

Раздел II. Автоматизация проектирования

УДК 681.3

Ю.О. Чернышев, Н.Н. Венцов

К ВОПРОСУ О ПОСТРОЕНИИ ДЕРЕВЬЕВ ШТЕЙНЕРА С РАЗЛИЧНОЙ ШИРИНОЙ ВЕТВЕЙ ДЛЯ СВЯЗЫВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ТРЕХМЕРНЫХ СБИС*

В работе представлена постановка и алгоритм решения задачи построения дерева Штейнера с различной шириной ветвей для связывания элементов трехмерных СБИС. Дерево Штейнера; трехмерные СБИС; межсоединения.

Y.O. Chernyshev, N.N. Vencov

TO QUESTION ABOUT BUILDING TREE STEINER WITH DIFFERENT WIDTH OF THE BRANCHES FOR COLLECTING ELEMENT THREE-DIMENSIONAL VLSI

Production and algorithm of the decision of the problem of the building tree Steiner is presented In work with different width of the branches for collecting element three-dimensional VLSI. Tree Steiner; three-dimensional VLSI; interconnection.

Введение. В настоящее время активно разрабатываются алгоритмы проектирования трехмерных чипов. Например, в [1] представлен алгоритм трехмерной компоновки СБИС на основе итерационной кластеризации с учетом временных задержек. Наряду с временными задержками, на работоспособность СБИС оказывают существенное влияние паразитные емкости межсоединений. Для уменьшения паразитной емкости проводников расположенных на одной плоскости целесообразно минимизировать их длину и занимаемую площадь. Одним из этапов минимизации длины соединений является решение задачи построения дерева Штейнера. При машинной трассировке соединений, как правило, используется ортогональная опорная сетка, в этой связи актуальной научной проблемой является построение связывающих деревьев Штейнера в ортогональной метрике [2]. Проблема построения дерева Штейнера формулируется следующим образом [2]. Имеется множество точек на плоскости $P = \{p_i | i = 1, 2, \dots, n\}$. Требуется найти дерево $S = (X, U)$ со множеством вершин X и множеством ребер U таких, что $P \subset X$, и суммарная длина ребер U минимальна. При использовании ортогональной метрики расстояние между точками (x_1, y_1) и (x_2, y_2) на плоскости определяется по формуле: $d2 = |x_1 - x_2| + |y_1 - y_2|$. При переходе к трехмерному пространству каждая точка должна кодироваться тремя координатами (x_i, y_i, z_i) , в связи с чем, расстояние будет определяться по формуле $d3 = |x_1 - x_2| + |y_1 - y_2| + |z_1 - z_2|$.

Основная часть. В последнее время актуальной становится проблема построения связывающих деревьев с различной шириной ветвей [3]. Это связано с

* Работа выполнена при поддержке: г/б № 1.04.01, г/б № 2.1.2.1652.

тем, что площадь межсоединений, расположенных на кристалле, в разы превышает площадь занимаемую активными компонентами [3]. Поскольку по различным ребрам дерева Штейнера протекает ток разной плотности, целесообразно устанавливать ширину сегментов соединений пропорционально допустимой плотности тока для данного сегмента, что способствует снижению общей емкости межсоединений проектируемой СБИС [3]. Плотность тока характеризует силу тока, проходящего через единицу площади поперечного сечения проводника, и определяется соотношением [3]:

$$J = \frac{I}{S_c}, \quad (1)$$

где J – плотность тока, I – сила тока, S_c – площадь поперечного сечения проводника.

При наличии численных характеристик максимально допустимых плотности тока и силы тока, прохождение которых необходимо обеспечить, а также предлагаемой толщины проводника, то его минимально допустимую ширину можно определить по формуле [2]:

$$W_r = \frac{I}{J * d}, \quad (2)$$

где W_r – минимально допустимая ширина проводника, I – сила тока протекающего через проводник, J – плотность тока, d – толщина проводника.

Таким образом, зная численные характеристики элементов-потребителей электрической энергии, подключенных к проводнику, можно рассчитать максимально допустимые плотности и силы токов, протекающих по каждому сегменту проводника. После чего возможно определить габариты каждой ветви проводника. Пример расчета приведен в [3].

Представленный в [3] алгоритм построения связывающих деревьев с различной шириной фрагментов соединений ориентирован на генерацию дерева Штейнера на плоскости. При переходе к трехмерным СБИС актуальной проблемой является построение соединений, связывающих элементы, расположенные в трехмерном пространстве, и их адекватное математическое описание. В трехмерном пространстве отрезок описывается двумя точками (x_n, y_n, z_n) и (x_o, y_o, z_o) . Если отрезок параллелен одной из координатных осей например, OX , то $y_n=y_o$ и $z_n=z_o$. Так как в СБИС соединения параллельны одной из координатных осей любую ветвь дерева Штейнера можно задать четырьмя координатами например, (x_n, x_o, y, z) .

На этом свойстве построены представленные в [4] подходы к описанию объемной коммутационной модели $SM(I,J,K)$, $SM'(I,J,K)$ и $TSM(P,K)$. Данные подходы подразумевают, что моделируемая магистраль на всех участках имеет одинаковую ширину и толщину. В этой связи в модель $SM'(I,J,K)$ введены два параметра характеризующие ширину (w) и толщину (d) сегмента проводника, моделируемого на данном отрезке. При этом должны выполняться технологические условия $w_{min} \leq w \leq w_{max}$ и $d_{min} \leq d \leq d_{max}$. Изменение значений w и d допускается на величину кратную Δd и Δw соответственно. Структура модифицированного массива $SM'(I,J,K)$ приведена на рис.1.

По аналогии с исходным массивом $SM'(I,J,K)$ параметр $K = \{1,2,3\}$ описывает одну из трех координатных плоскостей. Например, при $K=1$ рассматриваются ветви дерева параллельные оси OX . Параметр J характеризует свойства элемента, а параметр I номер элемента в соответствующей координатной плоскости. Для работы алгоритма достаточно наличия модели монтажного пространства в виде свободных магистралей, т.е. участков монтажного пространства на которых разрешено размещение проводников [4].

К	J		I					
			1	2	3	4	5	...
K=1	1	x_n						
	2	x_o						
	3	z						
	4	y						
	5	w						
	6	d						
K=2	1	y_n						
	2	y_o						
	3	x						
	4	z						
	5	w						
	6	d						
K=3	1	z_n						
	2	z_o						
	3	y						
	4	x						
	5	w						
	6	d						

Рис. 1. Структура модифицированного массива $SM'(I,J,K)$

Рассмотрим ситуацию, когда заданное в пространстве множество точек $P = \{p_i | i = 1, 2, \dots, n\}$ описывает положение источника, которому соответствует вершина p_1 и приемников которым соответствуют вершины $P \setminus p_1$. Таким образом, каждая вершина из множества $P \setminus p_1$ обозначает приемник некоторой мощности. Структурная схема алгоритма построения дерева Штейнера, приведенная на рис. 2. В начале каждой итерации осуществляется выбор очередной вершины p_j , кандидата на добавление в дерево. Вероятность выбора обратно пропорциональна удаленности вершины p_j от сегментов уже построенного дерева. После чего из вершин дерева выбирается вершина p_y , с которой будет соединена вершина p_j . Определяется кратчайший маршрут в ортогональной метрике, соединяющий p_j и p_y . Вершина p_j является потребителем и создает дополнительную нагрузку на ветви дерева соединяющие вершины p_1 и p_j . По этой причине осуществляется перерасчет ширины и толщины ветвей дерева соединяющих вершины p_1 и p_j . Следующим шагом является проверка корректности ветвей ограниченных вершинами p_1 и p_j . Под корректностью понимается выполнение ограничений по ширине и толщине каждой ветви дерева. Если дерево корректно, то происходит переход на следующую итерацию. В случае, если полученное дерево не корректно, то происходит удаление ребер и вершин маршрута $p_j \dots p_y$, за исключением вершины p_y . Ветвям дерева, соединяющим вершины p_1 и p_y , присваивается исходная толщина и ширина. Количество неудачных попыток k увеличивается на единицу и происходит переход к следующей итерации. Алгоритм завершает свою работу, если дерево построено, т.е. все вершины множества P принадлежат дереву, или, если число неудачных попыток достигло некоторой априорно заданной величины Count.

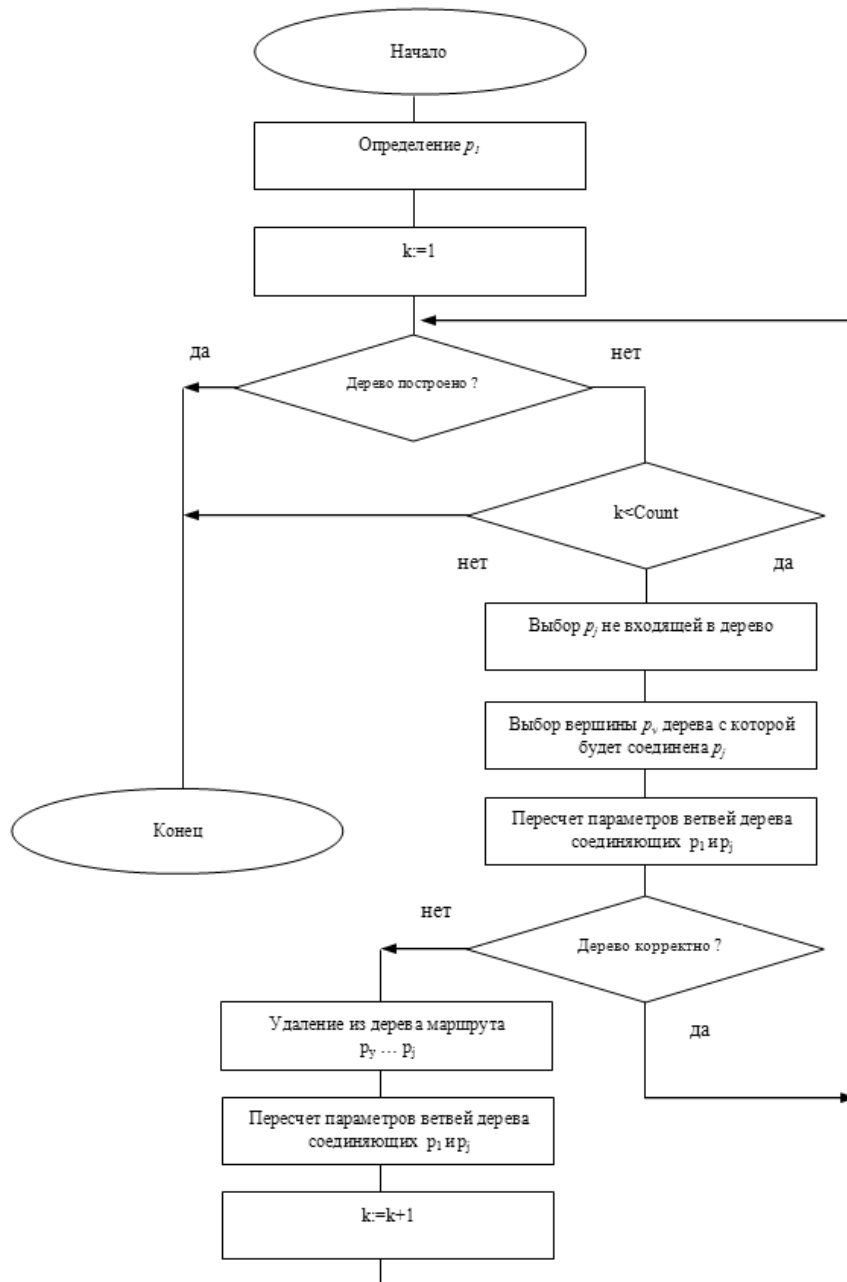


Рис. 2. Структурная схема предлагаемого алгоритма

Заключение. Предложен метод, основанный на последовательном добавлении вершин в дерево Штейнера, с последующей корректировкой ширины и толщины соответствующих ветвей дерева. В качестве исходной вершины дерева принимается источник, а вершины-потребители последовательно присоединяются к дереву. После добавления очередной вершины происходит перерасчет параметров соответствующих ветвей дерева. В случае, если при добавлении очередной вершины, ширина или толщина некоторой ветви дерева выходит за технологические

приделы, данная вершина удаляется из дерева. Реализованная на основе данного подхода программа позволяет строить дерево Штейнера с вероятностью 0,7-0,8. В настоящее время активно разрабатываются распределенные вычислительные системы [5], в этой связи дальнейшим направлением развития представленного подхода является его оптимизация под многомашинные вычислительные системы, а также придание ему эволюционных свойств [6].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Курейчик В.М., Гладков Л.А., Баринев С.В. Развитие технологии производства печатных плат. Разработка алгоритма трехмерной компоновки СБИС на основе итерационной кластеризации с учетом временных задержек // Известия ЮФУ. Технические науки. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2007, №2. – С. 47-53.
2. Лебедев Б.К., Лебедев О.Б. Эволюционные процедуры разбиения СБИС // Известия ЮФУ. Технические науки. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ 2008, №4. – С. 20-26.
3. Орлов Н.Н. Построение связывающих деревьев с различной шириной фрагментов соединений // Известия ЮФУ. Технические науки. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2008, №4. – С. 78-82.
4. Сорокопуд В.А. Автоматизированное конструирование микроэлектронных блоков с помощью малых ЭВМ. – М.: Радио и связь, 1988. – 248 с.
5. Литвиненко В.А., Ховансков С.А., Норкин О.Р. Алгоритм ускорения распределенных вычислений в компьютерной сети // Известия ЮФУ. Технические науки. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2008, №9. – С. 198-202.
6. Mazumder P., Rundnick E. Genetic algorithm for VLSI design, Layout & test automation. India, Pearson Education, 2003.

Чернышев Юрий Олегович

Ростовская-на-Дону государственная академия сельскохозяйственного машиностроения (РГАСХМ).

E-mail: pmivt@rgashm.ru.

344023, г. Ростов-на-Дону, ул. Страны Советов, 1.

Тел.: 8(863)258-91-36.

Кафедра прикладной математики и вычислительной техники.

Заведующий кафедрой; профессор.

Венцов Николай Николаевич

Ростовская-на-Дону государственная академия сельскохозяйственного машиностроения (РГАСХМ).

E-mail: vencov@list.ru.

344023, г. Ростов-на-Дону, ул. Страны Советов, 1.

Тел.: 8(863)258-91-29.

Кафедра прикладной математики и вычислительной техники; доцент.

Chernishev Yriy Olegovich

Rostov-on-Don State Agricultural Engineering Academy.

E-mail: pmivt@rgashm.ru.

1, Strana Sovetov Street, Rostov-on-Don, 344023, Russia.

Phone: 8(863)258-91-36.

Applied Mathematics and Computer Facilities.

Head chair; professor.

Vencov Nikolay Nikolaevich

Rostov-on-Don State Agricultural Engineering Academy.

E-mail: vencov@list.ru.

1, Strana Sovetov Street, Rostov-on-Don, 344023, Russia.

Тел.: 8(863) 258-91-29.

The applied mathematics and computer facilities; associate professor.