高效单精度浮点三角函数计算电路结构与实现

李天立 1,2, 尹韬 1,2, 魏星 1,2，杨海钢 1,2
(1 中国科学院 电子学研究所，北京 100190；2 中国科学院大学，北京 100049)

摘要： 针对基于浮点加法器的 CORDIC(Coordinate Rotation Digital Calculation，坐标旋转数字计算)实现单精度浮点型三角函数的角度收敛范围受限、处理速度低、电路开销大、响应延时长等问题，通过将浮点运算转化为定点运算以及对无缩放因子 CORDIC 算法的优化，提出一种基于查找表技术和双步迭代技术的高计算效率电路设计结构，解决了无缩放因子 CORDIC 算法计算三角函数需要引入乘法器和迭代次数过高的问题.在 Stratix IV (EP4SGX70DF29C2X 型 FPGA)上实现了满足 IEEE-754 标准的单精度浮点正弦、余弦的三角函数运算.实验结果表明该电路工作频率可达 282 MHz，对比已有电路结构，响应延时和电路总面积有效降低，计算精度达到 10E-7.

关键词： 无缩放因子 CORDIC 算法；单精度浮点型；三角函数；FPGA

An Efficient Single-Precision Floating-Point Trigonometric Function Calculation Circuit Structure and Implementation

LI Tian-li1，2， YIN Tao1，2， WEI Xing1，2，YANG Hai-gang1，2
(1 Insititute of Electrics，Chinese Academy of Sciences，Beijing 100190， China； 2 University of Chinese Academy of Sciences，Beijing 100049, China)

Abstract：There are four questions for single-precision floating point trigonometric functions by CORDIC(Coordinate Rotation Digital Calculation)algorithm based on floating point adder，including the range of angles is not enough， large area，low operating frequency and high output delay. In this paper， a high computation circuit structure based on look up table and two-step iterative technology is proposed through converting floating-point operations into fixed-ponit operations and the optimization of scaling free CORDIC.It solves the problem that the CORDIC algorithm needs to use the multiplier and high numbers of iteration. This circuit is implemented on Altera's Stratix IV（EP4SGX70DF29C2X FPGA）and achieves Sin and Cosine in IEEE-754 standard.The synthesis results show the clock frequency can reach 282 MHz. Comparing to existed circuit structure， output delay and area reduced effectively， the calculation accuracy can reach 10E-7.

Key words： scaling free CORDIC; single-precision floating point; trigonometric function; FPGA

作者简介：

李天立男，(1991-)，硕士研究生.研究方向为超大规模数字集成电路.

尹韬（通讯作者)男，(1980-)，博士，副研究员，硕士生导师.研究方向为数模混合芯片设计、MEMS 传感器高性能接口芯片设计、高能效信号处理芯片设计.

E-mail:yint@mail.ie.ac.cn.

魏星男，（1991-），博士研究生.研究方向为算法硬件加速与高性能芯片架构开发.

杨海钢男，（1960-），博士，研究员，教授，博士生导师.研究方向为高性能超大规模集成电路芯片设计技术、高性能模拟和混合信号 SOC（片上系统）设计技术.