

УДК 004

Алгоритм построения графа ограничений топологии СБИС на основе диаграммы Вороного

10, сентябрь 2012

Ященко А.В.

Научный руководитель: д.т.н., профессор, Зинченко Л.А.
МГТУ им. Н.Э.Баумана, Москва, Россия

МГТУ им. Н.Э. Баумана
bauman@bmstu.ru

Введение

С усложнением процесса производства интегральных схем, возникает потребность в поиске новых способов производства СБИС, так как при переходе к проектным нормам глубокого субмикрона начинают сказываться ограничения используемого оборудования для фотолитографии. Поэтому развитие получили такие технологии как технология двойного фотошаблона [3]. Для реализации процесса декомпозиции топологии, требуется специальное алгоритмическое и программное обеспечение. В работе [2] предложены алгоритмы, позволяющие осуществлять такую трансформацию. В основе математического аппарата процесса трансформации топологии СБИС лежит понятие графа ограничений (рис. 1).

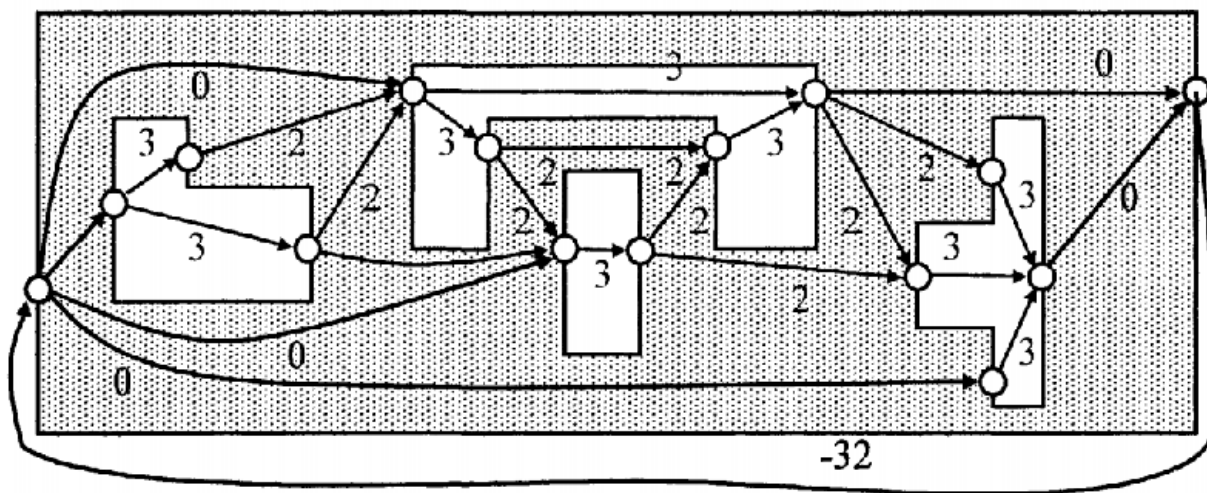


Рис. 1 – Пример графа ограничений, построенного на вертикальных сторонах элементов топологии [1]

Для построения графа ограничений могут быть использованы хорошо известные методы сканирующей линии и отбрасывания тени [2].

Однако, в последнее время возрастает интерес к методам трансформации, основанным на моделях, которые способны перестраиваться динамически. В этом смысле

актуальным становится использование динамического построения диаграммы Вороного [4, 5] в системах ТП.

Применение абстрактной диаграммы Вороного с метрикой Евклида

В работе [1] показано, что диаграмма Вороного естественным образом сохраняет информацию о взаимном расположении соседних элементов топологии и расстояниях. Диаграмма Вороного хранит только топологическую информацию и представляется графом.

Для построения диаграммы, в работе используется библиотека CGAL [6], которая предоставляет набор классов для создания графа Делоне и двойственной ему диаграммы Вороного для произвольных сегментов линий (рис. 2).

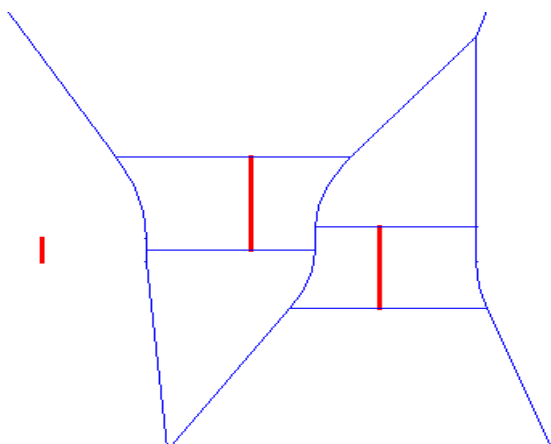


Рис. 2 - Диаграмма Вороного для вертикальных отрезков

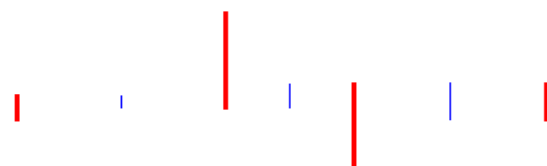


Рис. 3 - Вертикальные ребра Вороного, вычлененные из диаграммы

В этой диаграмме особый интерес представляют вертикальные ребра Вороного (рис. 3), разделяющие два соседних отрезка. Последовательно анализируя вертикальные ребра, можно заносить информацию об ограничениях (расстояниях) в граф ограничений.

Диаграмма Вороного, - структура, которую можно менять динамически, добавляя и удаляя из нее объекты. Метод сканирующей линии и метод отбрасывания тени [2], позволяют строить граф ограничений с временной сложностью $O(n^2)$, и предполагают полное перестроение графа ограничений при внесении изменений. Представленный метод при перестроении графа имеет вычислительную сложность $O(n \log n)$ [1].

Построение графа ограничений с помощью диаграммы Вороного

В основе построения графа ограничений лежит построение диаграммы Вороного для всех вертикальных (горизонтальных) отрезков топологии. В вершинах графа ограничений находятся элементы топологии, а ребра соответствуют расстояниям (рис. 1), причем знак определяет тип ограничения: ограничение ширины или ограничение расстояния, которые должны удовлетворять технологическим требованиям. Предложенный алгоритм показан на рис. 4.

Для построения графа ограничений производится последовательный перебор ребер Вороного, содержащих вертикальные участки, и анализируются ячейки с вертикальными

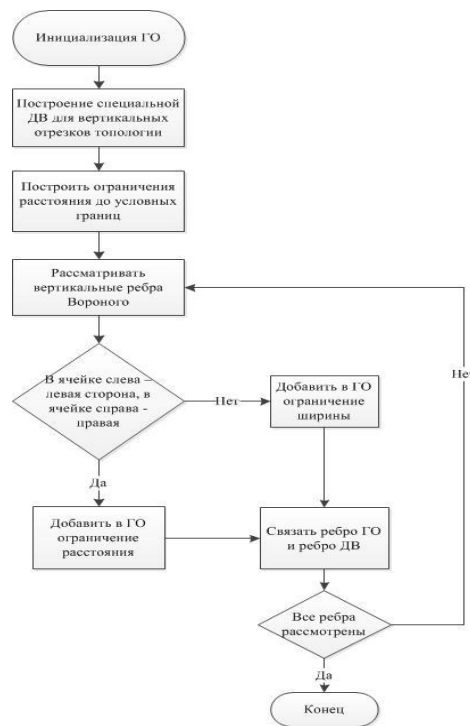


Рис. 4 – Алгоритм построения графа ограничений

(горизонтальными) отрезками слева и справа от ребра. Если в левой ячейке содержится левая сторона многоугольника топологии, а в правой правая, то добавляется ограничение ширины.

Если в левой ячейке содержится правая сторона, а в правой левая сторона, то добавляется ограничение расстояния (рис. 4).

Заключение

В работе показаны преимущества построения графа ограничений на основе диаграммы Вороного. Основным достоинством алгоритма является то, что он является динамическим, что является немаловажным аспектом, особенно для интерактивных систем. Построенная диаграмма естественным образом сохраняет структуру топологии и позволяет корректировать граф ограничений динамически с вносимыми изменениями.

Литература

1. Малинаускас К.К. Разработка математического и программного обеспечения систем топологического проектирования СБИС с использованием диаграмм Вороного : диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук . М., 2007.
1. Аверьянихин А.Е. Исследование и разработка алгоритмов трансформации топологии субмикронных СБИС // Сборник трудов XIII научно-технической конференции «Наукоемкие технологии и интеллектуальные системы 2010». – Москва.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010.
2. Andrew B. Kahng, Fellow, IEEE, Chul-Hong Park Layout Decomposition Approaches for Double Patterning Lithography. . In Proc. Of IEEE transactions on computer-aided design of integrated circuits and systems, vol. 29, no. 6, june 2010.
3. Choi S.-G., Kyung C.-M. A floorplanning algorithm using rectangular Voronoi diagram and force-directed block shaping. In Proc. Of IEEE International Conference on Computer-Aided Design, –1991. – С. 56–59.
4. Paradopoulou E., Lee D.T. The Voronoi diagram of segments and VLSI applications. International Journal of Computational Geometry and Applications. – 2001. – С. 503-528.

5. CGAL - Computational Geometry Algorithms Library. [Электронный ресурс]. -Режим доступа: <http://www.cgal.org/>.