

1. IP 简介

本 IP 基于 CORDIC 算法计算三角函数，不同厂商的器件均支持，数据位宽、迭代次数等参数可设置，方便移植。

2. 性能指标

2.1 IP 特性

- 1.基于 CORDIC 算法实现，迭代次数可设置；
- 2.主要参数在源码中列出，方便用户根据需求调整；
- 3.支持两种模式：串行迭代、并行迭代；
- 4.目前支持正弦和余弦函数，其他三角函数后续更新。

2.2 资源

器件：任意		
参数：角度位宽：16，输出位宽：16，迭代次数：16		
模块	LUT	Reg
cordic_angle（串行）	270	190
cordic_angle（并行）	800	750

3.2 时序

器件最大速率。

3. 功能描述

3.1 设计思路

CORDIC 算法通过在 XY 平面内，沿某一特定曲线按约定步进旋转，迭代运算，达到收敛条件，迭代次数越多，数值越准确。

正弦、余弦三角函数计算采用圆周模式，以输入的角度为起点建立单位圆，向 X 正半轴方向迭代，步进按从大到小规律取 2 的负整数幂，迭代过程中，角度逐渐减小至接近 0 度，X、Y 轴坐标相应变化，迭代结束后，因为单位圆半径为 1，X 轴的最终坐标即为余弦值，Y 轴的最终坐标即为正弦值。

计算过程如下，x 为 X 轴坐标，y 为 Y 轴坐标，angle 为角度值，i 为迭代次数，取 2 的负整数幂为步进方便运算，坐标初值在 X 轴上。

```
if angle<0
    x = x + (1/2^i)*y
```

```

y = y - (1/2^i)*x
angle = angle + arctan(1/2^i)
else
x = x - (1/2^i)*y
y = y + (1/2^i)*x
angle = angle - arctan(1/2^i)

```

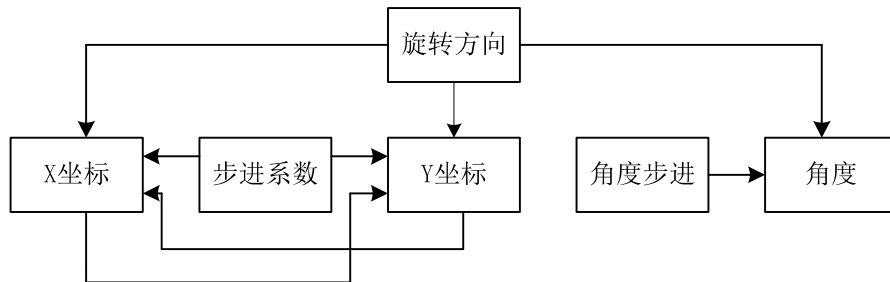
实现过程中需注意如下 2 点：

- 1) 定点运算会引入量化误差，与运算过程中的量化位数有关，设计时需要根据期望精度设定迭代终止条件及数据位宽。
- 2) 求取过程仅对坐标轴右半平面有效，第二、三象限需要转换至第一、四象限，再对迭代结果进行修正。
- 3) 计算过程中，x轴初值并不等于1，而是所有迭代步进余弦值的乘积，约等于 0.6073。

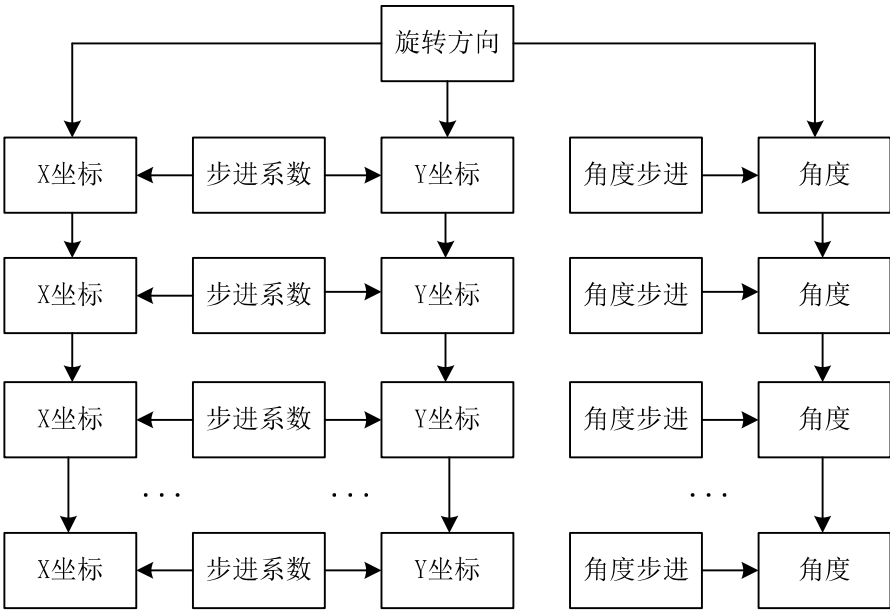
3.2 功能结构

下图 3.1 所示为串行迭代示意图，X、Y 轴坐标及角度每个时钟周期迭代一次，节省资源，但运算周期长。

下图 3.2 所示为并行迭代示意图，采用全流水结构，每个时钟周期可计算全部 X、Y 轴坐标和角度，使用资源较多，但可实时运算。



3.1 串行迭代结构



3.2 并行迭代结构

4. 参数及接口

表 4-1 全局参数表

名称	说明
C_ANGLE_WIDTH	输入角度位宽
C_SINCOS_WIDTH	输出正、余弦位宽
C_ITERATION_TIMES	迭代次数，上限为 32
C_PIPELINE	运算结构 0：串行结构；1：并行结构

表 4-2 接口表

名称	位宽	方向	说明
I_clk	1	输入	时钟
I_angle	参数设置	输入	输入角度 按弧度格式（范围-PI—+PI），最高位为符号位，后两位为整数位，剩余为小数位
I_angle_v	1	输入	输入角度有效指示，高有效
O_sin	参数设置	输出	正弦值 最高位为符号位，后两位为整数位，剩余为小数位
O_cos	参数设置	输出	余弦值 最高位为符号位，后两位为整数位，剩余为小数位
O_sincos_v	1	输出	正、余弦值有效指示，高有效