

*Г. И. МОЛЧАНОВ* (г. Харьков)

## **АВТОМАТИЧЕСКАЯ ТРАССИРОВКА МНОГОСЛОЙНЫХ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ НА ОСНОВЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ**

Розглянуто можливість застосування генетичних алгоритмів при реалізації програмного комплексу автоматичного трасування з'єднань друкованих плат з метою оптимізації процесу в цілому за критеріями якості. Зроблено оцінку ефективності запропонованого підходу.

The possibility of using the genetic algorithms in the programming complex of the automatic printed circuit cards routing is considered for the reason of quality optimization as a whole. The efficiency of the proposed approach is evaluated.

**Постановка проблемы.** Как хорошо известно, традиционные методы трассировки не могут претендовать на точную оптимизацию разводки по какому-либо критерию качества (например, суммарной длины трасс или числа межслойных переходов), они даже не всегда находят и просто стопроцентную разводку всех соединений.

Среди ПО проектирования печатных плат хорошо известны системы OrCAD, P-CAD и программа SPECCTRA [1]. Так же предоставляют ПО для проектирования устройств на печатных платах, включая моделирование на нескольких иерархических уровнях и конструирование печатной платы (layout), такая фирма как Electronics Workbench, которая предлагает программы Multisim, Ultiboard, Ultiroute. Несмотря на наличие множества систем автоматизированного проектирования печатных плат, наблюдая процесс трассировки или её результат, порой, трудно отличить одну САПР от другой. Такая схожесть систем является следствием схожести применяемых ими алгоритмов, а особенно схожести моделей коммутационного пространства печатной платы.

Необходимо отметить, что современные топологические методы требуют для представления данных очень небольшого количества машинной памяти, а пространство допустимых решений настолько невелико, что появляется возможность говорить даже о поиске точного решения за приемлемое время. Такие методы, в основном, базируются на алгоритмах плоских укладок графов. Элемент обычно представляется множеством контактов, между которыми запрещено проведение соединений. Отсутствие учёта такой возможности топологическим трассировщиком будет приводить к неоптимальным решениям из-за того, что чисто топологическая модель коммутационного пространства неадекватно отражает свойства реального конструктива [2, 3].

Существующие Shape-based методы работают с геометрическими

объектами (контактными площадками, переходными отверстиями и линейными фрагментами проводников), не раскладывая их в набор дискретов, что позволяет существенно сократить размерность описаний и за счет этого повысить скорость решения задачи. Являясь по своей сути оптимизационными, тем не менее не относятся к методам гибкой трассировки, т.к. при уточнении маршрутов, проводники прокладываются и фиксируются, пополняя список препятствий. Таким образом эти алгоритмы не лишены недостатков сеточных методов (методов трассировки на дискретном рабочем поле (ДРП)) таких как ортогональность и негибкость.

В качестве альтернативы был исследован оптимизационный метод трассировки многослойных печатных плат, базирующийся на принципах эволюционной генетики.

**Анализ литературы.** Существуют алгоритмы, основанные на эвристиках, реализующие идею последовательной трассировки [4 – 7]. Здесь возникает проблема очередности трассируемых соединений. В связи с этим интерес представляют комбинаторные алгоритмы, оперирующие со всеми соединениями. Среди математических методов получили распространение методы моделирования отжига и эволюционного программирования. Особый интерес представляют генетические алгоритмы, основанные на механизмах природной селекции и генетики [8, 9].

**Целью статьи** является демонстрация эффективности использования генетических алгоритмов (ГА) в процессе автоматической трассировки. Для этого произведена адаптация ГА с целью управления процессом трассировки. На основании проведенных исследований, для получения оптимальных результатов при трассировке соединений предлагается использование ГА, имитирующих процесс естественного отбора в природе [10].

**Исследования.** При адаптации генетического алгоритма, за основу была взята идея, изложенная в работах ученых Таганрогского радиотехнического университета: Б.К. Лебедева, В.М. Курейчика, А.В. Бородулина, А.В. Мухлаева.

При разработке метода оптимизации использующего ГА, основное внимание уделялось описанию готовой конфигурации с помощью характеристик общих для различных техник трассировки с целью получения универсального алгоритма.

Таким образом, если при реализации алгоритма канальной трассировки названными авторами использовалось представление хромосом жестко привязанное к выбранной модели рабочего пространства, то в реализованном варианте хромосома описывается характеристиками, отражающими особенности конструктива в целом.

Для повышения вероятности полного разведения платы при трассировке соединений предлагается использовать алгоритм, базирующийся на волновом

методе. При реализации алгоритма предприняты меры для повышения эффективности трассировки (подробнее изложено в [10]).

Ниже приводятся статистические данные, отражающие качественные показатели оптимальной конфигурации печатной платы, полученной в результате работы различных программ автоматической трассировки соединений, а так же сравнительная характеристика найденных лучших решений.

Задача трассировки решалась при заданных межконтактных связях для элементов, показанных на рис.

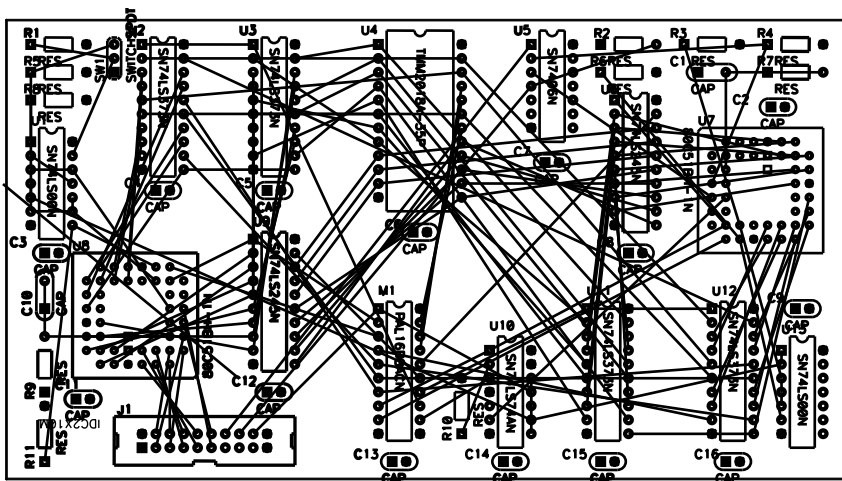


Рис. Схема межконтактных связей

Статистические данные, характеризующие конфигурацию, полученную в результате работы автотрассировщика ACCEL P-CAD:

Длина трасс (см):	769.122
Кол-во переходов:	192 ( 49% контактных площадок)
Переходов добавлено:	192 (100%)
Трассировано соединений:	164 (100%)
Время трассировки:	0:00:13

Статистические данные, характеризующие конфигурацию, полученную в результате работы автотрассировщика SPECCTRA:

Связей:	101.	Соединений:	164.	Не разведено:	0.
Разветвлений:	18,	на переходах:	13.	Кол-во переходов:	70
Разведено:	100.00%.				

Длина трасс (мм): 7542.1358. Гориз.: 4027.3380. Верт.: 3994.9740.

Статистические данные, характеризующие конфигурацию, полученную в результате программной реализации вышеизложенных методов:

Размеры:	155x85 мм
Кол-во контактных площадок:	385
Общая длина трасс:	7477 мм
Кол-во переходов:	100
Разрешено связей:	164 из 164 (100%)

Таблица

Сравнительная характеристика результатов автотрассировки

Автотрассировщик	Кол. слов	Поиск лучшего решения	Кол-во решений	Длина трасс	Кол-во переходов	Кол-во неразреш. соединений
ACCEL EDA	2	+	9	7691	192	0
SPECCTRA	2	+	19	7542	70	0
ГА	2	+	7+5+3+1	7477	100	0

Из приведенной таблицы видно, что:

- лучшим решением по количеству переходных отверстий является конфигурация, полученная с помощью автотрассировщика SPECCTRA;
- лучшим решением по длине трасс является конфигурация, полученная в результате работы программы, реализующей выше-изложенный подход.

**Выводы.** Из приведенных выше данных видно, что исследования в данной области перспективны и существует реальная возможность повышения качества автоматической трассировки путем использования генетических алгоритмов при программной реализации трассировщика.

**Список литературы:** 1. Средства и технологии проектирования и производства электронных устройств // EDA Express. – 2000. – № 1. – С. 16–23. 2. Хигстон Д., Логхид Ф., Ирвин Р. Новый топологический автотрассировщик // Chip News. – 2002. – № 2. – С. 60–64. 3. Сухарев А.В., Золотов А.И. Модели и процедуры оптимизации в автоматизации проектирования. Программный комплекс FreeStyle Router: Учеб. пособие. – СПб.: СЗТУ, 2001. – 165 с. 4. Базилевич Р.П. Обобщенный подход к формализации задачи машинной трассировки межсоединений на плоскости // Изв. вузов СССР. Радиоэлектроника. – 1974. – № 6. – С. 98–103. 5. Базилевич Р.П. Декомпозиционные и топологические методы автоматизированного конструирования электронных устройств. – Львов: Вища школа, 1981. – 168 с. 6. Shin H., Sangiovanni Vincentelli A. Mighty: a rip-up and reroute detailed router // Proceedings of IEEE International conference on CAD. – 1986. – P. 2–5. 7. Лузин С.Ю., Полубасов О.Б. Проектирование печатных плат. Новые методы решения старых проблем // САПР и графика. – 1997. – № 11. – С. 58–59. 8. Cohoon J.P., Hegde S.U., Martin W.N., Richards D. Distributed genetic algorithms for the floorplan design problem // Proceedings of IEEE Transactions on Computer-Aided Design. – 1991. – Vol.10. – No. 4. – P. 483–492. 9. Курейчик В.М., Лебедев Б.К. Генетический алгоритм трассировки в коммутационном блоке // Электроника: Известия вузов. – 2002. – № 4. – С. 55. 10. Молчанов Г.И. Повышение качества печатных плат в процессе автоматической трассировки соединений // Вестник НТУ "ХПИ". Сборник научных работ. Выпуск 114. – Харьков: НТУ "ХПИ". – 2001. – С. 101–106.

Поступила в редакцию 30.04.04