

Analyse et synthèse d'un discriminateur de sens de rotation

Rapport de projet

Sommaire :

- 1/Schéma fonctionnel du discriminateur
 - 1.1/Principe
 - 1.2/Fonction principale et fonctions secondaires
 - 1.3/Diagramme d'état simplifié

- 2/Étude des fonctions secondaires
 - 2.1/FS1 : Création de l'horloge synchrone
 - 2.2/FS2 : Mémorisation des états présents et antérieurs
 - 2.3/FS3 : Détermination du sens de rotation

- 3/Étude de la fonction principale
 - 3.1/Les nouvelles caractéristiques
 - 3.2/Schéma et chronogrammes finaux

- 4/Conclusion

1/Schéma fonctionnel du discriminateur

1.1/Principe

Il s'agit ici d'étudier le sens de rotation d'une roue avec deux parties colorées et deux parties blanches. Deux capteurs reliés aux entrées logiques $X1$ et $X2$ renvoient 0 lorsqu'ils touchent une partie blanche, et 1 lorsqu'ils touchent une partie noire. Après divers traitements, détaillés sommairement dans la suite de ce paragraphe et plus en détail dans le reste du rapport, nous obtenons en sortie une variable $SENS$, qui indiquera le sens de rotation de la roue.

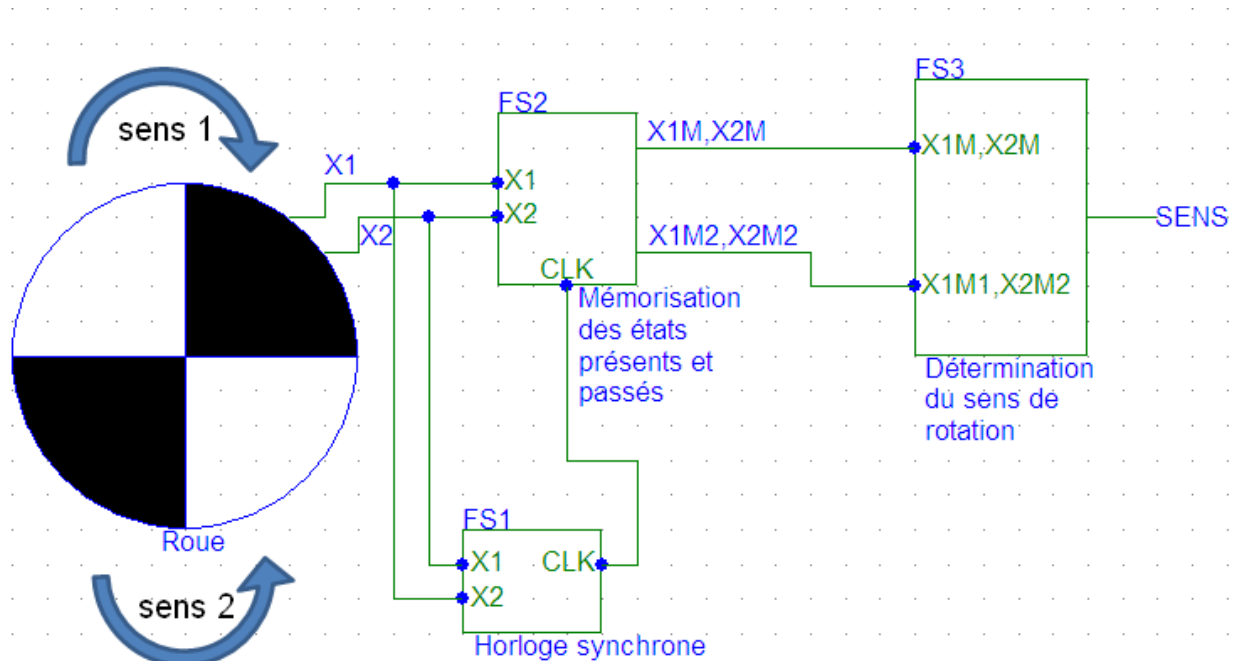


fig 1: schéma fonctionnel du discriminateur

Lorsque la roue tourne dans le sens horaire (sens 1), $X1$ détecte le changement avant $X2$, donc $X1$ est en avance sur $X2$. En sortie, on aura $SENS=0$.

Inversement, lorsque la roue tourne dans le sens anti-horaire (sens 2), $X2$ est en avance sur $X1$. On aura en sortie $SENS=1$.

2/Fonction principale et fonctions secondaires

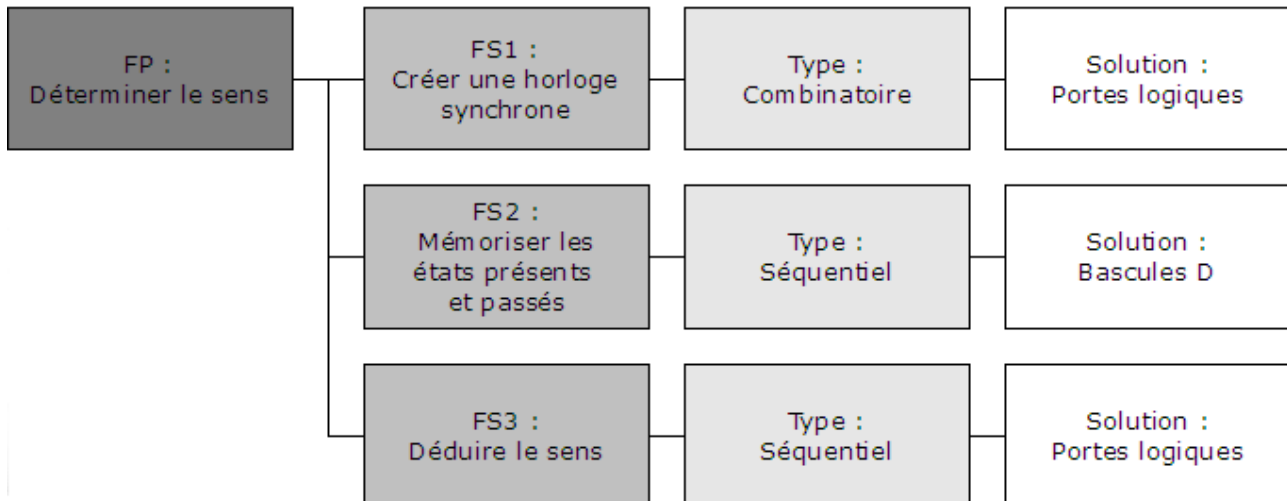


fig 2: Organisation des différentes fonctions

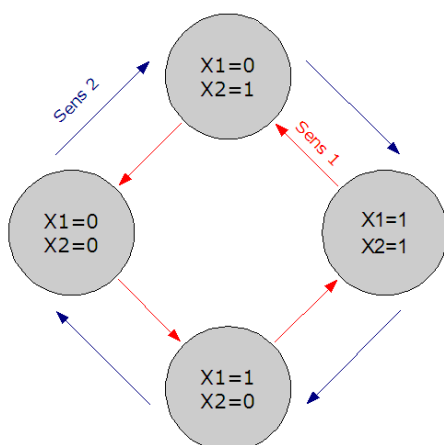
La *Fonction Principale* du système est de déterminer le sens de rotation de la roue.

La *Fonction de Service 1* est de créer une horloge synchrone, en fonction des changements d'états des variables $X1$ et $X2$. Il faudra alors détecter chaque front montant et descendant des ces deux variables d'entrées.

La *Fonction de Service 2* est de mémoriser les états présents et passés. Ceci se fera à l'aide de bascules D, dont les horloges correspondront au signal de sortie créé par FS1.

La *Fonction de Service 3* est de déduire le sens de rotation de la roue. Elle aura pour objectif de comparer les états présents et les états précédents, afin de déterminer quelle variable (entre $X1$ et $X2$) est en retard, et ainsi en déduire le sens de rotation.

3/Diagramme d'état simplifié



Lorsque la roue tourne dans le sens 2 (anti-horaire), on a par exemple à un instant t : $X1=0$ et $X2=0$ (c'est-à-dire que les deux capteurs sont dans la zone blanche). À l'instant $t+1$, on aura $X1=0$ et $X2=1$. En effet, $X2$ détecte le passage dans la zone noire avant $X1$, et change d'état avant.

fig 3: Diagramme d'état simplifié

2/Étude des fonctions secondaires

2.1/FS1 : Création de l'horloge synchrone

La première étape consiste à créer une horloge synchrone avec le changement d'état des variables d'entrée $X1$ et $X2$. Voici la solution que nous avons retenu :

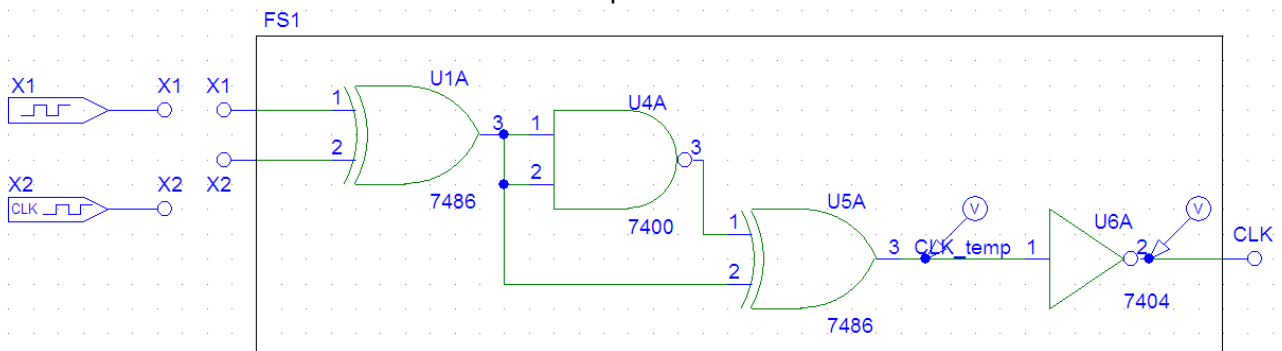


fig 4: schéma de la fonction FS1

Les variables d'entrée $X1$ et $X2$ sont représentées par deux stimuli. Les deux signaux sont décalés d'une demi-période, soit $\Delta t = 0,25\text{ms}$. On considérera que la roue change de sens pour $t = 2\text{ms}$ et pour $t = 4\text{ms}$. Voici les chronogrammes des $X1$ et $X2$:

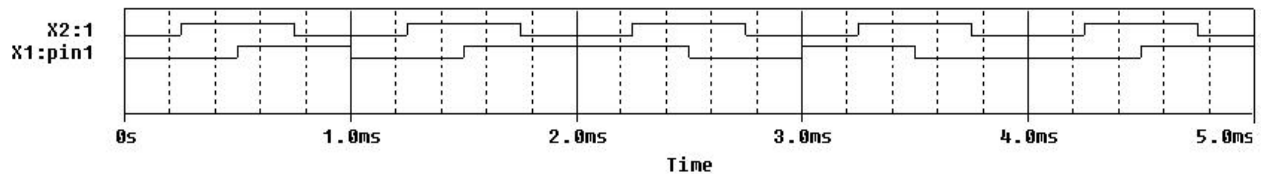


fig 5: chronogrammes de $X1$ et $X2$

Ensuite, nous avons placé la porte « OU-EXCLUSIF » (XOR), imposée par le cahier des charges, reliant les deux stimuli pour pouvoir récupérer chaque front montant et descendant des deux entrées. En sortie de la porte U1A, nous obtenons :

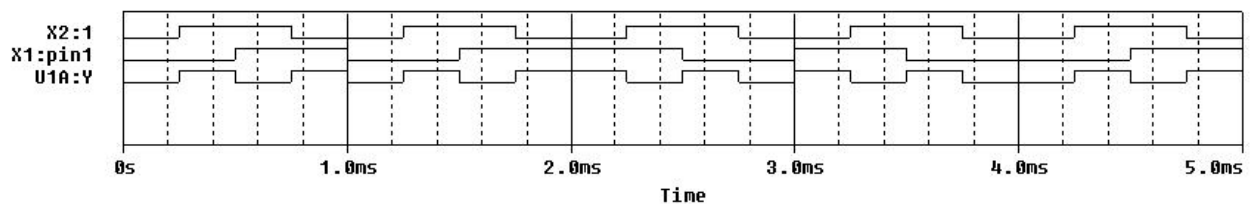


fig 6: chronogramme en sortie de U1A en fonction de $X1$ et $X2$

L'étape suivante consiste à relier le signal en sortie de U1A et son inverse à travers une deuxième porte XOR (U5A), pour pouvoir avoir l'horloge que l'on désire. En sortie de U5A, on obtient le signal d'horloge suivant :

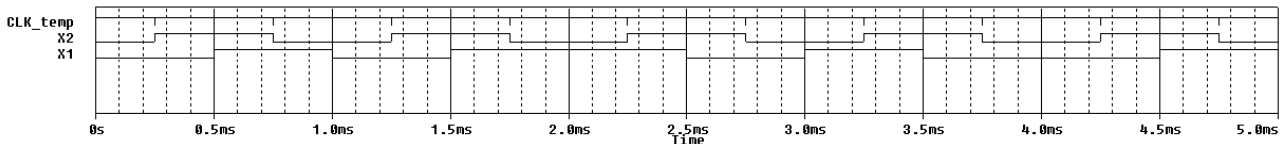


fig 7: chronogramme en sortie de U5A

On rappelle ci-dessous la table de vérité de la fonction XOR :

a	b	$a \oplus b$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Si on pose $a = (X1 \oplus X2)$ on aura en sortie de U5A : $CLK = (a \oplus \bar{a}) = a \cdot \bar{a} + \bar{a} \cdot a = a + \bar{a} = 1$.

L'horloge devrait donc en tout logique rester à 1. Cependant, comme les signaux d'entrée sont identiques mais inversés, il y a un instant t pour lequel les deux signaux seront à 0 ou à 1 en même temps. Il y a donc création d'une très courte impulsion. On l'observe sur le chronogramme quand le signal U1A:Y passe à 1 tandis que le signal inverse U4A:Y passe à 0.

Enfin, comme le temps entre le front montant et le front descendant de l'horloge est infiniment petit, il faut inverser le signal d'horloge afin que le front montant vienne en premier et qu'il soit détectable par les bascules D de FS2.

Le signal d'horloge obtenu est bien identique à celui recherché : on observe une impulsion à chaque front montant et descendant des variables d'entrée X1 et X2. Ce signal servira d'horloge aux composants remplissant la fonction FS2.

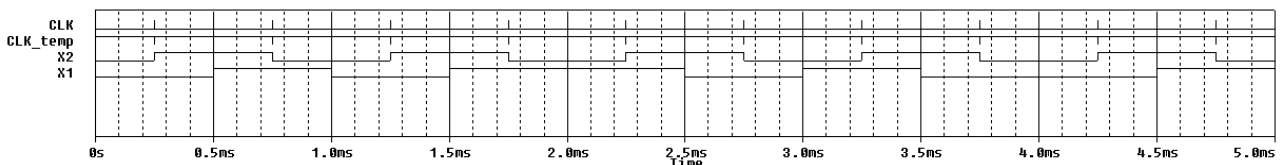


fig 8: chronogramme en sortie de FS1 (signal d'horloge)

2.2/FS2 : Mémorisation des états présents et antérieurs

Ensuite, il faut mémoriser les états présents et précédents des variables d'entrée $X1$ et $X2$, en vue d'une comparaison effectuée par la fonction de service FS3. Nous nous sommes donc servis de bascules D, qui permettent de réaliser cette fonction. Nous avons donc en entrée les variables $X1$ et $X2$. En sortie, nous avons les états $X1M$ et $X2M$ (qui sont les états présents des variables d'entrée), ainsi que $X1M2$ et $X2M2$ (qui sont les états passés des variables d'entrée).

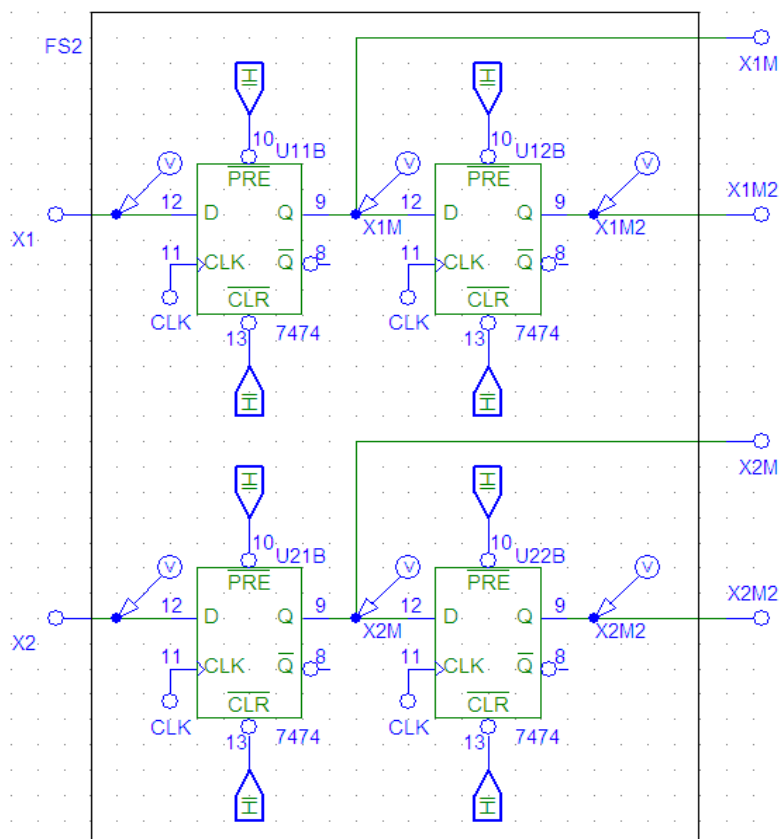


fig 9: schéma de la fonction FS2

Pour les quatre bascules, on met $\bar{R}=1$ et $\bar{S}=1$, pour pouvoir obtenir $Q=D$ sur un front montant de l'horloge. La sortie \bar{Q} est inutilisée. Les quatre bascules sont également commandées par le signal d'horloge créé par FS1, appelé CLK .

On rappelle ci-dessous la table de vérité de la bascule D avec $\bar{R}=\overline{CLR}$ et $\bar{S}=\overline{PRE}$:

\overline{CLR}	\overline{PRE}	D	CLK	Q	\bar{Q}
1	0	X	X	1	0
0	1	X	X	0	1
1	1	0	↑	0	1
1	1	1	↑	1	0

Les bascules D U11B et U21B permettent d'enregistrer les états présents des variables $X1$ et $X2$, que l'on appelle $X1M$ et $X2M$. Les deux autres bascules, U12B et U22B permettent d'enregistrer les états antérieurs des ces mêmes variables d'entrée, qui sont appelées $X1M2$ et $X2M2$. On obtient les chronogrammes suivants :

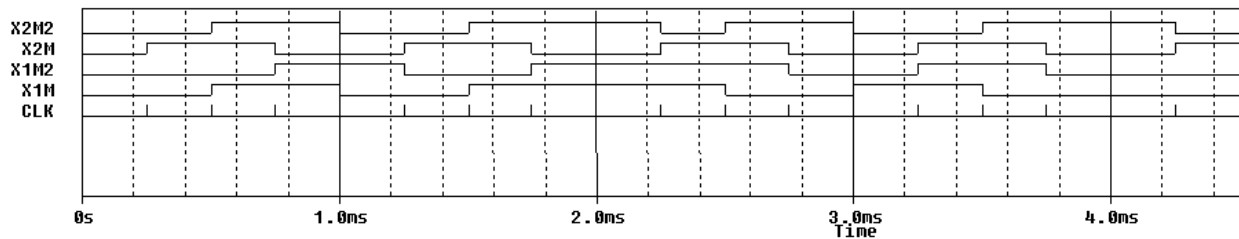


fig 10: chronogrammes en sortie de FS2

2.3/FS3 : Détermination du sens de rotation

Nous devons déterminer le sens de rotation de la roue, en fonction des variables $X1M$, $X2M$, $X1M2$, $X2M2$ en sortie de FS2. En sortie, nous obtenons une variable $SENS$, qui est à 0 quand on tourne dans le sens horaire ($X2$ est en retard sur $X1$), ou à 1 quand on tourne dans le sens anti-horaire ($X1$ est en retard sur $X2$).

D'après le diagramme d'état simplifié, nous en déduisons la table de vérité suivante :

$X1M$	$X2M$	$X1M2$	$X2M2$	$SENS$
0	0	0	0	X
0	0	0	1	0
0	0	1	0	1
0	0	1	1	X
0	1	0	0	1
0	1	0	1	X
0	1	1	0	X
0	1	1	1	0
1	0	0	0	0
1	0	0	1	X
1	0	1	0	X
1	0	1	1	1
1	1	0	0	X
1	1	0	1	1
1	1	1	0	0
1	1	1	1	X

N.B.: Les états X sont les états indéterminés.

Nous avons ensuite réalisé le tableau de Karnaugh correspondant à cette table :

		X1M2/ X2M2			
		00	01	11	10
X1M/X2M	00	X	0	X	1
	01	1	X	0	X
	11	X	1	X	0
	10	0	X	1	X

fig 11: Tableau de Karnaugh de la détection du sens

Il y a donc deux regroupements par sens. On aboutit à deux équations du sens, telles que :

$$SENS = X1M \cdot X2M2 + \overline{X1M} \cdot \overline{X2M2} = X1M \oplus X2M2 \text{ pour le regroupement bleu.}$$

$$\overline{SENS} = \overline{X1M} \cdot X2M2 + X1M \cdot \overline{X2M2} = X1M \oplus X2M2 \text{ pour le regroupement vert.}$$

On remarque que les variables X1M2 et X2M sont inutiles pour déterminer le sens de rotation.

Pour le câblage, on se sert d'une porte XOR (U52C) et d'une porte NOT (U53C).

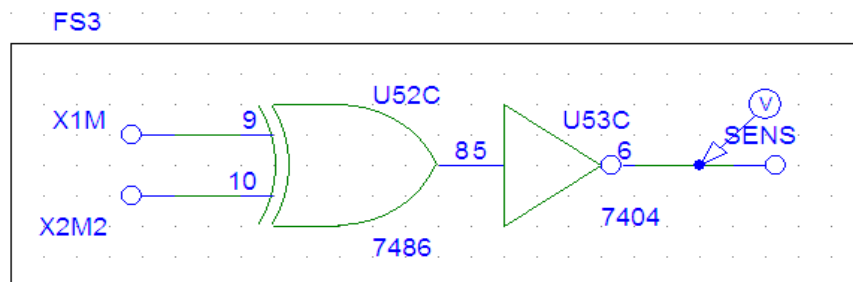


fig 12: Schéma de la fonction FS3

On obtient les chronogrammes suivants :

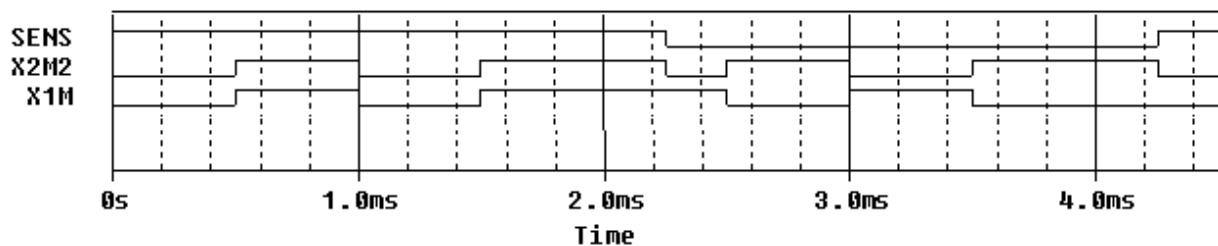


fig 13: chronogrammes en sortie de FS3

3/Étude de la fonction principale

3.1/Les nouvelles caractéristiques

Dans cette dernière partie, nous avons étudié le système dans sa globalité, en faisant trois changements de sens, qui sont repérés par la variable CHG_S . Ces changements de sens ont lieu aux instants $t_1=2,5ms$, $t_2=4,5ms$ et $t_3=7,5ms$.

Nous avons également dû modifier quelques caractéristiques des fonctions de service :

- FS1 :

Il faut décaler les signaux, pour que la mémorisation commence après deux coups d'horloge. Nous avons choisi de les décaler de $\Delta t=0,75ms$.

- FS2 :

Nous avons choisi de retarder l'effet mémoire de la bascule D, imposant $Q=0$ avant le 3ème coup d'horloge. Pour cela, nous avons fait un signal \overline{CLR} , tel que $\overline{CLR}=0$ au début, puis $\overline{CLR}=1$ à partir du 2ème coup d'horloge.

3.2/Schéma et chronogrammes finaux

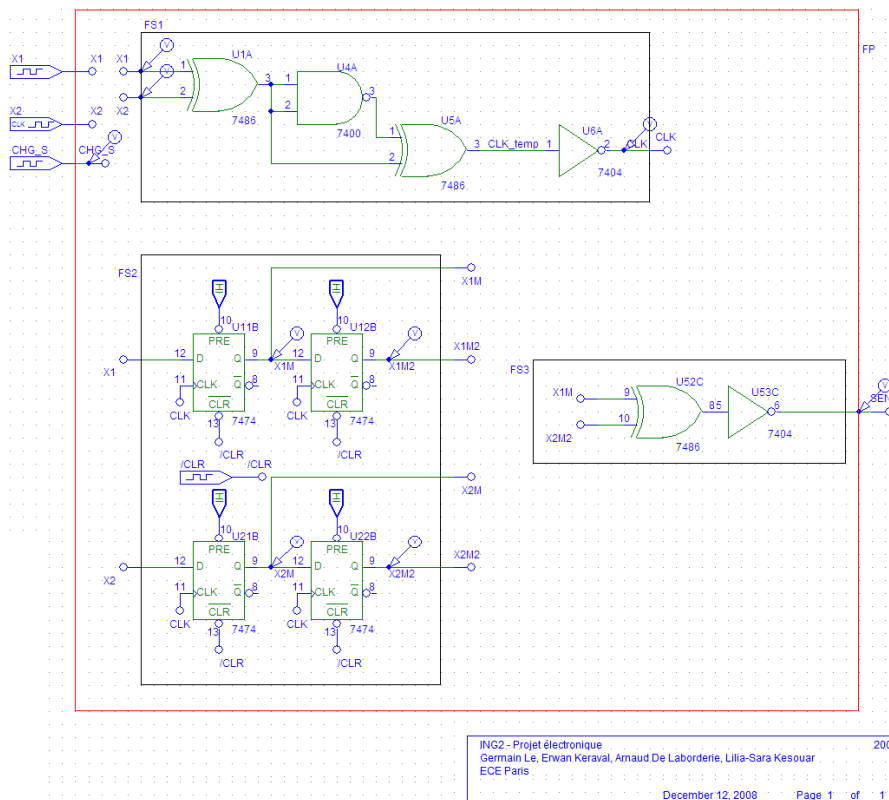


fig 14: Schéma du système complet

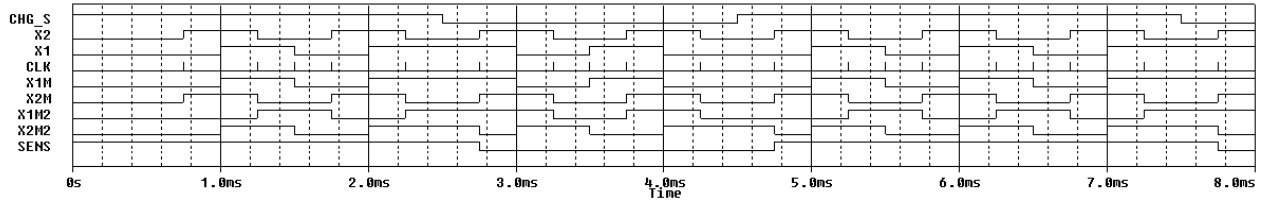


fig 15: chronogrammes du système complet

En ce qui concerne le schéma, nous avons essayé d'utiliser un maximum de CONNECTION BUBBLE, afin d'éviter de le saturer de fils. Nous avons également mis en évidence les trois fonctions de service.

Au niveau des chronogrammes, nous voyons qu'il y a un léger temps de décalage $\Delta t_{retard} = 0,25ms$ entre le changement de sens réel, représenté par *CHG_S* et le changement de sens détecté par le discriminateur, représenté par *SENS*. Il correspond à la durée entre deux coups d'horloge. En effet, quand on change de sens, il y a un temps durant lequel les variables *X1* et *X2* ne produisent ni un front montant, ni un front descendant, donc pas de coup d'horloge. Il faut donc un intervalle de temps supplémentaire pour que l'horloge soit active à nouveau et permette de déterminer changement de sens.

4/Conclusion

Avec ce montage, nous avons synthétisé un discriminateur de sens de rotation d'une roue. Cependant, le système prend un certain temps avant de détecter le changement de sens. En utilisation normale, cela implique qu'il faut prendre en compte ce retard dans l'interprétation des résultats. Nous voyons également que l'enregistrement de l'état précédent de *X1* et l'état présent de *X2* n'est pas utile.

Liste des éléments utilisés :

Composant	Référence	Nombre
Porte XOR	7486	3
Bascule D	7474	4
Porte NOT	7404	2
Porte NAND	7400	1

Remarque : Ici, on peut remplacer les portes NOT et les portes NAND (et inversement), car on ne s'en sert que pour inverser un signal (et non pas une somme de signaux).