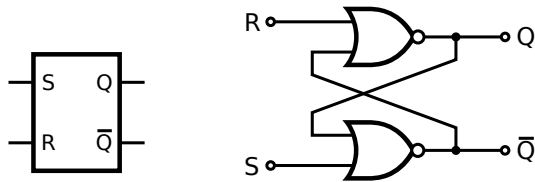


Architecture des ordinateurs - TD 08

1 Logique asynchrone

1.1 Bascule SR

Voici le diagramme d'une bascule SR ainsi que son implémentation avec deux portes NOR.



1. Écrire la table de vérité pour R, S, Q et \bar{Q} . Attention certains états peuvent être indéterminés.

	S	R	Q	\bar{Q}
	0	0	Q	\bar{Q}
Solution:	0	1	0	1
	1	0	1	0
	1	1	0	0

Attention le dernier état est interdit :

- Il viole la convention $Q = \text{not } \bar{Q}$
- Le passage de 1,1 à 0,0 peut mettre la bascule dans un état indéterminé.

2. Soit Q l'état actuel d'une bascule et Q^+ l'état suivant. Écrire la table de vérité reliant Q, Q^+, S et R .
3. Trouver l'équation logique minimale pour cette table de vérité ($f(Q, S, R) = Q^+$). (Utilisez la méthode de votre choix : Karnaugh, etc.) Cette équation est l'équation caractéristique de la bascule SR.
4. Expliquer le fonctionnement de la bascule SR avec des mots.

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

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

5. Expliquer le fonctionnement de la bascule SR avec des mots.

Solution: Dans une bascule SR, soit le bit d'entrée S (pour Set) est à 1, ce qui force le passage à 1 de la sortie Q , soit le bit d'entrée R (pour Reset) est à 1, ce qui force le passage à 0 de Q . Les entrées S et R ne peuvent être mises à 1 simultanément. Si elles sont toutes les 2 à 0, la sortie conserve son état précédent.

1.2 Bascule GL

1. Une bascule GL se comporte de la manière suivante : si $G = 0$, la bascule ne change pas d'état. Si $G = 1$, le prochain état de la bascule est égal à la valeur de L. Concevez une bascule GL à partir d'une bascule SR.

Solution:

La bascule GL a pour équation caractéristique :

$$Q^+ = \bar{G}.Q + G.L$$

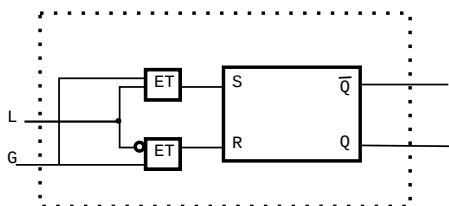
Construisons la table de vérité d'une bascule GL. On rajoute alors les colonnes S et R, que l'on remplit de manière à satisfaire $Q \rightarrow Q^+$ (il suffit de consulter la table de caractéristique de la bascule SR).

G	L	Q	Q+		S	R
0	0	0	0		0	X
0	0	1	1		X	0
0	1	0	0		0	X
0	1	1	1		X	0
1	0	0	0		0	X
1	0	1	0		0	1
1	1	0	1		1	0
1	1	1	1		X	0

On veut fabriquer une bascule GL à partir d'une bascule SR. Il faut donc trouver les fonction $S(G, L, Q)$ et $R(G, L, Q)$. Pour cela on peut utiliser la méthode de Karnaugh :

S	LQ\G	0	1	R	LQ\G	0	1
	00	0	0		00	X	X
	01	X	0		01	0	1
	11	X	X		11	0	0
	10	0	1		10	X	0

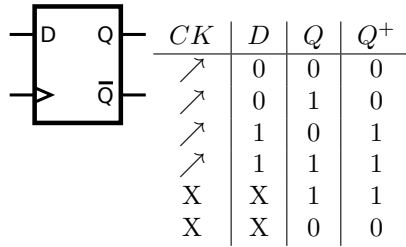
$$S = GL \text{ et } R = G\bar{L}$$



2 Logique synchrone

2.1 Bascule D

La bascule D est commandée par les entrées D et un signal d'horloge CK (figuré par un petit triangle). La table de vérité pour la bascule D est donnée ci-dessous :



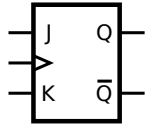
1. Donner son équation caractéristique et expliquer son fonctionnement avec des mots.

Solution:

$$Q^+ = D.(CK \nearrow)$$

2.2 Bascule JK

La bascule JK est commandée par les entrées J , K et un signal d'horloge CK .
Lorsque le signal d'horloge est en front montant :



- $JK = 00$: hold, rien ne change
- $JK = 01$: reset, $Q^+ = 0$
- $JK = 10$: set, $Q^+ = 1$
- $JK = 11$: toggle, $Q^+ = \bar{Q}$

1. Donner l'équation caractéristique de JK sur un front montant de CK .

Solution:

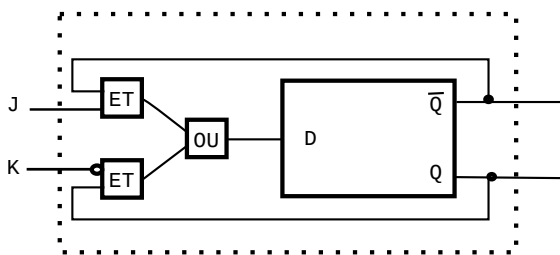
$$Q^+ = J\bar{Q} + \bar{K}Q$$

2.3 Exercices

1. Fabriquez une bascule JK avec horloge en utilisant uniquement une bascule D et des portes logiques élémentaires.

Solution:

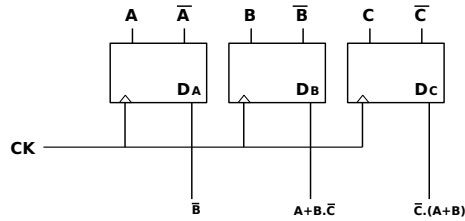
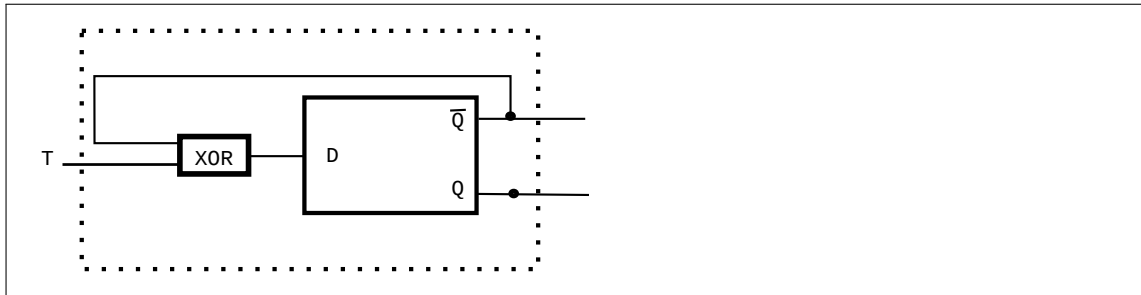
$$D = J\bar{Q} + \bar{K}Q$$



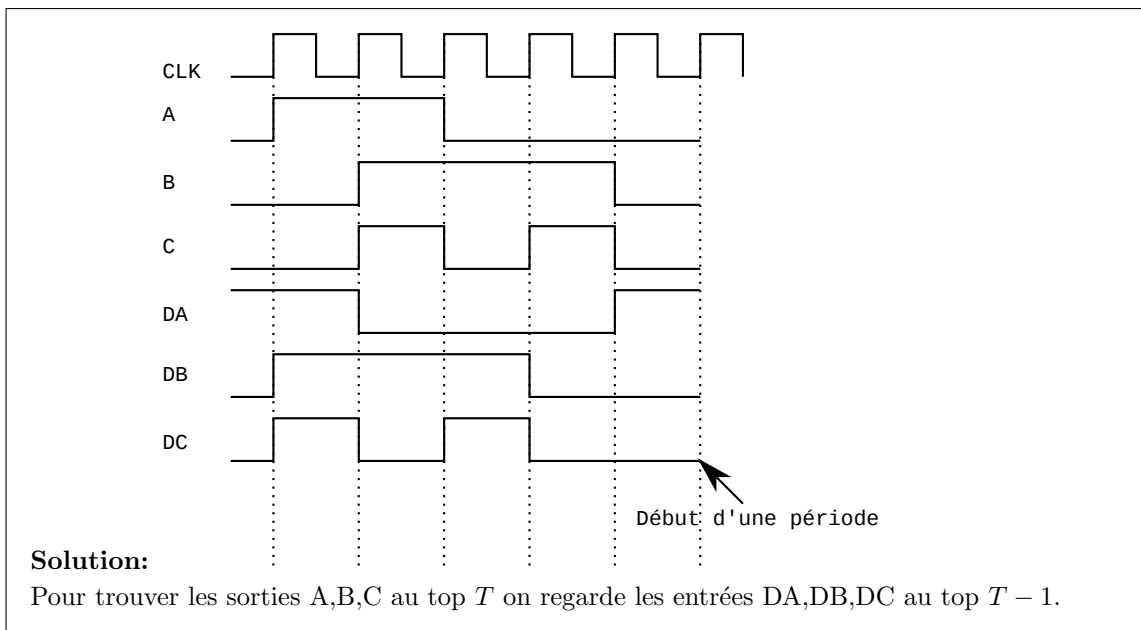
2. Une bascule T se comporte de la manière suivante : si $T = 1$ lors du front montant de CK alors $Q^+ = \bar{Q}$. Comment construire une bascule T à partir d'une bascule D ?

Solution:

$$Q = T.\bar{Q} + \bar{T}.Q = T \oplus Q$$



3. Donner le chronogramme des variables $CK, A, B, C, D_A, D_B, D_C$. Au temps zéro, $A = B = C = 0$



3 Compteurs

1. Concevoir un compteur qui compte en binaire de 0 à 7. À chaque pas d'horloge, le compteur est incrémenté de 1.
 - (a) Concevez un incrémenteur 3 bits avec trois entrées $A = a_2a_1a_0$ et trois sorties $B = b_2b_1b_0$ de telle sorte que $B = A + 1[8]$.

Solution: On écrit la table de vérité de l'incrémenteur :

a2	a1	a0	b2	b1	b0
0	0	0	0	0	1
0	0	1	0	1	0
0	1	0	0	1	1
0	1	1	1	0	0
1	0	0	1	0	1

1	0	1		1	1	0
1	1	0		1	1	1
1	1	1		0	0	0

En utilisant la méthode de Karnaugh ou de Quine - Mc Cluskey on trouve :

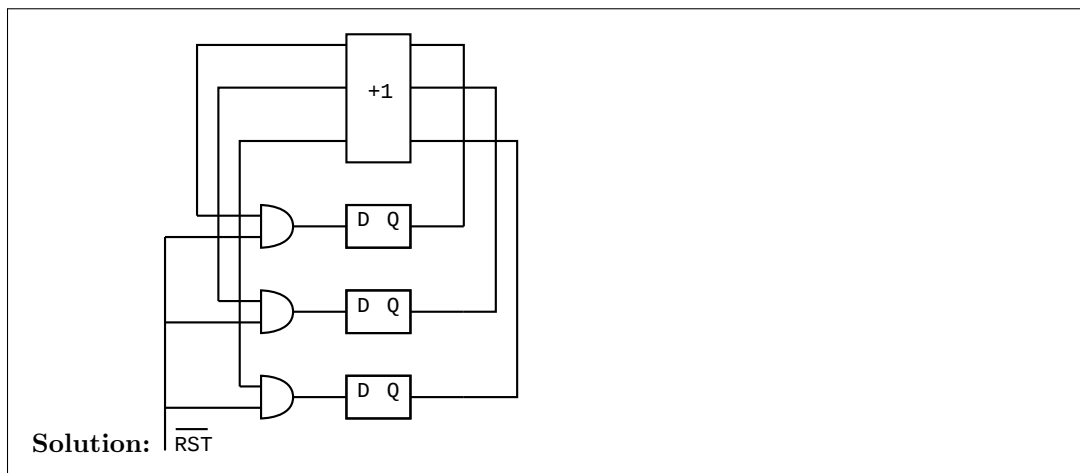
$$b_2 = \overline{a_2} \cdot a_1 \cdot a_0 + a_2(\overline{a_1} + \overline{a_0})$$

$$b_1 = a_1 \oplus a_0$$

$$b_0 = \overline{a_0}$$

Ce qui nous permet de réaliser le circuit de l'incrémenteur.

- (b) Implémentez le compteur séquentiel en utilisant des bascules D et l'incrémenteur précédent. Lorsque le compteur atteint 7, au front d'horloge suivant il revient à 0.
- (c) Comment rajouter un bouton reset pour remettre le compteur à zéro ?



2. Concevoir un compteur qui produit la séquence suivante :

0000, 1000, 1100, 1010, 1110, 0001, 1001, 1101, 1011, 1111, 0000, ...

- en utilisant des bascules T.

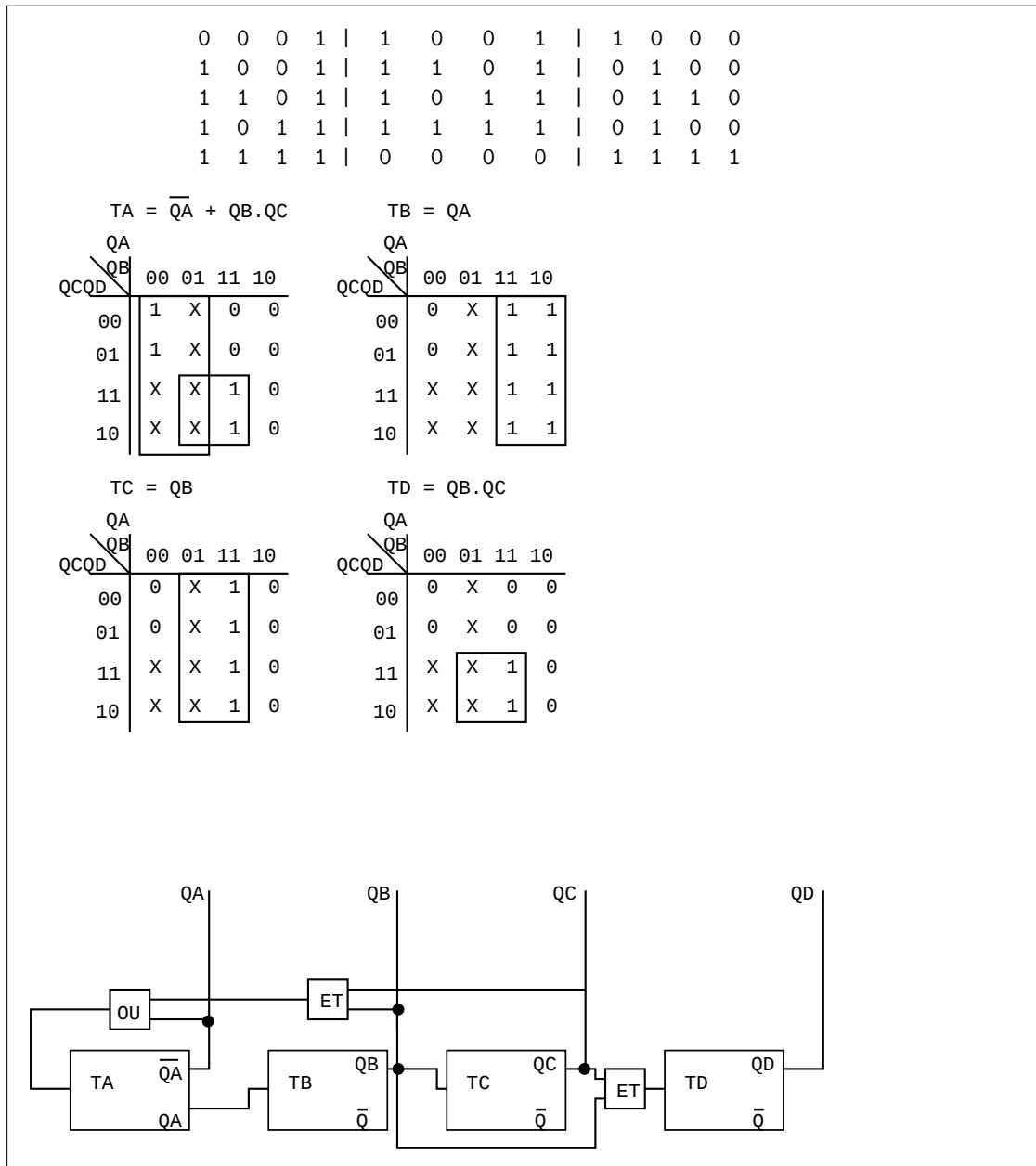
Solution: La méthode se décompose en trois étapes :

- On écrit la table de vérité reliant l'état courant et l'état suivant. Ici on a quatre bits d'états (compteur 4 bits), donc on va écrire la table pour QA, QB, QC, QD et QA^+, QB^+, QC^+, QD^+ .
- Puisque l'on a quatre bits d'état, il nous faut quatre bascules pour les mémoriser. On rajoute les colonnes correspondant aux commandes de notre bascule (ici les colonnes TA, TB, TC, TD). On les complète de manière à satisfaire les dépendances entre Q et Q^+ .
- Avec Karnaugh ou Quine Mc Cluskey, on trouve les équations minimales pour

$$TA(QA, QB, QC, QD), TB(QA, QB, QC, QD), \dots$$

ce qui nous permet de réaliser le circuit demandé.

QA	QB	QC	QD		QA+	QB+	QC+	QD+		TA	TB	TC	TD
0	0	0	0		1	0	0	0		1	0	0	0
1	0	0	0		1	1	0	0		0	1	0	0
1	1	0	0		1	0	1	0		0	1	1	0
1	0	1	0		1	1	1	0		0	1	0	0
1	1	1	0		0	0	0	1		1	1	1	1



– en utilisant des bascules JK.

Solution: Même méthode.

4 Conversion série-parallèle



Un convertisseur série-parallèle possède trois entrées : D , E , et un signal d'horloge CK . Il possède quatre sorties : les bits du mot S .

Le convertisseur possède deux modes de fonctionnement :

- si $E = 1$ alors à chaque front d'horloge le convertisseur lit la valeur de D . La sortie S est indéterminée.
 - si $E = 0$ alors la sortie S prend les 4 dernières valeurs lues sur D .
1. À partir d'une bascule D, concevez une bascule GL avec horloge (cf. question 2.3), composée de trois entrées G, L, CK et de deux sorties Q, \bar{Q} . La bascule GL possède deux modes de fonctionnement :
- Si $G = 1$, la bascule GL se comporte comme une bascule D normale.
 - Si $G = 0$, la bascule GL gèle les sorties Q et \bar{Q} et ignore l'entrée L .

Solution: On écrit l'équation caractéristique de la bascule GL :

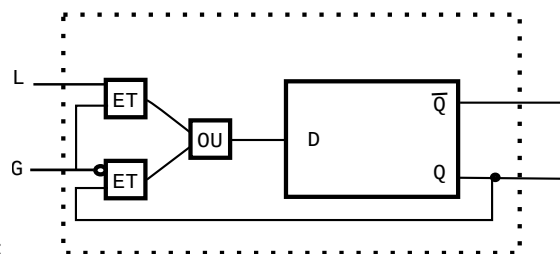
$$Q^+ = GL + \bar{G}Q$$

On écrit l'équation caractéristique de la bascule D :

$$Q^+ = D$$

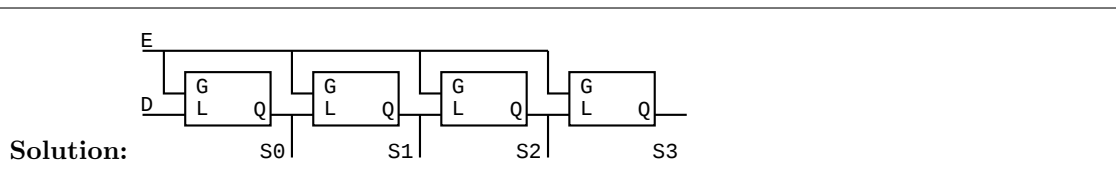
On peut simplifier :

$$D = GL + \bar{G}Q$$



Ce qui nous donne le circuit suivant :

2. À l'aide de bascules GL, concevez un convertisseur série-parallèle 4-bits.



3. Concevez maintenant un convertisseur parallèle-série 4bits.

