

ПЛАНАРНЫЕ И КООРДИНАТНЫЕ ТРАССИРОВЩИКИ НА ПРАКТИКЕ

И.Ю. Веренич, Ю.В. Лысенко

MAZE ROUTERS AND X-Y-BASED ROUTERS AND THEIR PRACTICAL REALIZATION

I.Yu. Verenich, Yu.V. Lysenko

Рассмотрены два фундаментальных подхода к решению задачи трассировки печатного монтажа, обоснованы преимущества и недостатки каждого из подходов. Проведены эксперименты с двумя популярными трассировщиками – SPECCTRA и PADS Router, выяснено, что первый из них в большей степени задействует планарный подход, а второй – координатный подход. Полученные результаты позволят повысить качество автоматической трассировки печатных плат и срок выхода готовых изделий.

Ключевые слова: трассировка печатных плат, алгоритм трассировки, лабиринтный трассировщик, координатный трассировщик, качество трассировки.

This article features two fundamental approaches to routing of printed circuit boards. Advantages and disadvantages of both of the approaches have been highlighted. Experiments with two popular PCB routing tools – SPECCTRA and PADS Router – showed that the first one performs in a maze manner, whilst the latter acts like an x-y router. This may improve routing quality and speed up the design cycle.

Keywords: PCB routing, routing algorithm, maze router, X-Y router, routing quality.

Введение

Трассировка электрических соединений печатных плат является наиболее трудоемкой задачей конструкторского проектирования электронных средств (до 35 % общего времени конструирования) [1, 2]. Поэтому автоматизация данного этапа конструирования всегда была очень актуальной задачей. Сложность и многокритериальность задачи трассировки современных печатных плат привели к появлению большого количества алгоритмов трассировки. Знание особенностей различных средств автоматической трассировки позволит разработчику грамотно их применять и быстрее получать требуемые результаты. В данной статье рассмотрим некоторые особенности трассировщиков PADS Router (версия 9.1) и SPECCTRA (версия 15.0).

1. Два подхода к задаче трассировки

В настоящее время известны десятки различных алгоритмов трассировки, ориентированных как на решение общих задач трассировки, так и на специальные задачи, например, обеспечение равенства времени задержки сигнала, проходящего

по группе цепей [3]. В литературе существуют разнообразные классификации алгоритмов трассировки, однако при наиболее общем рассмотрении можно выделить два фундаментальных подхода к решению задачи трассировки:

- планарный, или лабиринтный (maze router, или single-layer router);
- координатный (X-Y router, или XY plane-pair router) [4, 5].

Отметим, что в литературе отсутствуют устоявшиеся термины, обозначающие данные подходы; в данной статье будем использовать определения «планарный» и «координатный».

На рис. 1 в качестве примера приведено сравнение разводки трех проводников планарным и координатным методами.

В программах автоматической трассировки печатных плат используются алгоритмы, основанные на том или ином подходе либо на комбинации этих подходов. Каждый из подходов имеет свои преимущества и недостатки.

Планарный трассировщик пытается провести несколько цепей целиком на одном слое, то есть без использования переходных отверстий. Пла-

Веренич Илья Юрьевич – магистрант ЮУрГУ; ilyavere@gmail.com

Лысенко Юрий Владимирович – канд. техн. наук, доцент кафедры конструирования и производства радиоаппаратуры ЮУрГУ; yvl@uralcad.ru

Verenich Ilya Yurievich – undergraduate student of SUSU; ilyavere@gmail.com

Lysenko Yuri Vladimirovich – PhD, assistant professor of the Electronics design department of SUSU; yvl@uralcad.ru

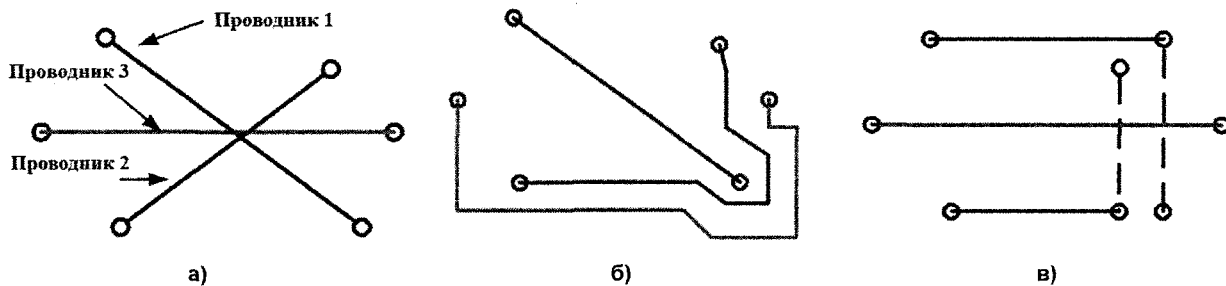


Рис. 1. Разводка трех проводников планарным и координатным методами: а – неразведенные проводники; б – разведенные планарным трассировщиком; в – разведенные координатным трассировщиком

Планарные методы наиболее эффективны на однослойных и двухслойных платах. Они, как правило, требуют меньшего числа переходных отверстий, чем координатные трассировщики, в связи с отсутствием необходимости частой смены слоев. Однако планарные трассировщики показывают худшие результаты при высокой плотности печатного монтажа [5].

Координатные трассировщики рационально использовать, когда на плате имеются хотя бы два сигнальных слоя. Как правило, при таком подходе задаются преимущественные направления проводников по слоям. Данный подход имеет преимущества при трассировке многослойных плат с регулярным и/или плотным расположением выводов компонентов. Кроме того, при использовании координатного подхода легче обеспечить согласование длин проводников и необходимое время задержки сигнала [5].

Выясним, насколько в трассировщиках SPECCTRA и PADS Router проявляются свойства планарных и координатных подходов к решению задачи трассировки. Для проведения экспериментов возьмем две печатные платы:

а) однослойная с преобладанием дискретных радиоэлементов с двумя–тремя контактными площадками (рис. 2, а). Средняя плотность контактных площадок $0,63 \text{ см}^{-2}$;

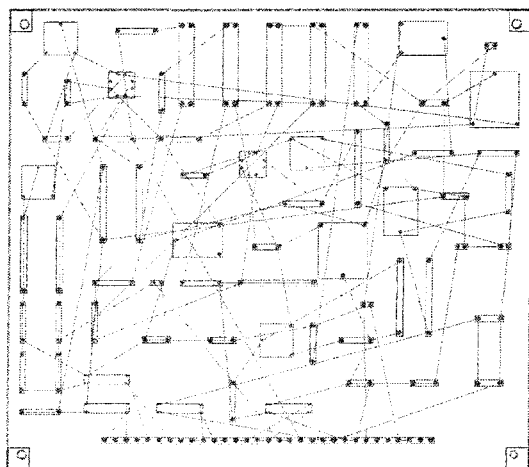
б) четырехслойная (в т. ч. один слой – металлизированный) с регулярным расположением контактов и преимущественной ориентацией соединений вдоль горизонтальной оси координат (рис. 2, б). Средняя плотность контактных площадок $8,4 \text{ см}^{-2}$.

2. Эксперимент с однослойной платой

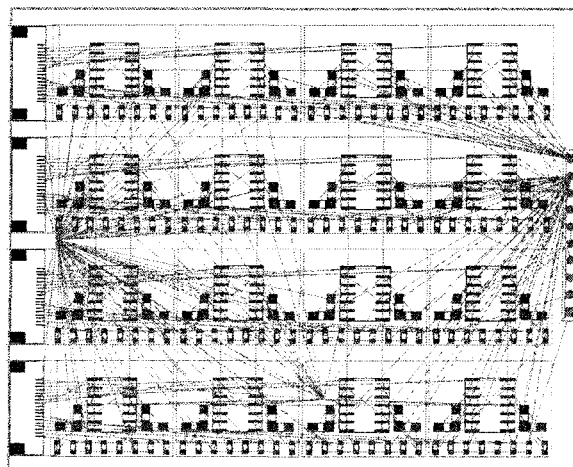
Трассировка платы на рис. 2, а была выполнена по следующим правилам:

- ширина всех проводников 0,2032 мм (8 мил);
- зазоры между элементами печатного рисунка 0,254 мм (10 мил);
- зазоры между сегментами проводников одной цепи 0,254 мм (10 мил);
- топология цепей – кратчайшие связывающие деревья;
- трассировка под углами кратными 45° разрешена.

Результаты трассировки данной платы представлены в табл. 1. Трассировщику SPECCTRA не удалось провести всего одно соединение, а PADS Router не провел шесть соединений. Однослойная плата, по сути, представляет собой лабиринт, так как необходимо найти путь проводника в ограниченном пространстве без возможности смены слоя. Поэтому на данном примере можно сказать, что SPECCTRA в большей степени проявляет свойства планарного (лабиринтного) трассировщика.



а)



б)

Рис. 2. Тестовые печатные платы: а – однослойная плата; б – четырехслойная плата

Таблица 1

Результаты трассировки однослойной платы (рис. 2, а)

	SPECCTRA	PADS Router
Однослойная плата		
Количество перемычек	1	6
Длина проводников, м	7,33	6,05
После добавления второго слоя		
Переходы	0	0
Неразведенные проводники	0	0
Длина проводников, м	5,18	5,01

Таблица 2

Результаты трассировки четырехслойной платы (рис. 2, б)

	SPECCTRA	PADS Router
Четырехслойная плата		
Переходы	498	232
Неразведенные проводники	0	0
Длина проводников, м	8,20	7,24
После удаления одного слоя		
Переходы	468	273
Неразведенные проводники	0	6 (0,9 %)
Длина проводников, м	8,45	7,38

Для подкрепления сделанного вывода разрешим использование верхнего слоя платы для трассировки, т. е. добавим второй сигнальный слой. Тогда оба трассировщика разведут все соединения без использования переходных отверстий (смена слоя происходит только на контактных площадках радиоэлементов). Иначе говоря, преимущество SPECCTRA в этом случае нивелируется. Более того, суммарная длина разведенных проводников при использовании PADS Router оказалась на 3 % меньше, чем при разводке трассировщиком SPECCTRA.

3. Эксперимент с четырехслойной платой

Трассировка платы на рис. 2, б была выполнена по следующим правилам:

- ширина цепей питания 0,508 мм (20 мил);
- ширина остальных цепей 0,2032 мм (8 мил);
- зазоры между элементами печатного рисунка 0,2032 мм (8 мил);
- зазоры между сегментами проводников одной цепи 0,2032 мм (8 мил);
- шаг координатной сетки для размещения переходных отверстий 0,635 мм (25 мил) (по ГОСТ 51040–97);
- диаметр переходного отверстия 0,635 мм (25 мил);
- все переходные отверстия – сквозные;
- направление преимущественной прокладки проводников по слоям – с чередованием горизонтально/вертикально;
- трассировка под углами кратными 45° разрешена.

Результаты трассировки данной платы представлены в табл. 2. Преимущество трассировщика

PADS Router в данном случае очевидно – количество переходных отверстий в два раза меньше, чем при использовании SPECCTRA. PADS Router проявляет свойства координатного трассировщика, так как плата с высокой плотностью монтажа и «достаточным» количеством слоев – типичная ситуация, в которой координатный трассировщик выигрывает в сравнении с лабиринтным.

В качестве эксперимента выполним удаление с платы одного внутреннего сигнального слоя. Это неблагоприятная ситуация для координатного трассировщика, так как уменьшение числа слоев дает снижение числа возможных вариантов проведения проводника. Поэтому для нахождения решения требуется больше переходных отверстий. Кроме того, 6 соединений остались неразведенными (см. табл. 2). Планарный трассировщик работает на иных принципах, поэтому уменьшение числа слоев в случае использования SPECCTRA привело к некоторому сокращению числа переходных отверстий (на 6 %) и увеличению суммарной длины проводников (на 3 %).

Выводы

При трассировке печатных плат большое значение имеют количество сигнальных слоев, плотность монтажа, относительное расположение контактных площадок на плате, наличие ограничений на длины цепей (или время задержки сигналов) и т. д. В зависимости от соотношения этих параметров планарные либо координатные трассировщики достигают лучших результатов, причем разница в их результатах может быть очень значительной. Поэтому для разработчика важно выбрать «правильный» подход.

Из проведенных экспериментов следует, что SPECCTRA в большей степени проявляет свойства планарного трассировщика, а результаты работы PADS Router указывают на его принадлежность к координатным трассировщикам. Значит, при трассировке плат с невысокой плотностью монтажа с нерегулярно расположенными компонентами и относительно небольшим количеством слоев выгоднее использовать трассировщик SPECCTRA. В противоположных случаях PADS Router показывает лучшие результаты. Тем не менее, небольшой объем проведенных экспериментов пока не позволяет обобщить эти выводы применительно ко всем платам.

Литература

1. Wiens, D. *Results of PCB Design Survey* /

David Wiens // *David Wiens' Blog: PCB Design Technology Blog*. – 2009.

2. Pecht, M. *Placement and routing of electronic modules* / Michael Pecht. – New York: CRC Press, 1993. – 326 p.

3. Sait, S.M. *VLSI physical design automation: theory and practice* / Sadiq M. Sait, Habib Youssef. – Singapore: World Scientific, 1999. – 482 p.

4. Frisbee, Charles N. *An overview of placement and routing algorithms for PCB, VLSI and MCM designs with a proposal for a new MCM routing algorithm* / Charles N. Frisbee // *University of Arkansas*. – 1996. – 51 p.

5. Ritchey, L. *PCB routers and routing methods* / Lee W. Ritchey // *PC Design Magazine*. – 2000. – № 2.

Поступила в редакцию 28 октября 2010 г.