

АЛГОРИТМ МАКРОТРАССИРОВКИ ДВУСТОРОННЕЙ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ

Проектирование межсоединений двусторонней печатной платы на основе крупнодискретной топологической модели позволяет разделить процесс поиска решения на два этапа: 1) трассировку соединений на топологической модели и ее оптимизацию (макروتрассировку); 2) формальное преобразование эскиза трассировки в описание расположения соединений с точностью до координат монтажного пространства (микротрассировку)*. На первом этапе распределение проводников по макродискретам осуществляется при полном отрыве от метрических характеристик на всем коммутационном поле. Положение трасс жестко не фиксируется и каждое последующее соединение может в некоторых пределах деформировать уже проведенные трассы. Учитываются только наиболее важные метрические параметры, используемые в качестве ограничений, а именно параметры, определяющие пропускную способность и насыщенность отдельных участков рабочего поля. Фрагменты трасс описываются набором топологических характеристик, что позволяет создавать "гибкие", "плавающие" модели проводников в больших областях произвольной конфигурации. В процессе макротрассировки необходимо обеспечить выполнение двух условий: алгоритм определяет путь между двумя вершинами трассируемого соединения; найденный путь имеет конкретную реализацию, удовлетворяющую геометрическим ограничениям. Это является гарантией успешного завершения второго этапа, на котором уточняется расположение проводников внутри макродискрет.

Пусть необходимо отыскать путь между двумя точками A и B двухслойного коммутационного пространства, которые соответствуют вершинам x_n и x_k цепи e_j (рис. 1). Крупнодискретная топологическая модель двусторонней печатной платы позволяет решить эту задачу с помощью модифицированного волнового алгоритма, в котором волна распространяется по укрупненным дискретам D_i некоторого слоя платы. Источником волны является один из четырех смежных каналов первого или второго слоя, содержащих начальную вершину

* Алипов Н.В., Литвинова Е.И. Дискретная топологическая модель печатной платы. Х., 1994. 13 с. Деп. в ГНТБ Украины 01.08.94, № 1466-Ук94.

(точку A) соединения e_j . Приемником волны будем считать один из четырех смежных дискретов, которым принадлежит очередная вершина на цепи e_j (точка B) или ранее распределенный фрагмент $\{x_f; x_s\}$ обрабатываемой цепи.

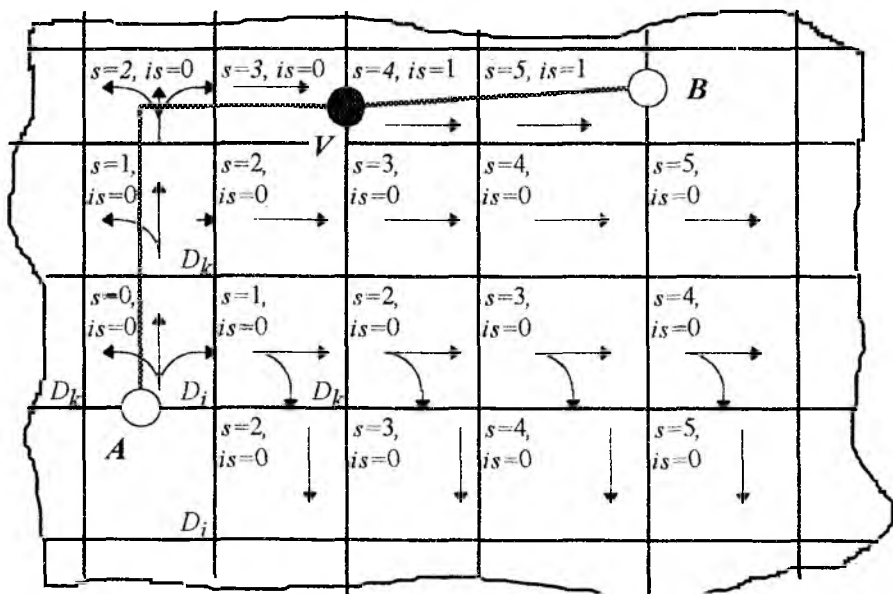


Рис. 1.

Подключение вершины к ранее размещенному участку трассы позволяет опустить этап построения минимального связывающего дерева, которое практически невозможно реализовать без изменений в виде топологического рисунка, особенно при большом числе связей. Будем решать задачу построения квазиоптимального дерева последовательно для каждой цепи с учетом конкретной топологической ситуации.

Рассмотрим ситуацию, отраженную на рис. 1. Для поиска пути между двумя точками начнем распространение волны с дискрета D_i первого слоя. В первый фронт волны (в дальнейшем словосочетание "фронт волны" заменим на слово "фронт") будем включать каналы, смежные с D_i по одной из четырех граней на текущем слое. При этом

необходимо учитывать возможность прокладки трассы на рассматриваемом слое в направлении каждого из смежных дискретов. С этой целью введем код направления AP прохождения волны через канал; его значения определим из рис. 2 в зависимости от стороны, которой принадлежит источник волны в данном дискрете. Источник обозначен кружком. В каждый очередной фронт включают дискреты текущего слоя, в направлении которых возможна прокладка трассы без пересечений. Для построения пути, минимально возможного в данной топологической ситуации, введем индекс длины s и индекс слоя is . Начальное значение s равно нулю, $is = 0$. Для каждого очередного фронта индекс длины увеличивается на единицу. Индекс слоя формируется следующим образом: для первого слоя $is = 0$, для второго слоя $is = 1$. Если построение пути без конфликтов с ранее назначенными в канал трассами невозможно, то соответствующий смежный дискрет не может быть включен во фронт. Эту процедуру повторяют до тех пор, пока не будет достигнут приемник волны на данном слое.

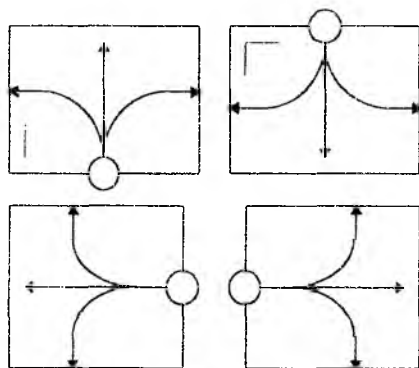


Рис. 2

В случае, когда приемник не достигнут и отсутствует возможность дальнейшего распространения волны в крупнодискретном рабочем поле (КДРП) рассматриваемого слоя из текущего канала последнего фронта, планируется переход из дискрета D_i КДРП первого слоя в дискрет D_j КДРП второго слоя на рассматриваемой n -й магистрали, если последняя свободна на всех слоях. Указанная магистраль дискрета D_j помечается символом перехода V . Распространение волны продолжается в КДРП второго слоя, начиная с двух смежных каналов, на границах которых расположен межслойный переход, до тех пор, пока не будет достигнут приемник волны.

Если приемник не достигнут и отсутствует возможность дальнейшего распространения волны в КДРП второго слоя из текущего канала последнего фронта, планируется переход из дискрета D_i КДРП второго слоя в дискрет D_j КДРП первого слоя на рассматриваемой m -й магистрали, если последняя свободна на всех слоях. Распространение волны продолжается в КДРП первого слоя, начиная с двух смежных каналов, на границах которых расположен очередной меж-

слоиный переход. Процедура смены слоя при распространении волны и планирования переходов повторяется до тех пор, пока не будет достигнут приемник волны.

Рассмотрим ситуацию, когда при планировании межслойного перехода на n -й магистрали последняя занята ранее проложенной трассой. В этом случае необходимо последовательно просмотреть все остальные магистрали рассматриваемой стороны дискрета на текущем слое и определить, какие элементы топологии расположены на них. Если на указанных магистралях находятся только ранее проложенные на данном слое трассы и имеются свободные магистрали, можно осуществить параллельный сдвиг трасс и освободить n -ю магистраль для размещения межслойного перехода. Если между ранее проложенными трассами на границах дискрета установлены контактные площадки, ранее включенные в топологический рисунок, то деформация проложенных соединений с целью освобождения n -й магистрали невозможна. Для того чтобы продолжить распространение волны по второму слою, надо осуществить сдвиг точки прихода волны к рассматриваемой стороне дискрета первого слоя на соседнюю свободную магистраль (если последняя имеется) и повторить процедуру планирования перехода, описанную выше. Чтобы реализовать возможность сдвига точки прихода волны на текущем слое, необходимо при распространении волны запоминать номер выбранной магистрали и код направления. В том случае, когда соседние магистрали заняты контактными площадками или трассами, осуществляют поиск свободной магистрали на данной стороне дискрета D_i с учетом индекса направления и условий пересечения трасс. Если возможность сдвига точки прихода волны отсутствует, следует перейти к рассмотрению других дискрет, входящих в данный фронт волны, с целью перейти с одного слоя на другой. Дискреты последнего фронта рассматривают в порядке, обратном тому, в котором они были включены во фронт волны.

Все изложенное выше позволяет синтезировать следующий модифицированный волновой алгоритм макротрассировки двусторонней печатной платы:

1. Выбрать слой печатной платы $sl = 0$.
2. Присвоить дискретам D_i , на границах которых лежит точка A , индекс длины $s = 0$, индекс слойности $is = sl$.
3. Выбрать вариант закрепления трассы за магистралями дискретов D_i в каждом из трех возможных направлений.
4. Сформировать множество E соседних с D_i дискретов, в направлении которых возможна прокладка трассы. Запомнить номера магистралей, являющихся точками прихода волны к дискретам множества E .

5. Присвоить дискретам $D_k \in E_i$ ($k = \overline{1, m}$; $m = |E_i|$) индекс длины $s = s + 1$, индекс слойности $is = sl$ и выполнить пп. 3–5 данного алгоритма.

6. Повторять пп. 3–5 настоящего алгоритма до тех пор, пока не будут достигнуты дискреты, содержащие точку B .

7. Если повторение пп. 3–5 для некоторого фронта волны (множества дискретов D_i слоя sl) невозможно и точка B не достигнута, перейти к п. 8.

8. Выполнить межслойный переход в точке прихода волны к дискрету $D_k \in E_i$ ($k = \overline{1, m}$; $m = |E_i|$).

9. Перейти на очередной слой печатной платы $sl = sl \oplus 1$.

10. Присвоить дискрету $D_k \in E_i$ ($k = \overline{1, m}$; $m = |E_i|$) индекс длины $s = s + 1$, индекс слойности $is = sl$.

11. Выбрать вариант закрепления трассы за магистралями дискретов D_i , на границах которых имеется межслойный переход в каждом из трех возможных направлений.

12. Сформировать множество E соседних с D_i дискретов, в направлении которых возможна прокладка трассы. Запомнить номера магистралей, являющихся точками прихода волны к дискретам множества E .

13. Присвоить дискретам $D_k \in E_i$ ($k = \overline{1, m}$; $m = |E_i|$) индекс длины $s = s + 1$, индекс слойности $is = sl$.

14. Повторять пп. 11–13 до тех пор, пока не будут достигнуты дискреты, содержащие точку B .

15. Если повторение пп. 11–14 для некоторого фронта (множества дискретов D_i слоя sl) невозможно и точка B не достигнута, повторить пп. 8–14.

16. Если точка B достигнута, построить трассу, двигаясь в обратном направлении из точки B к точке A по смежным дискретам, индекс длины которых уменьшается на единицу. Если повторение п. 8 невозможно, занести номер трассы в список неразведенных соединений.

Разработанный алгоритм позволяет найти путь между двумя соединяемыми элементами в двухслойном коммутационном пространстве, если он существует, а также определить трассируемость платы на двух слоях еще до завершения процесса топологического проектирования.

Поступила в редколлегию 25.03.97