

С. Ю. МУРОВ

УДК 681.3

Россия, Санкт-Петербургский государственный университет  
телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича  
E-mail: ncdf@mail.ru

Дата поступления в редакцию  
17.08 2011 г.

## СШИВКА ПОЛИГОНОВ НА ДВУХСЛОЙНОЙ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЕ

*Предложен метод решения задачи подключения максимального числа изолированных островков металлизированных областей одной цепи, расположенных на разных слоях печатной платы.*

Для целей экранирования печатных плат достаточно часто используется металлизация в их сигнальных слоях. Наличие сигнальных проводников и контактов в области металлизации часто приводит к появлению изолированных участков заливки (островков), которые не связаны с цепью, подключенной к области металлизации. Обычно такие островки удаляют или, если области металлизации, подключенные к какой-либо цепи, расположены в нескольких слоях, островки, изолированные на одном слое, с помощью межслойных переходов присоединяют к области металлизации другого слоя. Выполнение подобной операции вручную довольно трудоемко. В настоящей работе предлагается метод решения этой задачи в процессе автоматической трассировки плат.

Рассмотрим следующую задачу. Пусть на полностью разведенной двухслойной плате с обеих сторон положены полигоны земли (или питания). Требуется с помощью расстановки межслойных переходов обеспечить подключение максимального числа неподключенных островков.

Для ее решения предлагается алгоритм, приведенный на **рис. 1**. Рассмотрим пример реализации приведенного алгоритма.

На **рис. 2** приведен фрагмент двухслойной печатной платы, который содержит семь островков металлизации (ОМ) — четыре на верхнем слое и три на нижнем. Подключенным к соответствующей цепи является только островок №1 (на нем имеется пара контактов).

Согласно алгоритму, на первой итерации во фронт помещается ОМ №1 и проверяется наличие пересечений его проекции с неподключенными островками на нижнем слое. Проекция ОМ №1 на нижний слой пересекается только с ОМ №5 (см. **рис. 3, а**, где область пересечения заштрихована). В области пересечения размещается межслойный переход. Островок №5 помещается в “Новый фронт”. ОМ “Нового фронта” (№5) исключаются из списка неподключенных и становятся островками текущего фронта.

```

Поместить во фронт все подключенные островки.
Пока фронт не пуст
{
    Новый фронт пуст.
    Для каждого островка фронта
    {
        Для каждого неподключенного островка на
        другом слое
        {
            Если проекция островка фронта пересекается
            с неподключенным островком на другом слое, то
            Если в области пересечения помещается
            межслойный переход
            {
                Установить переход.
                Поместить островок в Новый фронт.
            }
        }
    }
}
Исключить островки Нового фронта из неподключенных.
Фронт = Новый фронт
}
    
```

Рис. 1. Алгоритм решения задачи

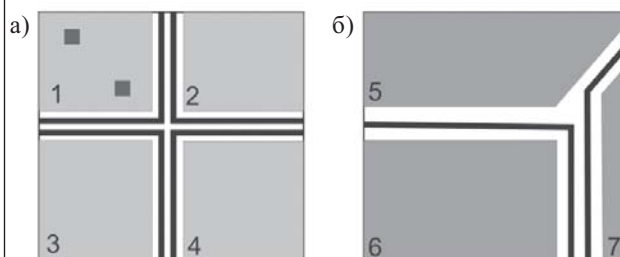


Рис. 2. Фрагмент двухслойной печатной платы:  
а — верхний слой; б — нижний слой

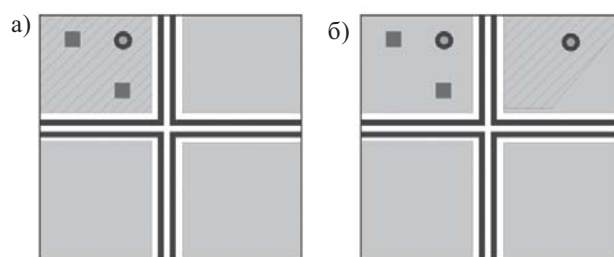


Рис. 3. Подключение островков №5 (а) и №2 (б)

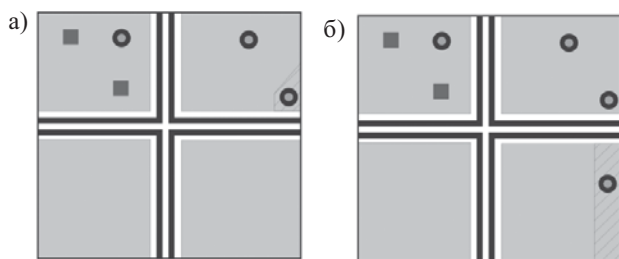


Рис. 4. Подключение островков №7 (а) и №3 (б)

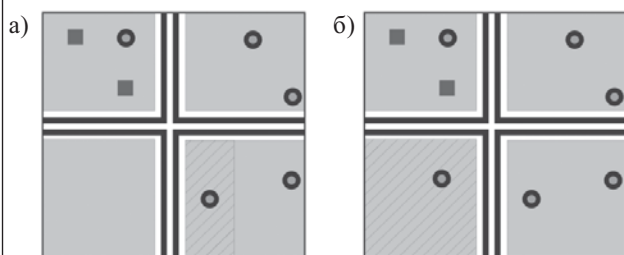


Рис. 5. Подключение островков №6 (а) и №4 (б)

На следующей итерации проверяется наличие пересечений проекции ОМ №5 с неподключенными островками на верхнем слое. Пересечение есть только с ОМ №2 (на рис. 2, б область пересечения заштрихована).

Далее проводится последовательное соединение следующих островком (рис. 4, 5): №2—№7—№3—№6—№4. Таким образом будут подключены все семь островков.

В приведенном алгоритме за условием «Если в области пересечения помещается межслойный переход» скрывается отдельная задача: найти радиус вписанной в область пересечения окружности и сравнить его с радиусом межслойного перехода.

Если область пересечения — правильный многоугольник, задача тривиальна (центр вписанной окружности — точка пересечения биссектрис углов многоугольника). Однако это может быть неправильный многоугольник (и даже не один), и тогда стоит нетривиальная задача нахождения максимального радиуса вписанной в такой многоугольник окружности. Можно построить триангуляцию области пересечения, но радиусы вписанных в треугольники окружностей будут малы (существенно меньше максимального радиуса вписанной в многоугольник окружности), а описанные окружности могут выходить за границы области, поскольку стороны треугольников могут находиться на границе области (рис. 6).

В [1, с. 157] предложена структура разбиения плоскости, названная квазитриангуляцией. Она обладает свойствами триангуляции Делоне, но ее вершинами служат не точки, а произвольно наклоненные отрезки (рис. 7).

В отличие от триангуляции, в квазитриангуляции стороны всех треугольных граней лежат внутри триангулированной области. На границе области могут находиться только вершины треугольников. То есть при использовании квазитриангуляции можно рассчитывать на нахождение большего радиуса вписанной окружности, чем при использовании триангуляции.

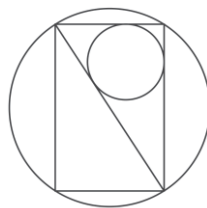


Рис. 6. Триангуляция прямоугольной области с вписанной в треугольную грань и описанной вокруг нее окружностями

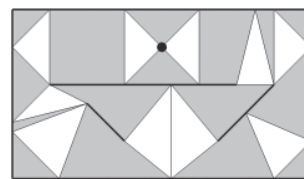


Рис. 7. Квазитриангуляция (черным цветом показаны отрезки топологии — квазивершины, серым — квазиребра, белым — грани)

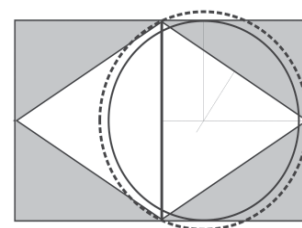


Рис. 8. Квазитриангуляция прямоугольной области

Определить, помещается ли в области пересечения межслойный переход, можно следующим образом:

1. Для области пересечения островков построить квазитриангуляцию.
2. Для каждой треугольной грани найти центр описанной окружности. (Точка пересечения серединных перпендикуляров к сторонам треугольника.)
3. Если для какой-либо грани радиус описанной окружности не меньше радиуса межслойного перехода, из найденного центра восстановить перпендикуляры к сторонам границы области, на которых расположены вершины грани.
4. Если длина меньшего из этих перпендикуляров не меньше радиуса межслойного перехода, это означает, что межслойный переход может быть установлен без нарушения конструктивно-технологических нарушений.

Приведем пример. На рис. 8 представлена квазитриангуляция области, показанной на рис. 6. Вершинами квазитриангуляции являются стороны прямоугольной области. Описанная вокруг грани окружность выходит за границы области, но конструктивная окружность со скорректированным радиусом уже целиком находится внутри области, и если ее радиус не меньше радиуса межслойного перехода, то последний вписывается в область без нарушений конструктивно-технологических ограничений.

Таким образом, предложенный метод решения задачи подключения максимального числа изолированных островков металлизированных областей одной цепи, расположенных на разных слоях печатной платы, может быть использован в процессе автоматической трассировки плат.

#### ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Лузин С. Ю., Лячек Ю. Т., Петросян Г. С., Полубасов О. Б. Модели и алгоритмы автоматизированного проектирования радиоэлектронной аппаратуры. — С-Пб: БХВ-Петербург, 2010. [Luzin S. Yu., Lyachek Yu. T., Petrosyan G. S., Polubasov O. B. Modeli i algoritmy avtomatizirovannogo proektirovaniya radioelektronnoi apparatury. S-Pb. BKhV-Peterburg, 2010.]