



# Sinusgenerator

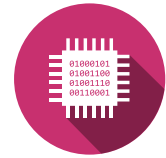
Labor Digitales Design

## Inhalt

1 Ziel .....	1
2 Berechnung von Sinus und Cosinus .....	2
2.1 Prinzip .....	2
2.2 Schaltung .....	3
2.3 Erstellung .....	4
3 Pipeline .....	4
3.1 Problem .....	4
3.2 Erstellung .....	4
Glossar .....	5

## 1 | Ziel

In diesem Labor wird der Entwurf von iterativen arithmetischen Schaltungen anhand von kombinatorischen Logikgattern geübt. Das Labor zeigt ein Realisationsverfahren für einen Sinuswellengenerator.



## 2 | Berechnung von Sinus und Cosinus

### 2.1 Prinzip

Der **Coordinate Rotation Digital Computer (CORDIC)** Algorithmus erlaubt es, in seiner einfachsten Form, einen Sinus und einen Cosinuswert iterativ zu berechnen.

Das Prinzip ist wie folgt:

- Man fängt mit einem Vektor von gegebener X-Coordinate und einer nullen Y-Coordinate an.
- Bei jedem Schritt addiert man einen orthogonalen Vektor dem vorigen, mit Länge  $2^i$  kleiner als er.
- Am Ende dieses Prozesses wird der Vektor eine gegebene Rotation durchgeführt haben und er wird um einen gegebenen Faktor grösser geworden.

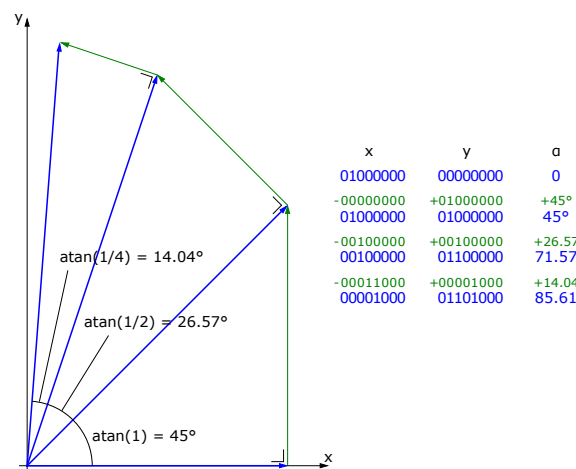


Abbildung 1 - Rotation CORDIC

Um den Sinus und den Cosinus eines Winkels zu berechnen, muss man:

- den Anfangsvektor so dimensionieren, dass die Amplitude des Vektoren am Ende des Verfahrens gleich 1 ist
- die Rotationen entweder im Gegenuhrzeigersinn oder im Uhrzeigersinn durchführen, mit dem Ziel, sich dem Winkel, dessen Sinus und Cosinus man berechnen will, so gut wie möglich zu nähern.

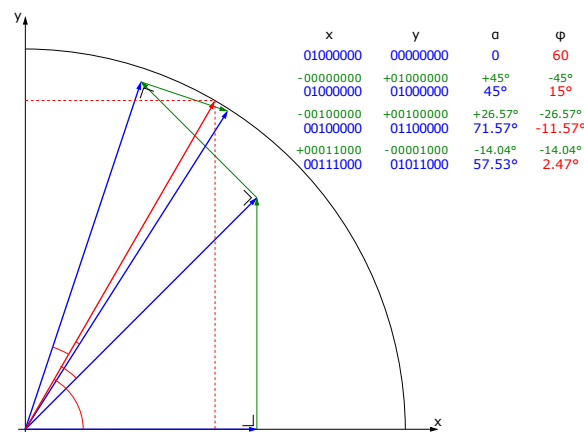


Abbildung 2 - Ausrichtung auf einen Winkel



Am Ende der **CORDIC** Rotation enthalten die X und Y Koordinaten respektiv den Cosinus- und den Sinuswert.

## 2.2 Schaltung

Eine Schaltung zur Berechnung von Sinus und Cosinus mit Hilfe des **CORDIC** Algorithmus ist in der folgenden Abbildung gegeben.

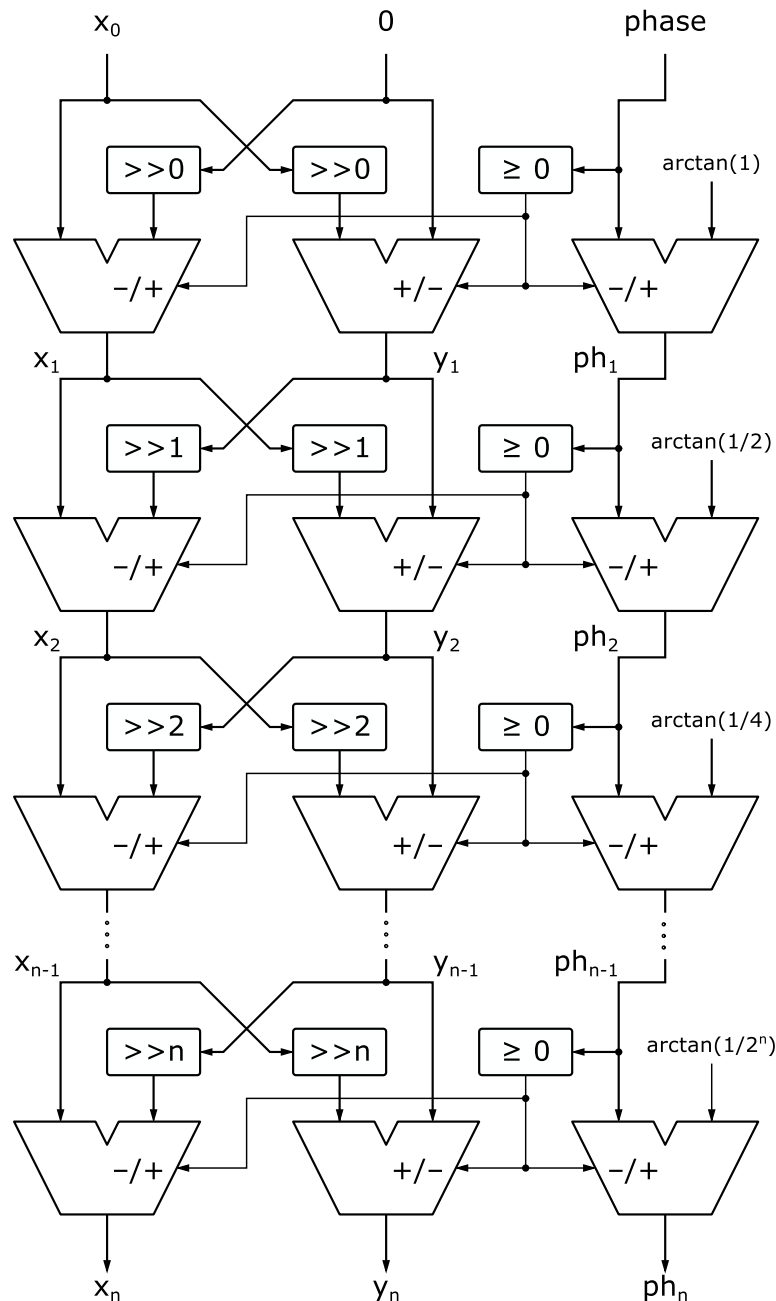
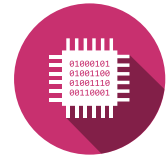


Abbildung 3 - **CORDIC** Schaltung

Der **CORDIC** Algorithmus kann die Sinus- und Cosinuswerte prinzipiell im Quadrant von  $0^\circ$  zu  $90^\circ$  berechnen. Um die Werte in den 4 Quadranten zu berechnen kann man die Symmetrien dieser Funktionen verwenden. Zum Beispiel ist  $\sin(90^\circ + \alpha) = \cos(\alpha)$ .



## 2.3 Erstellung

Die in diesem Labor erstellte Schaltung hat die Winkel auf 12 Bits codiert und ihre Sinus- und Cosinuswerte auf 10 Bits. Somit entspricht ein Wert von  $2^{12}$  einem Winkel von  $360^\circ$  und ein Wert von  $2^{10-1}$  einem Sinus- oder Cosinuswert von 1.

Zeichnen Sie die Schaltung mit den 3 Addierer/Subtrahierer und mit dem Komparator, welcher die nächste Drehrichtung ergibt. Simulieren Sie diesen Block mit Hilfe der dazugehörenden Testbank (für die Signalliste, verwenden Sie **COR2.do**).

Ergänzen Sie die Tabelle, welche die Winkel ausgibt, die zu den verschiedenen Schritten entsprechen: die  $\arctan\left(\frac{1}{2^i}\right)$ . Simulieren Sie diesen Block mit Hilfe der dazugehörenden Testbank (für die Signalliste, verwenden Sie **COR3.do**).

Um die Sinus- und Cosinuswerte im ganzen Winkelbereich zu berechnen wird der Eingangswinkel zum Quadrant von  $0^\circ$  auf  $90^\circ$  begrenzt, indem man die zwei **Most Significant Bit (MSB)**s auf '0' setzt. Am Schluss der **CORDIC** Rotationskette nimmt ein letzter Block diese zwei **MSB**'s wieder, um den richtigen Sinus- und Cosinuswert zu erzeugen. Zeichnen Sie das Schema dieses Blocks. Simulieren Sie diesen Block mit Hilfe der dazugehörenden Testbank (für die Signalliste, verwenden Sie **COR4.do**).

Bilden Sie eine Kette von 10 Rotationsstufen, indem Sie jeweils noch die Verschiebung zwischen den Stufen erstellen. Überprüfen Sie die korrekte Funktionalität der **CORDIC** Schaltung (für die Signalliste, verwenden Sie **COR.do**).

# 3 | Pipeline

## 3.1 Problem

Die Berechnung von Sinus und Cosinus braucht eine lange Kette von Addierern und Subtrahierern. Bei Operatoren mit Übertragsfortpflanzung kann die Gesamtverzögerung problematisch werden.

Um diesem Problem zu entweichen kann man nach jeder Teilberechnung einen Register bei den 3 Ausgängen zusetzen. Dann gibt es zwischen den Registern jeweils 3 Addierer/Subtrahierer in parallel und somit ist die maximale Verzögerung auf der eines einzigen Addierers begrenzt.

## 3.2 Erstellung

Erklären Sie die Wirkung dieser Register auf die Funktionalität der Schaltung.

Legen Sie 3 Register bei jeder **CORDIC** Teilschaltung zu und überprüfen Sie die richtige Funktionalität der Gesamtschaltung.



# Glossar

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

*MSB* – Most Significant Bit [4](#)