



Générateur de sinus

Laboratoire Conception Numérique

Contenu

1 Objectifs	1
2 Calculateur de sinus et cosinus	2
2.1 Principe	2
2.2 Circuit	3
2.3 Réalisation	4
3 Pipeline	4
3.1 Problème	4
3.2 Réalisation	4
Glossaire	5

1 | Objectifs

Ce laboratoire exerce la conception de circuits arithmétiques itératifs à l'aide de portes logiques combinatoires. Il présente une technique de réalisation d'un générateur de sinus.



2 | Calculateur de sinus et cosinus

2.1 Principe

L'algorithme **Coordinate Rotation Digital Computer (CORDIC)** permet, dans sa forme la plus simple, de calculer le sinus et le cosinus d'un angle de manière itérative.

Le principe est le suivant:

- on commence par un vecteur de coordonnée x donnée et de coordonnée y nulle.
- à chaque pas, on additionne au vecteur un vecteur orthogonal de longueur 2^i fois plus petit.
- à la fin du processus, le vecteur de départ aura effectué une rotation déterminée et se sera allongé d'un facteur déterminé.

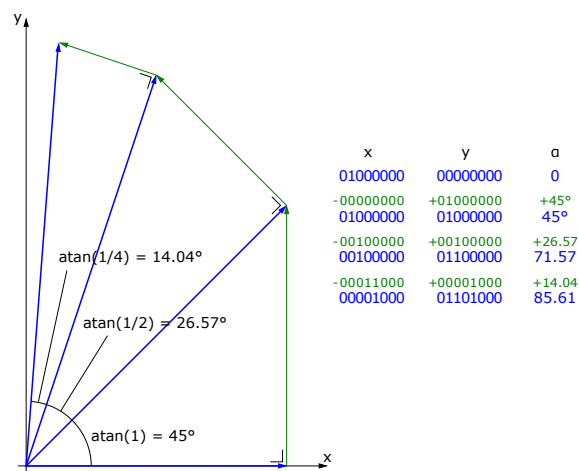


Fig. 1 - Rotation CORDIC

Pour calculer le sinus et le cosinus d'un angle, il faut:

- dimensionner la longueur du vecteur de départ de manière à ce que l'amplitude du vecteur final soit égal à 1.
- effectuer des rotations soit dans le sens anti-horaire soit dans le sens horaire, de manière à se rapprocher le plus possible de l'angle dont on veut calculer le sinus et le cosinus.

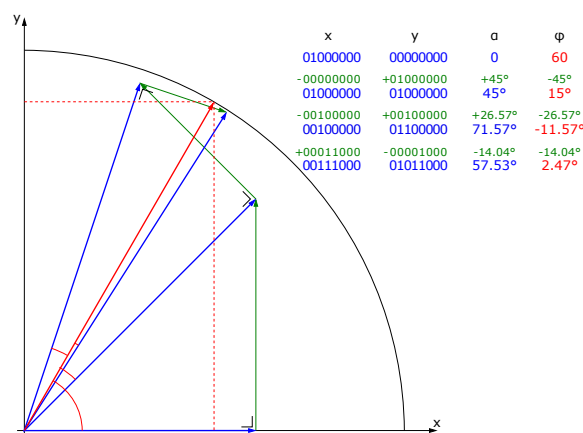


Fig. 2 - Alignement sur un angle



A la fin de la rotation **CORDIC**, les coordonnées x et y du vecteur contiennent respectivement le cosinus et le sinus de l'angle.

2.2 Circuit

Un circuit de calcul du sinus et du cosinus à l'aide de l'algorithme **CORDIC** est représenté à la figure suivante.

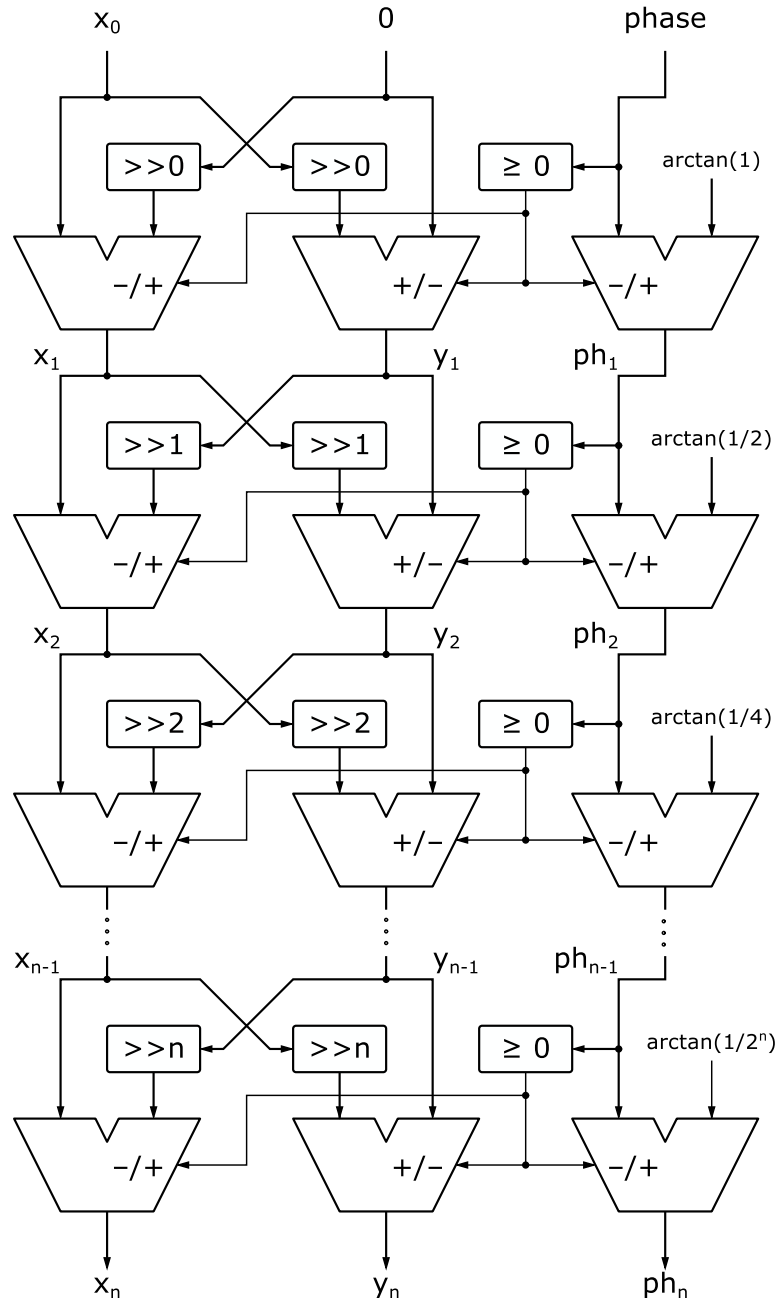


Fig. 3 - Circuit de calcul **CORDIC**

L'algorithme **CORDIC** peut principalement calculer les valeurs du sinus et du cosinus dans le quadrant de 0° à 90° . Pour calculer ces valeurs dans les quatre quadrants, il est possible d'utiliser les symétries de ces fonctions. Par exemple, $\sin(90^\circ + \alpha) = \cos(\alpha)$.



2.3 Réalisation

Le circuit développé dans ce laboratoire a des angles codés sur 12 bits et leur sinus et cosinus sont codés sur 10 bits. Ainsi, une valeur de 2^{12} correspond à un angle de 360° et une valeur de 2^{10-1} correspond à un sinus ou à un cosinus de 1.

Dessiner le contenu du circuit qui contient les 3 additionneurs/soustracteurs ainsi que le comparateur qui donne le signe de la phase. Simuler ce bloc à l'aide du banc de test qui lui est dédié (pour la liste des signaux, utiliser **COR2.do**).

Compléter la table du circuit qui fournit les angles associés à chacun des pas de la rotation: les $\arctan\left(\frac{1}{2^i}\right)$. Simuler ce bloc à l'aide du banc de test qui lui est dédié (pour la liste des signaux, utiliser **COR3.do**)

Pour calculer les valeurs du sinus et du cosinus dans toute la gamme, l'angle d'entrée est tout d'abord réduit au quadrant de 0° à 90° , en forçant ses deux bits de poids fort à '0'. A la fin de la chaîne de rotation **CORDIC**, un dernier bloc reprend les deux bits de poids fort de la phase et transmet aux sorties les valeurs correspondant au quadrant défini par ces bits de poids fort. Dessiner le schéma de ce circuit. Simuler ce bloc à l'aide du banc de test qui lui est dédié (pour la liste des signaux, utiliser **COR4.do**)

Chaîner 10 étages de rotation en ajoutant à chaque fois entre eux les circuits de décalage. Vérifier le bon fonctionnement du circuit **CORDIC** (pour la liste des signaux, utiliser **COR.do**).

3 | Pipeline

3.1 Problème

Le calcul du sinus et du cosinus utilise une longue chaîne d'additions et de soustractions. Avec des additionneurs à propagation de report, le délai total du circuit **CORDIC** peut devenir très important.

Pour pallier cet effet, on peut insérer un registre aux trois sorties de chaque étage. Comme chaque étage comprend trois additionneurs/soustracteurs en parallèle, son temps de calcul se réduit au temps de calcul d'un seul additionneur à propagation de report.

3.2 Réalisation

Expliquer l'effet de l'ajout de ces registres sur le fonctionnement du circuit.

Ajouter les trois registres à chaque étage du circuit **CORDIC** et vérifier le fonctionnement du circuit complet.



Glossaire

CORDIC – Coordinate Rotation Digital Computer [2](#), [2](#), [3](#), [3](#), [3](#), [3](#), [4](#), [4](#), [4](#), [4](#)