



طراحی کامپیوتری سیستم های دیجیتال

استاد درس: دکتر محسن راجی
پروژه پایانی

توابع مثلثاتی نقش به سزایی در پردازش سیگنال های دیجیتال دارند و روش های متنوعی برای محاسبه آن ها ارائه شده مثل بسط تیلور و میانگین گیری. استفاده از این روش ها احتیاج به ضرب کننده ها دارد و سطح زیادی از سخت افزار را اشغال می کند و به لحاظ علمی فاقد ارزش پیاده سازی هست. یکی از بهترین روش های پیاده سازی این توابع در FPGA، الگوریتم CORDIC است که به سادگی قابل پیاده سازی روی FPGA است و تعداد گیت های منطقی مورد استفاده را نسبت به روش هایی مانند بسط تیلور به شدت کاهش می دهد.

هدف از این پروژه پیاده سازی حالت circular-rotation mode این الگوریتم هست. ورودی و خروجی را طبق استاندارد $Q_{m,n}$ در نظر بگیرید. سپس با استفاده از یک شبیه ساز (هر زبان برنامه نویسی ترجیحا متلب) تعداد iteration های مورد نظر را پیدا کنید. بعد از مشخص شدن تعداد iteration با استفاده از pipelining یا resource sharing آن را با زبان Verilog پیاده سازی کنید.

Alternative Forms of the CORDIC Algorithm

- Alternative modes of the CORDIC algorithm include:

Type	m	w_k	$d_n = \text{sign} z_n$ (Rotation Mode)	$d_n = -\text{sign} y_n$ (Vectoring Mode)	$\begin{cases} x_{n+1} = x_n - m d_n y_n 2^{-\sigma(n)} \\ y_{n+1} = y_n + d_n x_n 2^{-\sigma(n)} \\ z_{n+1} = z_n - d_n w_{\sigma(n)}, \end{cases}$						
circular	1	$\arctan 2^{-k}$	$\begin{aligned} x_n &\rightarrow K (x_0 \cos z_0 - y_0 \sin z_0) \\ y_n &\rightarrow K (y_0 \cos z_0 + x_0 \sin z_0) \\ z_n &\rightarrow 0 \end{aligned}$	$\begin{aligned} x_n &\rightarrow K \sqrt{x_0^2 + y_0^2} \\ y_n &\rightarrow 0 \\ z_n &\rightarrow z_0 + \arctan \frac{y_0}{x_0} \end{aligned}$							
linear	0	2^{-k}	$\begin{aligned} x_n &\rightarrow x_0 \\ y_n &\rightarrow y_0 + x_0 z_0 \\ z_n &\rightarrow 0 \end{aligned}$	$\begin{aligned} x_n &\rightarrow x_0 \\ y_n &\rightarrow 0 \\ z_n &\rightarrow z_0 + \frac{y_0}{x_0} \end{aligned}$	<table><tr><td>Circular ($m = 1$)</td><td>$\sigma(n) = n$</td></tr><tr><td>Linear ($m = 0$)</td><td>$\sigma(n) = n$</td></tr><tr><td>Hyperbolic ($m = -1$)</td><td>$\sigma(n) = n - k$ where k is the largest integer such that $3^{k+1} + 2k - 1 \leq 2n$</td></tr></table>	Circular ($m = 1$)	$\sigma(n) = n$	Linear ($m = 0$)	$\sigma(n) = n$	Hyperbolic ($m = -1$)	$\sigma(n) = n - k$ where k is the largest integer such that $3^{k+1} + 2k - 1 \leq 2n$
Circular ($m = 1$)	$\sigma(n) = n$										
Linear ($m = 0$)	$\sigma(n) = n$										
Hyperbolic ($m = -1$)	$\sigma(n) = n - k$ where k is the largest integer such that $3^{k+1} + 2k - 1 \leq 2n$										
hyperbolic	-1	$\tanh^{-1} 2^{-k}$	$\begin{aligned} x_n &\rightarrow K' (x_1 \cosh z_1 + y_1 \sinh z_1) \\ y_n &\rightarrow K' (y_1 \cosh z_1 + x_1 \sinh z_1) \\ z_n &\rightarrow 0 \end{aligned}$	$\begin{aligned} x_n &\rightarrow K' \sqrt{x_1^2 - y_1^2} \\ y_n &\rightarrow 0 \\ z_n &\rightarrow z_1 + \tanh^{-1} \frac{y_1}{x_1} \end{aligned}$	<p>Note: The implementation of CORDIC on FPGA requires attention in word length selection and number representation</p>						

مواردی که باید ارسال شوند:

- کد شبیه سازی برای یافتن تعداد iteration ها
- کد وریلاگ و تست پیاده سازی
- گزارش پروژه شامل توضیحات شبیه سازی و پیاده سازی