

Приближенная оценка трассировки на основе алгоритмов автоматического размещения системы ORCAD

*А.С. Баранов,
инж., baranovA@gmail.com,
М.В. Фомина,
доц, к.т.н., доц., m_fomina2000@mail.ru,
НИУ МЭИ, г. Москва,
Л.А. Старостина,
доц. к.т.н., доц., StarostinaLA@gmail.com,
РЭУ им. Г.В. Плеханова, г. Москва*

Целью работы является исследование возможностей системы OrCAD (алгоритмов размещения, возможностей учёта технологических и других требований, предоставляемых разработчику для автоматического размещения элементов на печатной плате) и оценка степени их влияния на улучшение качества последующей трассировки с помощью разработанных алгоритмов оценки.

The purpose of annotation work is research capacity of OrCAD (placement algorithms, the possibilities for taking into account technological and other requirements provided by the developer for the automatic placement of elements on the PCB) and score the degree of their influence on the improvement of the quality of subsequent traces using algorithms evaluation.

Введение

Существует множество систем, предназначенных для решения задач конструкторского проектирования [1]. Известно, что во всех системах результаты размещения существенно влияют на результат последующей трассировки, поэтому исследование степени этого влияния на результат трассировки представляется важной задачей. Для оценки результатов размещения были разработаны алгоритмы предварительной оценки числа слоев необходимых для последующей трассировки с минимизацией переходных отверстий, которые использовались при оценке автоматизированного размещения, реализованного в системе OrCad. (Фирма OrCAD и Cadence Design Systems).

1. Краткий обзор возможностей редактора

Редактор OrCAD [2] содержит стандартные библиотеки элементов и предоставляет возможность создания собственных.

Автоматическое размещение в редакторе состоит из 6 стандартных операций.

- Proximity Place – перебор различных вариантов расположения элементов внутри кластера.
- Assign Clusters – группировка компонентов в кластеры по критерию максимизации соединений внутри кластера и минимизации между кластерами.
- Place Clusters – размещение кластеров на плате.
- Adjust Comps – расталкивание компонентов расположенных неоправданно кучно.
- Swap Comps – обмен соседних компонентов.
- Swap Pins – обмен выводами (применяется для элементов содержащих несколько несвязанных между собой логических схем: 4 И-НЕ, 2 ИЛИ-НЕ и т.д)

В редакторе для удобства пользователя операции распределены по 12 шагам выполнять которые можно в произвольном порядке. Для каждой операции есть возможность настройки параметров: количество итераций, количество попыток, количество кластеров, на которое разбиваются компоненты платы. Еще есть опция быстрого размещения, которая позволяет экономить время на размещении, возможно, в ущерб результату, а также операция Swap Gates – обмен компонентов между кластерами. Установка необходимых параметров осуществляется в экранном окне.

При размещении у разработчика есть возможность проведения общего размещения, состоящего из нескольких связанных этапов, так и возможность проведения отдельной операции. За счет этого можно сохранять те результаты, которые устраивают разработчика. Также возможно фиксировать на плате часть элементов, расположение которых удовлетворяет требованиям по размещению разработчика. При проведении следующих операций местоположение таких элементов не изменяется. В редакторе нет возможности определять величину зазоров между элементами, поэтому на этапе создания библиотеки посадочных мест необходимо обозначать границы элементов, немного превышающие габаритные размеры корпусов.

2. Распределение элементов по слоям платы

В OrCAD нет возможности автоматического размещения сразу на обеих сторонах печатной платы – алгоритм не позволяет располагать один элемент под другим, даже если элементы находятся на разных слоях. Таким образом, для размещения в автоматическом режиме необходимо сначала определить какие элементы будут находиться на слое TOP(верхний), какие на слое BOT(нижний). После этого надо отдельно друг от друга проводить автоматическое размещение элементов для каждого слоя. На финальном этапе происходит совмещение двух слоев и ручная корректировка результатов. Практически все алгоритмы размещения элементов на печатной плате оптимизируют результат последующей трассировки за счет минимизации суммарной длины соединений.

При полностью автоматическом размещении невозможно учесть требования по “рядному” размещению элементов на плате, поэтому результат в любом случае будет подлежать ручной корректировке. Кроме того, есть вероятность неоптимального расположения элементов с точки зрения электротехнических соображений. В таком случае также необходимо ручное изменение положения отдельных элементов. На первом этапе была предпринята попытка проведения первых пяти шагов размещения из двенадцати рассмотренных выше. На каждом шаге проводилось 100 попыток по 70 итераций.

3. Алгоритмы оценки результатов размещения

Следующим идет этап трассировки, результаты которой покажут, насколько хорошо отработали алгоритмы размещения. Для оценки результатов размещения были разработаны алгоритмы предварительной оценки числа слоев, необходимых для трассировки. Использовались 2 метода: метод покрывающего дерева и метод пересекающихся прямоугольников. При оценке качества размещения не учитывались цепи теплоотвода, так как для их трассировки планировалось использовать отдельные слои.

В первом методе предполагается, что сигнальную цепь можно представить на координатной сетке в виде минимального покрывающего дерева с вершинами в точках соединения выводов элемента и проводника. Если ни одно ребро одного дерева не пересекает ни одно ребро второго, то можно предположить, что две цепи, соответствующие этим двум деревьям, можно провести в одном слое. Редактор OrCAD Layout позволяет сформировать список отдельных связей (ребер деревьев) и автоматически минимизирует теоретическую длину цепей. Условие можно сформулировать так: если отрезок, проведенный из одной вершины первой связи в другую, не пересекает аналогичный отрезок второй связи, то связи можно провести в одном слое или это можно записать так:

```
if (((xt2-xt1)*(yt11-yt1)-(yt2-yt1)*(xt11-xt1))*((xt2-xt1)*(yt22-yt1)-(yt2-yt1)*(xt22-xt1))<0) and (((xt22-xt11)*(yt1-yt11)-(yt22-yt11)*(xt1-xt11))*((xt22-xt11)*(yt2-yt11)-(yt22-yt11)*(xt2-xt11))<0) then...
```

- где X, Y – координатные оси;
- 1 – начало связи;
- 2 – конец;
- xtn, ytn – первая связь;
- xtnn, ytnn – вторая связь.

Второй метод формулируется так: если охватывающие прямоугольники каждой из двух связей не пересекаются между собой, то связи можно провести в одном слое. Это можно описать так:

```
if xt1<xt2 then begin a1:=xt1; a2:=xt2; end else begin a1:=xt2; a2:=xt1; end;
if yt1<yt2 then begin b1:=yt1; b2:=yt2; end else begin b1:=yt2; b2:=yt1; end;
if xt11<xt22 then begin x1:=xt11; x2:=xt22; end else begin x1:=xt22; x2:=xt11; end;
if xt1<xt2 then begin y1:=yt11; y2:=yt22; end else begin y1:=yt22; y2:=yt11; end;
if (((a1<=x1) and (x1<=a2)) or ((x1<=a1) and (a1<=x2)))
and (((b1<=y1) and (y1<=b2)) or ((y1<=b1) and (b1<=y2))) then...
```

Интерфейс программы представлен на рис.1

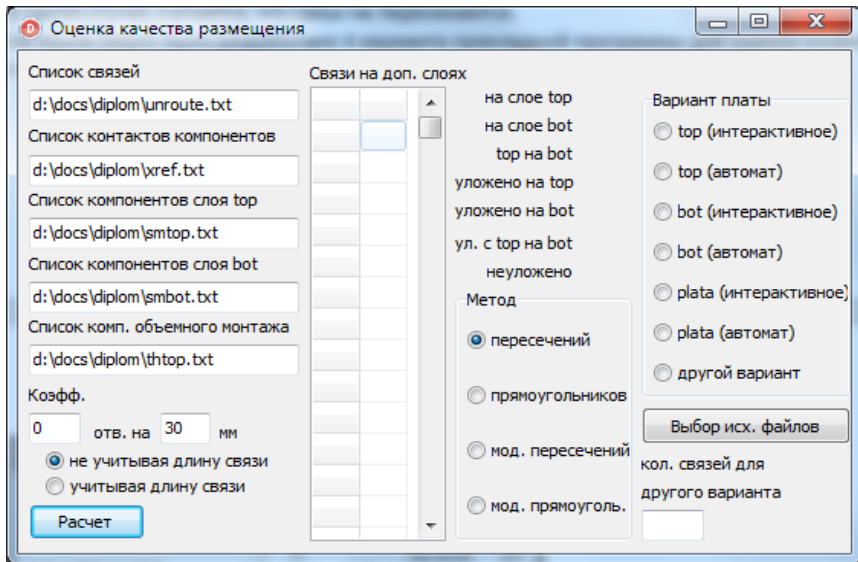


рис.1 Интерфейс программы оценки качества размещения

При оценке методом пересечений и прямоугольников все связи представляют собой единое множество, из которого, после сортировки по не убыванию длины связи, с помощью выбранного метода формируются подмножества непересекающихся связей. Также есть возможность влиять на результат оценки посредством введения коэффициента пересечений (сколько связей подмножества может пересекать связь, включаемая в подмножество). Кроме того, возможно задать отношение количества пересечений к длине связи – чем длиннее связь, тем больше пересечений допускается для включения ее в подмножество.

Таким образом, разработчик может получить список связей, которые теоретически можно провести на плате без переходных отверстий. Для связей с началом и концом на разных слоях, потребуется минимум одно переходное отверстие. В разработанной программе это учтено следующим образом – если связь из подмножества связей, идущих с TOP на BOT, не пересекает другие связи подмножества и пересекает либо только связи на слое TOP, либо только связи на слое BOT, то для такой связи не потребуется дополнительный слой. Оценка размещения происходит по нажатию кнопки «Расчет». Метод, по которому производится расчет, выбирается в поле «Метод». Распределение связей по слоям приводится в поле «Связи на доп. слоях», где указывается количество связей, определенных на каждый слой. При оценке модифицированными методами, количество связей на слоях TOP и BOT выводятся отдельно в соответствующих полях.

4. Сравнение методов оценки результатов размещения

Оценка проводилась с помощью модифицированных методов пересечений и прямоугольников для автоматизированного и интерактивного размещения. Результаты для автоматизированного размещения представлены на рисунках 2 и 3.

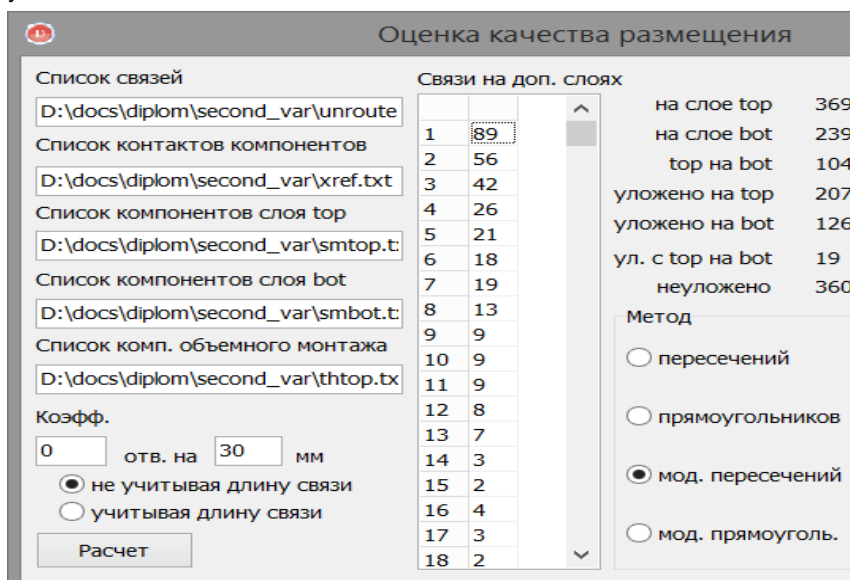


рис.2 Результаты оценки размещения первым методом

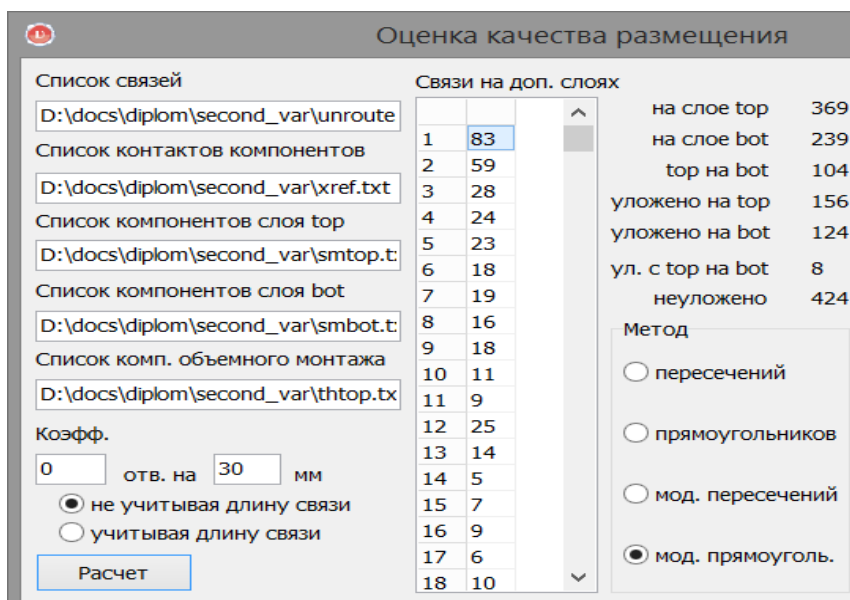


рис.3 Результаты оценки размещения вторым методом

При оценке получилось почти одинаковое количество слоев – 33 и 34. Можно заметить, что при оценке с помощью первого метода большее число связей распределяется на первые слои, а на последующих слоях ситуация обратная. Это можно объяснить тем, что при втором методе для каждой связи выделяется определенный участок платы. Из-за этого при большом числе нераспределенных связей получается большое количество пересечений. Кроме того, сильное влияние оказывает плотность связей.

Далее на рисунках 4 и 5 приводится оценка интерактивного размещения по двум методам.

При оценке первым методом получилось 23 слоя, при оценке вторым – 41. Второй метод позволяет получить верхнюю границу оценки количества используемых слоев и оценить плотность связей на плате. В первом методе оценка более точная, хотя все равно довольно грубая. Учитывая, что основная часть связей назначается на первые

слои, опытный разработчик сможет сделать вывод о том, какое количество слоев ему понадобится для трассировки. Для уточнения оценки можно использовать коэффициенты пересечений.

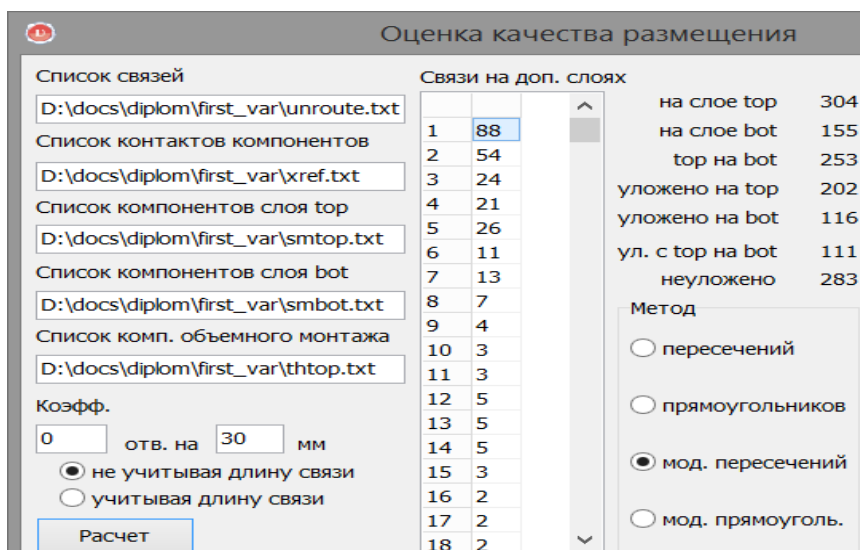


рис. 4 Оценка интерактивного размещения первым методом

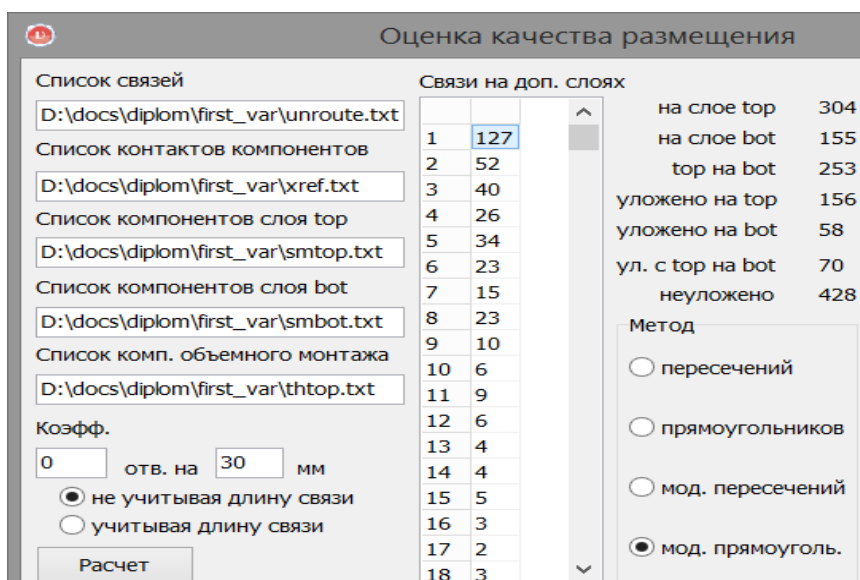


рис. 5 Оценка интерактивного размещения вторым методом

Сравнение результатов интерактивного и автоматизированного размещения, где в качестве оценки используется число слоев, на которых в соответствии с алгоритмом, возможно, провести трассировку платы показало, что в ходе автоматизированного размещения были получены существенно лучшие результаты, чем при полностью ручном размещении. Также для обоих случаев было достигнуто меньшее количество пересечений между связями. К недостаткам системы можно отнести отсутствие у разработчика возможности явно устанавливать параметры размещения, к примеру, максимальное и минимальное расстояние между определенными элементами.

Заключение

В работе была рассмотрена процедура оценки выполнения размещения элементов на ПП в редакторе OrCAD Layout с помощью разработанных алгоритмов оценки. Размещение проводилось как в интерактивном режиме, так и в автоматизированном. Встроенные алгоритмы редактора OrCAD Layout позволяют получить лучшее расположение элементов, чем при интерактивном размещении, что и было продемонстрировано при использовании оценочных алгоритмов, наилучшие результаты, можно получить при совмещении двух способов размещения.

Литература

1. Махлин Е. Размещение компонент на печатной плате как основа успешной разработки. В журнале Технологии в электронной промышленности, 2009, №4.
2. Системы автоматизированного проектирования: учебное пособие / В.А.Смирнов, Л.Н. Петрова. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2013. – 234 с.