

基于演化算法的电路自动设计方法

王 平, 鄢靖丰, 许江东

(中国地质大学 计算机学院, 湖北 武汉 430074)

摘 要:在电路设计中引入演化计算,在可编程逻辑器件上通过对基本电路元器件进行演化而自动生成人工不可能设计出的电路结构,称为演化硬件设计。文中介绍了演化硬件实现的物质基础、演化计算在硬件自动设计方法的实现过程以及该方法要解决的问题,并对演化数字电路、模拟电路的设计进行了分析,说明演化算法在电路自动设计中是切实有效的。

关键词:集成电路设计;可编程逻辑器件;演化硬件;数字电路;模拟电路

中图分类号:TP331.1⁺1

文献标识码:A

文章编号:1005-3751(2006)01-0047-02

Circuit Automatic Design Based on Evolutionary Algorithm

WANG Ping, YAN Jing-feng, XU Jiang-dong

(College of Computer Science, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China)

Abstract: Adding evolvable computation into circuit automatic design, and through the basic circuit components on the programmable logical device(PLD) evolved to design a human-difficult circuit structure automatically, which is called evolutionary design of hardware. The paper discusses the basic substance of EHW and the realization of evolvable computation in automatic circuit design, the problems of using this method and simply analyzing the evolutionary design of digital and analog circuits. It's effective in circuit automatic design using evolutionary algorithm.

Key words: circuit design; PLD; evolvable hardware; digital circuit; analog circuit

0 引言

演化计算是一种通过模拟自然界的生物演化过程搜索最优解的方法,主要包括遗传算法^[1](GA)、遗传程序设计(GP)、演化策略(ES)、演化规划(EP)等。演化计算具有自适应性、自组织性、自学习性等智能特性。由于这些智能特性,该方法已被成功地应用到那些难以用传统方法进行求解的复杂问题中。

演化计算的发展和其与自然科学和工程技术的高度交叉,其广泛的应用开辟了许多新的研究领域,其中最引人入胜的领域之一就是演化硬件(Evolvable Hardware),简称 EHW 或 E-Hard。它是一种硬件(现在是一种大规模集成电路),但可以像生物一样根据环境的变化而变化自身以适应其生存环境。

演化硬件,这个概念是1952年由Hugo De Garis在瑞士联合工学院(Swiss Federal Institute of Technology)提出的。演化计算为演化硬件提供了理论和方法学的基础;可编程集成电路,特别是新一代现场可编程门阵列(FPGA)为演化硬件提供了物质基础。

可以用下面的公式来形象地定义演化硬件^[2]:

$$EAs + PLDs = EHW$$

即:演化算法+可编程逻辑器件=演化硬件

在演化硬件提出之初,虽然在电路设计方面也获得了应用,但主要用于线路板布局等问题,其本质仍属优化问题。真正用于硬件功能设计上,可以说是从20世纪90年代初开始。其原因在于可编程器件的规模和功能获得了极大的发展,以及演化算法的逐渐成熟和在众多领域中取得的成功。

1 演化硬件实现的物质基础

可编程专用集成电路是演化硬件实现的物质基础。从早期的简单的可编程逻辑器件(PLD)到复杂的现场可编程门阵列(FPGA),可编程逻辑器件的发展,尤其是Xilinx公司生产的型号为XC6200的FPGA,其结构非常适合演化,从而大大地推动了演化硬件技术的快速发展。以PLD为例说明,见图1。

PLDs(Programmable Logical Device)的特点是具有重构性,其结构由下载(Download)的二进制位串(称为结构位串)来决定。演化硬件有效地利用了这一特性,其基本思想是把PLDs的结构位串当作染色体,通过演化算法,寻找出符合要求的染色体,相对应的硬件结构即为所要设计的硬件电路。PLD的主要部分是由两个逻辑门的阵列构成,一个与(AND)阵列伴随一个或(OR)阵列。

收稿日期:2005-04-24

基金项目:国家自然科学基金资助项目(60473037)

作者简介:王 平(1982—),男,湖北荆州人,硕士研究生,研究方向为算法设计与演化硬件。

大的看作包围着盆地的山峰。分水岭算法的整个计算过程可以设想为在各个局部极小值点的位置打一个洞,然后将地形图逐渐浸入一个盆中,全局极小值点的盆地先进水。水位逐渐升高漫过盆地,当相邻两个盆地的水即将合并时,在两个盆地之间建坝拦截。这一过程将图像划分为许多个山谷盆地,分水岭就是分隔这些盆地的堤坝,这些堤坝就是所要求取的边缘,而此方法也叫做“沉浸法”。图3为分水岭算法示意图。

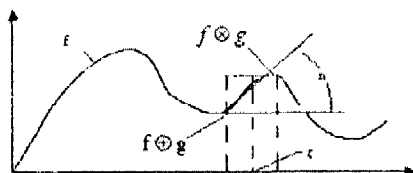


图2 形态学梯度的集合描述

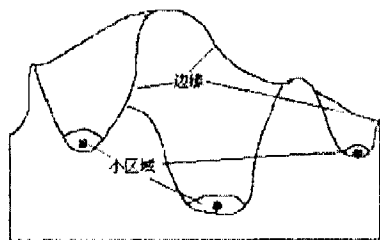


图3 分水岭算法示意

这种沉浸法的实现有许多种。种子点的选择有多种方法,有基于梯度极小值点的选择方法,有基于标记点^[6]的选择方法等等,这里采用文献[4]中提供的算法,选择梯度极小值,采用分布式处理,可以大大提高算法速度。此算法分排序和淹没两步:为了能直接访问需要处理的像素,按像素梯度值的升序排列像素,得到一个排序后的像素矩阵,通过利用排序后的图像按图像像素梯度值升序地访问每一个像素来执行,对每一聚水盆分配不同的标记,从整个图像的最小像素值开始,分配标记,依次淹没,利用先进先出的数据结构,即循环队列来扩展标记过的聚水盆地。通过一定的规则,分配分水岭标记,可以得到准确的结果。

(4) 合并过小区域。

在此步骤中,合并小的区域以生成更大的有意义的区域。当区域的周围有多个相邻区域时,决定并入哪个区域将是关键。如果分水岭算法产生的所有区域集合记为 $R = \bigcup r_i, i = 1, 2, \dots, n$ 。这里有3个性质需要考虑^[7],一个是相邻区域的平均灰度值差 $d = I_i - I_j$,一个是公共边界长度 p ,一个是公共边界上最小梯度值 s 。要合并最相似的

那个相邻区域,这里采用文献中提出的方法,相似度 $w = 1/(1+p)\sqrt{as^2+d^2}$,适当调节 α 的大小,从中取一个合适的 w ,合并经过计算以后那些相似度小于 w 的区域。图4、图5分别为分水岭算法后的结果和区域合并结果。



图4 经过分水岭算法后的结果 图5 区域合并后的结果

3 结束语

文中的基于形态滤波和分水岭变换的边缘检测方法,在对图像的边缘检测方面,做了一些有益的探索。但是有些地方,还是有许多工作要做,比如,区域合并往往需要许多较烦琐的运算,关于区域合并的算法这两年也层出不穷。另外,在讨论此算法的时候,提到断开和闭合的问题,其中如何选取合适的结构元素也是需要着重考虑的。

参考文献:

- [1] Roberts L G. Machine Perception of Three-Dimension Solids [A]. Tippet J T. in Optical and Electro-Optimal Information Processing[C]. Cambridge, MA: MIT Press, 1965.
- [2] Marr D, Hildreth E. Theory of edge detection [A]. Proc Roy Soc [C]. London: [s. n.], 1981. 187-217.
- [3] 王 倩,阮海波.快速模糊边缘检测算法[J].中国图形图像学报,2001,6(1):92-95.
- [4] Vincent L, Soille P. Watersheds in digital spaces: an efficient algorithm based on immersion simulations[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1991, 13(6):583-589.
- [5] Sijbers J, Verhoye M, Scheunders P, et al. Watershed-Based segmentation of 3D mr data for volume quantization[J]. Magnetic Resonance Imaging, 1997, 15(6):679-688.
- [6] Lotufo R, Silva W. Minimal set of markers for the water shed transform [A]. International Symposium on Mathematical Morphology VI- ISMM 2002 [C]. Australia: [s. n.], 2002. 359-368.
- [7] 赵晨光,宋利伟,庄天戈.基于分水岭区域差异性的多级图像分割[J].上海交通大学学报,2004,38(9):1489-1491.

(上接第48页)

参考文献:

- [1] 陈国良,王煦法,庄镇泉,等.遗传算法及其应用[M].北京:人民邮电出版社,2003.368-379.
- [2] 潘正君,康立山,陈毓屏.演化计算[M].北京:清华大学出版社;南宁:广西科学技术出版社,2000.149-161.

- [3] 赵曙光,刘贵喜,杨万海.可进化硬件的基本原理和关键技术[J].系统工程与电子技术,2002,24(1):70-73.
- [4] De Garis H. Evolvable hardware workshop report[R]. ATR: Technical Report, Japan: [s. n.], 1998.
- [5] Sekanina L. Evolvable Components [M]. [s. l.]: Springer Public Press, 2004.