卷积神经网络（CNN）算法的 FPGA 并行结构设计

王　巍，周凯利，王伊昌，王　广，杨正琳，袁　军
(重庆邮电大学 光电工程学院/国际半导体学院，重庆 400065)

摘　要：本文进行了 CNN 算法的 FPGA 并行结构设计.该设计首先利用 CNN 的并行计算特征以及循环变换方法，实现了可高效进行并行流水线的卷积计算电路，然后利用能够减少存储器访存时间的双缓存技术，在输入输出部分实现了缓存阵列，用于提高电路的计算性能（GOPS，每秒十亿次运算数）.同时本文还对激活函数进行了优化设计，利用查找表和多项式结合的分段拟合方法设计了激活函数（sigmoid）的硬件电路，以保证近似的激活函数的硬件电路不会使精度下降.实验结果表明：输入时钟为 150 MHz 时，整体电路在计算性能上由 15.87 GOPS 提高到了 20.62 GOPS，并在 MNIST 数据集上的识别率达到了 98.81%.

关键词：卷积神经网络；现场可编程门阵列（FPGA）；并行结构；流水线；

FPGA Parallel Structure Design of Convolutional Neural Network (CNN) Algorithm

WANG Wei, ZHOU Kai-li, WANG Yi-chang, WANG Guang,
YANG Zheng-lin, YUAN Jun
(College of Electronics Engineering / International Semiconductor College, Chongqing University of
Posts and Telecommunications, Chongqing 400065, China)

Abstract：In this paper, the FPGA parallel structure design of CNN algorithm is carried out. The design first uses the parallel computing features of CNN and the cyclic transformation method to realize a convolution calculation circuit that can efficiently perform parallel pipelines. Then, using the double-buffer technology that can reduce the memory access time, a cache array is implemented in the input and output sections to improve the computational performance of the circuit (GOPS, one billion operations per second). At the same time, the activation function is optimized. The hardware circuit of the activation function (sigmoid) is designed by using the segmentation fitting method of lookup table and polynomial to ensure that the hardware circuit of the approximate activation function will not reduce the accuracy. The experimental results show that when the input clock is 150MHz, the overall performance of the circuit is improved from 15.87 GOPS to 20.62 GOPS, and the recognition rate on the MNIST data set reaches 98.81%.

Key words：convolution neural network; field programmable gate array (FPGA); parallel structure; pipeline;

作者简介：
王　巍　男，（1967-），博士后，教授.研究方向为集成电路设计.
周凯利（通讯作者）　女，（1991-），硕士研究生.研究方向为数字集成电路设计.E-mail:2508005354@qq.com.
王伊昌　男，（1996-），硕士研究生.研究方向为模拟集成电路设计.
王　广　男，（1994-），硕士研究生.研究方向为半导体光电器件设计.
杨正琳　男，（1980-），博士，副教授.研究方向为模拟集成电路设计.
袁　军　男，（1984-），博士，副教授.研究方向为数模混合集成电路设计.