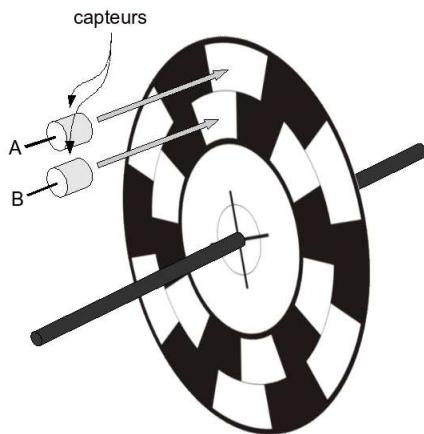


## 2 Décodage de quadrature

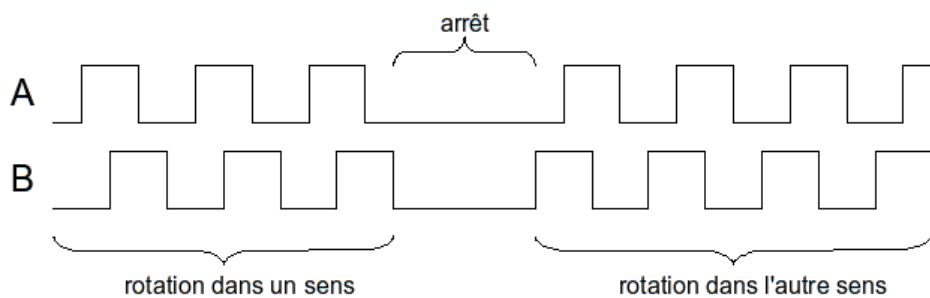
Notes :

- Toutes les bascules de vos circuits seront synchrones sur une horloge `clk` et **uniquement sur celle-ci**. Elle seraient de plus initialisées par un signal `reset_n` asynchrone actif à l'état bas (0). Ces deux signaux seront considérés comme implicites sur vos schémas : vous pourrez à votre guise les représenter ou non.
- Vous avez le droit d'utiliser toutes les portes vues en cours, TD et TP, qu'elles soient simples (NAND, OR, NOT, ...) ou complexes (multiplexeurs, compteurs, comparateurs, ...).
- Vos schémas doivent être clairs et lisibles, et les connexions doivent posséder des noms explicites.

On cherche souvent, en robotique, à mesurer la distance parcourue par une roue de robot. Pour cela, on utilise un encodeur optique dit “en quadrature” (figure 5) : un disque comportant des zones blanches et des zones noires, monté sur l'axe de la roue. Deux détecteurs optiques renvoient la couleur de la zone placée devant eux. Les zones blanches et noires des deux détecteurs sont déphasées de  $90^\circ$  l'une par rapport à l'autre de façon à ce que, lorsque que le moteur tourne dans un sens puis dans l'autre, on obtienne les chronogrammes représentés en figure 6.



**FIG. 5:** Encodeur optique



**FIG. 6:** Chronogrammes des signaux issus des capteurs d'un encodeur

Dans la suite, on exprimera la distance parcourue par une roue en “nombre de tics”, un tic étant la transition montante du signal A. Par exemple, sur les chronogrammes, la roue parcourt d'abord 3 tics dans un sens, puis 4 tics dans l'autre. On comptera les tics positivement quand la transition montante de A a lieu

alors que B vaut "0" , et négativement quand B vaut "1". Ainsi, toujours sur les chronogrammes, la roue a parcouru en tout -1 tic.

On supposera que la vitesse maximum d'une roue est de 100 tics par seconde, et que l'horloge système `clk` est à 10MHz, soit **beaucoup plus grande** que la fréquence maximale des tics d'une roue.

### Question 1.1

Tracez le schéma d'un système prenant en entrée les signaux A et B (en plus des deux signaux implicites `clk` et `reset_n`), et sortant sur un bus 8 bits le nombre signé de tics accumulés par la roue. Pour cela, on pourra remarquer qu'un tic a lieu à chaque passage transition montante de A et qu'à cet instant-là B donne le sens de rotation. N'oubliez pas de respecter les directives indiquées dans la note de début..

On cherche maintenant à obtenir une précision quatre fois plus importante, en utilisant l'évolution des signaux A et B entre deux tics successifs.

### Question 1.3

Déterminez les séquences d'évolution du bus {A,B} sur une durée de 2 tics.

### Question 1.4

Tracez le schéma d'un système convertissant le bus {A,B} en un bus {A',B'} de même largeur (2 bits) mais évoluant suivant un codage binaire.

### Question 1.5

Proposez alors un système permettant de sortir sur un bus 10 bits le nombre de quarts-de-tics effectués par la roue.

### Question bonus

Comment s'appelle le code selon lequel le bus {A,B} évolue ? Ce code a été choisi exprès. À votre avis, pourquoi ?