Structure Machine

USTHB, le 02/02/2022

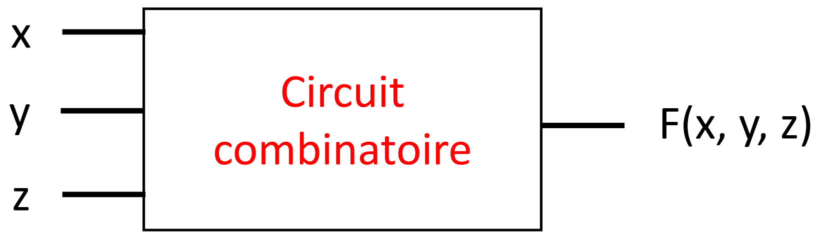
1- Les circuits séquentiels
2- **Les mémoires**
3- Introduction sur les Machines pédagogiques (Structure et fonctionnement d'un ordinateur de base)

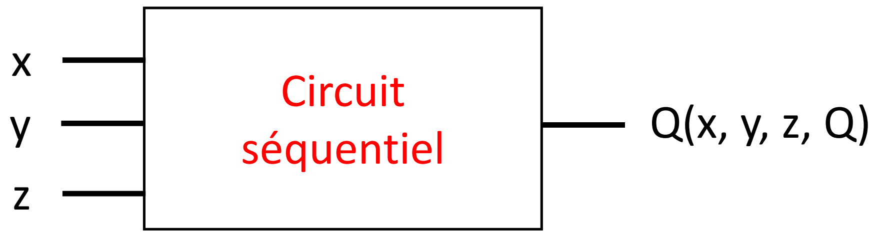
By L.ABADA

Les circuits séquentiels

Introduction

Dans un circuit combinatoire, une sortie est uniquement fonction des entrées. Par contre, dans un circuit séquentiel, une sortie est une fonction des entrées mais aussi des sorties du circuit. Cela signifie qu’un circuit séquentiel garde la mémoire des états passés.





Les circuits séquentiels

Définitions

Une bascule est un circuit logique capable de mémoriser une information binaire.

Cette information est représentée par la sortie Q de la bascule (état de la bascule).

$Q_{t+1} = f\ (E_i, Q_t)$

Q_{t+1} Q^+ Q

Qt Q Q^-

E_i : sont les entrées de la bascule.

Q_t : est l'état de la bascule à l'instant t (ancien état)

Q_{t+1} est l'état de la bascule l'instant t+1 (nouvel état)

Un circuit séquentiel est une interconnexion de bascules.

Les circuits séquentiels

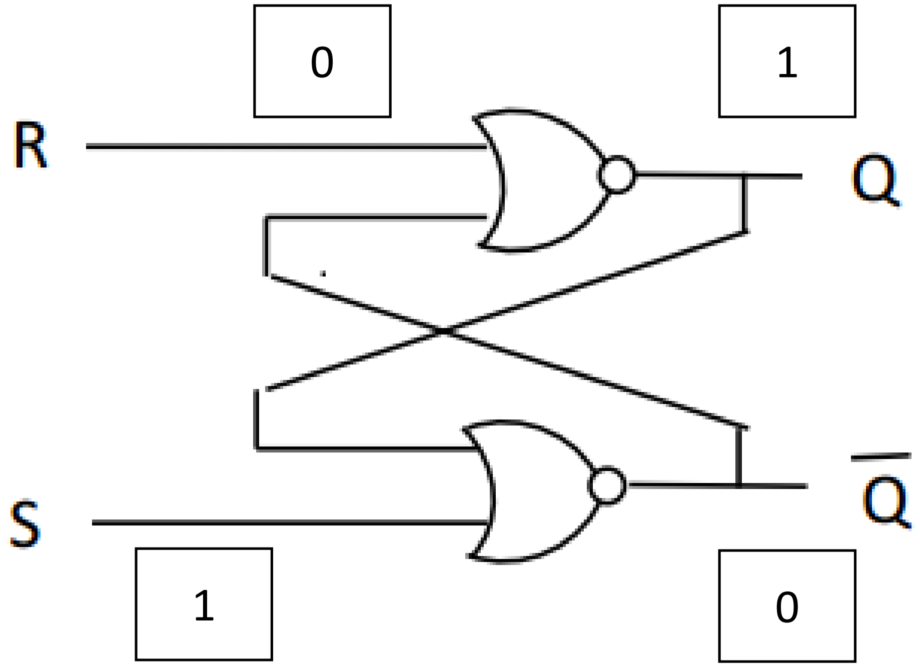
Bascules usuelles

Il existe quatre types de bascules :

1. **La bascule RS**
2. **La bascule JK**
3. **La bascule D**
4. **La bascule T**

Les circuits séquentiels

1. Bascule RS

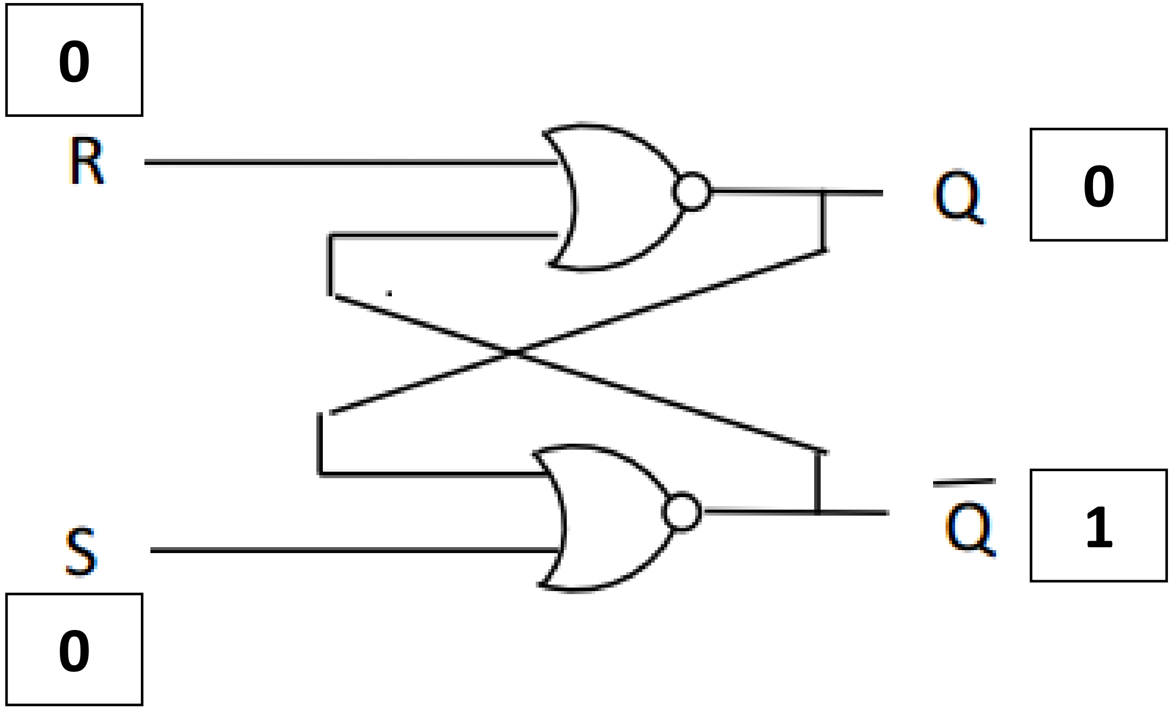


$$Q^+ = \overline{R + \overline{Q}}$$
$$\overline{Q} = \overline{S + Q}$$
$$Q^+ = \overline{R + \overline{S + Q}}$$
$$Q^+ = \overline{R}\ (S + Q)$$
$$Q^+ = \overline{R}\,S + \overline{R}\,Q$$

$$\overline{Q}^+ = \overline{S + Q}$$
$$Q = \overline{R + \overline{Q}}$$
$$\overline{Q}^+ = \overline{S + \overline{R + \overline{Q}}}$$
$$\overline{Q}^+ = \overline{S}\ (R + \overline{Q})$$
$$\overline{Q}^+ = \overline{S}\,R + \overline{S}\,\overline{Q}$$

Les circuits séquentiels

1. Bascule RS



R	S	Q	Q^{+}	$\overline{Q}^{+}$
0	0	0	0	1
0	0	1	1	0
0	1	0	1	0
0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	1	0	1
1	1	0	0	0
1	1	1	0	0

Les circuits séquentiels

La table caractéristique de la bascule RS est donc :

R	S	Q^+
0	0	Q
0	1	1
1	0	0
1	1	X

Mémorisation

Mise à 1 « Set »

Mise à 0 « Reset »

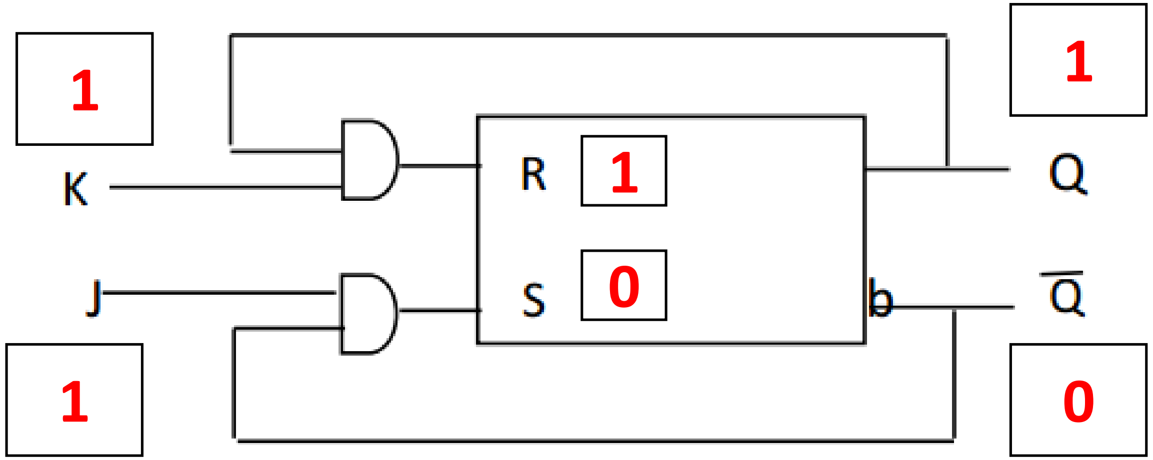
Indéterminé

R	S	Q	Q^+	$\overline{Q}^+$
0	0	0	0	1
0	0	1	1	0
0	1	0	1	0
0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	1	0	1
1	1	0	X	X
1	1	1	X	X

Son équation de sortie est $Q^+ = S + \overline{R}Q$

Les circuits séquentiels

1. Bascule JK



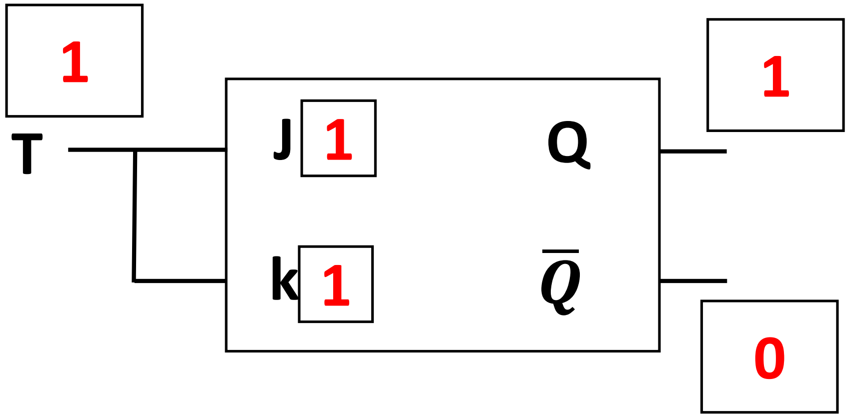
K	J	Q	Q^+
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	0

K	J	Q^+
0	0	Q
0	1	1
1	0	0
1	1	$\overline{Q}$

Son équation de sortie vaut Q+ = J $\overline{Q}$+ $\overline{K}$ Q

Les circuits séquentiels

1. Bascule T



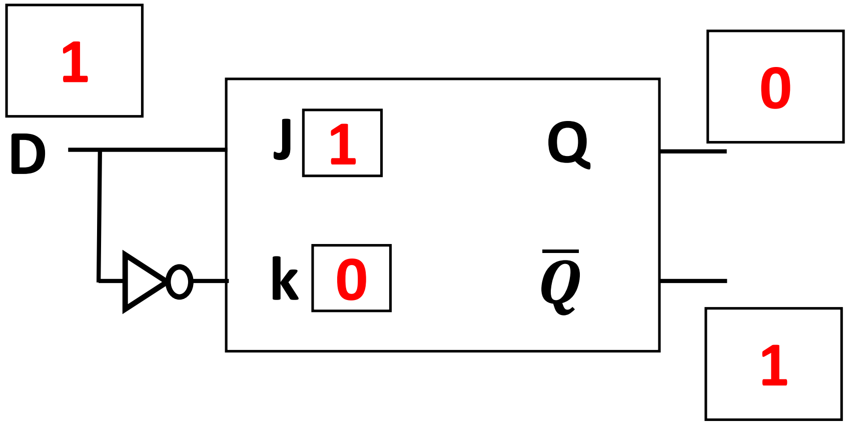
T	Q	Q^+
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

T	Q^+
0	Q
1	$\overline{Q}$

Son équation de sortie vaut $Q^+ = T \oplus Q$

Les circuits séquentiels

1. Bascule D



D	Q	Q^+
0	0	0
0	1	0
1	0	1
1	1	1

D	Q^+
0	0
1	1

Son équation de sortie vaut Q+ = D

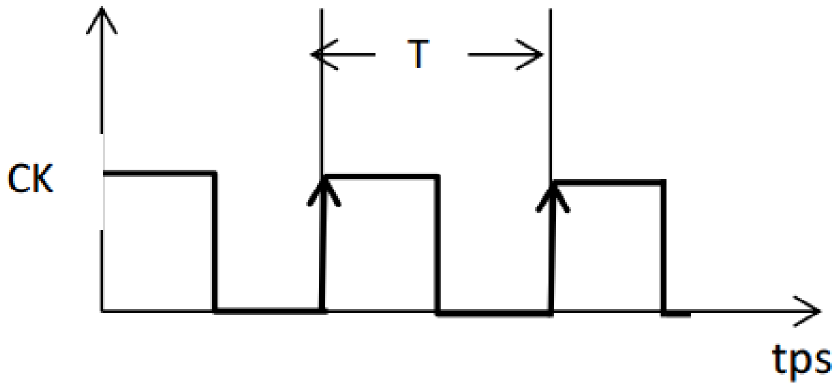
Les circuits séquentiels

Notion horloge

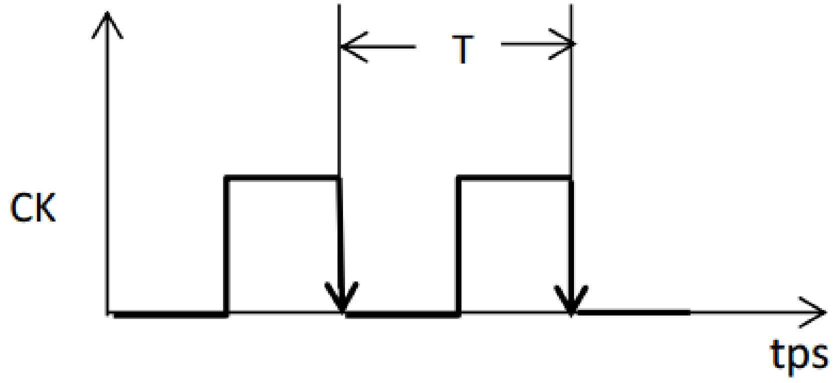
Une horloge est une variable logique qui passe successivement de 0 à 1 et de 1 à 0 d'une façon périodique.

Cette variable est utilisée souvent comme une entrée des circuits séquentiels, le circuit est dit alors synchrone.

L'horloge est notée généralement CK (Clock) ou parfois H (Horloge)



Horloge active sur front montant



Horloge active sur front descendant

T est la période calculée généralement en secondes.

F = 1/T est la fréquence calculée en Hertz

Les circuits séquentiels

Bascules asynchrones.

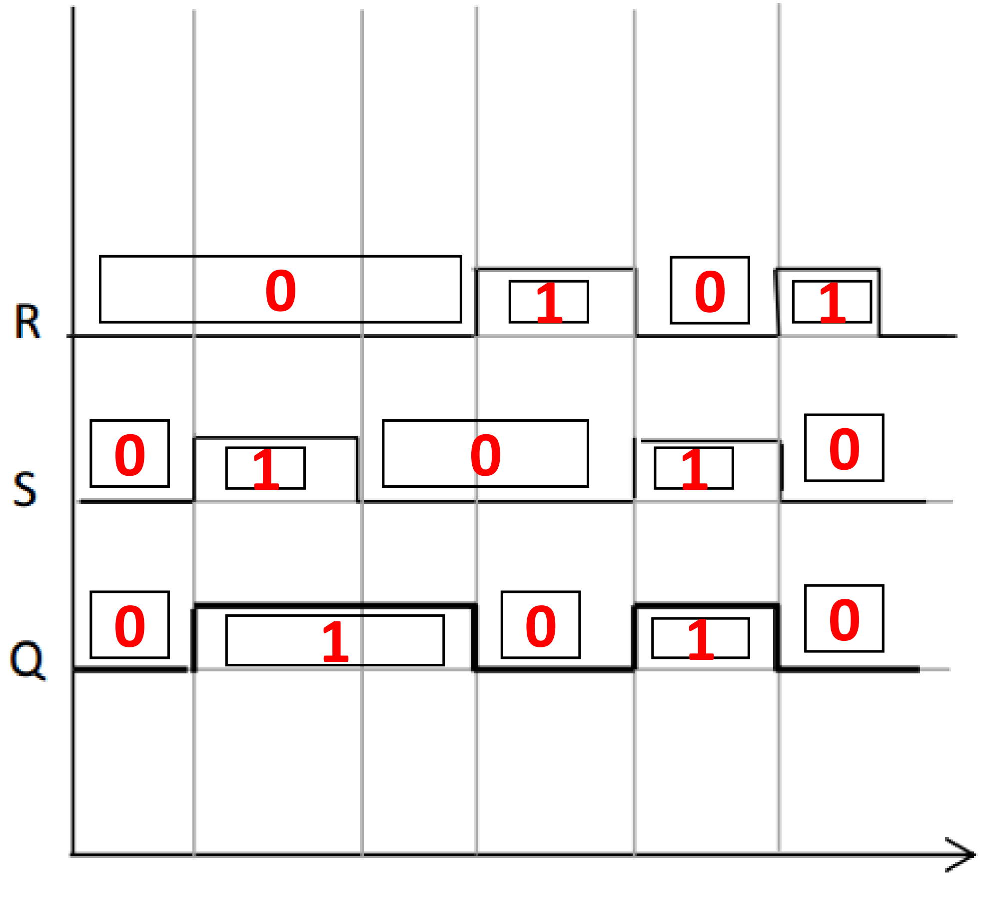
Les sorties des bascules asynchrones peuvent changer à tout moment dès qu’une ou plusieurs entrées changent.

Bascules synchrone.

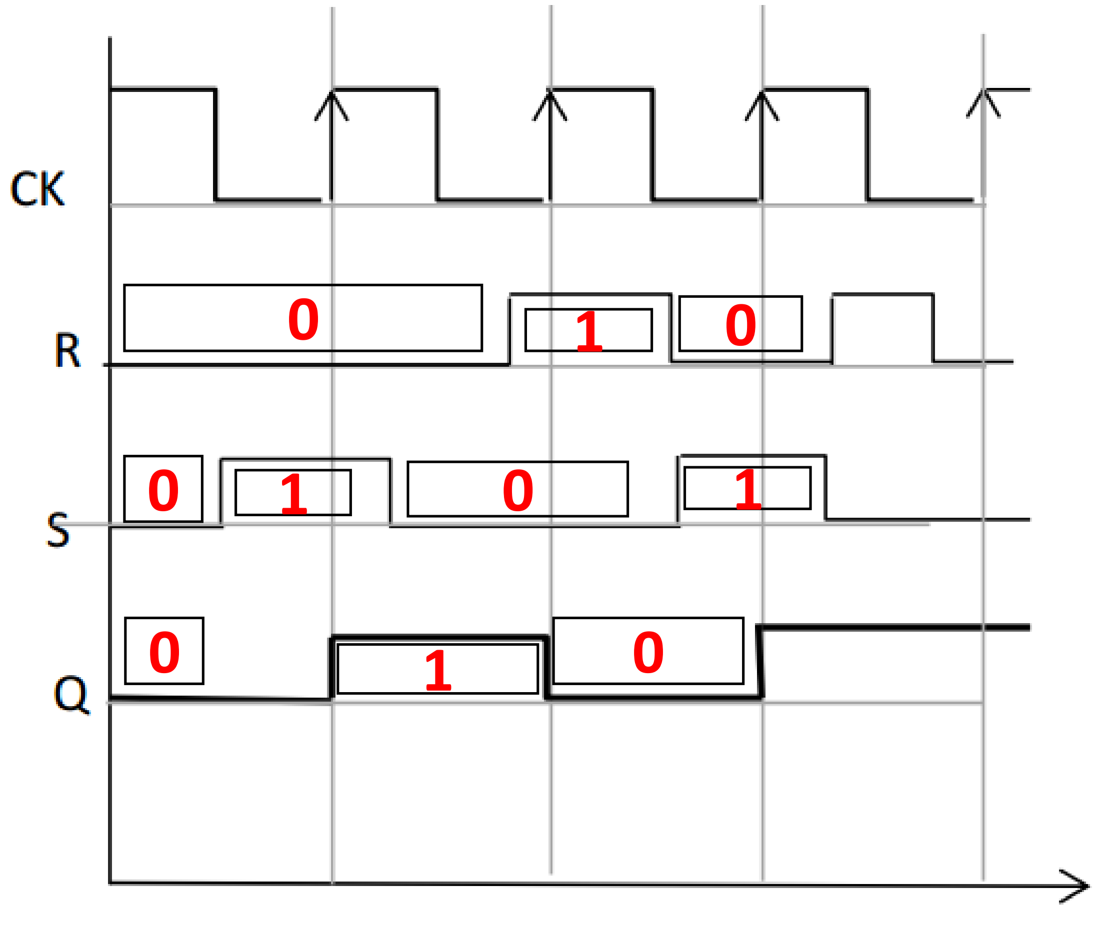
Le changement sur les sorties se produit après le changement de l’horloge. Les entrées servent à préparer le changement d’état, mais ne provoquent pas de changement des sorties. Tout changement d’état est synchronisé par l’horloge.

Les circuits séquentiels

Exemples de bascules synchrone et asynchrone



Bascule RS asynchrone



Bascule RS synchrone

Les circuits séquentiels

Analyse d'un circuit séquentiel

Pour analyser un circuit séquentiel, il faut :

a) Etablir les équations d'entrée de chaque bascule

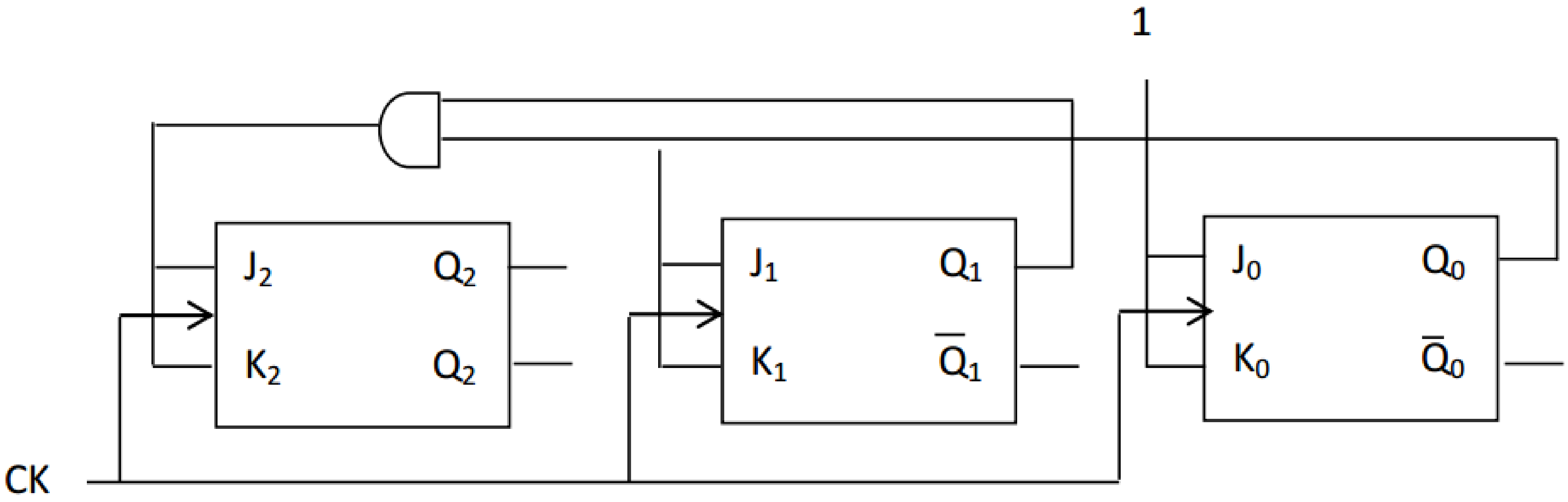
b) Réaliser la Table de Vérité du circuit (le principe est de retrouver les Qi+ à partir des valeurs des équations d'entrée).

c) En déduire le diagramme des états d'où le rôle du circuit.

Le diagramme des états peut être constitué d'une ou plusieurs séquences

Les circuits séquentiels

Exemple :



$J_2 = Q_0Q_1$ $\quad$ $J_1 = Q_0$ $\quad$ $J_0 = 1$

$K_2 = Q_0Q_1$ $\quad$ $K_1 = Q_0$ $\quad$ $K_0 = 1$

Les circuits séquentiels

Exemple :

$J_2 = Q_0Q_1$

$K_2 = Q_0Q_1$

$J_1 = Q_0$

$K_1 = Q_0$

$J_0 = 1$

$K_0 = 1$

K	J	Q^+
0	0	Q
0	1	1
1	0	0
1	1	$\overline{Q}$

Table de Vérité

Q_2 Q_1 Q_0	J_2 K_2	J_1 K_1	J_0 K_0	Q_2^+ Q_1^+ Q_0^+
0 0 0	0 0	0 0	1 1	0 0 1
0 0 1	0 0	1 1	1 1	0 1 0
0 1 0	0 0	0 0	1 1	0 1 1
0 1 1	1 1	1 1	1 1	1 0 0
1 0 0	0 0	0 0	1 1	1 0 1
1 0 1	0 0	1 1	1 1	1 1 0
1 1 0	0 0	0 0	1 1	1 1 1
1 1 1	1 1	1 1	1 1	0 0 0

Les circuits séquentiels

Diagramme des états

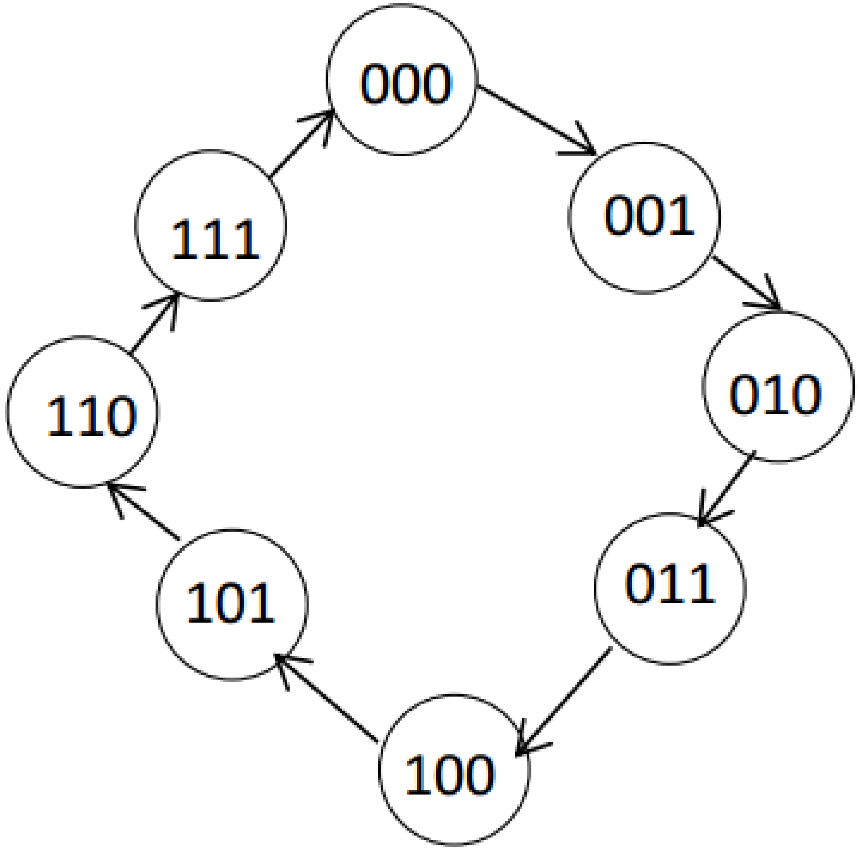


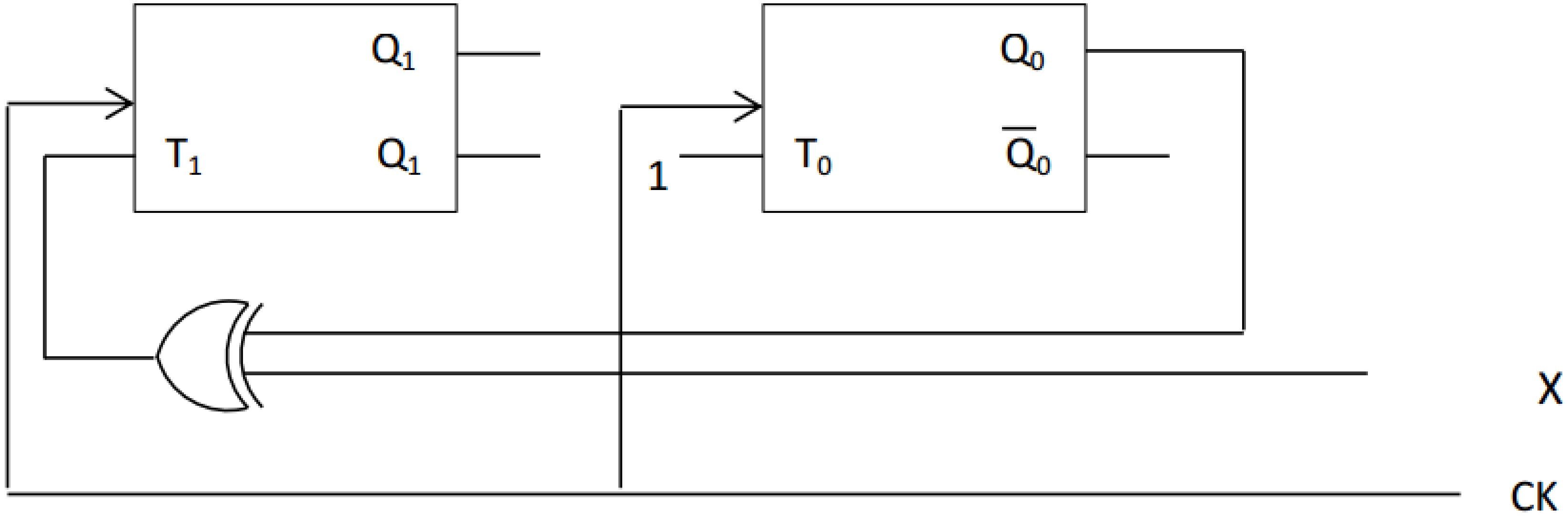
Table de Vérité

Q_2 Q_1 Q_0	J_2 K_2	J_1 K_1	J_0 K_0	Q_2^+ Q_1^+ Q_0^+
0 0 0	0 0	0 0	1 1	0 0 1
0 0 1	0 0	1 1	1 1	0 1 0
0 1 0	0 0	0 0	1 1	0 1 1
0 1 1	1 1	1 1	1 1	1 0 0
1 0 0	0 0	0 0	1 1	1 0 1
1 0 1	0 0	1 1	1 1	1 1 0
1 1 0	0 0	0 0	1 1	1 1 1
1 1 1	1 1	1 1	1 1	0 0 0

Ce circuit représente **un compteur binaire modulo 8**, il compte de 0 à 7

Les circuits séquentiels

Exemple 2 :



$T_1 = Q_0 \oplus x$ **$T_0 = 1$**

<u>Si x = 0</u>

$T_1 = Q_0$ $T_0 = 1$

<u>Si x = 1</u>

$T_1 = \overline{Q}_0$ $T_0 = 1$

Les circuits séquentiels

Exemple 2 :

	X	Q_1	Q_0	T_1	T_0	Q_1^+	Q_0^+
X=0	0	0	0	0	1	0	1
	0	0	1	1	1	1	0
	0	1	0	0	1	1	1
	0	1	1	1	1	0	0
X=1	1	0	0	1	1	1	1
	1	0	1	0	1	0	0
	1	1	0	1	1	0	1
	1	1	1	0	1	1	0

T	Q^+
0	Q
1	$\overline{Q}$

$\mathbf{T_1 = Q_0 \oplus x}$ $\mathbf{T_0 = 1}$

<u>Si x = 0</u>

$T_1 = Q_0$ $T_0 = 1$

<u>Si x = 1</u>

$T_1 = \overline{Q_0}$ $T_0 = 1$

Les circuits séquentiels

Exemple 2 :

X = 0

00 → 01 → 10 → **11**

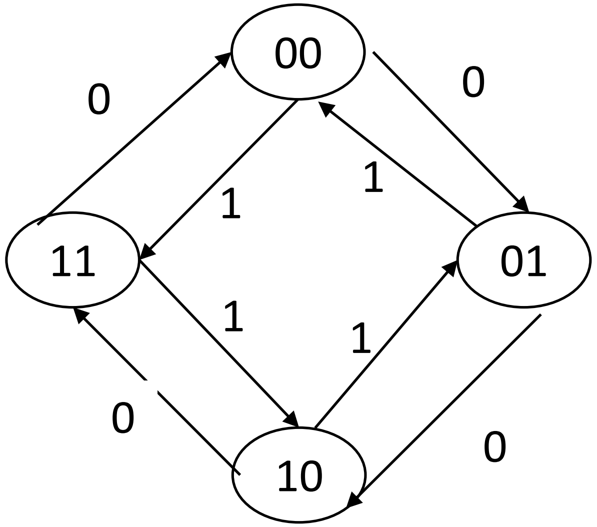
X = 1

00 → 11 → 10 → 01

X	Q_1	Q_0	T_1	T_0	Q_1^+	Q_0^+
0	0	0	0	1	0	1
0	0	1	1	1	1	0
0	1	0	0	1	1	1
0	1	1	1	1	0	0
1	0	0	1	1	1	1
1	0	1	0	1	0	0
1	1	0	1	1	0	1
1	1	1	0	1	1	0

X=0

X=1



Pour X = 0 ce circuit est **un compteur modulo 4** et pour X = 1 c'est **un décompteur modulo 4**

Les circuits séquentiels

Tables d’excitation des bascules

Une table d’excitation (ou table de transition) consiste à retrouver les valeurs d’entrée d’une bascule selon la variation des états de sortie de cette bascule.

Les circuits séquentiels

1. Bascule RS

R	S	Q	Q^+	
0	0	0	0	R=0 S=0
0	0	1	1	R=0 S=0
0	1	0	1	R=0 S=1
0	1	1	1	R=0 S=1
1	0	0	0	R=1 S=0
1	0	1	0	R=1 S=0
1	1	0	X	
1	1	1	X	

Table d'excitation (R S)

Q	Q^+	R	S
0	0	X	0
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	0	X

Les circuits séquentiels

1. Bascule JK

K	J	Q	Q^+
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	0

J = 0 K=0

J = 1 K=0

Table d'excitation (J K)

Q	Q^+	J	K
0	0	0	X
0	1	1	X
1	0	X	1
1	1	X	0

Les circuits séquentiels

1. Bascule T

T	Q	Q^+
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Table d'excitation (T)

Q	Q^+	T
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Les circuits séquentiels

1. Bascule D

D	Q	Q^+
0	0	0
0	1	0
1	0	1
1	1	1

Table d'excitation (D)

Q	Q^+	D
0	0	0
0	1	1
1	0	0
1	1	1

Les circuits séquentiels

Synthèse d'un circuit séquentiel

La synthèse d'un circuit séquentiel consiste à retrouver les fonctions d'entrée de ce circuit à partir d'un diagramme d'états (séquence). Pour cela il faut :

a) Etablir le diagramme des états (ou séquence) et donner le nombre de bascules nécessaires.

b) Réaliser **la table de transition**

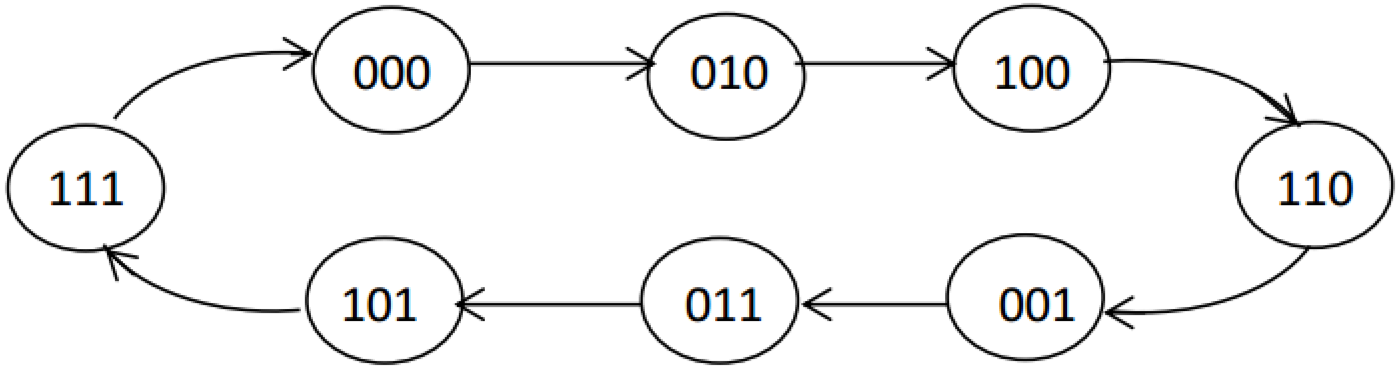
c) En déduire les équations d'entrée aux bascules

d) Réaliser le circuit correspondant

Les circuits séquentiels

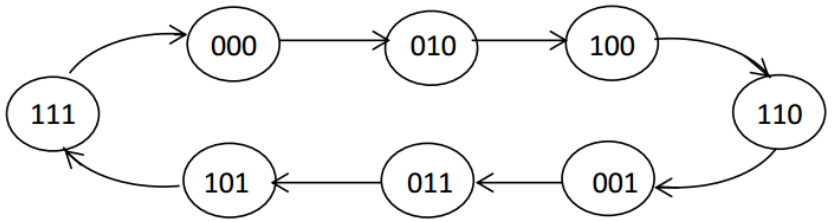
Exemple : $0 \rightarrow 2 \rightarrow 4 \rightarrow 6 \rightarrow 1 \rightarrow 3 \rightarrow 5 \rightarrow 7$

Séquence



Les circuits séquentiels

Table de transition



Q	Q^+	J	K
0	0	0	X
0	1	1	X
1	0	X	1
1	1	X	0

$Q_2\ Q_1\ Q_0$	$Q_2^+\ Q_1^+\ Q_0^+$	$J_2\ K_2$	$J_1\ K_1$	$J_0\ K_0$
0 0 0	0 1 0	0 X	1 X	0 X
0 0 1	0 1 1	0 X	1 X	X 0
0 1 0	1 0 0	1 X	X 1	0 X
0 1 1	1 0 1	1 X	X 1	X 0
1 0 0	1 1 0	X 0	1 X	0 X
1 0 1	1 1 1	X 0	1 X	X 0
1 1 0	0 0 1	X 1	X 1	1 X
1 1 1	0 0 0	X 1	X 1	X 1

Table de transition

Q_2 Q_1 Q_0	Q_2^+ Q_1^+ Q_0^+	J_2 K_2	J_1 K_1	J_0 K_0
0 0 0	0 1 0	0 X	1 X	0 X
0 0 1	0 1 1	0 X	1 X	X 0
0 1 0	1 0 0	1 X	X 1	0 X
0 1 1	1 0 1	1 X	X 1	X 0
1 0 0	1 1 0	X 0	1 X	0 X
1 0 1	1 1 1	X 0	1 X	X 0
1 1 0	0 0 1	X 1	X 1	1 X
1 1 1	0 0 0	X 1	X 1	X 1

$J_2 = Q_1$ $J_1 = 1$ $J_0 = Q_2Q_1$

$K_2 = Q_1$ $K_1 = 1$ $K_0 = Q_2Q_1$

Q_2 \ Q_1Q_0	0 0	0 1	1 1	1 0
0	0	0	1	1
1	X	X	X	X

$J_2 = Q_1$

Q_2 \ Q_1Q_0	0 0	0 1	1 1	1 0
0	X	X	X	X
1	0	0	1	1

$K_2 = Q_1$

Q_2 \ Q_1Q_0	0 0	0 1	1 1	1 0
0	0	X	0	X
1	0	X	X	1

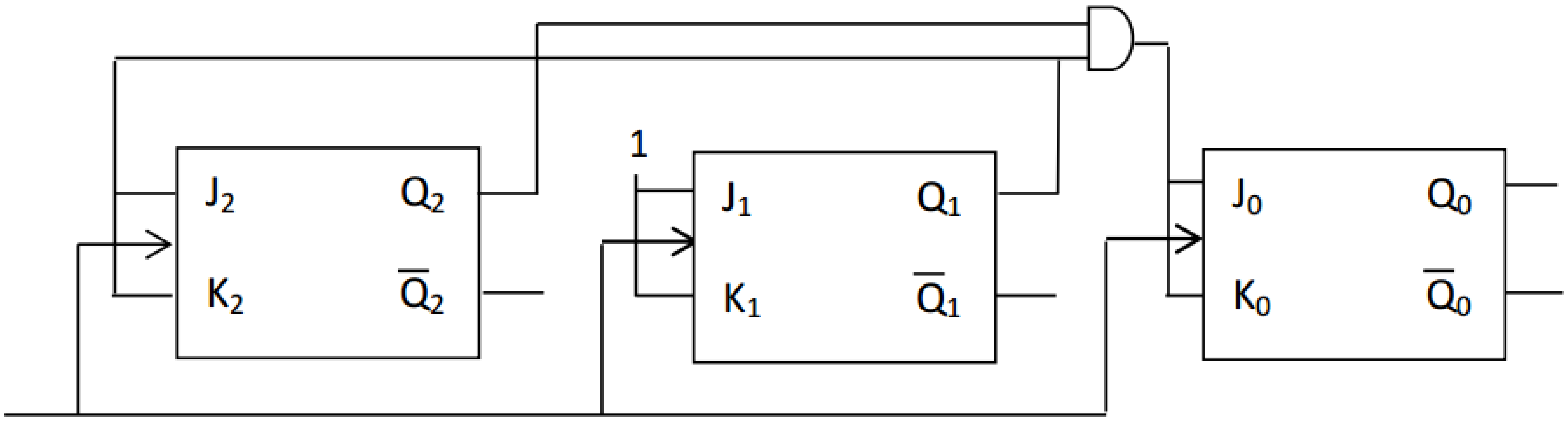
$J_0 = Q_2Q_1$

Q_2 \ Q_1Q_0	0 0	0 1	1 1	1 0
0	X	0	0	X
1	X	0	1	X

$K_0 = Q_2Q_1$

Les circuits séquentiels

Circuit :



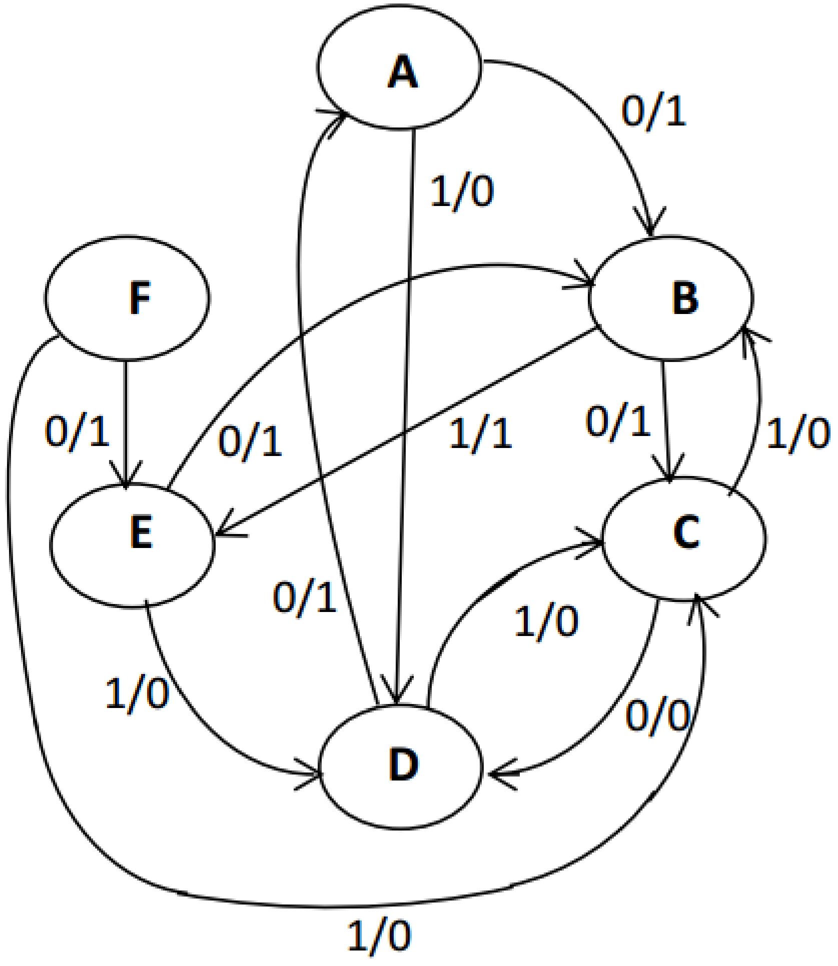
Les circuits séquentiels

Exemple 2 (Diagramme avec états équivalents)

Dans un diagramme d'états, il arrive parfois que deux ou plusieurs états soient équivalents, dans ce cas il faut le simplifier. Deux états à l'instant (t) sont équivalents s'ils ont le même état suivant (t+1) avec les mêmes variables de contrôle (entrée et sortie)

Pour simplifier le diagramme, on le représente sous forme tabulaire

Diagramme des états initial



Les circuits séquentie

Exemple 2 (Diagramme avec états équivalents)

Pour simplifier le diagramme, on le représente sous forme tabulaire

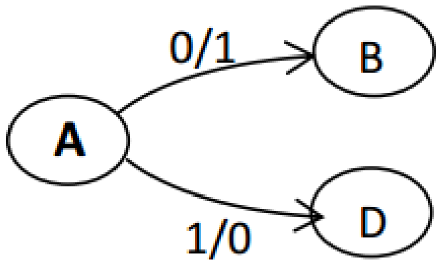
On voit que pour les mêmes variables d’entrée/sortie A et E ont les mêmes états suivants donc ils sont équivalents ; Il faut alors supprimer un des 2.

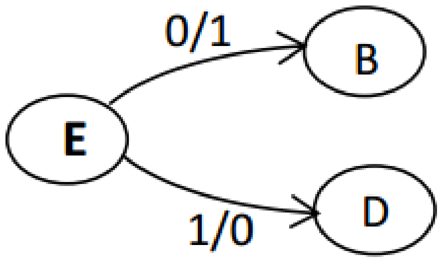
Dans cet exemple on supprime E et on remplace tous les E du tableau par A

Représentation sous forme tabulaire

Etat (t)	X	Y	Etat (t+1)
A	0	1	B
A	1	0	D
B	0	1	C
B	1	1	~~E~~ A
C	0	0	D
C	1	0	B
D	0	1	A
D	1	0	C
E	0	1	B
E	1	0	D
F	0	1	~~E~~ A
F	1	0	C

Etat (t)	X	Y	Etat (t+1)
A	0	1	B
A	1	0	D
E	0	1	B
E	1	0	D





Les circuits séquentiels

Exemple 2 (Diagramme avec états équivalents)

On a également les états **D** et **F** qui sont équivalents, on supprime donc **F** et

on obtient un nouveau tableau et un nouveau diagramme

Etat (t)	X	Y	Etat (t+1)
A	0	1	B
A	1	0	D
B	0	1	C
B	1	1	A
C	0	0	D
C	1	0	B
D	0	1	A
D	1	0	C

Tableau simplifié

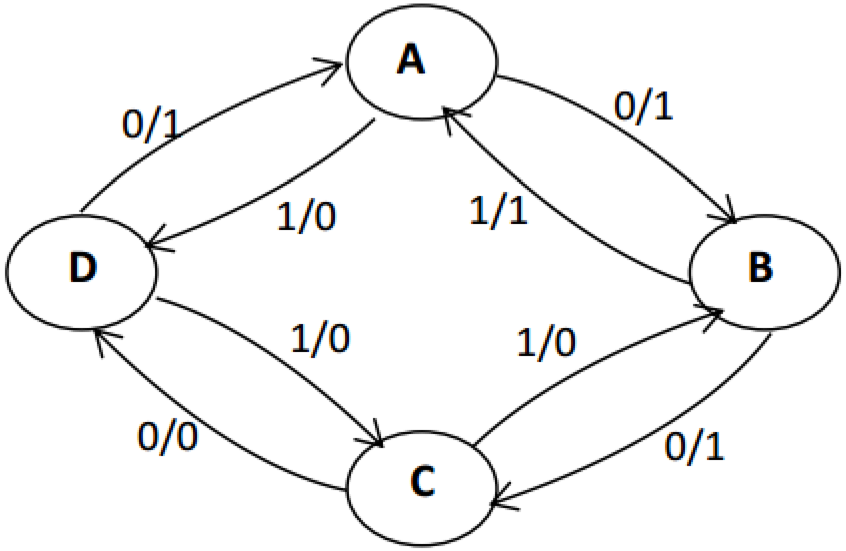


Diagramme des états simplifié

Les circuits séquentiels

Exemple 2 (Diagramme avec états équivalents)

Pour réaliser le circuit il faut codifier les états. Généralement on utilise des codes binaires croissant selon l’ordre alphabétique.

A = 00 B = 01 C = 10 D = 11

Max (A,B,C,D) = D = 11

La plus grande valeur s’écrit sur 2 bits donc il faut 2 bascules pour réaliser ce circuit.

Les circuits séquentiels

Exemple 2 (Diagramme avec états équivalents)

Table de transition :

X	Q_1	Q_0	Q_1^+	Q_0^+	T_1	T_0	Y
0	0	0	0	1	0	1	1
0	0	1	1	0	1	1	1
0	1	0	1	1	0	1	0
0	1	1	0	0	1	1	1
1	0	0	1	1	1	1	0
1	0	1	0	0	0	1	1
1	1	0	0	1	1	1	0
1	1	1	1	0	0	1	0

Q_1Q_0 \ X	0 0	0 1	1 1	1 0
0	0	1	1	0
1	1	0	0	1

$T_1 = X \oplus Q_0$

$T_0 = 1$

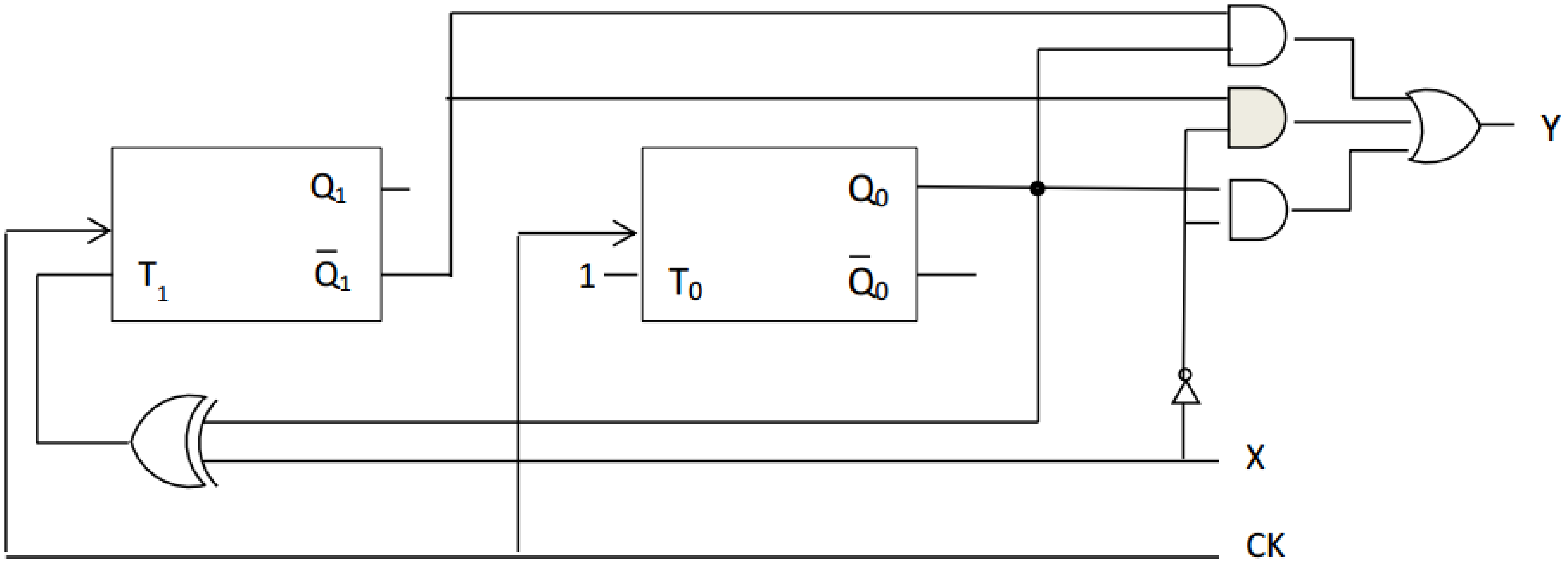
Q_1Q_0 \ X	0 0	0 1	1 1	1 0
0	1	1	1	0
1	0	1	0	0

$Y = \overline{X}\,\overline{Q_1} + \overline{X}\,Q_0 + \overline{Q_1}\,Q_0$

Les circuits séquentiels

Exemple 2 (Diagramme avec états équivalents)

<u>Circuit correspondant :</u>



Chronogrammes

Le chronogramme est une représentation graphique de l'évolution de l’état d’un circuit dans le temps. Il utilise une horloge de période T.
Il existe deux types de circuits séquentiels, les circuits synchrones et les circuits asynchrones :

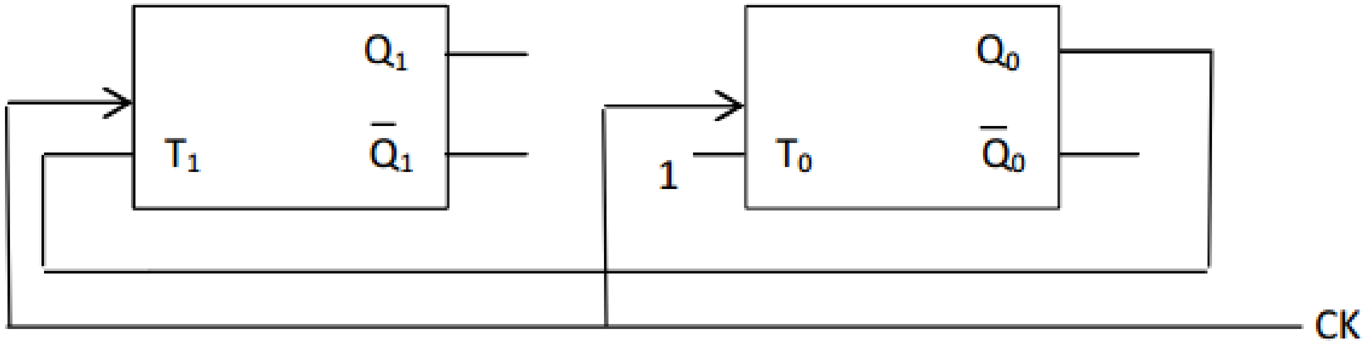
- **Dans un circuit synchrone**, toutes les bascules sont reliées à la même horloge.
- **Dans un circuit asynchrone**, les bascules n’ont pas la même horloge.

- Généralement on retrouve la séquence d’un circuit à l’aide d’une table de vérité
- mais on peut aussi retrouver directement celle – ci à l’aide d’un **chronogramme.**

Chronogrammes

- Pour réaliser le chronogramme d'un circuit il faut :
  a) Donner l'état initial de chaque bascule à l'instant (t)
  b) En déduire les valeurs des entrées pour chaque bascule à l'instant (t)
  c) A partir de ces entrées, retrouver l'état de chaque bascule à l'instant (t+1)
  d) (t+1) devient (t) et on recommence jusqu'à ce qu'on retrouve l'état initial

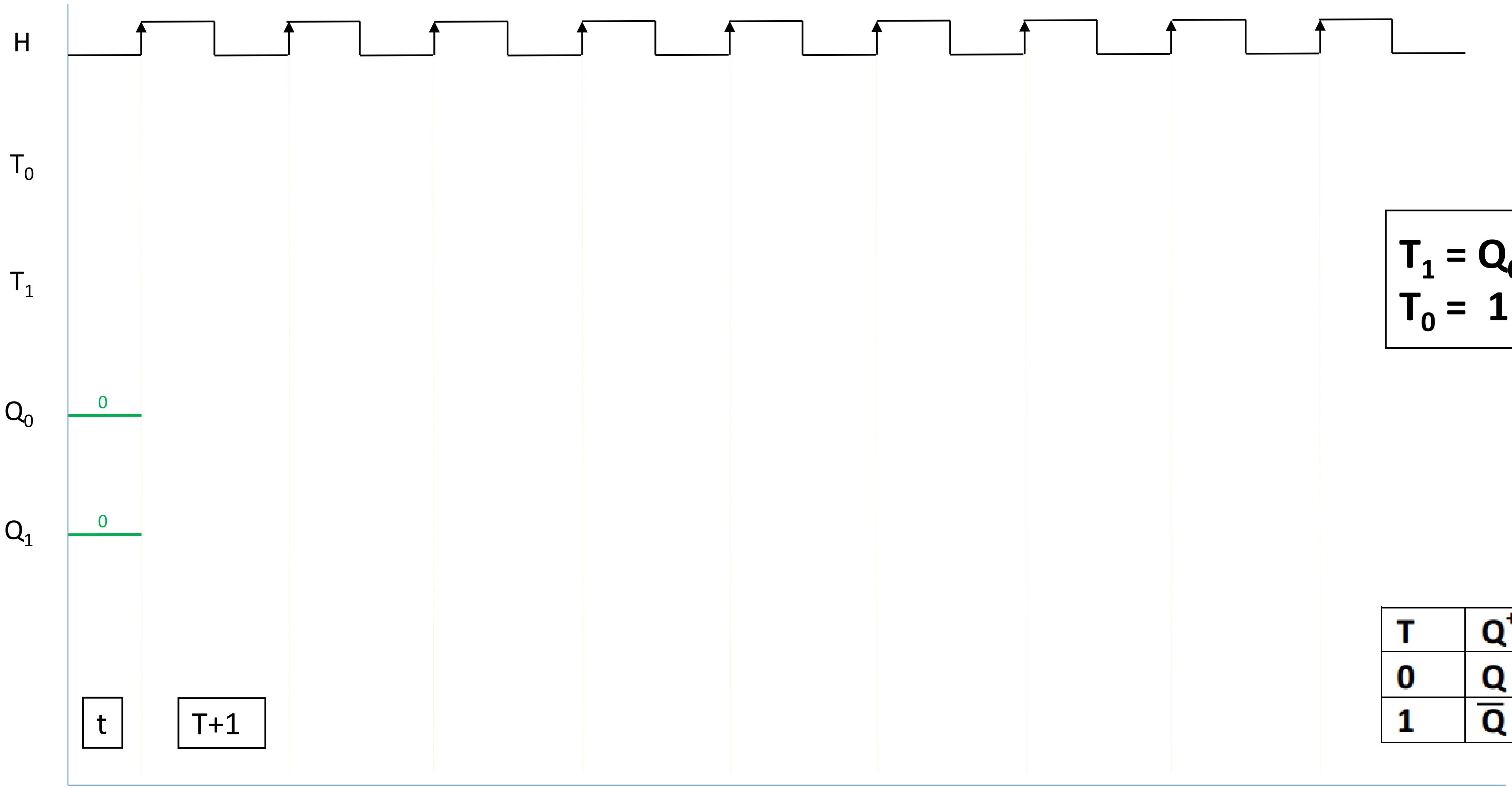
- **Exemple 1 :** **circuit synchrone**



$T0 = 1$

$T1 = Q_0$

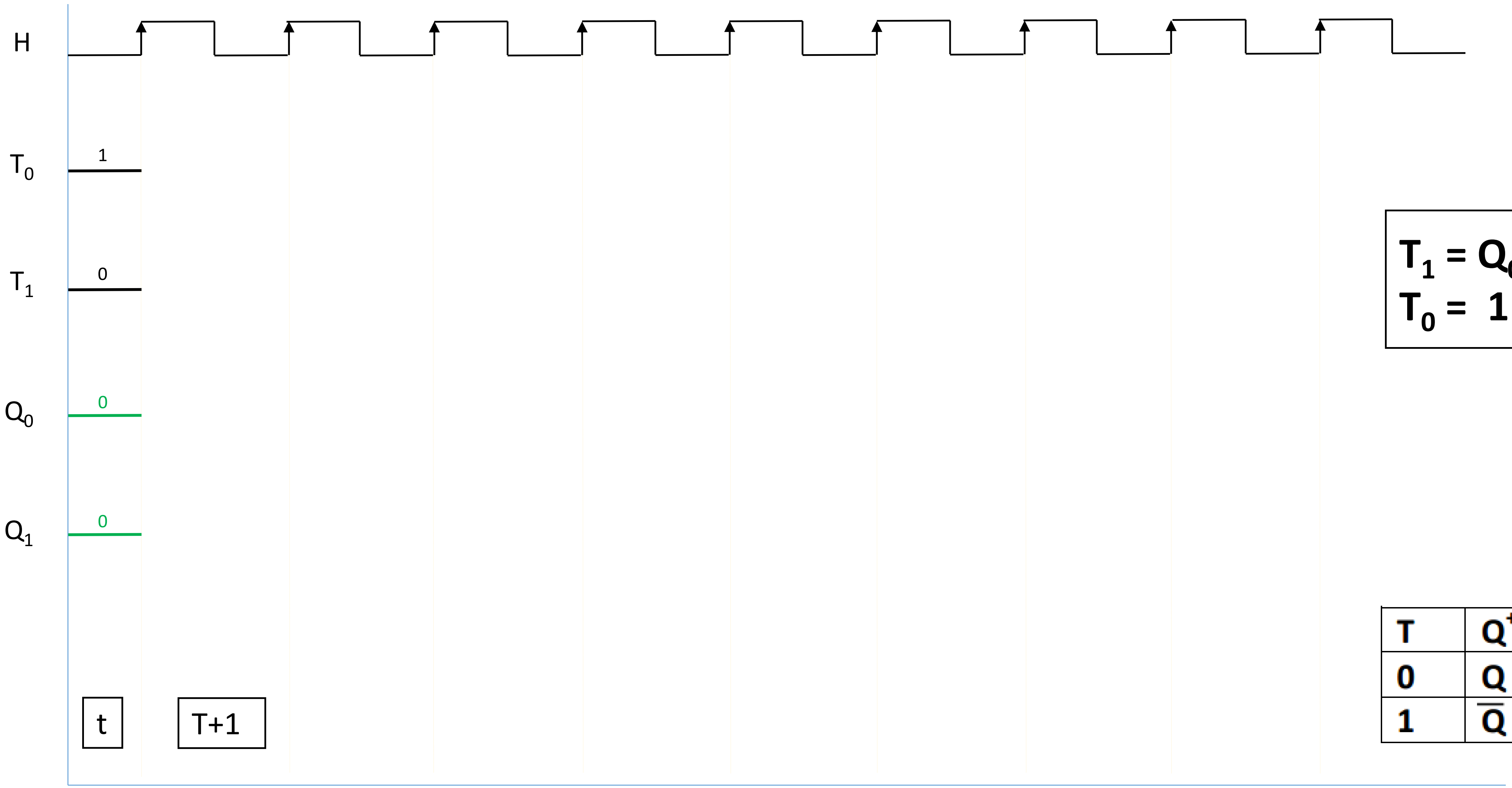
Exemple 1



$$T_1 = Q_0$$
$$T_0 = 1$$

T	Q^+
0	Q
1	$\overline{Q}$

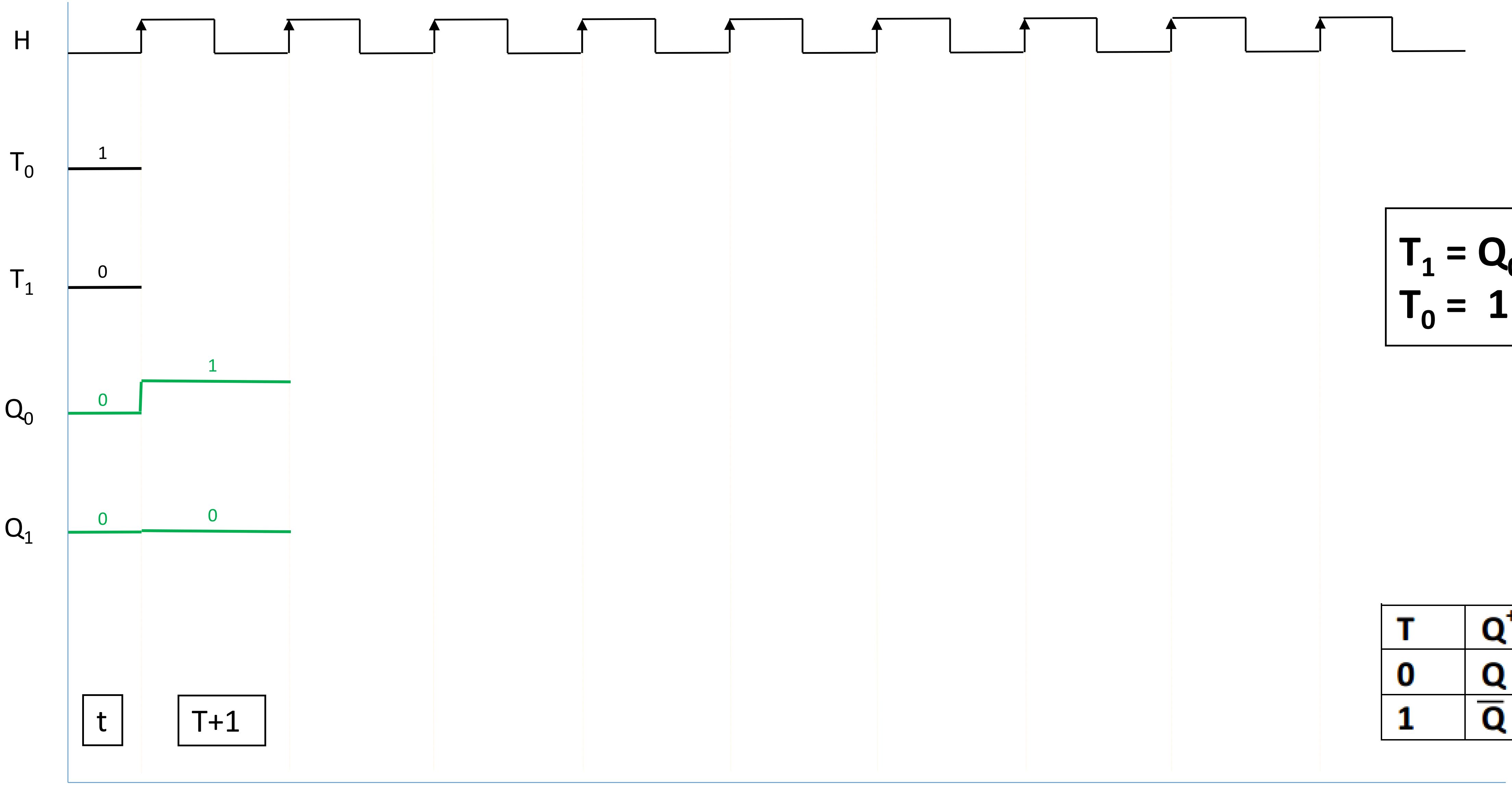
Exemple 1



$$T_1 = Q_0$$
$$T_0 = 1$$

T	Q^+
0	Q
1	$\overline{Q}$

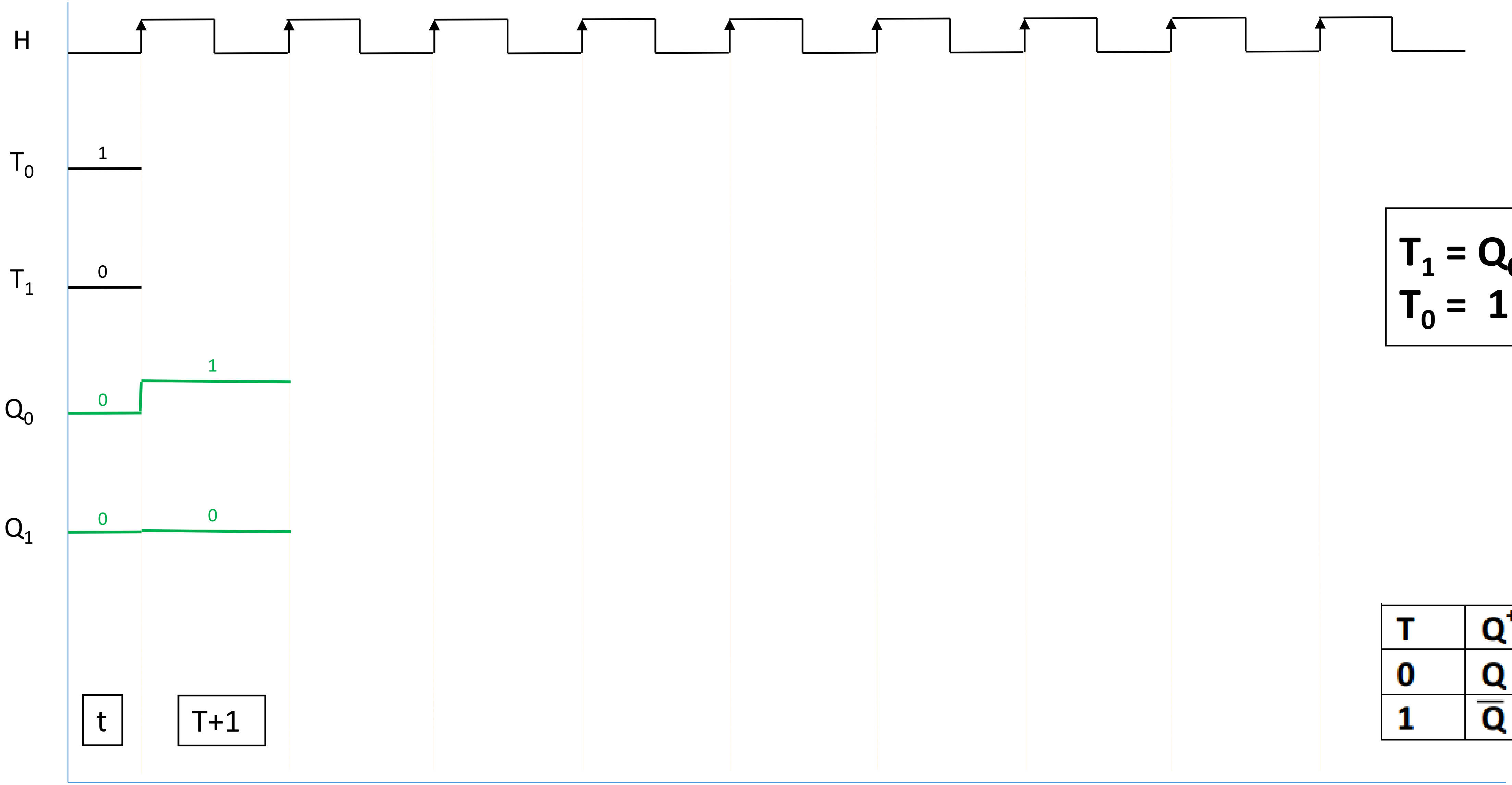
Exemple 1



$$T_1 = Q_0$$
$$T_0 = 1$$

T	Q^+
0	Q
1	$\overline{Q}$

Exemple 1

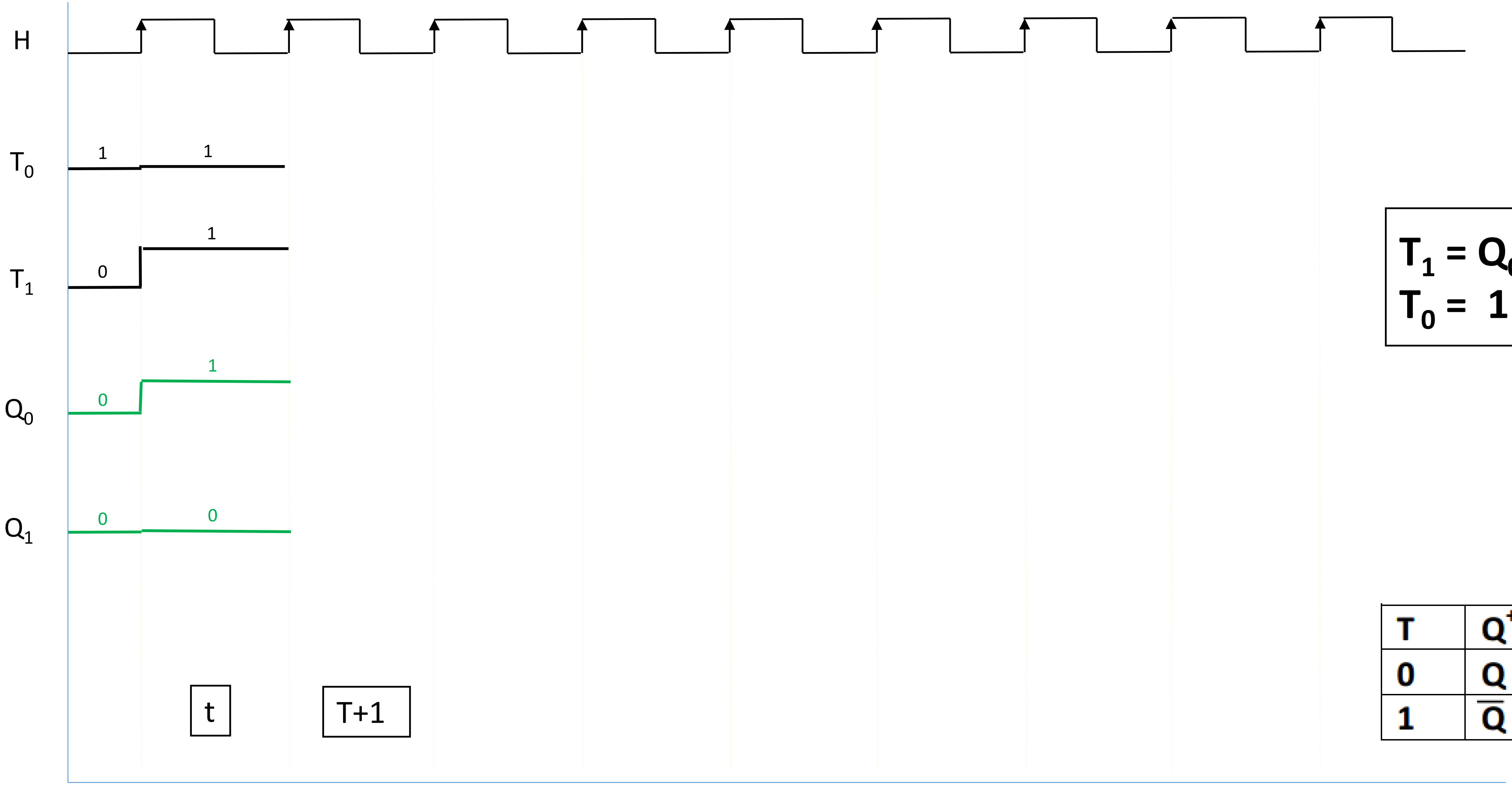


$T_1 = Q_0$

$T_0 = 1$

T	Q^+
0	Q
1	$\overline{Q}$

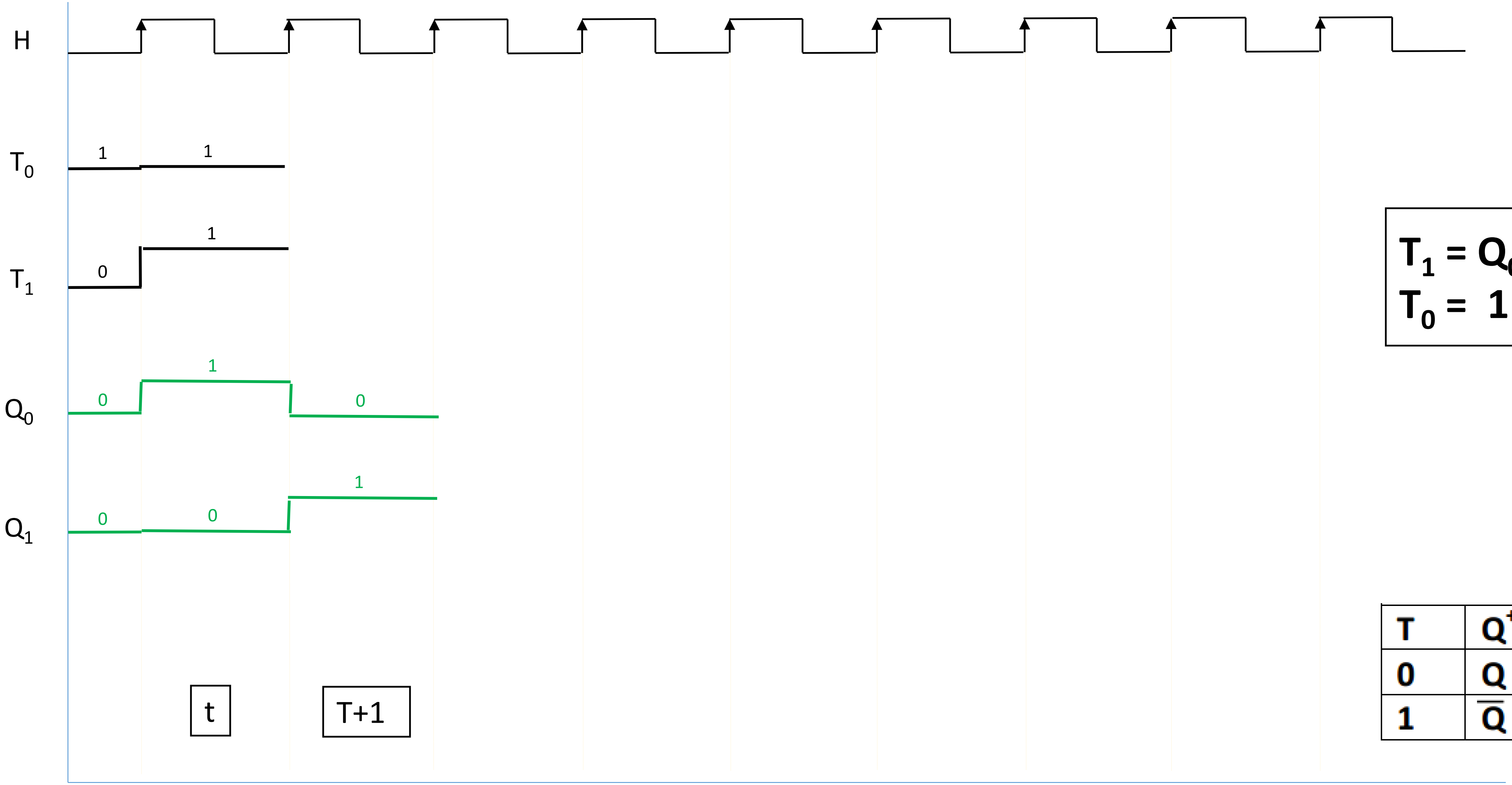
Exemple 1



$T_1 = Q_0$
$T_0 = 1$

T	Q^+
0	Q
1	$\overline{Q}$

Exemple 1

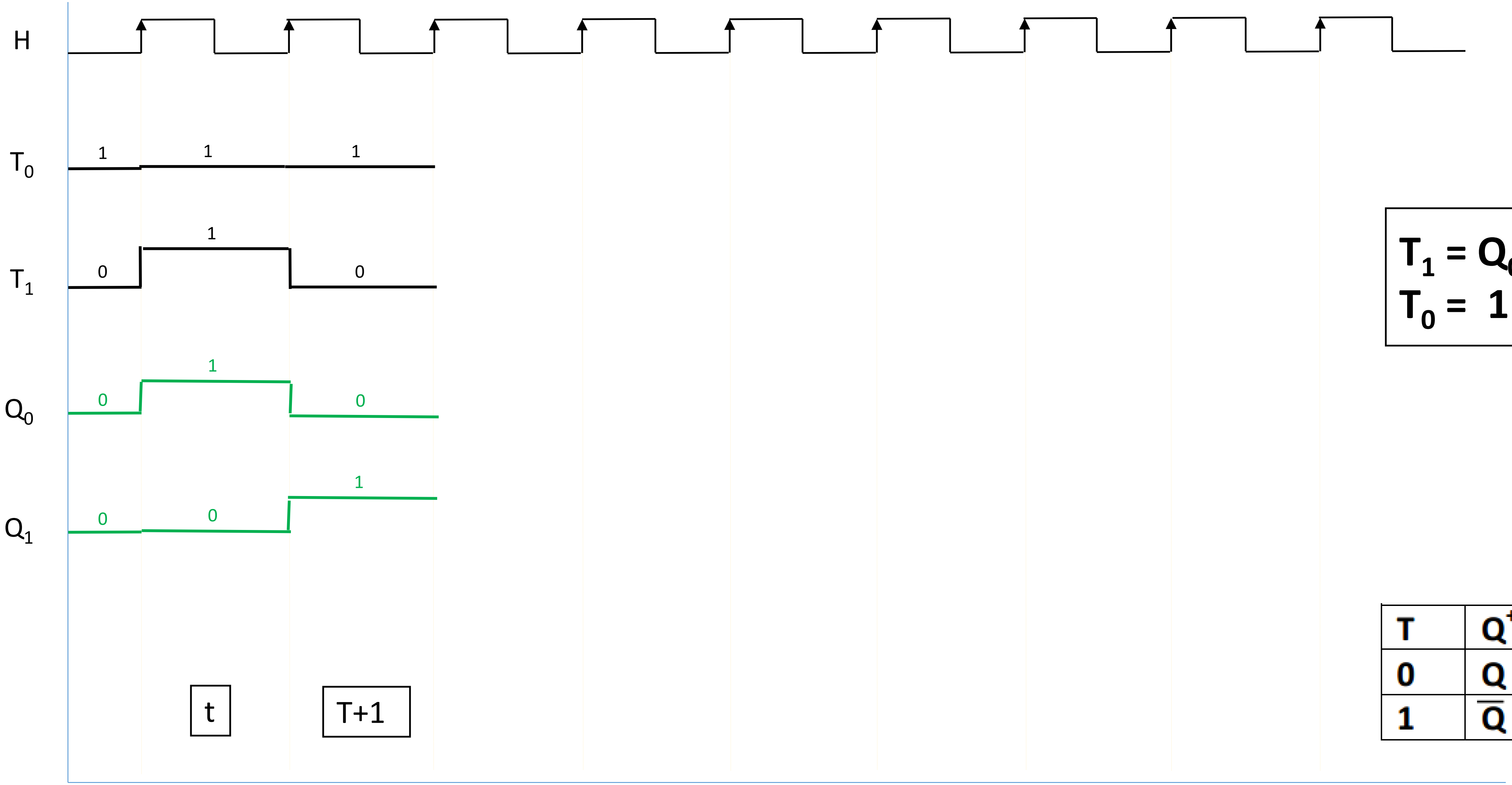


$T_1 = Q_0$

$T_0 = 1$

T	Q^+
0	Q
1	$\overline{Q}$

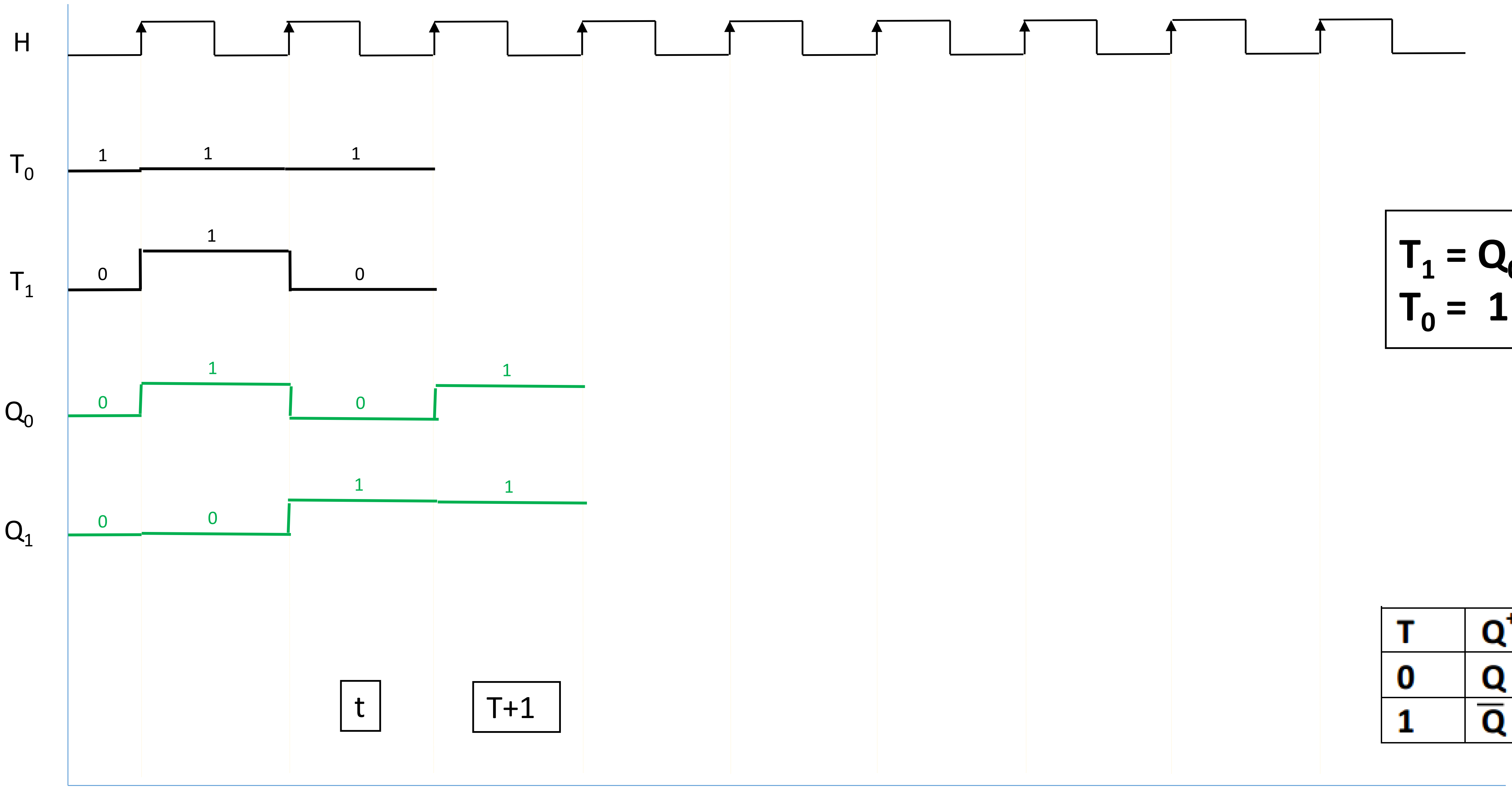
Exemple 1



$$T_1 = Q_0$$
$$T_0 = 1$$

T	Q^+
0	Q
1	$\overline{Q}$

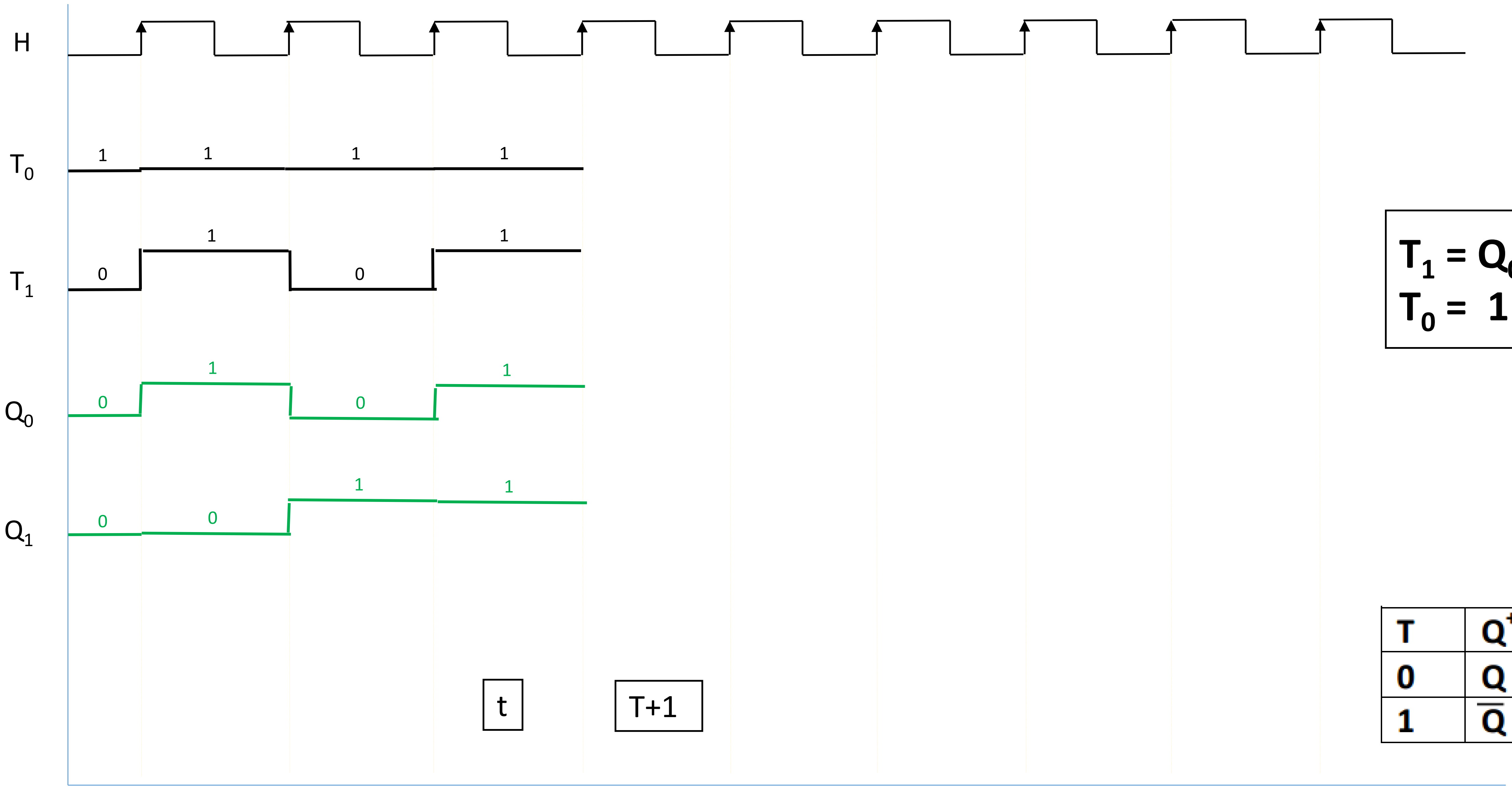
Exemple 1



$T_1 = Q_0$
$T_0 = 1$

T	Q^+
0	Q
1	$\overline{Q}$

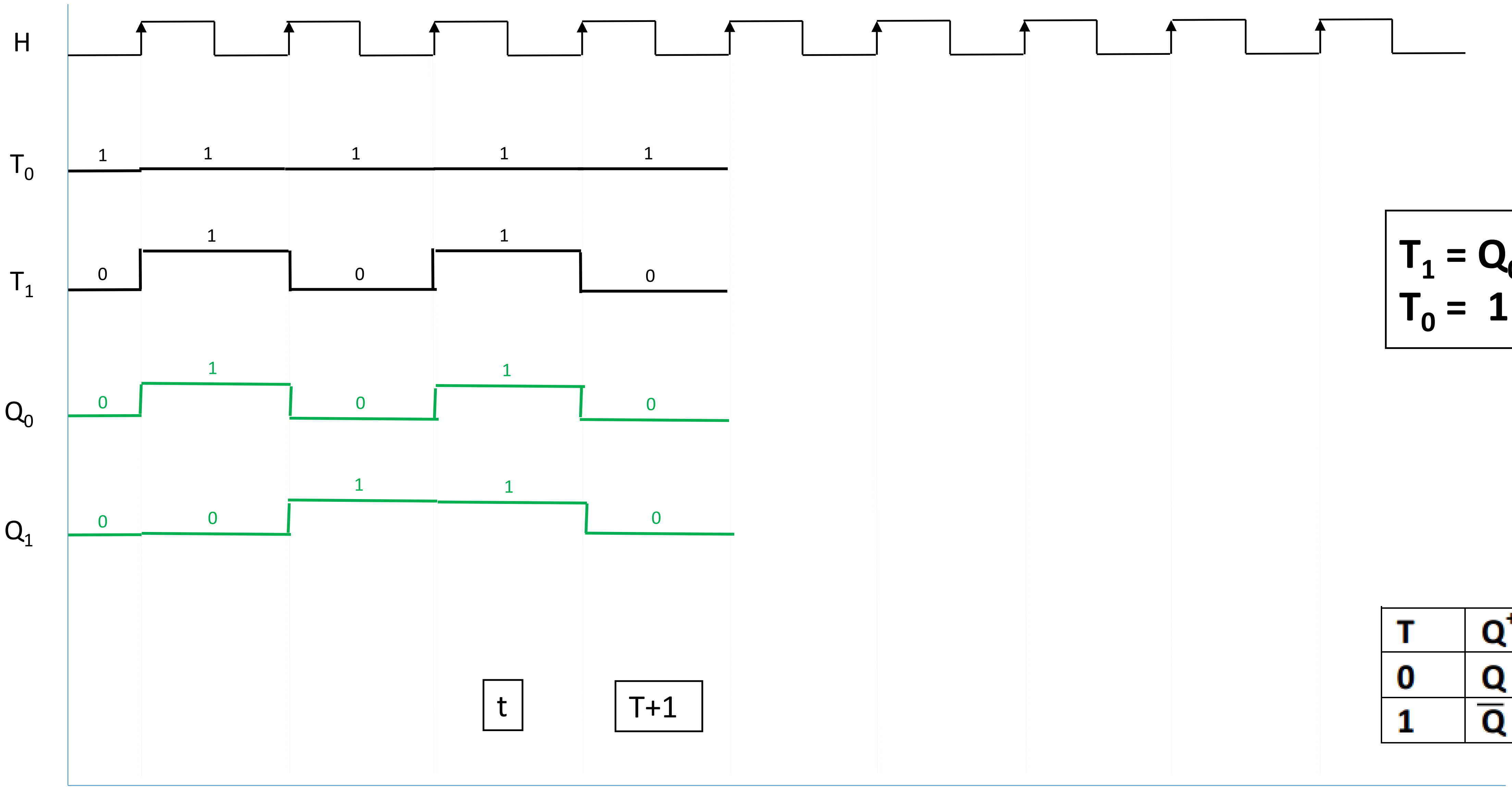
Exemple 1



$T_1 = Q_0$
$T_0 = 1$

T	Q^+
0	Q
1	$\overline{Q}$

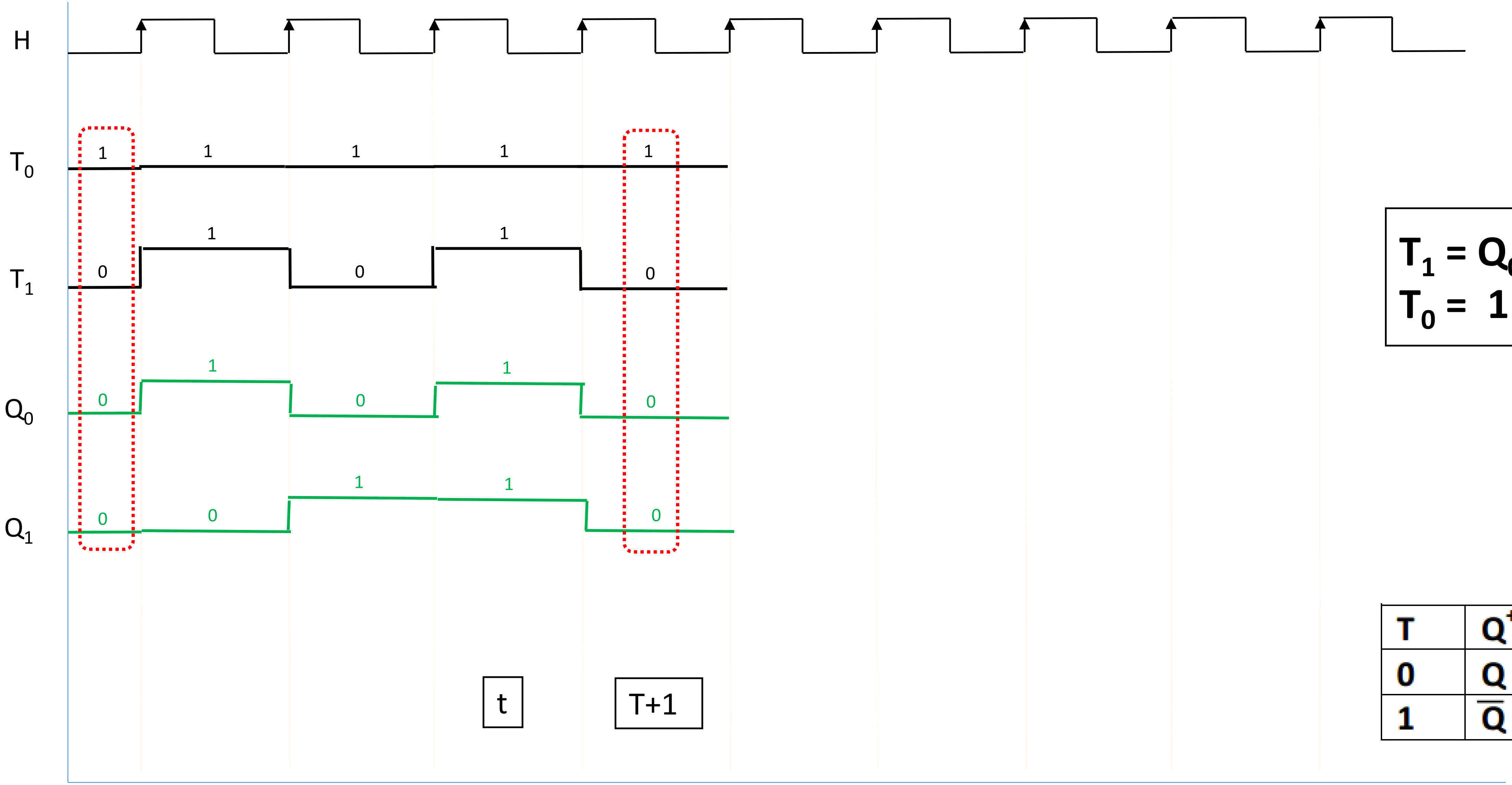
Exemple 1



$$T_1 = Q_0$$
$$T_0 = 1$$

T	Q^+
0	Q
1	$\overline{Q}$

Exemple 1

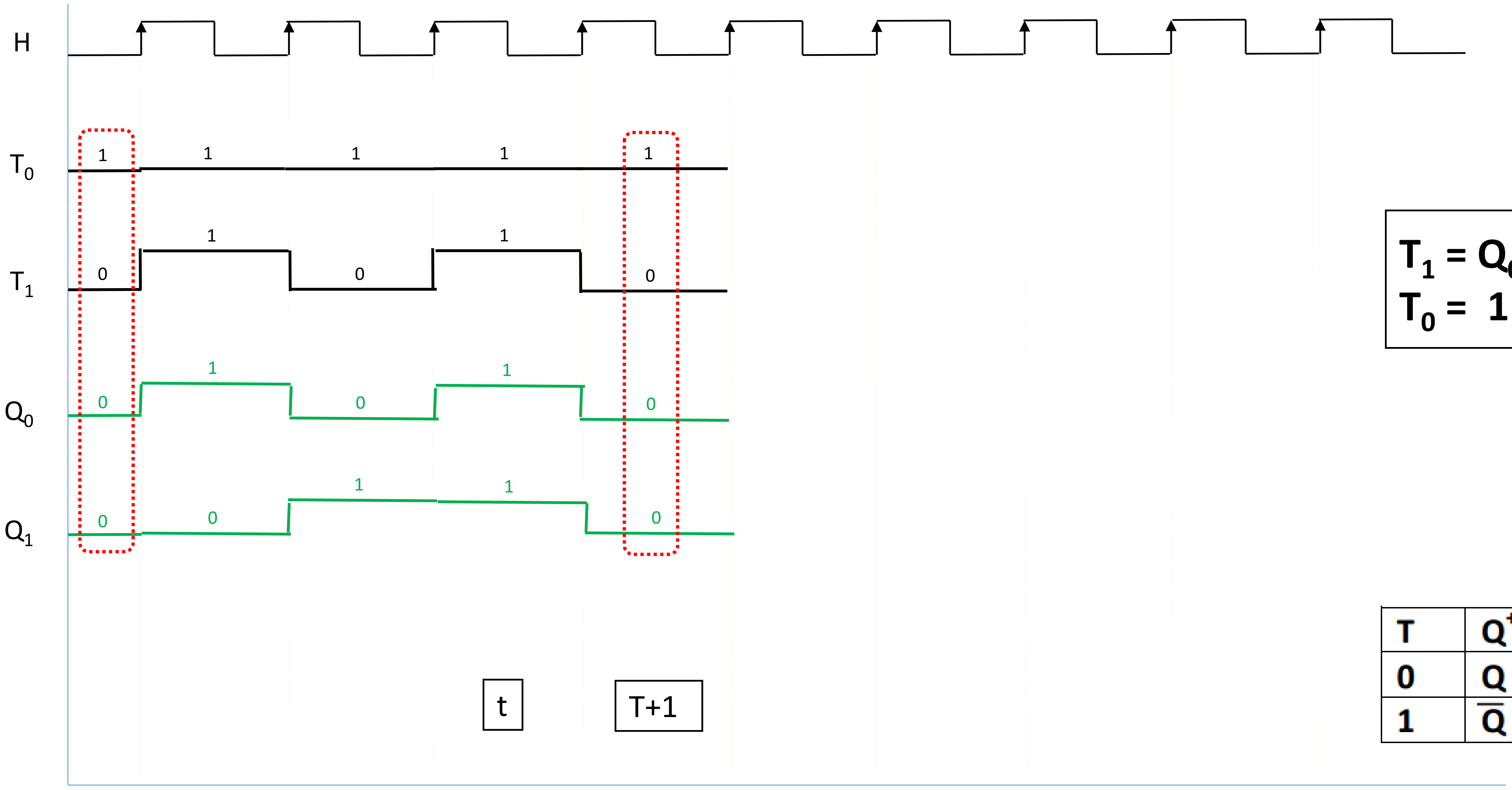


$T_1 = Q_0$

$T_0 = 1$

T	Q^+
0	Q
1	$\overline{Q}$

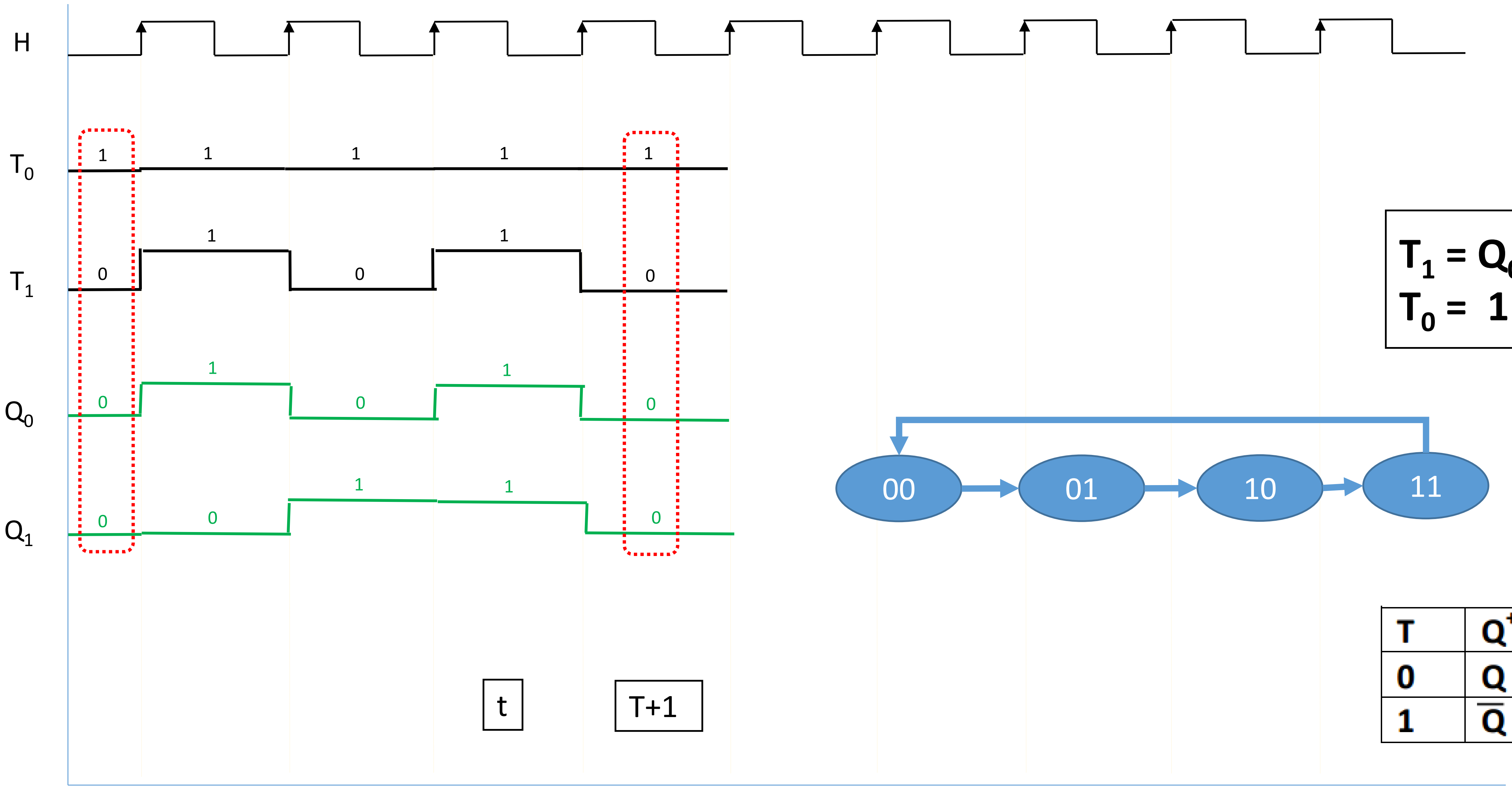
Exemple 1



$$T_1 = Q_0$$
$$T_0 = 1$$

T	Q^+
0	Q
1	$\overline{Q}$

Exemple 1

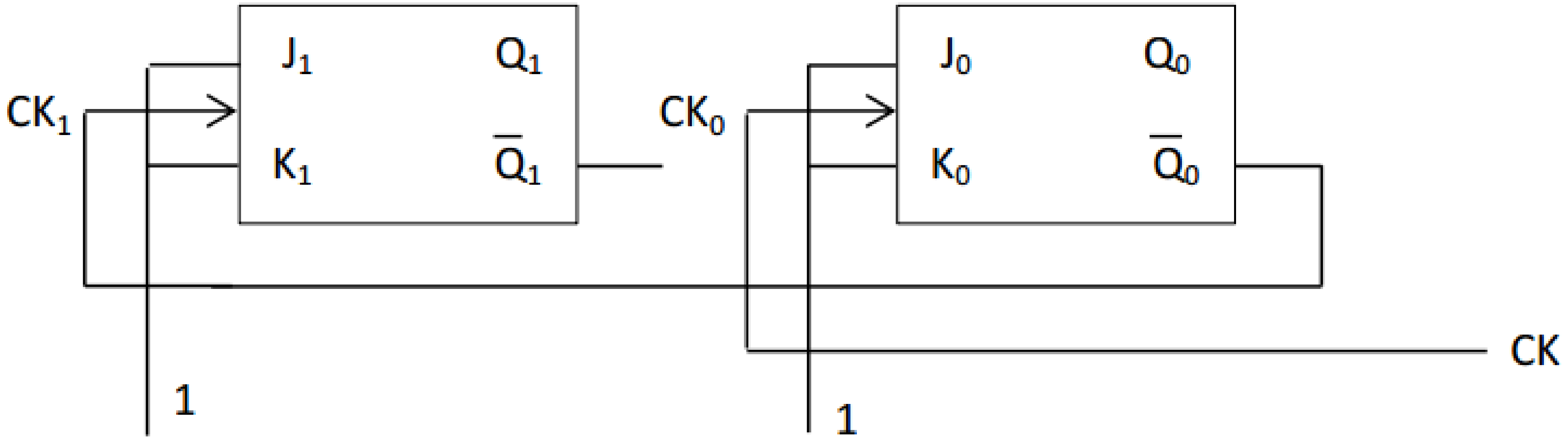


$T_1 = Q_0$
$T_0 = 1$

T	Q^+
0	Q
1	$\overline{Q}$

Chronogrammes

- **Exemple 2 :** **Circuit asynchrone**



J0 = 1

K0 = 1

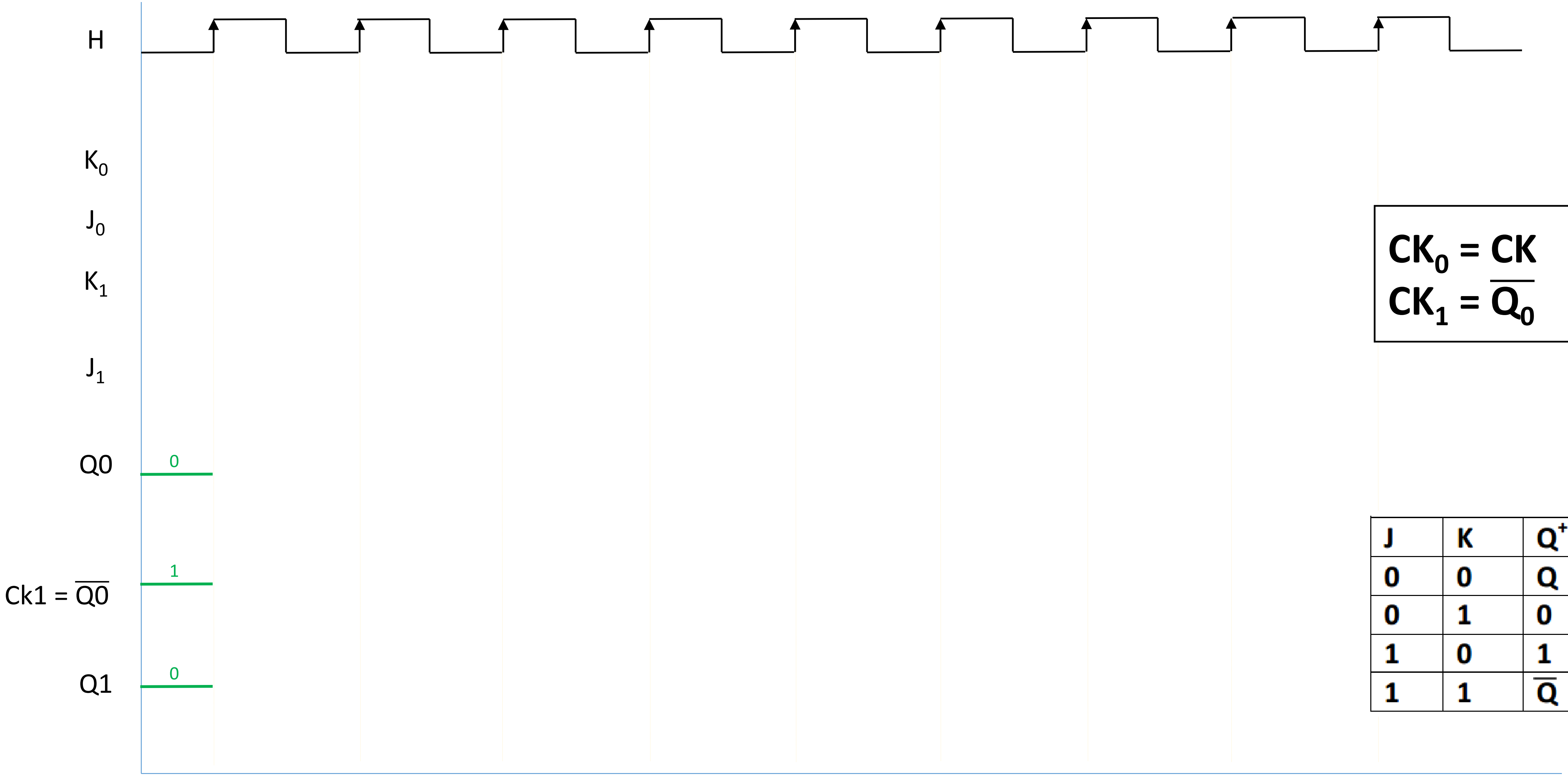
J1 = 1

J1 = 1

CK0 = CK

CK1 = $\overline{Q_0}$

Exemple 2

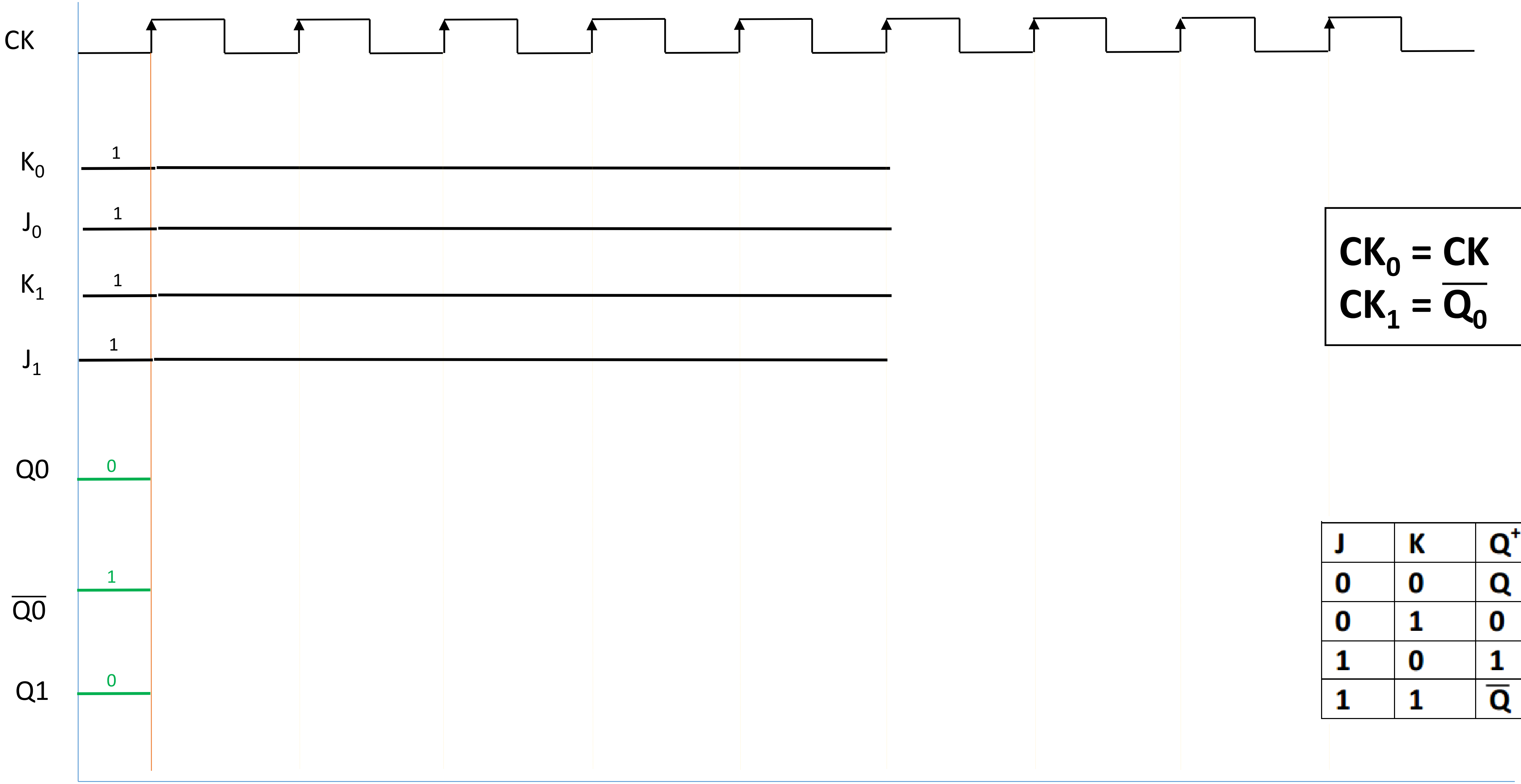


$CK_0 = CK$

$CK_1 = \overline{Q_0}$

J	K	Q^+
0	0	Q
0	1	0
1	0	1
1	1	$\overline{Q}$

Exemple 2

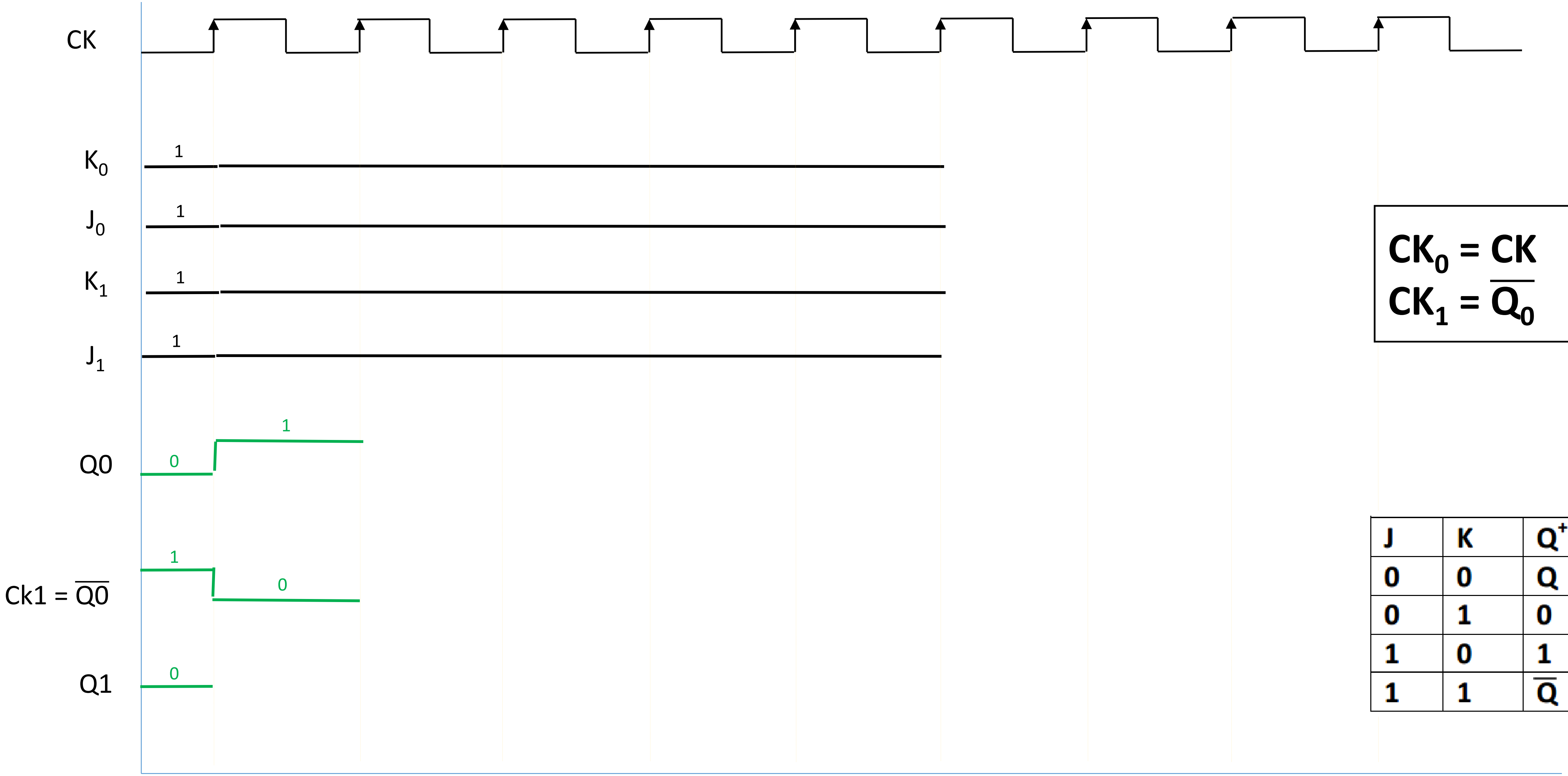


$CK_0 = CK$

$CK_1 = \overline{Q_0}$

J	K	Q^+
0	0	Q
0	1	0
1	0	1
1	1	$\overline{Q}$

Exemple 2

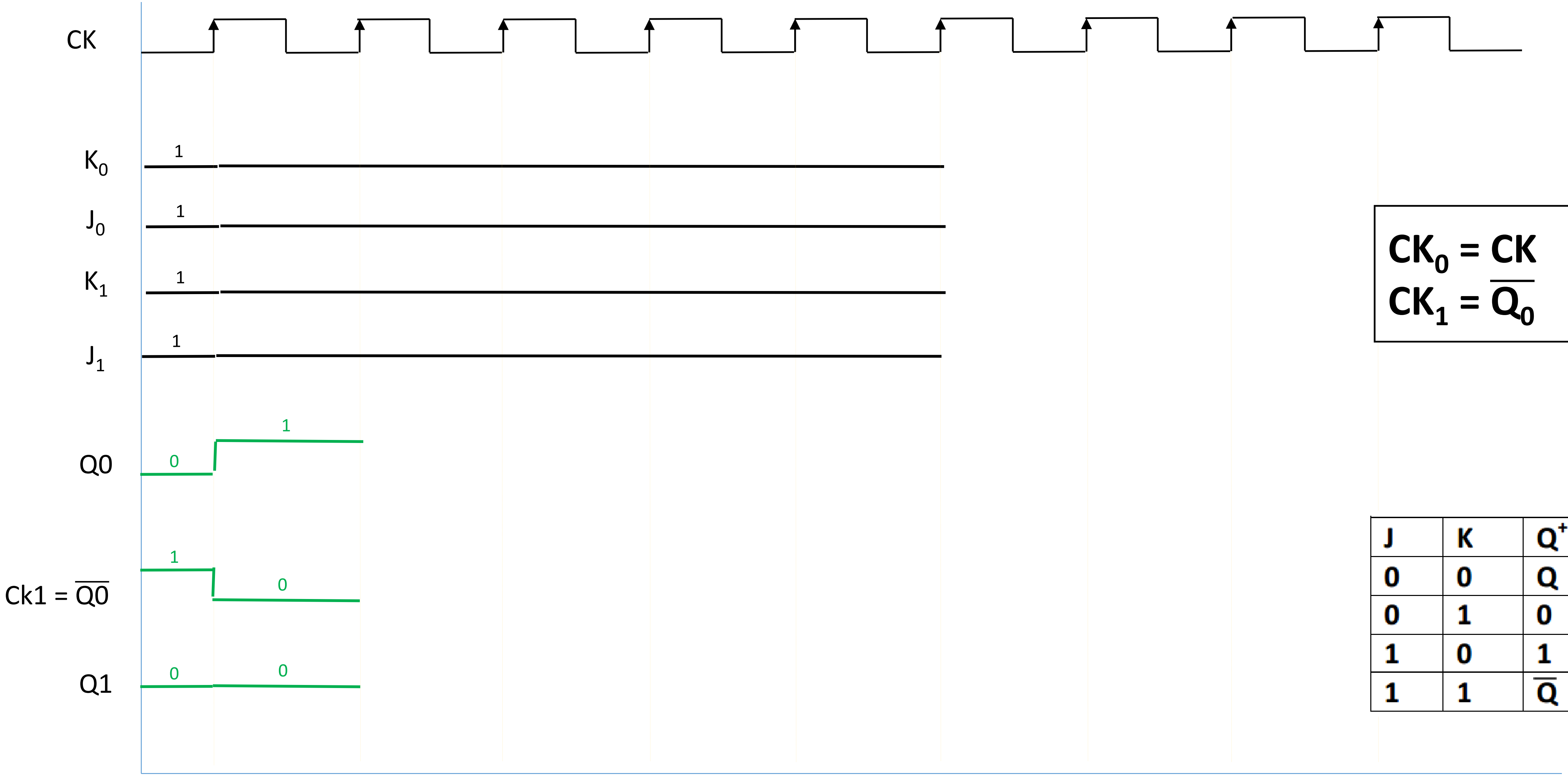


$CK_0 = CK$

$CK_1 = \overline{Q_0}$

J	K	Q^+
0	0	Q
0	1	0
1	0	1
1	1	$\overline{Q}$

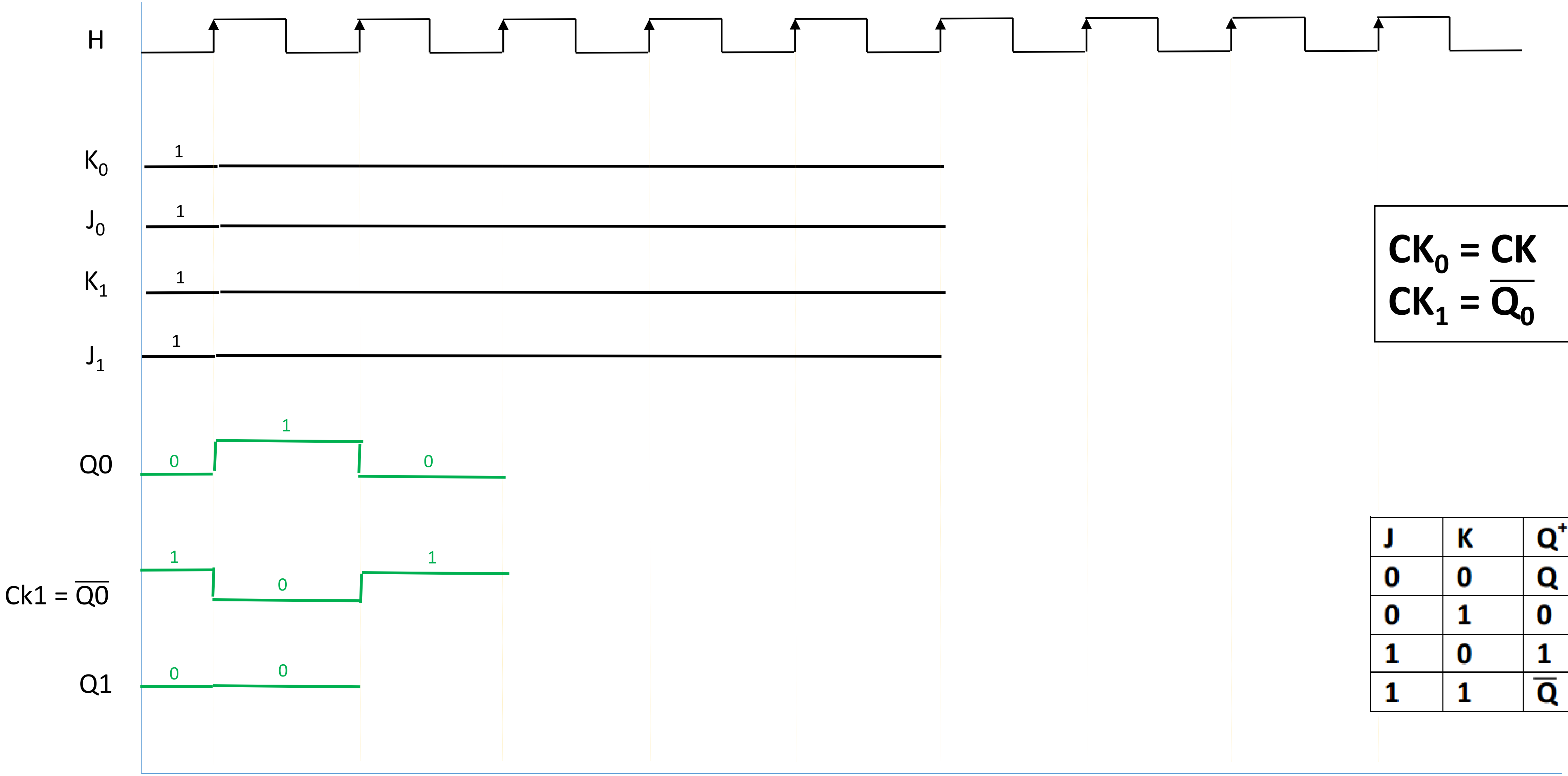
Exemple 2



$CK_0 = CK$
$CK_1 = \overline{Q_0}$

J	K	Q^+
0	0	Q
0	1	0
1	0	1
1	1	$\overline{Q}$

Exemple 2

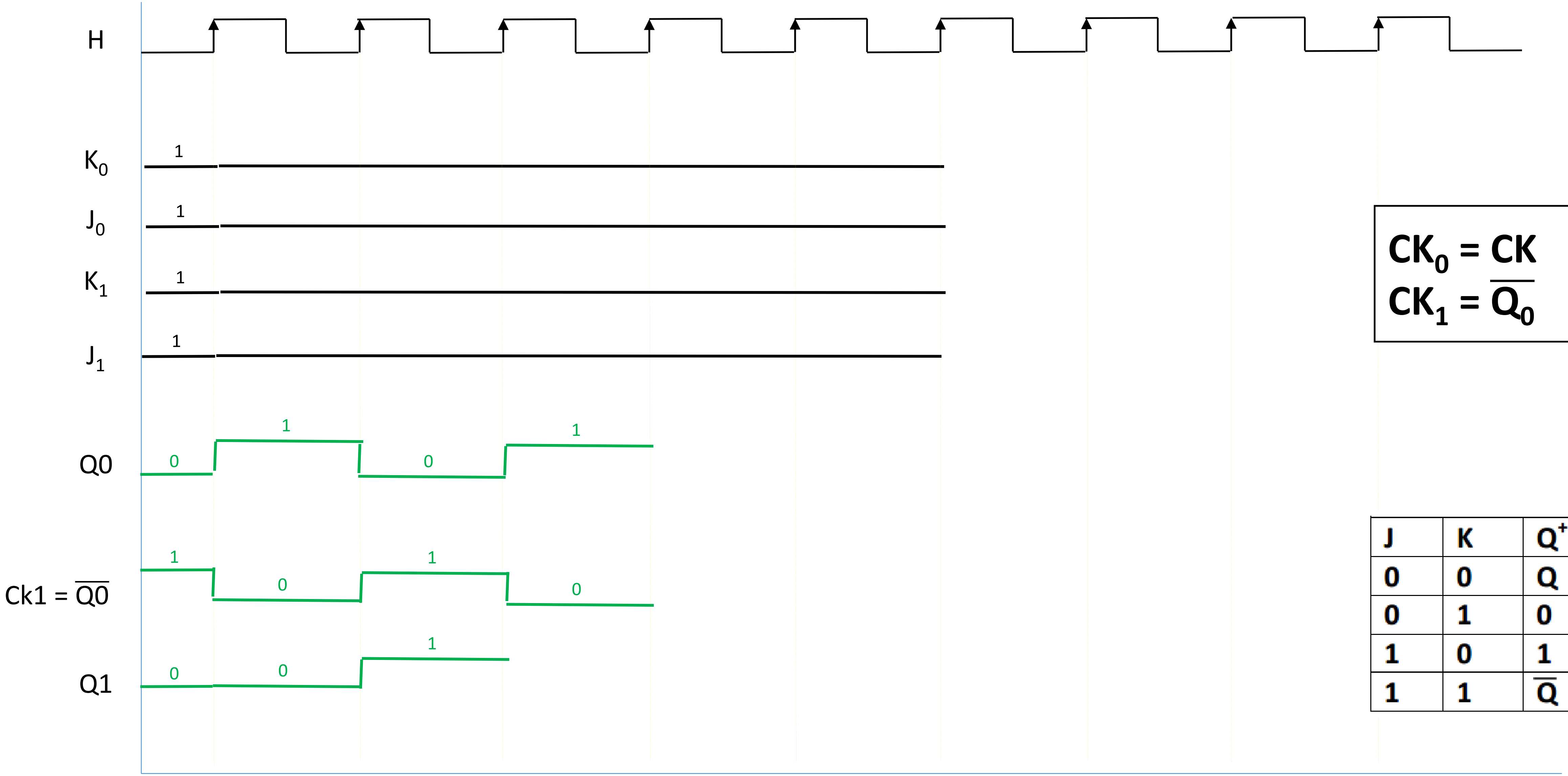


$CK_0 = CK$

$CK_1 = \overline{Q_0}$

J	K	Q^+
0	0	Q
0	1	0
1	0	1
1	1	$\overline{Q}$

Exemple 2

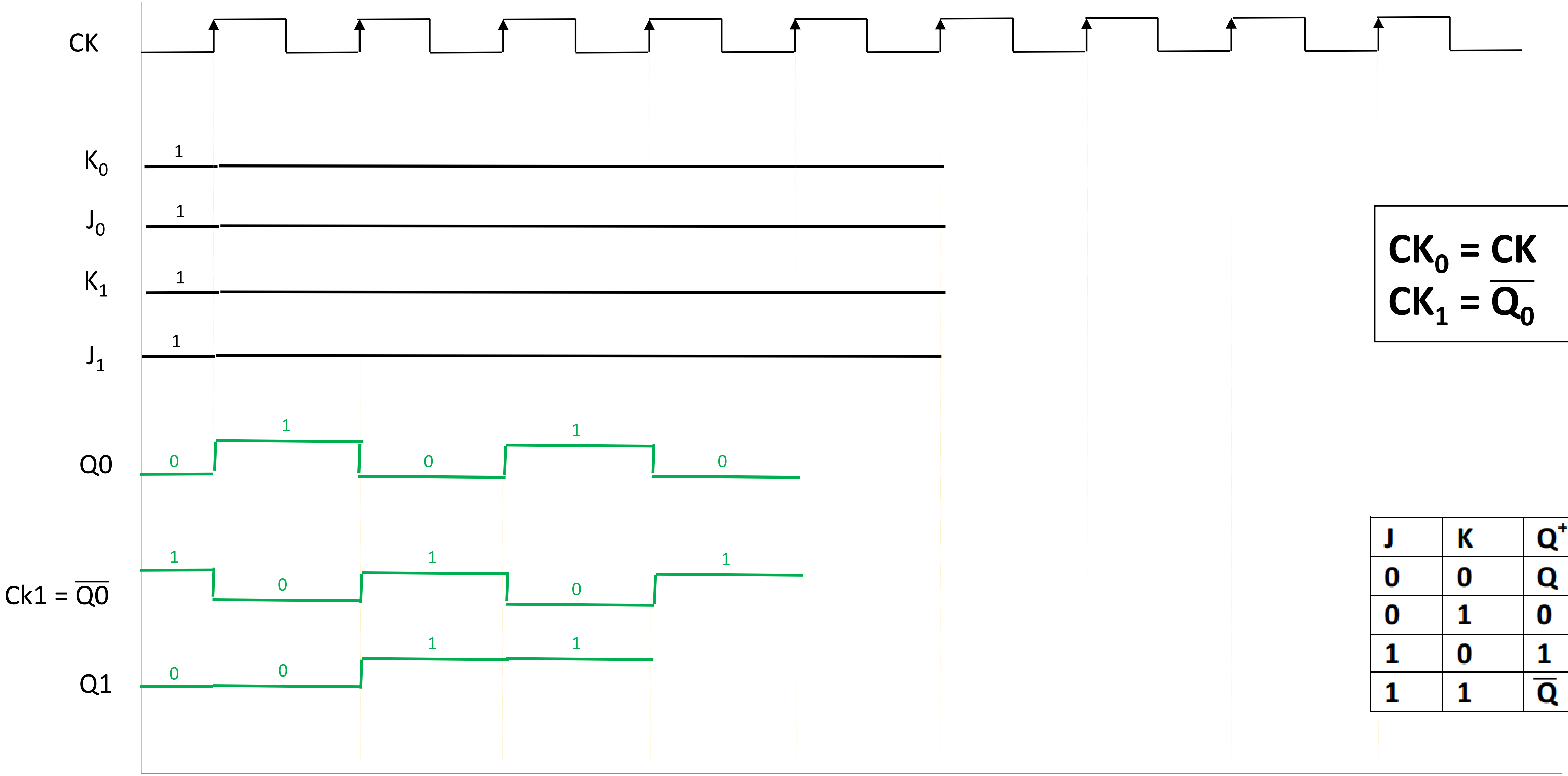


$CK_0 = CK$

$CK_1 = \overline{Q_0}$

J	K	Q^+
0	0	Q
0	1	0
1	0	1
1	1	$\overline{Q}$

Exemple 2

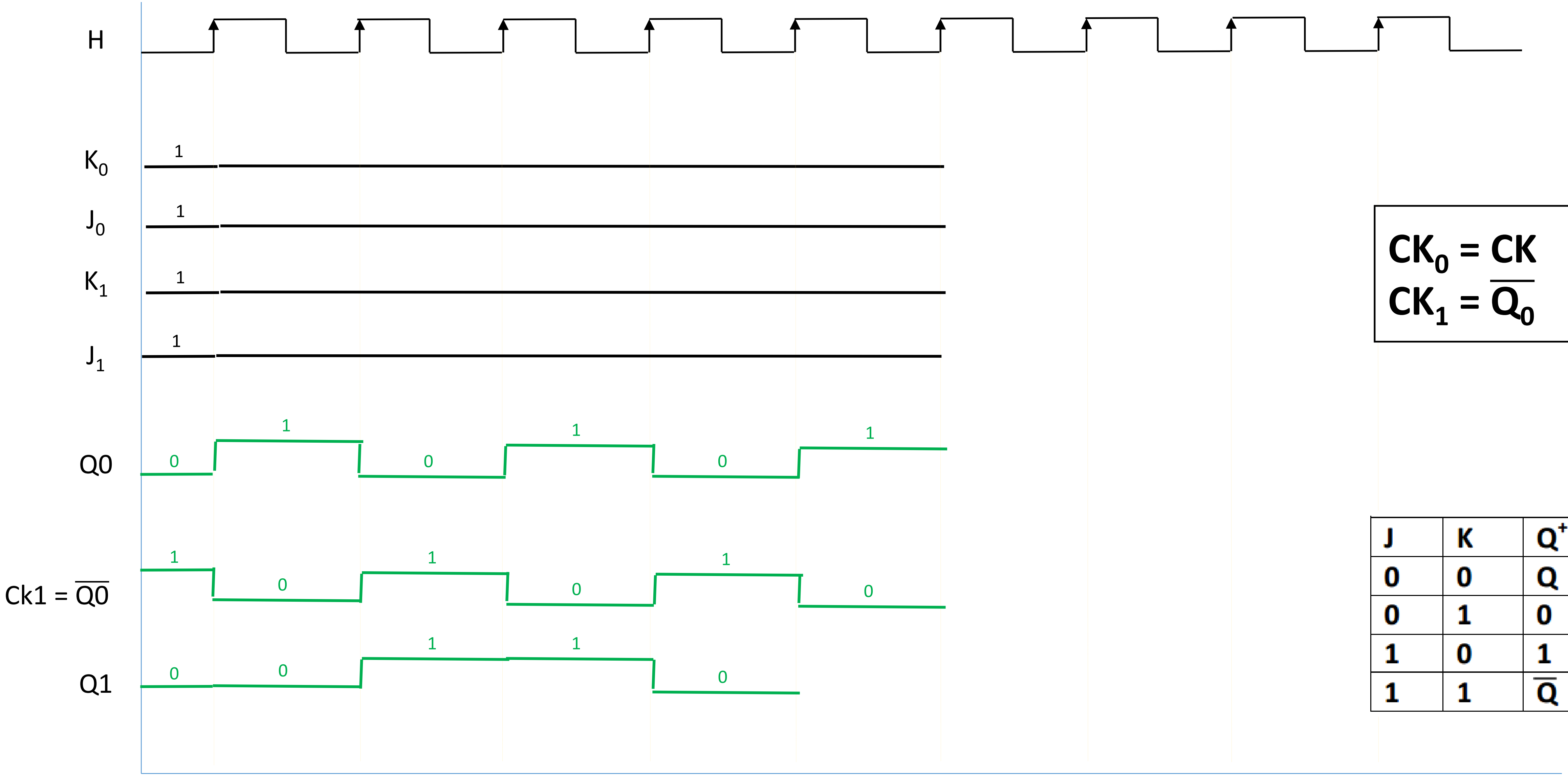


$CK_0 = CK$

$CK_1 = \overline{Q_0}$

J	K	Q^+
0	0	Q
0	1	0
1	0	1
1	1	$\overline{Q}$

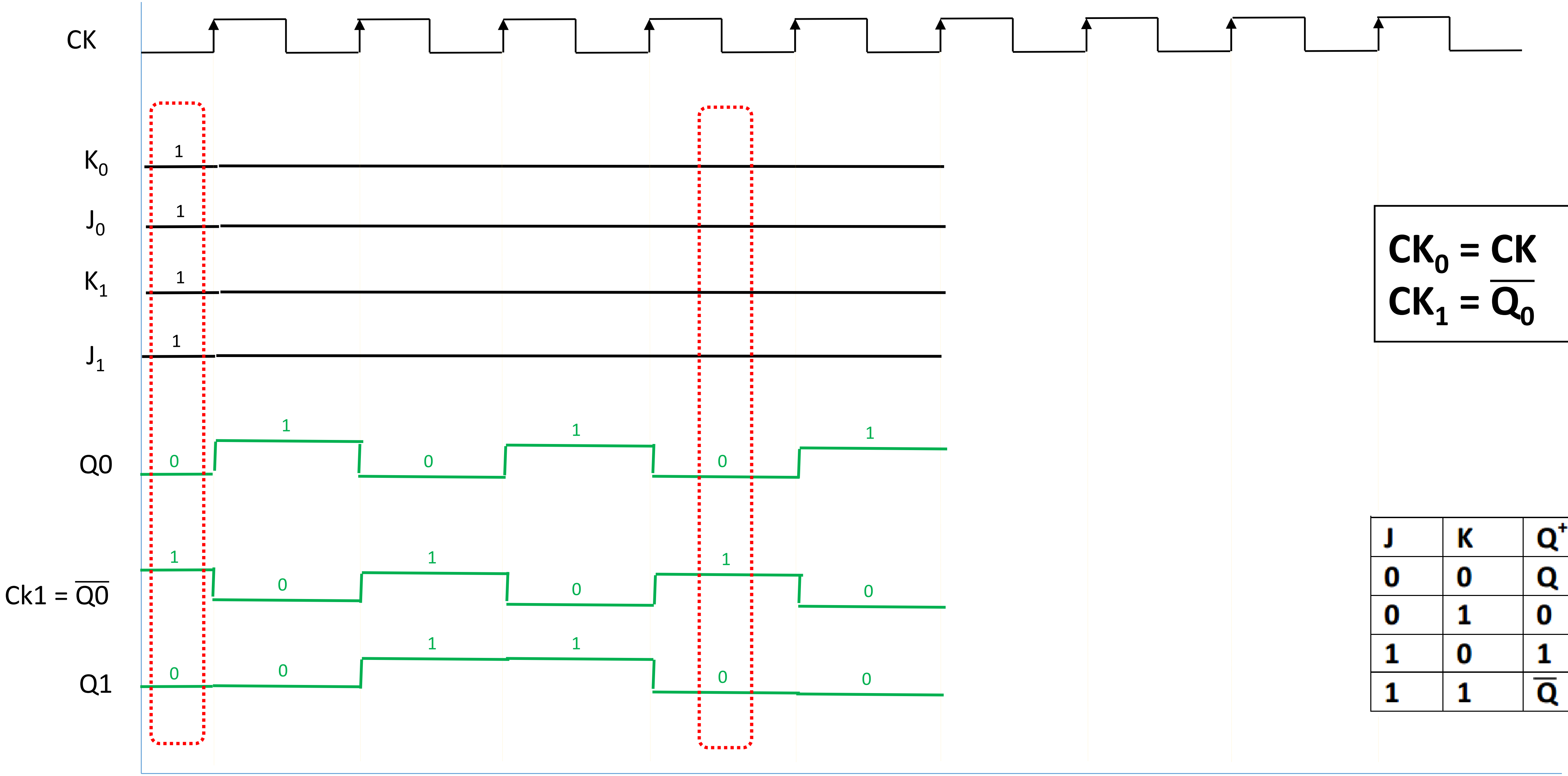
Exemple 2



$CK_0 = CK$
$CK_1 = \overline{Q_0}$

J	K	Q^+
0	0	Q
0	1	0
1	0	1
1	1	$\overline{Q}$

Exemple 2



$CK_0 = CK$

$CK_1 = \overline{Q_0}$

J	K	Q^+
0	0	Q
0	1	0
1	0	1
1	1	$\overline{Q}$

Fonctions de forçage Clear et Preset

- **Fonction Clear :**

- Clear est une fonction logique qui permet de mettre à zéro une bascule à n’importe quel moment quelque soient son état, ses entrées ou son horloge.

- **Dans un circuit séquentiel** lorsque la fonction Clear est activée, toutes les bascules affichent instantanément zéro sans tenir compte des autres entrées.

- C’est la remise à zéro du circuit

Fonctions de forçage Clear et Preset

- **<u>Fonction Preset</u>**

- Preset est une fonction logique qui permet de mettre à 1 une bascule à n'importe quel moment quelque soient son état, ses entrées ou son horloge.

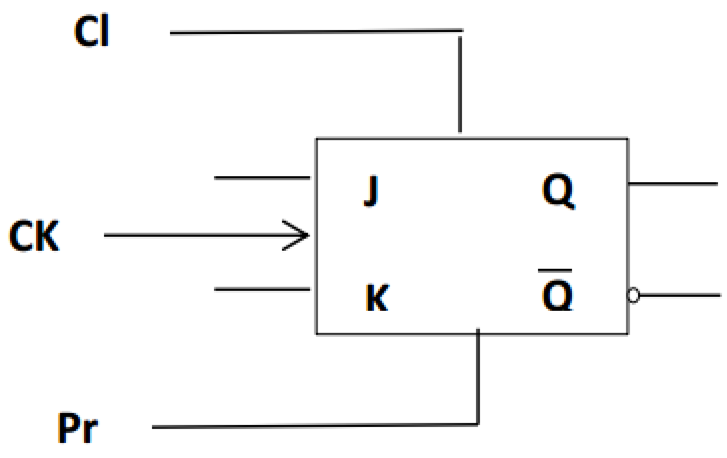
- **Dans un circuit séquentiel** lorsque la fonction Preset est activée, toutes les bascules affichent instantanément 1 sans tenir compte des autres entrées.

C'est la mise à 1 du circuit

Fonctions de forçage Clear et Preset

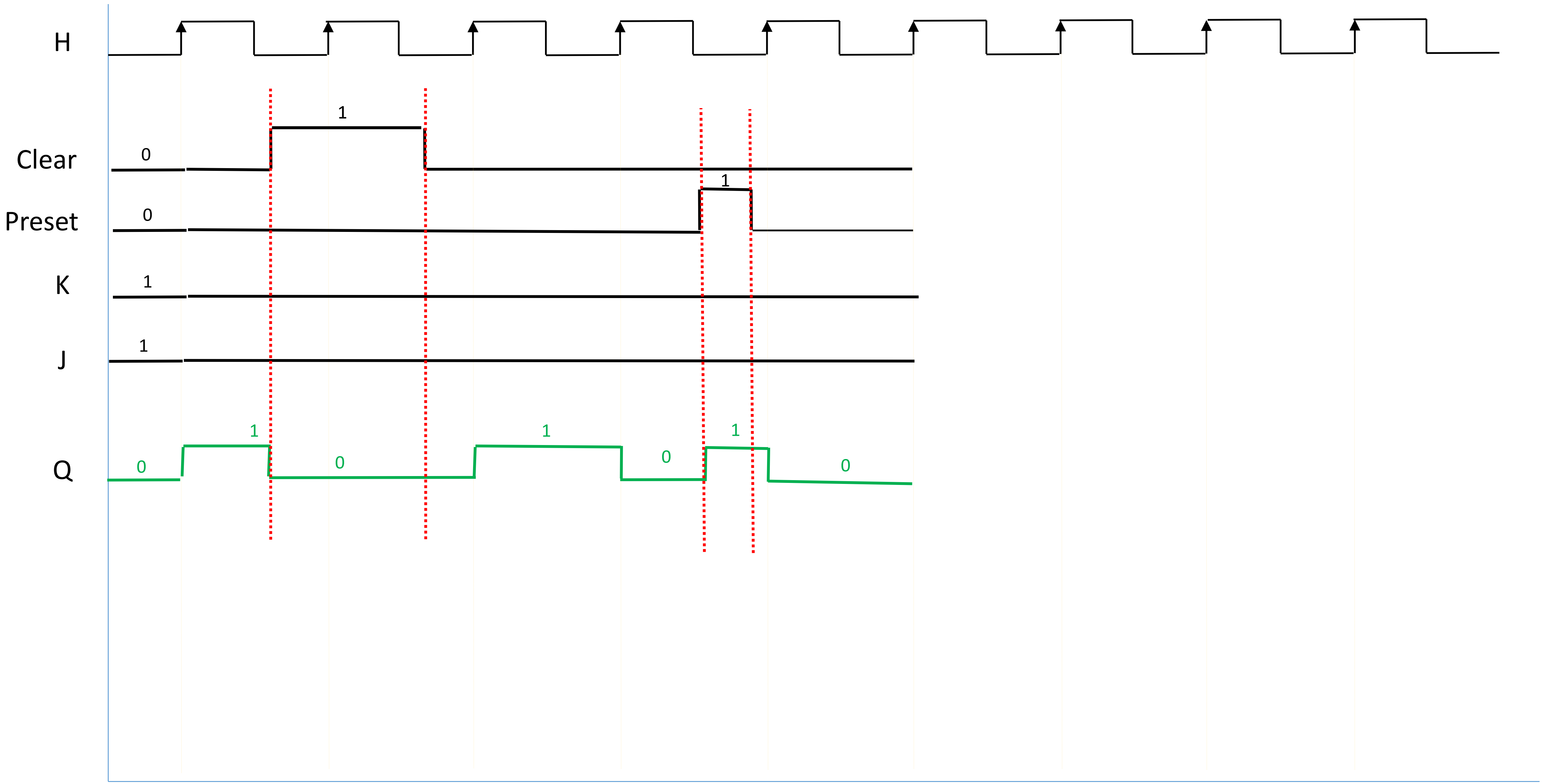
- **<u>Exemple pour une bascule JK</u>**

- Les entrées Clear et Preset forcent la bascule à se mettre à 0 ou à 1 sans tenir compte des valeurs des entrées J et K ni de l'horloge CK .



<u>Clear</u>	**<u>Preset</u>**	Q_{t+1}
0	0	Dépend de (J K) et CK
0	1	Mise à 1 $\forall$ (J K) et CK
1	0	Mise à 0 $\forall$ (J K) et CK
1	1	Interdit

Exemple 2



Ch1. La première partie

Circuits séquentiels

Analyse

Table de vérité :

a) Etablir les équations d'entrée de chaque bascule

b) Réaliser la Table de Vérité du circuit (le principe est de retrouver les Qi+ à partir des valeurs des équations d'entrée).

c) En déduire le diagramme des états d'où le rôle du circuit.

Circuits synchrones

Chronogramme :

a) Donner l'état initial de chaque bascule à l'instant (t) b) En déduire les valeurs des entrées pour chaque bascule à l'instant (t) c) A partir de ces entrées, retrouver l'état de chaque bascule à l'instant (t+1) d) (t+1) devient (t) et on recommence jusqu'à ce qu'on retrouve l'état initial

Circuits synchrones et asynchrones

Synthèse

Table de transition :

a) Etablir le diagramme des états (ou séquence) et donner le nombre de bascules nécessaires.

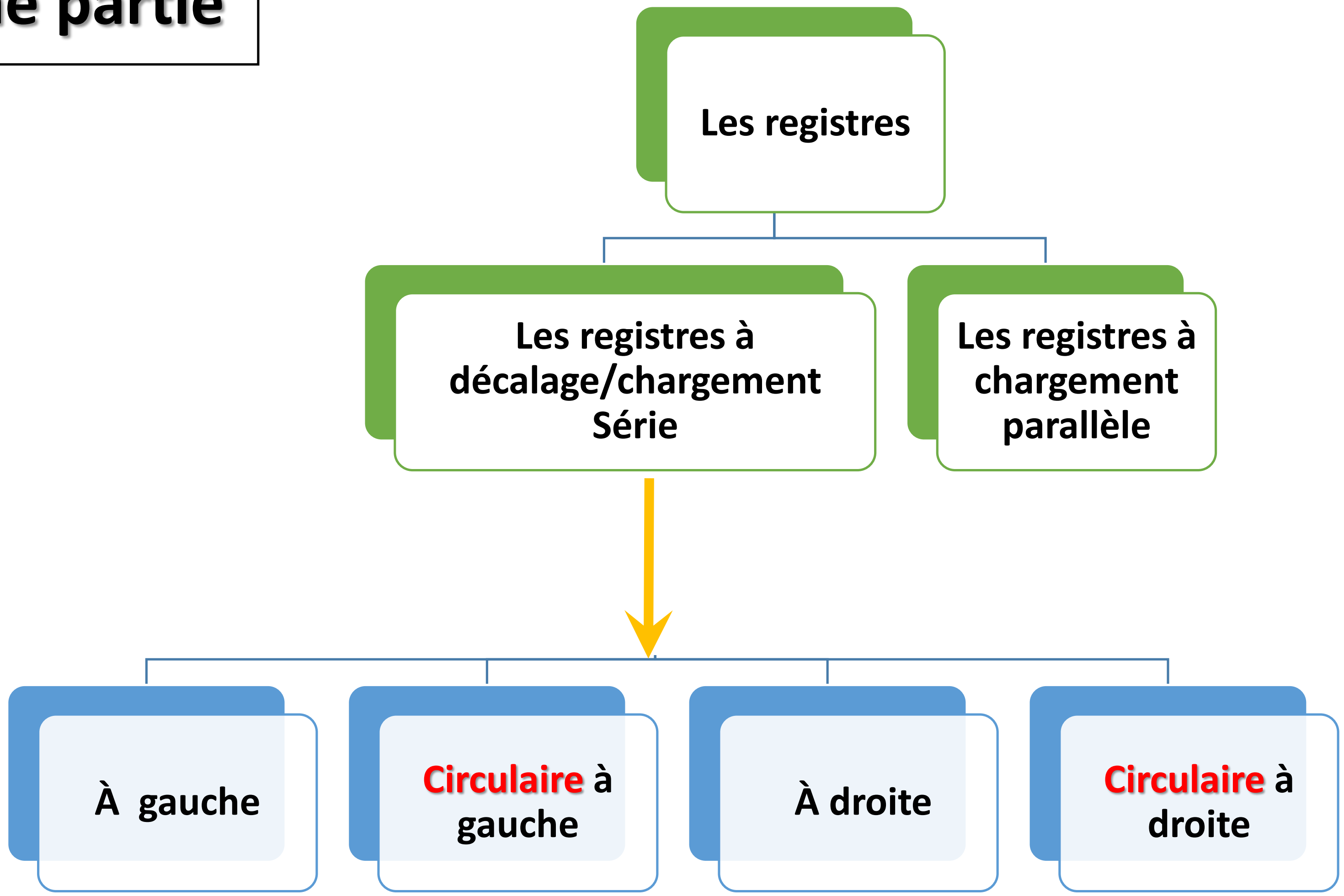
b) Réaliser la table de transition

c) En déduire les équations d'entrée aux bascules

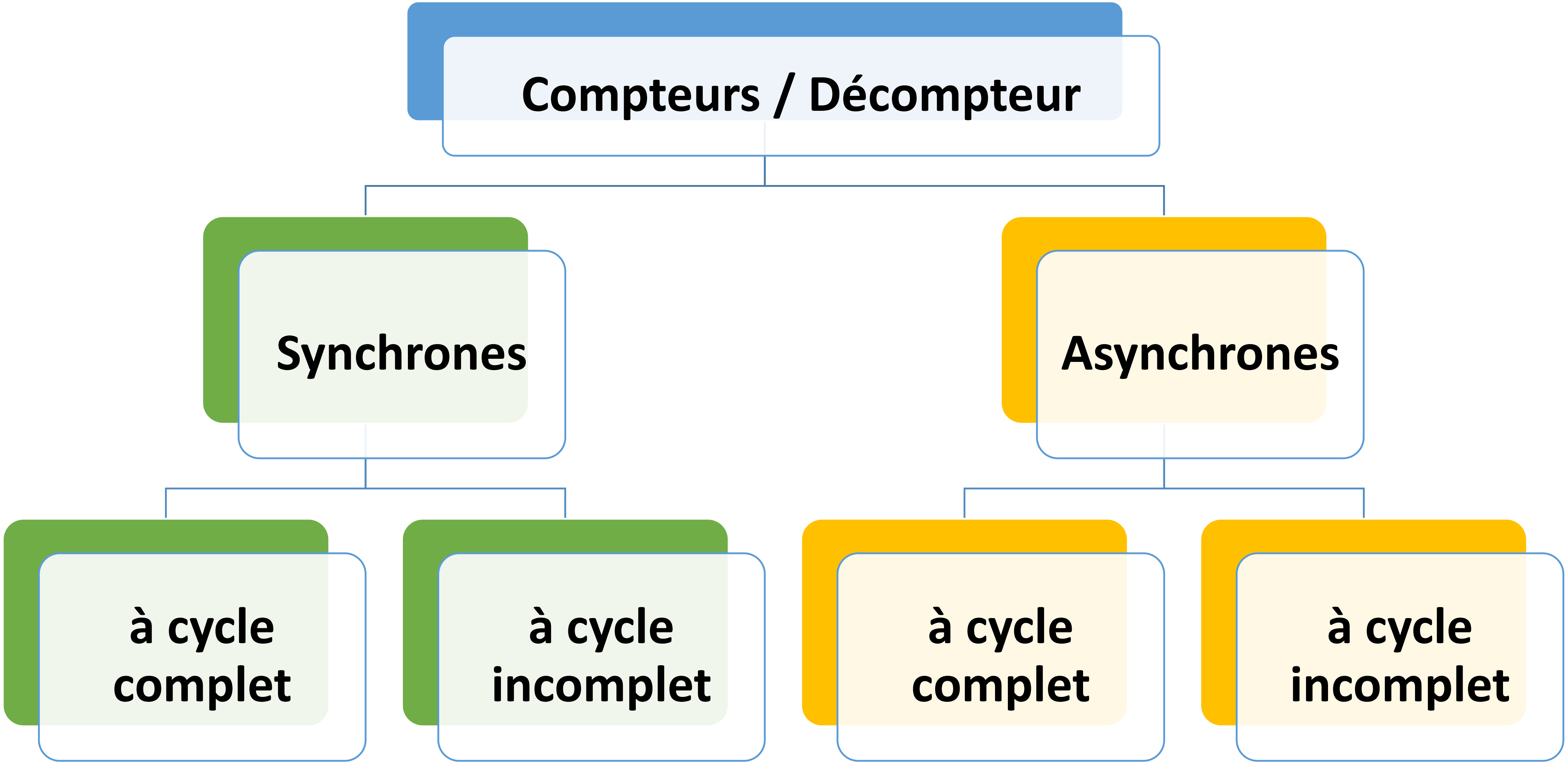
d) Réaliser le circuit correspondant

Circuits synchrones

Ch1. La deuxième partie



Ch1. La troisième partie



Les registres

Registres : Un registre est un ensemble ordonné de **n bascules** qui permet de mémoriser une information sur **n** bits.

Registres à chargement série (décalage) : Les registres à chargement série ou décalage sont des registres à entrées série et sortie série

A gauche | gauche | A droite | droite | décalage/chargement Série | chargement parallèle

bascules D (Décalage)

D	Q^+
0	0
1	1

Les registres

a) Registre à décalage à gauche (Registres à chargement série à gauche) :

Q2	Q1	Q0	E

S	Q3	Q2	Q1	Q0	**E**

L'ensemble du registre est décalé d'une position vers la gauche :

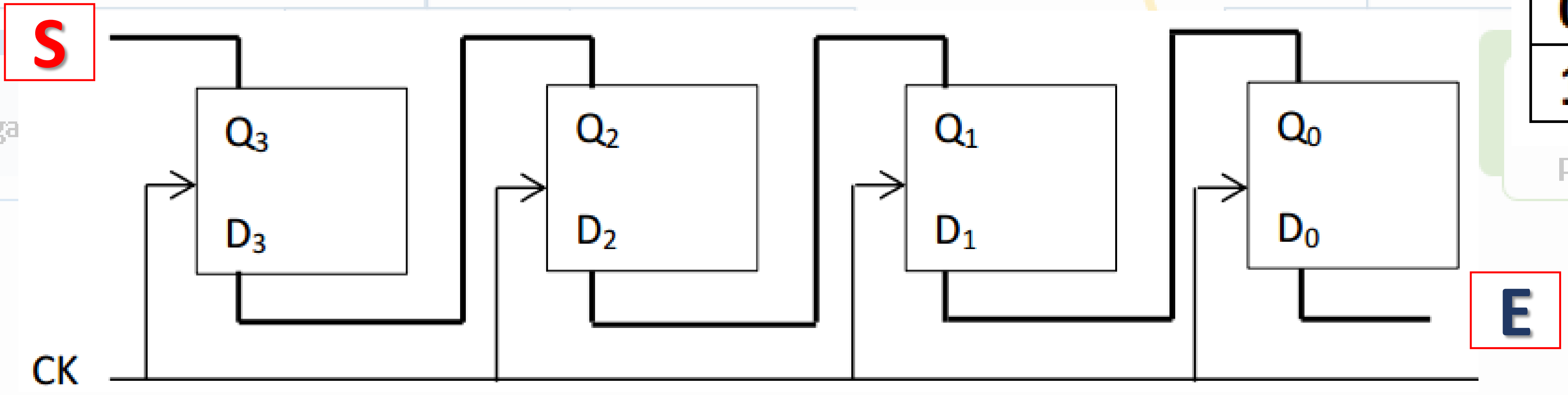
S = Q3	$Q3^{+} = Q2$	$Q2^{+} = Q1$	$Q1^{+} = Q0$	$Q0^{+} =$ **E**

Les registres

a) Registre à décalage à gauche (Registres à chargement série à gauche) :

S = Q3	D3=Q3⁺ = Q2	D2=Q2⁺ = Q1	D1=Q1⁺ = Q0	D0=Q0⁺= **E=0**

D	Q^+
0	0
1	1



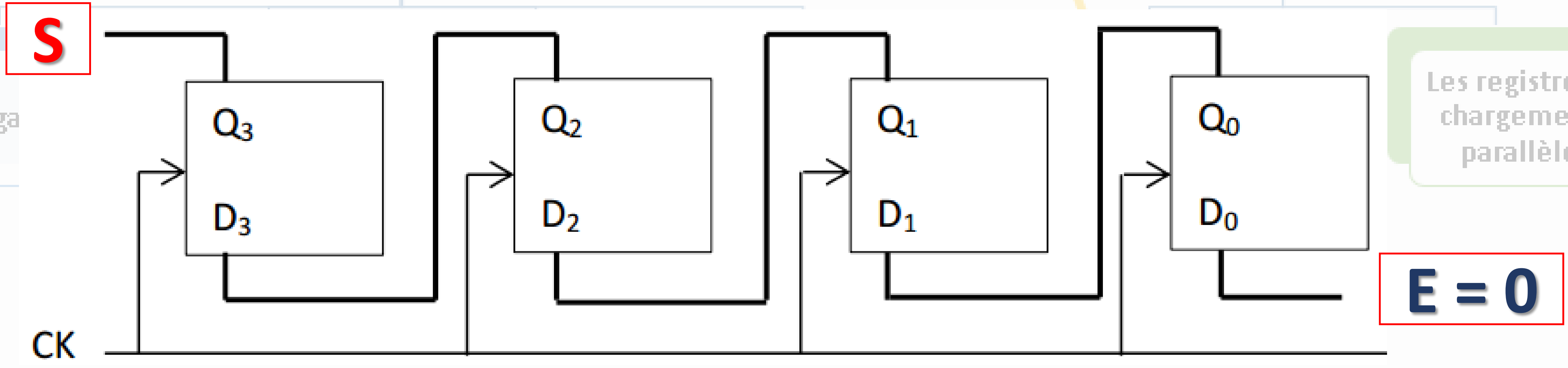
Plus généralement pour un registre de **n** bascules on a :

$D_0 = E$, $D_i = Q_{i-1}$ et $S = Q_{n-1}$

Les registres

a) Registre à décalage à gauche (Registres à chargement série à gauche) :

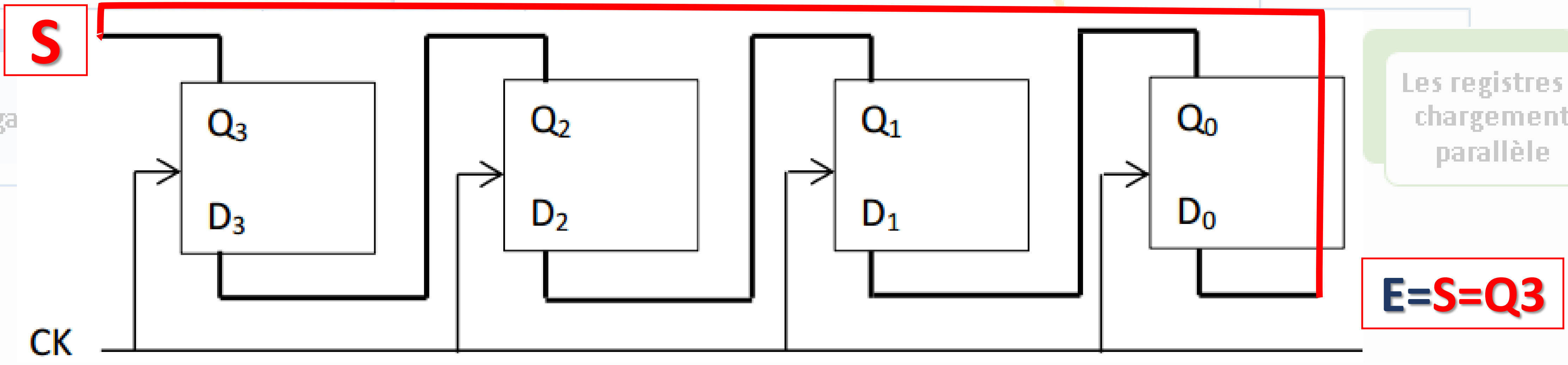
S = Q3	$Q3^+ = Q2$	$Q2^+ = Q1$	$Q1^+ = Q0$	$Q0^+$=**E=0**



Les registres

a) Registre à décalage circulaire à gauche :

$D3=Q3^{+} = Q2$	$D2=Q2^{+} = Q1$	$D1=Q1^{+} = Q0$	$D0=Q0^{+}=Q3=S$



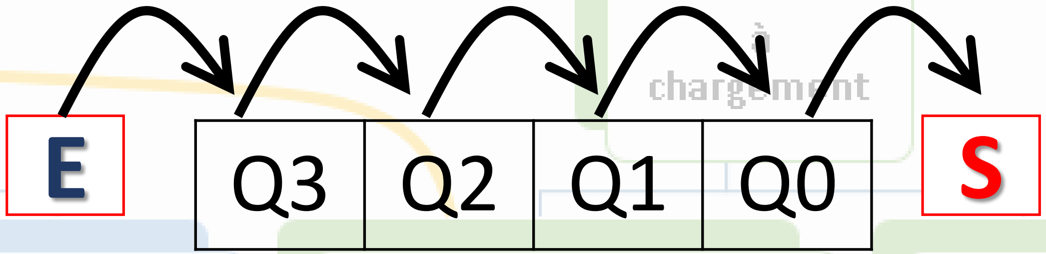
Q3	Q2	Q1	Q0
0	1	1	0

Q3+	Q2+	Q1+	Q0+
1	1	0	0

Les registres

a) Registre à décalage à droite (Registres à chargement série à droite) :

Q3	Q2	Q1	Q0



L'ensemble du registre est décalé d'une position vers la gauche :

$D3=Q3^{+}=E$	$D2=Q2^{+}=Q3$	$D1=Q1^{+}=Q2$	$D0=Q0^{+}=Q1$	$S=Q0$

Plus généralement pour un registre de **n** bascules on a :

$D_{n-1} = E$, $D_{i-1} = Q_i$ **et** $S = D_0$

D	Q^{+}
0	0
1	1

Les registres

Les registres à chargement parallèle

Le chargement d'une information donnée sur un registre consiste à donner à ce registre la valeur de cette information quelque soit son état précédent.

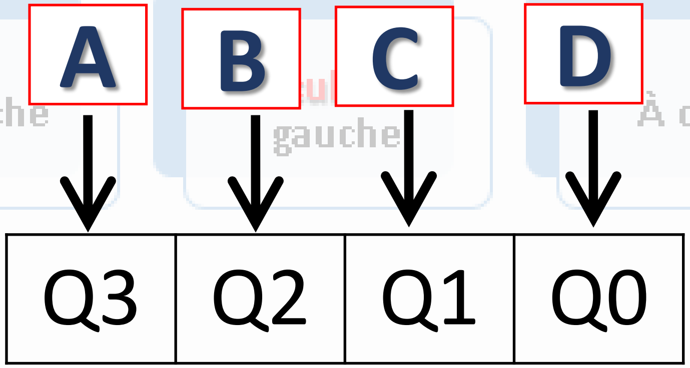
Le registre à chargement parallèle peut charger une information sur **n** bits en même temps.

Chaque bascule prend la valeur de l'information contenue dans le bit correspondant

Les registres

Les registres à chargement parallèle

Si on veut charger par exemple l'information A B C D sur un registre de 4 bits, quelque soit l'état de ce registre à l'instant t, il affichera A B C D à l'instant t+1

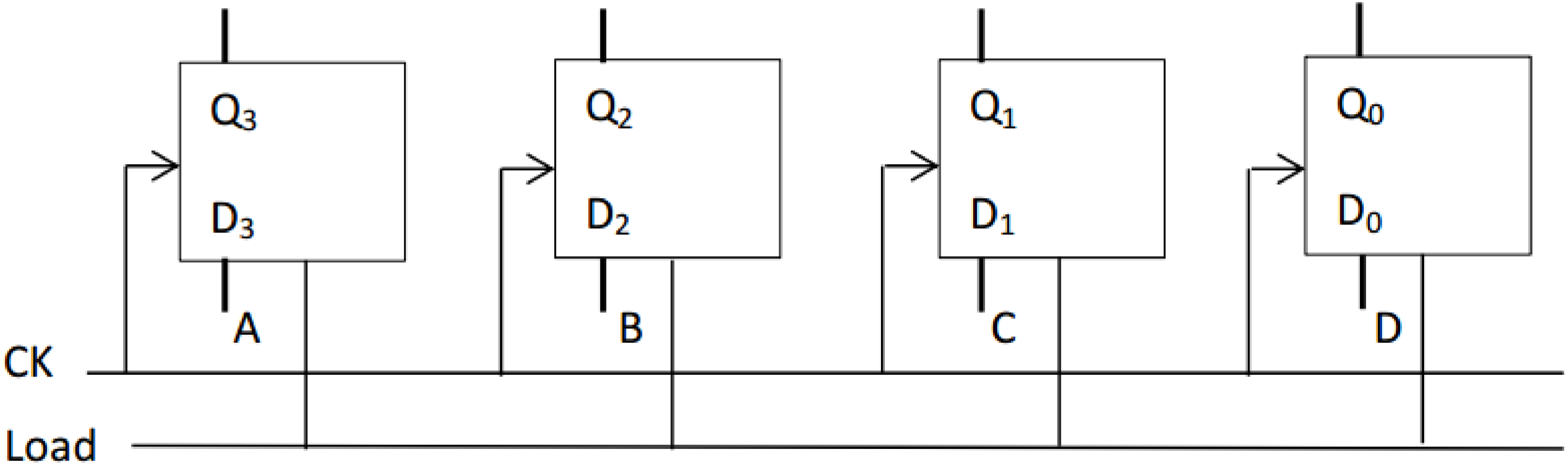


A	B	C	D

$Q3^{+}=A$	$Q2^{+} = B$	$Q1^{+} = C$	$Q0^{+} = D$

Les registres

Les registres à chargement parallèle



Si Load = 0 pas de changement Si Load = 1 chargement de l'l'information

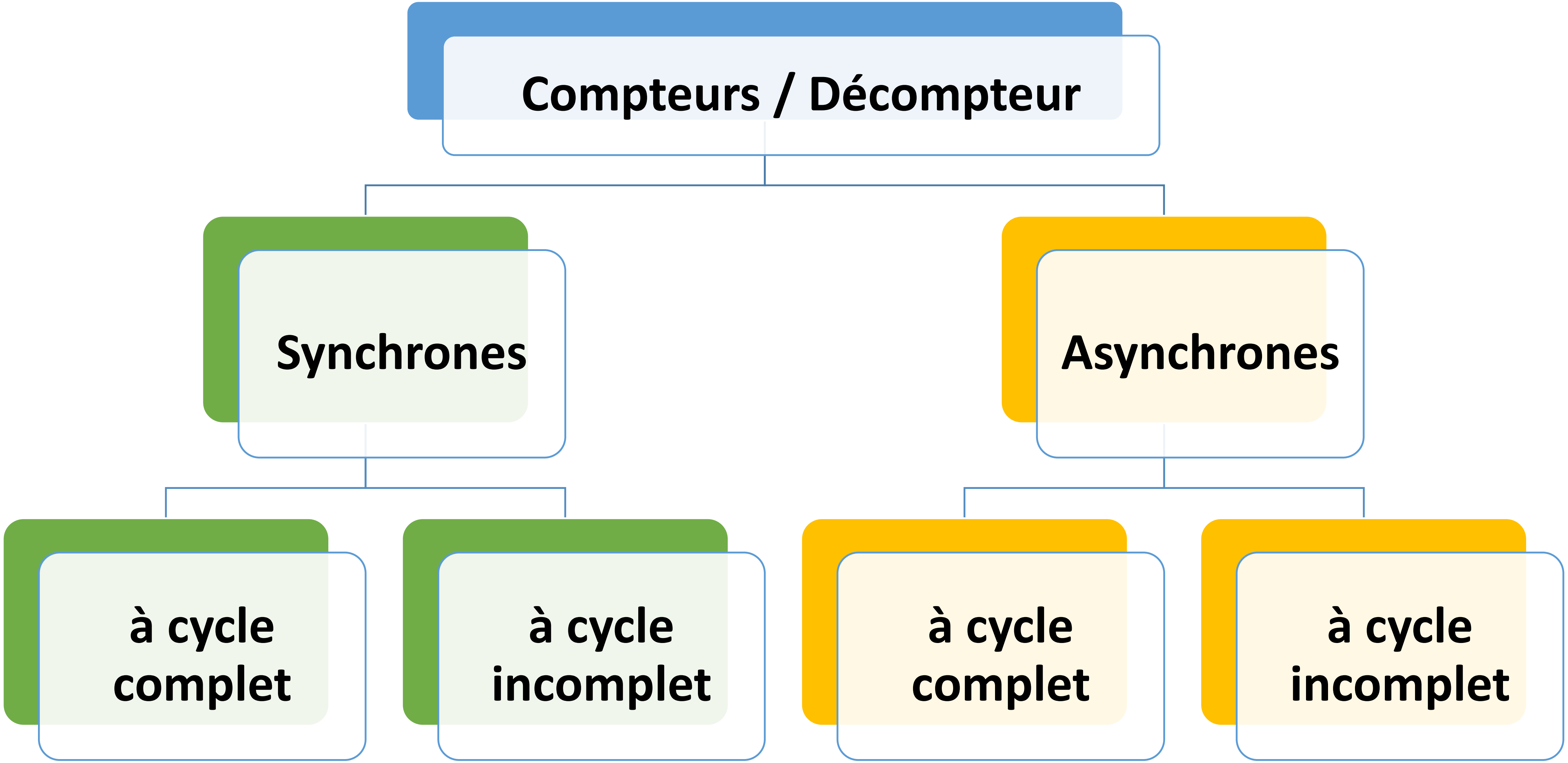
Les registres

Les registres à chargement parallèle

0	1	0	1
Q3	Q2	Q1	Q0

T+1	0	1	0	1

$Q3^{+}=0$	$Q2^{+} = 1$	$Q1^{+} = 0$	$Q0^{+} = 1$


Compteurs / Décompteur
Synchrones
Asynchrones
à cycle complet
à cycle incomplet
à cycle complet
à cycle incomplet

Les compteurs

Un compteur est un circuit séquentiel qui possède n états (0, 1, 2, ……n-1)
A chaque impulsion d'horloge il passe de l'état i à l'état i+1 et revient toujours à l'état initial.

Le modulo d'un compteur est le nombre d'états de celui-ci.
Un compteur modulo 8 par exemple est un compteur à 8 états (0, 1, 2, …7)

Il existe deux types de compteurs, les compteurs synchrones et les compteurs asynchrones.

Les compteurs

Les compteurs synchrones

Un compteur synchrone est un compteur ou toutes les bascules possèdent la même horloge.

Le nombre de bascules d'un compteur modulo n est égal à **p** si $\mathbf{2^{p-1} < n \leq 2^p}$

P est la puissance de 2 qui est immédiatement supérieure à n

Par exemple le nombre de bascules d'un compteur modulo 6 est **3** car $\mathbf{2^2 < 6 <= 2^3}$

Les compteurs

Compteur synchrone à cycle complet

Un compteur à cycle complet est un compteur modulo n tel que **$n = 2^p$**

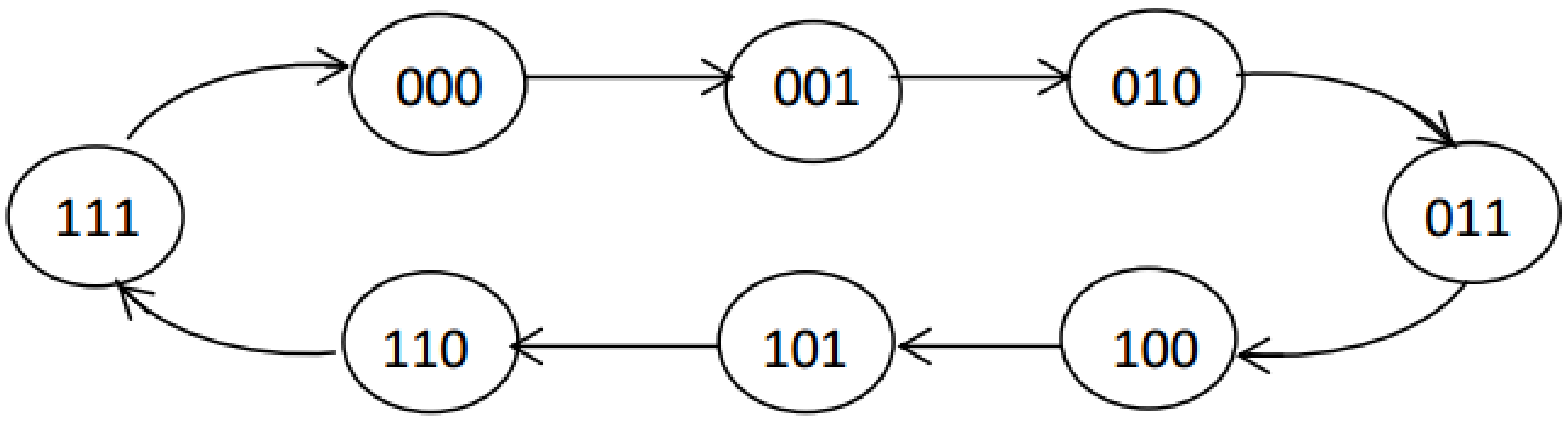
Par exemple le compteur modulo 8 et le compteur modulo 16 sont des compteurs à cycle complet. $8 = 2^3$

Exemple : Réalisation d'un compteur modulo 8 à l'aide de bascules JK

Les compteurs

Exemple : Réalisation d’un compteur modulo 8 à l’aide de bascules JK

N=8 ➔ $8 = 2^3$



Les compteurs

Table de transition

$Q_2\ Q_1\ Q_0$	$Q_2^+\ Q_1^+\ Q_0^+$	$J_2\ K_2$	$J_1\ K_1$	$J_0\ K_0$
0 0 0	0 0 1	0 X	0 X	1 X
0 0 1	0 1 0	0 X	1 X	X 1
0 1 0	0 1 1	0 X	X 0	1 X
0 1 1	1 0 0	1 X	X 1	X 1
1 0 0	1 0 1	X 0	0 X	1 X
1 0 1	1 1 0	X 0	1 X	X 1
1 1 0	1 1 1	X 0	X 0	1 X
1 1 1	0 0 0	X 1	X 1	X 1

Equations d'entrée :

$J_0 = 1$
$K_0 = 1$

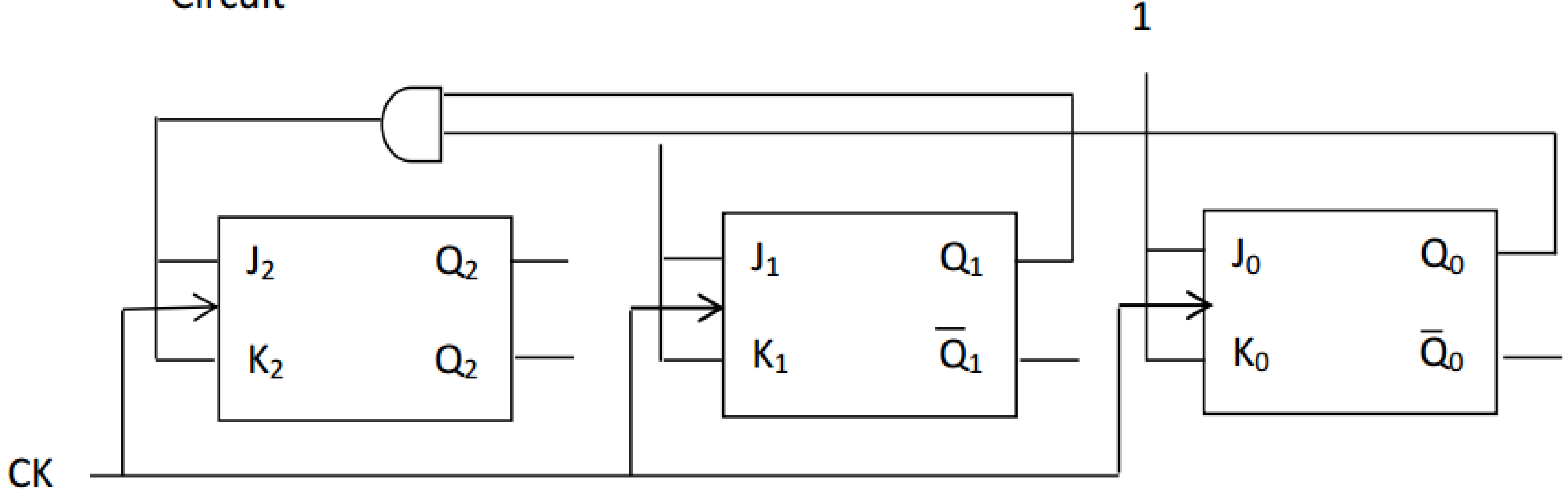
$J_1 = Q_0$
$K_1 = Q_0$

$J_2 = Q_0Q_1$
$K_2 = Q_0Q_1$

Les compteurs

Compteurs / Décompteur

Circuit



complet

incomplet

complet

incomplet

Les compteurs

Dans un cas plus général on aura :

$$J_0 = 1$$
$$K_0 = 1$$

$$J_i = Q_0 Q_1 \ldots\ldots Q_{j-1}$$
$$K_i = Q_0 Q_1 \ldots\ldots Q_{j-1}$$

J0 =1 k0 =1
J1 =Q0 K1=Q0
J2 = K2 = Q0Q1
J3 = K3 = Q0Q1Q2
J4=K4 = Q0Q1Q2Q3

à cycl
compl

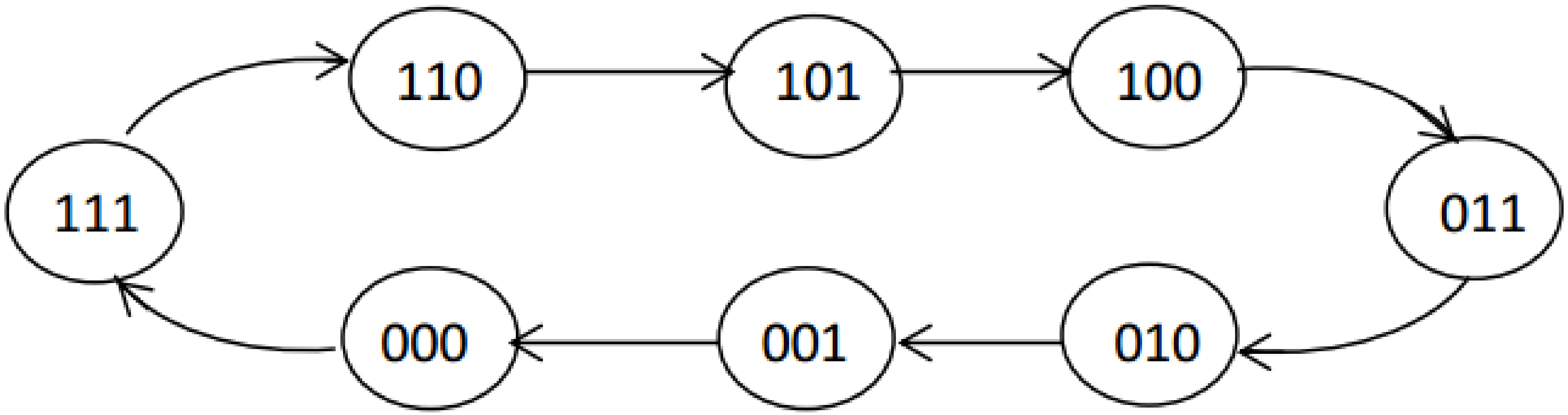
à cycle
incomplet

Les compteurs

Décompteur synchrone à cycle complet

Un décompteur à cycle complet est un décompteur modulo n tel que **n = 2^p** ,
il passe de l'état **i** à l'état **i-1** et revient toujours à l'état **n-1**.

Exemple : Réalisation d'un décompteur modulo 8 à l'aide de bascules JK



Les compteurs

Table de transition

Q_2 Q_1 Q_0	Q_2^+ Q_1^+ Q_0^+	J_2 K_2	J_1 K_1	J_0 K_0
0 0 0	1 1 1	1 X	1 X	1 X
0 0 1	0 0 0	0 X	0 X	X 1
0 1 0	0 0 1	0 X	X 1	1 X
0 1 1	0 1 0	0 X	X 0	X 1
1 0 0	0 1 1	X 1	1 X	1 X
1 0 1	1 0 0	X 0	0 X	X 1
1 1 0	1 0 1	X 0	X 1	1 X
1 1 1	1 1 0	X 0	X 0	X 1

Equations d'entrée

$J_0 = 1$

$K_0 = 1$

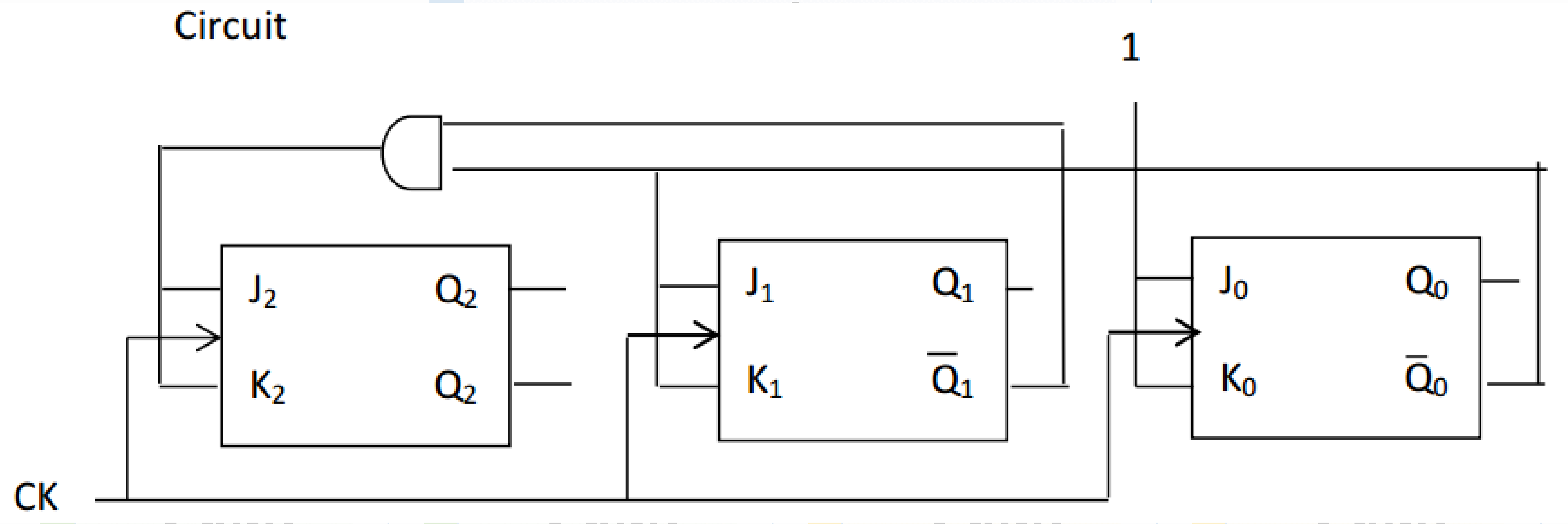
$J_1 = \overline{Q_0}$

$K_1 = \overline{Q_0}$

$J_2 = \overline{Q_0}\,\overline{Q_1}$

$K_2 = \overline{Q_0}\,\overline{Q_1}$

Les compteurs



a cycle complet

a cycle incomplet

a cycle complet

a cycle incomplet

Les compteurs

Dans un cas plus général on aura :

$$J_0 = 1$$
$$K_0 = 1$$

$$J_i = \overline{Q_0}\,\overline{Q_1}\ldots\overline{Q_{j-1}}$$
$$K_i = \overline{Q_0}\,\overline{Q_1}\ldots\overline{Q_{j-1}}$$

J0 =1 k0 =1
J1 =/Q0   K1=/Q0
J2K2 = /Q0/Q1
J3=K3 = /Q0/Q1/Q2

J5 = K5 = /Q0/Q1/Q2/Q3/Q4

Les compteurs

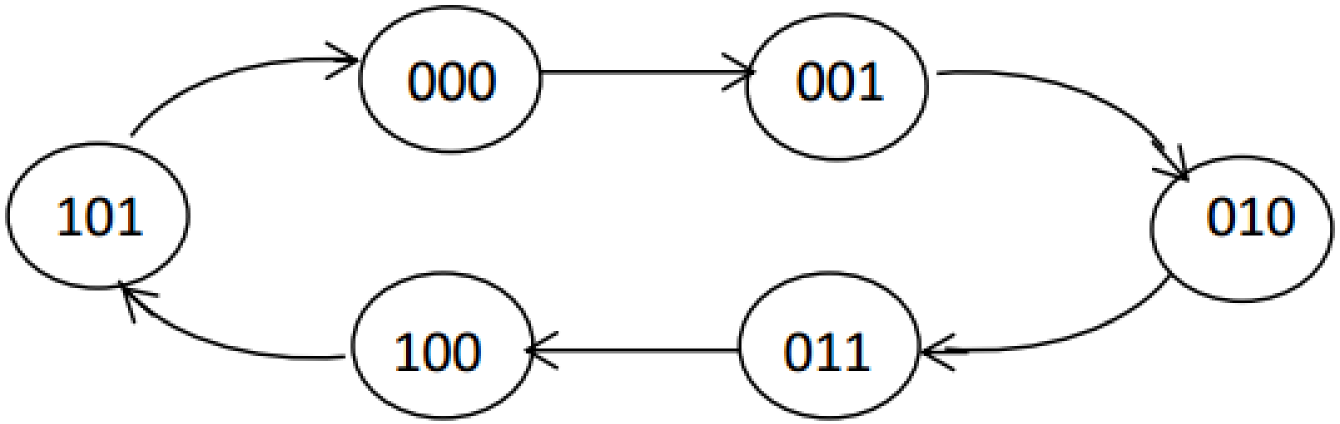
Compteur synchrone à cycle incomplet

Un compteur à cycle incomplet est un compteur à n états tel que $\mathbf{2^{p-1} < n < 2^p}$

(n n’est pas une puissance de 2).

Le nombre de bascules de ce compteur est égal à **p**

Exemple : Le compteur modulo 6 : $4=2^2 < \mathbf{6} < 8=2^3$



Les compteurs

Table de transition

Q_2 Q_1 Q_0	Q_2^+ Q_1^+ Q_0^+	J_2 K_2	J_1 K_1	J_0 K_0
0 0 0	0 0 1	0 X	0 X	1 X
0 0 1	0 1 0	0 X	1 X	X 1
0 1 0	0 1 1	0 X	X 0	1 X
0 1 1	1 0 0	1 X	X 1	X 1
1 0 0	1 0 1	X 0	0 X	1 X
1 0 1	0 0 0	X 1	0 X	X 1
1 1 0	X X X	X X	X X	X X
1 1 1	X X X	X X	X X	X X

Equations d'entrée :

$J_0 = 1$

$K_0 = 1$

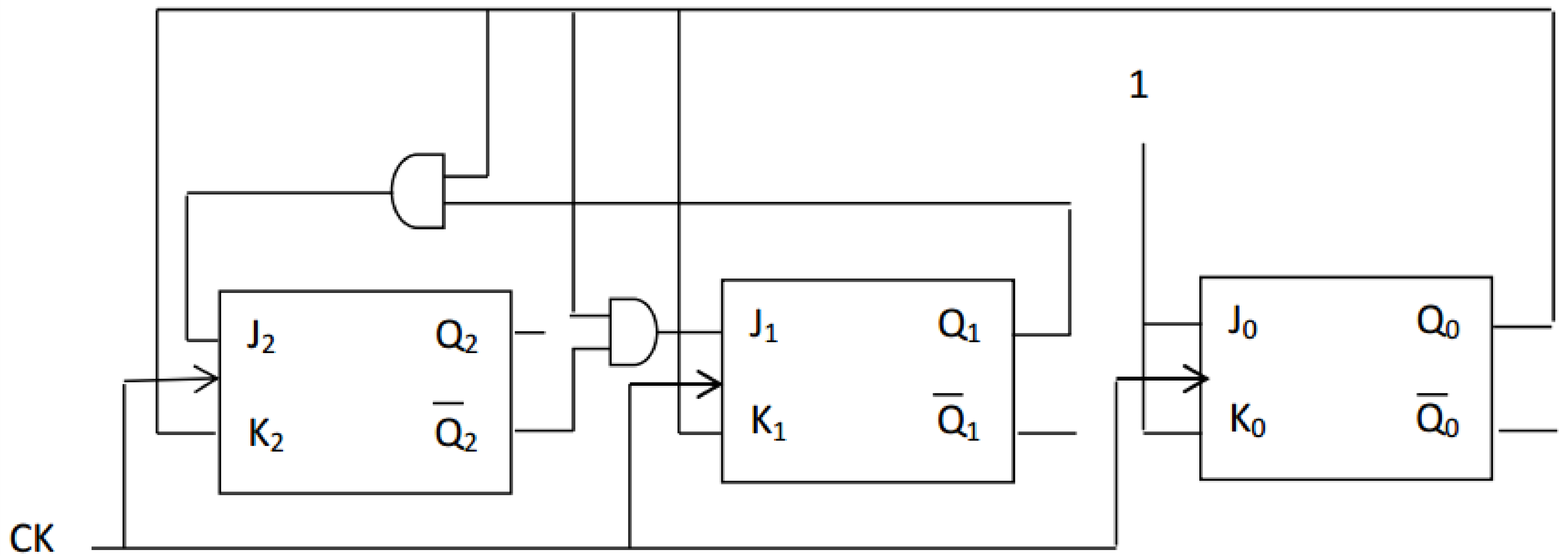
$J_1 = \overline{Q_2}Q_0$

$K_1 = Q_0$

$J_2 = Q_1Q_0$

$K_2 = Q_0$

Les compteurs



à cycle complet

à cycle incomplet

à cycle complet

à cycle incomplet

Les compteurs

Les compteurs asynchrones

Un compteur asynchrone est un circuit séquentiel ou toutes les bascules n’ont pas la même horloge.
L’horloge de chaque bascule dépend de la sortie de la bascule qui la précède.

Les entrées des bascules sont conçues de telle sorte que leurs sorties soient inversées à chaque impulsion d’horloge ;
par exemple pour les bascules JK on prendra J = 1 et K = 1 (Qt+1 = Qt)

Pour réaliser le circuit d’un compteur asynchrone, on trace son chronnogramme puis on en déduit le circuit

Les compteurs

Compteur asynchrone à cycle complet

Comme le compteur synchrone, le compteur asynchrone à cycle complet est un compteur modulo n tel que $n = 2^p$

Exemple : compteur asynchrone modulo 8 avec horloge à front montant.
Pour un compteur modulo 8 on a besoin de 3 bascules car $8 = 2^3$

Le compteur est asynchrone donc on a :
$J_2 = K_2 = 1$ $J_1 = K_1 = 1$ $J_0 = K_0 = 1$

000 -> 001 -> 010 -> 011 -> 100 -> 101->110 -111 ->000

Les compteurs

Réalisation du chronogramme

1) Tracer les fonctions Q0 Q1 Q2 qui réalisent la séquence du compteur.

2) Déterminer les horloges de chaque fonction Qi

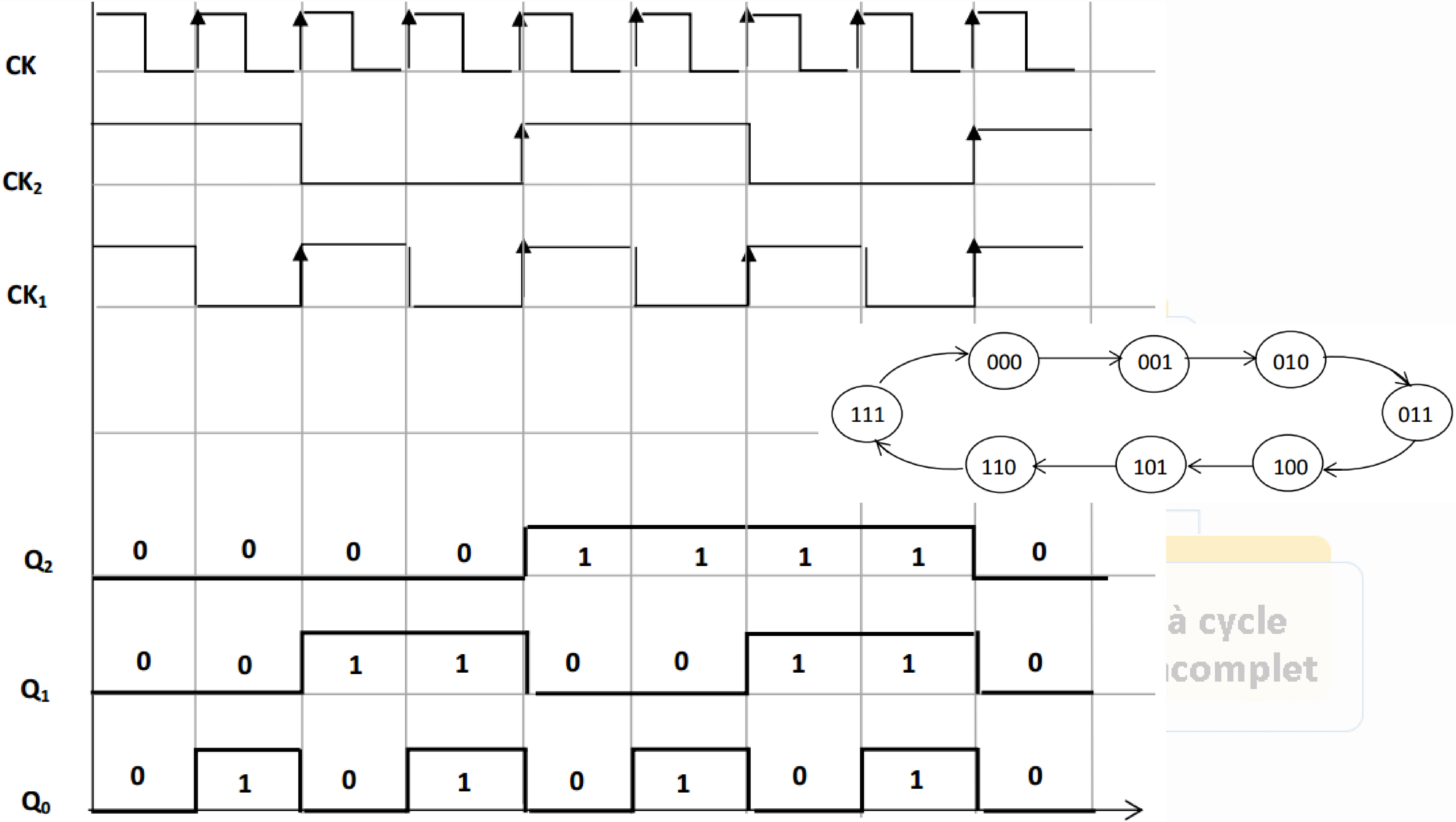
- Le changement d'état de Q0 se fait à chaque impulsion d'horloge donc CK0 = CK

- Le changement d'état de Q1 se fait toutes les 2 périodes donc on aura un front montant d'horloge toutes les 2 périodes ; cette horloge correspond à Q0 donc CK1 = Q0

- Le changement d'état de Q2 se fait toutes les 4 périodes donc on aura un front montant d'horloge toutes les 4 périodes ; cette horloge correspond à Q1 donc CK2 = Q1

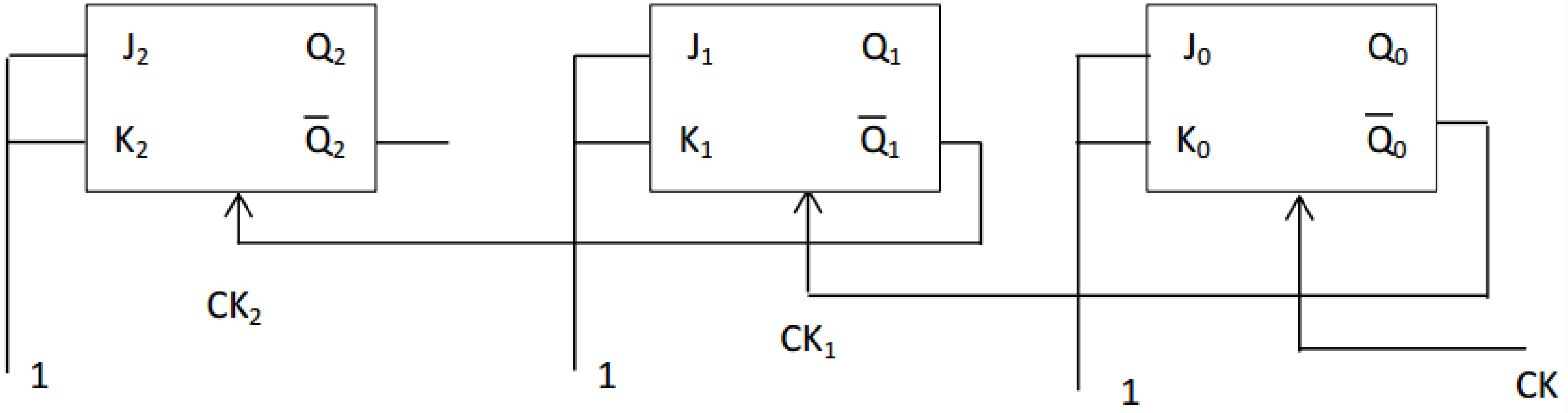
Pour un compteur asynchrone modulo 8 on aura donc :

CK0 = CK   CK1 = $\overline{Q0}$ CK2 = $\overline{Q1}$



à cycle
complet

Circuit



Pour un compteur asynchrone de N bascules avec horloge à front montant on aura :

$CK_0 = CK$ et $CK_i = \overline{Q_{i-1}}$

Les compteurs

Décompteur asynchrone à cycle complet

On utilise la même méthode que pour le compteur.
Pour un décompteur asynchrone de N bascules avec horloge à front montant

on aura :
$CK_0 = CK$ et $CK_i = Q_i$

à cycle complet

à cycle incomplet

à cycle complet

à cycle incomplet

Compteur asynchrone à cycle incomplet

Un compteur à cycle incomplet est un compteur à n états tel que $\mathbf{2^{p-1} < n < 2^p}$ (**n** n'est pas une puissance de 2).
Le nombre de bascules de ce compteur est égal à **p**
Le principe consiste à remettre le compteur à zéro dès qu'il arrive à n-1

Exemple : Le compteur modulo 6 (0→5) $4=2^2 < \mathbf{6} < 8=2^3$
Le compteur est doté d'une fonction Clear qui le remet à zéro dès qu'il arrive à 5

Les compteurs

Q_2 Q_1 Q_0	Q_2^+ Q_1^+ Q_0^+	Clear
0 0 0	0 0 1	0
0 0 1	0 1 0	0
0 1 0	0 1 1	0
0 1 1	1 0 0	0
1 0 0	1 0 1	0
1 0 1	**0 0 0**	**1**
1 1 0	X X X	0
1 1 1	X X X	0

Le compteur se remet à zéro lorsqu'il arrive à 5.

La fonction Clear est donc activée lorsque le compteur arrive à 5.

L'équation de la fonction Clear est donnée par la table de vérité :

Clear = $Q2\,\overline{Q1}\,Q0$

Les compteurs

Circuit :