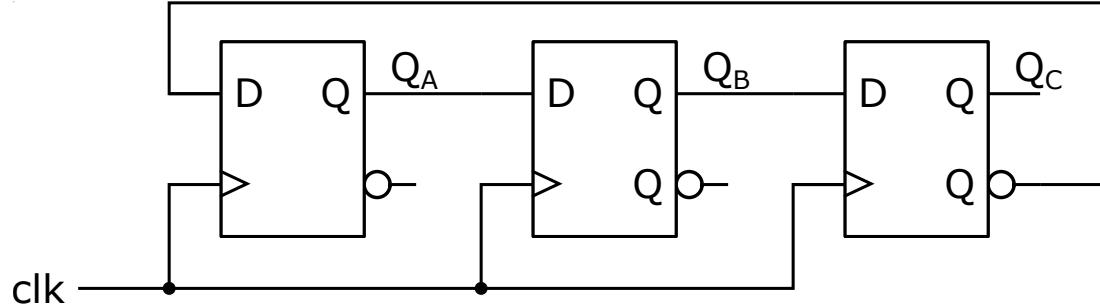


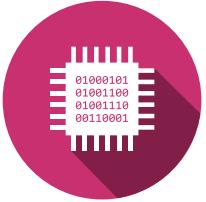
$Q_3$	$Q_2$	$Q_1$	$Q_0$	$Q_3^+$	$Q_2^+$	$Q_1^+$	$Q_0^+$
1	0	1	0	1	0	1	1
1	0	1	1	0	1	0	0
1	1	0	0	1	1	0	1
1	1	0	1	0	1	0	0
1	1	1	0	1	1	1	1
1	1	1	1	1	0	0	0



# Compteur synchrones

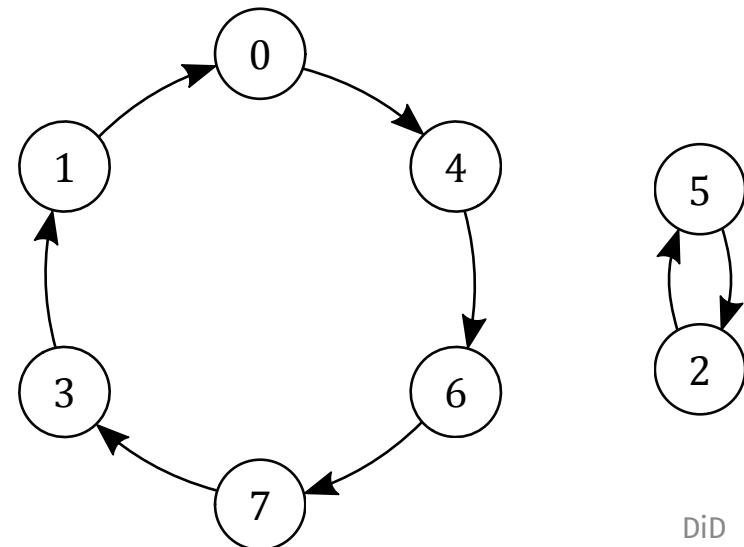
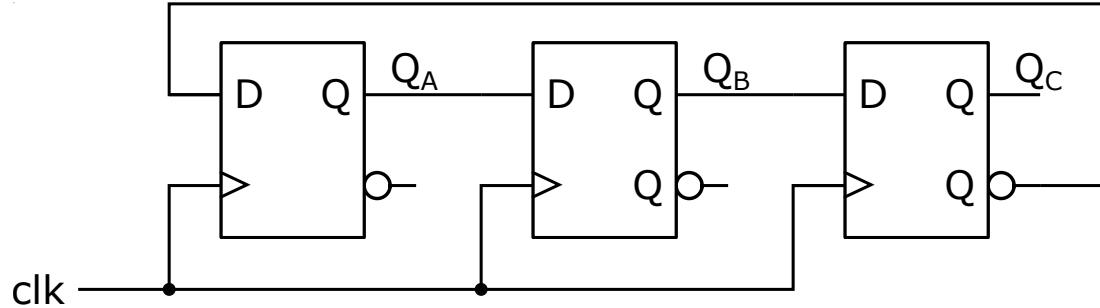
## Compteur de Johnson





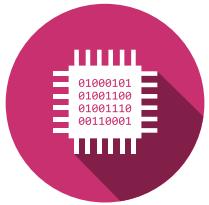
# Compteur synchrones

## Compteur de Johnson



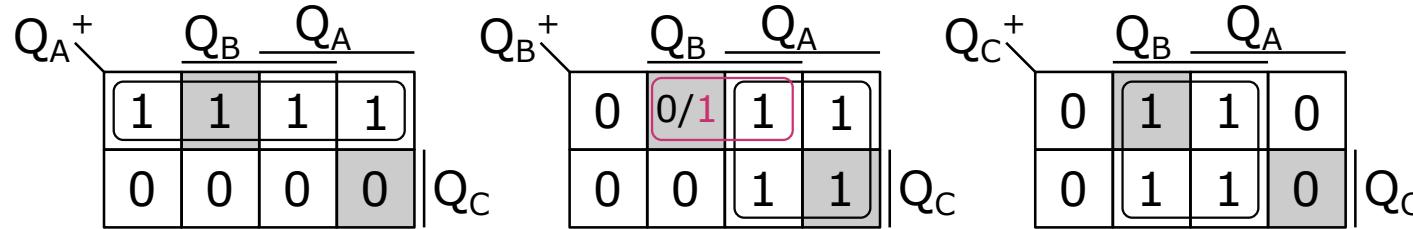
$$\begin{aligned} D_A &= Q_A^+ = \overline{Q_C} \\ D_B &= Q_B^+ = Q_A \\ D_C &= Q_C^+ = Q_B \end{aligned}$$

$Q_A$	$Q_B$	$Q_C$	$Q_A^+$	$Q_B^+$	$Q_C^+$
0	0	0	1	0	0
0	0	1	0	0	0
0	1	0	1	0	1
0	1	1	0	0	1
1	0	0	1	1	0
1	0	1	0	1	0
1	1	0	1	1	1
1	1	1	0	1	1

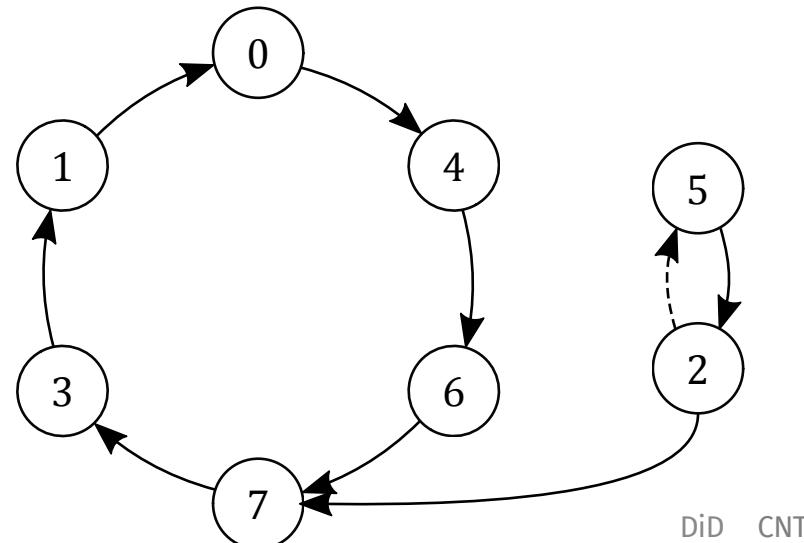


# Compteur synchrones

## Compteur de Johnson



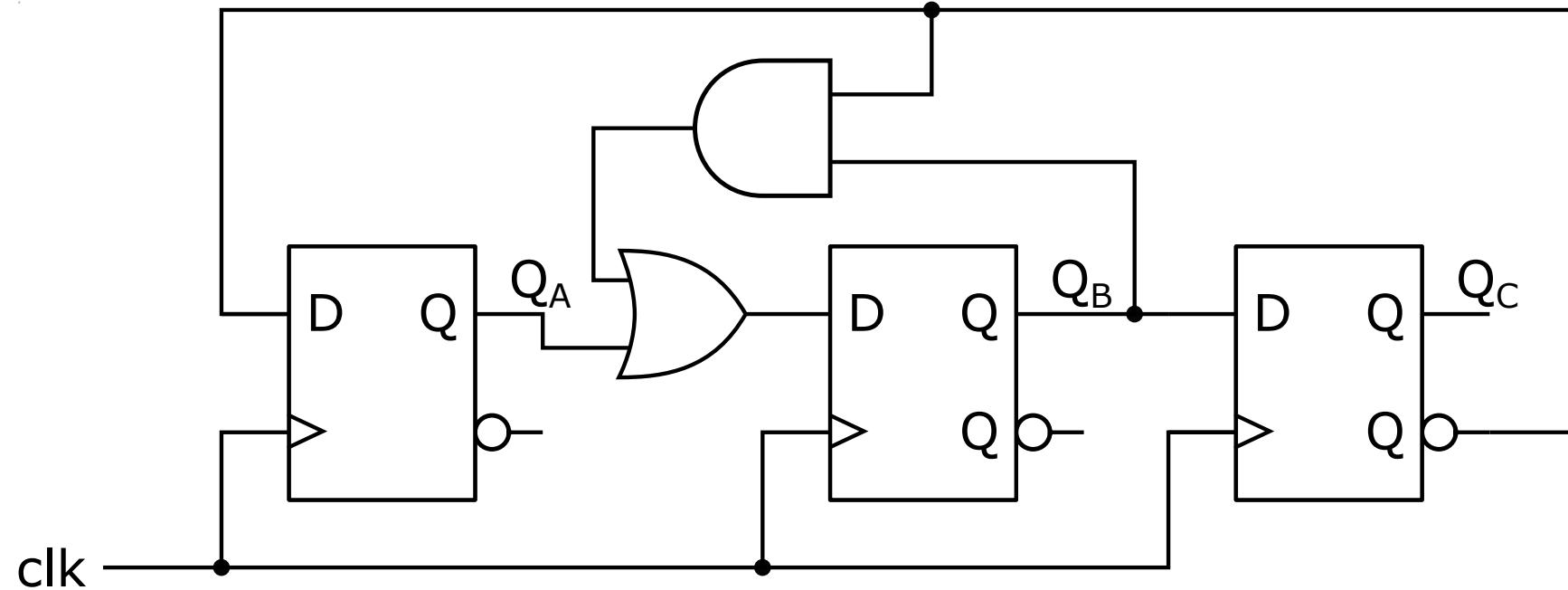
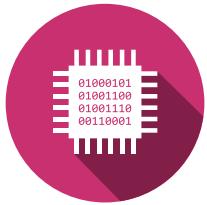
$$\begin{aligned}
 D_A &= Q_A^+ = \overline{Q_C} \\
 D_B &= Q_B^+ = Q_A + Q_B \overline{Q_C} \\
 D_C &= Q_C^+ = Q_B
 \end{aligned}$$



$Q_A$	$Q_B$	$Q_C$	$Q_A^+$	$Q_B^+$	$Q_C^+$
0	0	0	1	0	0
0	0	1	0	0	0
0	1	0	1	1	1
0	1	1	0	0	1
1	0	0	1	1	0
1	0	1	0	1	0
1	1	0	1	1	1
1	1	1	0	1	1

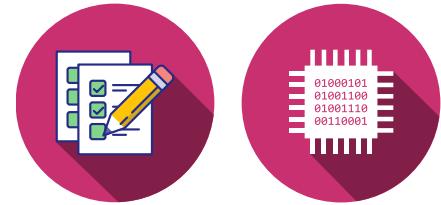
# Compteur synchrones

## Compteur de Johnson



## Exercice 2.1 (cnt/cnt-01)

### Décompteur



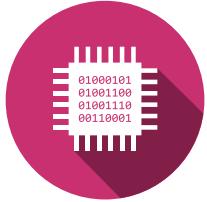
A l'aide de bascule D sans entrée asynchrone et de portes NAND, réaliser un décompteur par 10 synchrone. Il a la séquence:

9 - 8 - 7 - ... - 3 - 2 - 1 - 0 - 9 - ...

Donner le schéma complet.

Donner le graphe avec tous les états, même ceux qui ne sont pas dans la boucle principale.

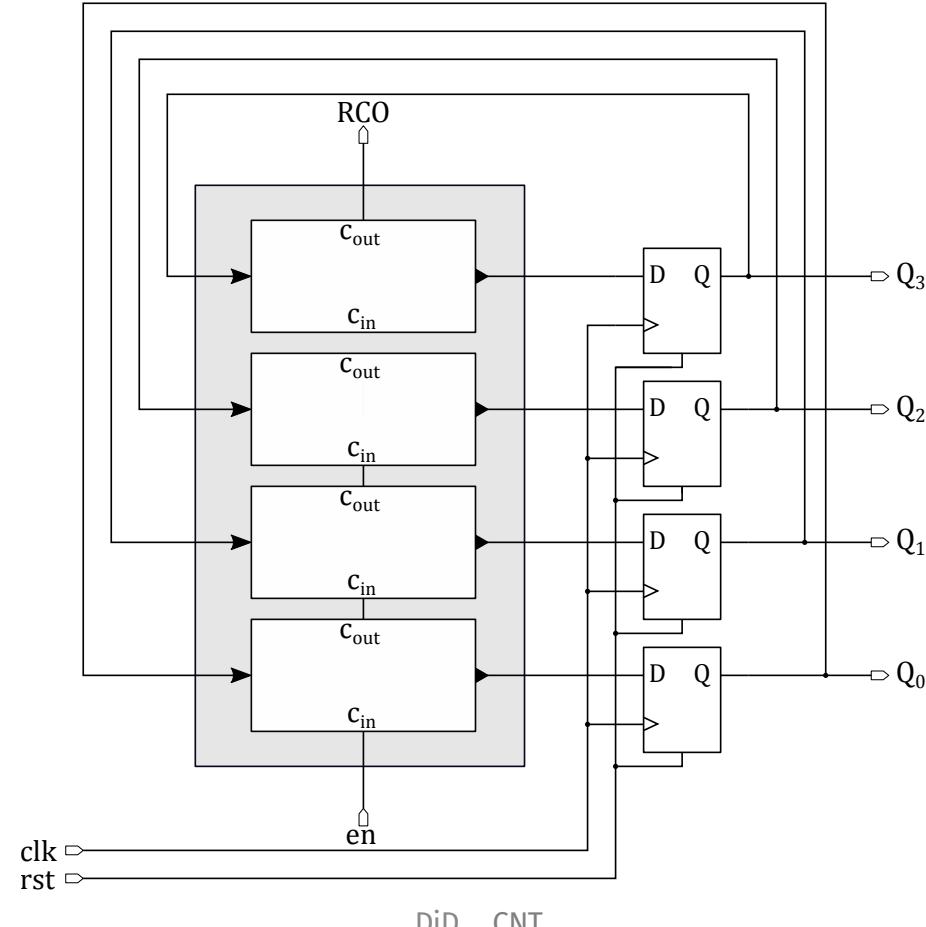
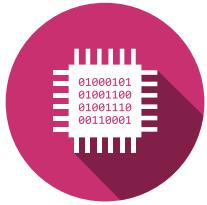
# Contenu



- Architecture des compteurs synchrones
- Compteurs par une puissance de 2
- Compteurs par un nombre quelconque
- **Circuits itératifs**
  - Compteur itératif

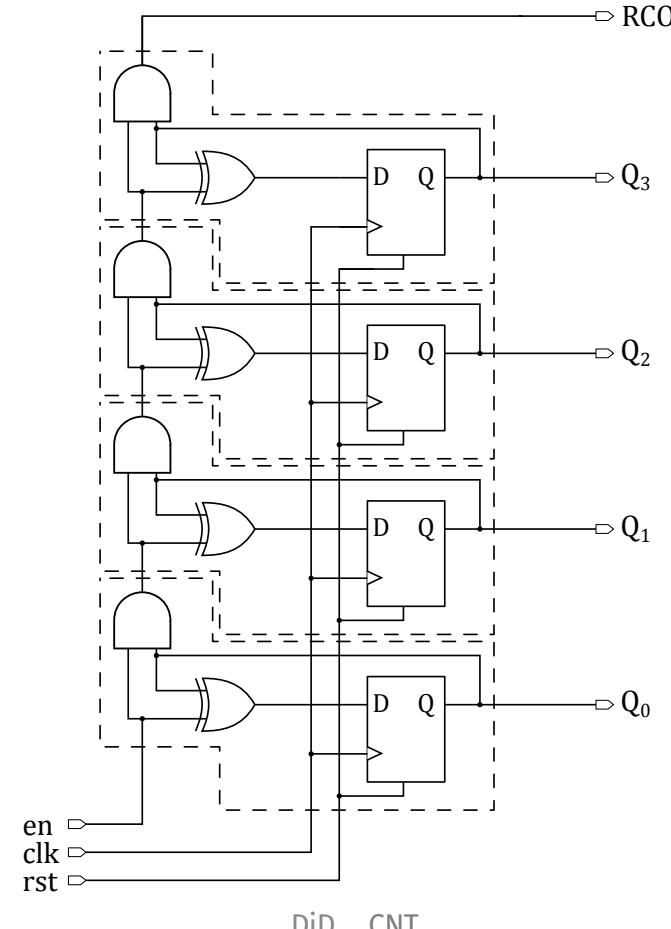
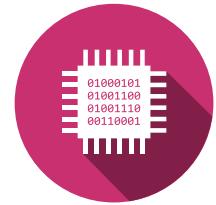
# Compteur synchrones

## Compteur itératif - Architecture



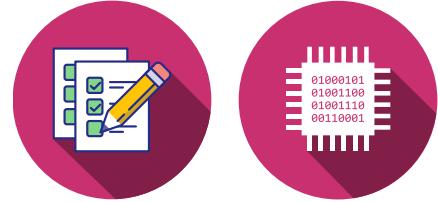
# Compteur synchrones

## Compteur itératif - Circuit



## Exercice 3.3 (cnt/cnt-iterative-03)

### Compteur croissant et décroissant

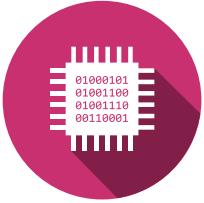


A l'aide de bascules D et de portes logiques combinatoires, réaliser un compteur/décompteur à 4 bits.

Le compteur/décompteur a une entrée de commande up/down.

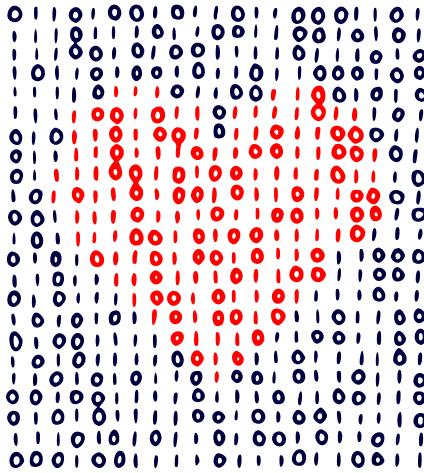
- Lorsque up/down = '1', le circuit compte.
- Lorsque up/down = '0', le circuit décompte.

# Références



- [Kün97] (allemand)
  - Complet
  - Exemple de dé électronique
    - Compteurs basés sur des registres à décalage
- [Wak00] (anglais)
  - Circuits itératifs, circuits intégrés standard
- [Man78] (français)
  - Bonne présentation, exercices corrigés





Hes·so // VALAIS  
WALLIS



Haute Ecole d'Ingénierie  
Hochschule für Ingenieurwissenschaften

Silvan Zahno [silvan.zahno@hevs.ch](mailto:silvan.zahno@hevs.ch)  
Christophe Bianchi [christophe.bianchi@hevs.ch](mailto:christophe.bianchi@hevs.ch)  
François Corthay [francois.corthay@hevs.ch](mailto:francois.corthay@hevs.ch)

