

или с учетом всех подстановок:

$$E_p = \sum_{i=0}^{[(L-L_{II})/d]} \left(\left[\frac{(L-d \cdot i) \delta_{II}}{|\bar{V}| \cdot d} \right] + 1 \right)^2 \cdot \frac{a^2 I_{ис}}{8 \cdot L_i^2 \cdot L_{исi}^2} \times \left(\xi + \arctg \left(\frac{L_i \cdot \sin \xi}{L - L_i \cdot \cos \xi} \right) \right) \cdot 2 \frac{L_i + \sqrt{L^2 + L_i^2 - 2LL_i \cos \xi}}{l_0}$$

4. Результаты

Полученное соотношение для E_p при синтезе изображения ненаправленного источника света позволит отображать эффекты рассеяния света в атмосфере с учетом заданных количественных значений параметров тумана. Такой подход повышает соответствие синтезируемого изображения реалиям внешней обстановки в сложных метеоусловиях, что является обязательным требованием при проектировании систем визуализации тренажеров транспортных средств различного назначения.

УДК 621.3.049:681.3

ТОПОЛОГИЧЕСКАЯ ТРАССИРОВКА СОЕДИНЕНИЙ В МНОГОСЛОЙНЫХ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТАХ

АЛИПОВ Н.В., ЛИТВИНОВА Е.И.

Описывается новая топологическая модель многослойной печатной платы, выполняющая топологическую и геометрическую трассировку совместно. Модель позволяет уменьшить длину трассы, количество переходных отверстий и улучшить качество топологического рисунка.

Известно, что достаточно большой класс задач можно решать геометрически либо алгебраически (топологически).

При трассировке соединений в многослойных печатных платах (МПП) первоначально использовался геометрический подход. Однако ему присущ главный недостаток — он не позволяет корректировать решение в процессе трассировки очередного соединения (на его основе не могут быть созданы так называемые «гибкие» алгоритмы трассировки).

К настоящему времени известно несколько топологических моделей МПП. В работе [1] описана модель, ориентированная на то, что элементы, установленные на МПП, — одногабаритные. Этот недостаток значительно ограничивает область использования модели. В работе [2] была предложена модификация модели [1]. Она позволила теоретически выполнять трассировку соединений в МПП для разногабаритных элементов. Однако в ней построение крупнодискретного рабочего поля выполнялось вручную. Этот недостаток значительно

Литература: 1. Гусятин В.М. Математическая модель геометрических преобразований для спецпроцессоров растровой графики // Радиоэлектроника и информатика. 1997. №1. С.86-87. 2. Гаврилов В.А. Видимость в атмосфере. Ленинград: Гидрометеоздат, 1966. 3. Гусятин В.М., Остроушко А.П. Математическая модель и алгоритм обработки метеоусловий для систем визуализации // АСУ и приборы автоматики. 1999. Вып. 111. С. 9-14. 4. Шифрин К.С. Рассеяние света в мутной среде. Гостехиздат, 1951.

Поступила в редколлегию 24.09.2002

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Руденко О.Г.

Гусятин Владимир Михайлович, канд. техн. наук, доцент кафедры электронных вычислительных машин ХНУРЭ. Научные интересы: теория и практика построения спецпроцессоров растровых графических систем реального времени. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. 40-93-54, 66-61-22.

Бугрий Андрей Николаевич, аспирант кафедры электронных вычислительных машин ХНУРЭ. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. 40-93-54.

увеличивал время на подготовку входных данных для трассировки.

В дальнейшем в работе [3] была предложена новая топологическая модель, лишенная указанных недостатков. Однако она позволяла реализовать трассировку соединений МПП в два этапа: на первом этапе выполнялась макротрассировка (топологическая), а на втором — микротрассировка (геометрическая).

При таком подходе могли возникать конфликтные ситуации: на топологическом уровне трассировка выполнялась, а на геометрическом возникали пересечения отдельных фрагментов трасс.

Вданной статье описывается модель, которая позволяет реализовать топологическую и геометрическую трассировку параллельно (одновременно).

Основой такой модели является крупнодискретное рабочее поле (КДРП), представляющее собой совокупность макродискретов. Эта совокупность получается с помощью продолжений линий, определяющих стороны прямоугольников, описанных вокруг установочных мест. Такие линии проводятся до пересечения их с границами печатной платы.

Каждый дискрет КДРП отображается совокупностью четырех упорядоченных подмножеств L_{α_j} ($j = 1, 4$) и двух двумерных массивов L_{α_5} , L_{α_6} , причем $|L_{\alpha_1}| = |L_{\alpha_2}| = \rho_1$; $|L_{\alpha_3}| = |L_{\alpha_4}| = \rho_2$, где ρ_1 и ρ_2 — пропускные способности каналов в горизонтальном и вертикальном направлениях.

В подмножествах $L_{\alpha_1}, L_{\alpha_2}, L_{\alpha_3}, L_{\alpha_4}$ будем записывать номера трасс, проходящих соответственно через левую, правую, нижнюю и верхнюю стороны дискрета. Между магистралями дискрета D_{α} и позициями подмножеств L_{α_j} зададим взаимно-

однозначное соответствие $M_k(D_\alpha) \Rightarrow P_k(L_{\alpha_j})$, где $M_k(D_\alpha)$ – k -я магистраль дискрета D_α ; $P_k(L_{\alpha_j})$ – k -я позиция подмножества L_{α_j} .

Двумерные массивы L_{α_5} и L_{α_6} организованы следующим образом: вертикальные магистрали дискрета D_α взаимно-однозначно соответствуют номерам столбцов массива L_{α_5} ; горизонтальные, взаимно-однозначно соответствуют строкам массива L_{α_6} . В массивах L_{α_5} и L_{α_6} содержится информация об изломах трасс соответственно в вертикальном и горизонтальном направлении. К примеру, если некоторая трасса N_i первоначально располагалась на h_1 -й горизонтальной магистрали канала, а затем на h_2 -й вертикальной магистрали делает излом, то в h_2 -м столбце первой строки массива L_{α_5} записывается ее номер (N_i), номер этой же трассы записывают в h_1 -ю строку первого столбца массива L_{α_6} . Информация о других изломах трасс на этих магистралях для массива L_{α_5} записывается во вторую, третью строки h_2 -го столбца, для массива L_{α_6} – во второй, третий столбец h_1 -й строки.

На рис. 1 отображено состояние некоторого дискрета D_α в процессе топологической трассировки.

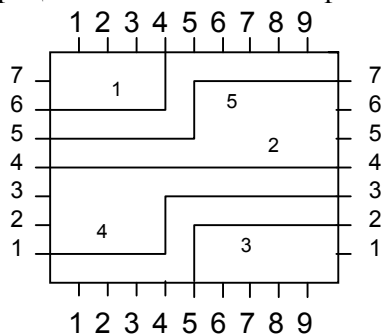


Рис. 1

Ситуация в этом дискрете однозначно описывается подмножествами L_{α_j} и двумерными массивами L_{α_5} , L_{α_6} :

$$L_{\alpha_1} = \left\langle \begin{matrix} 4 & 0 & 0 & 2 & 5 & 1 & 0 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 \end{matrix} \right\rangle;$$

$$L_{\alpha_2} = \left\langle \begin{matrix} 0 & 3 & 4 & 2 & 0 & 0 & 5 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 \end{matrix} \right\rangle;$$

$$L_{\alpha_3} = \left\langle \begin{matrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 3 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 \end{matrix} \right\rangle;$$

$$L_{\alpha_4} = \left\langle \begin{matrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 \end{matrix} \right\rangle;$$

$$L_{\alpha_5} = \left\langle \begin{matrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 3 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 4 & 5 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 \end{matrix} \right\rangle.$$

Следует заметить: для реализации топологической трассировки будем анализировать не только подмножества L_{α_j} , но и массивы L_{α_5} , L_{α_6} .

Как говорилось, ранее топологическая трассировка выполнялась в два этапа: макротрассировка и геометрическая трассировка. В работах [1-3] эти два этапа выполнялись последовательно. В данной работе решается задача совмещения этих двух этапов. Если условия выполнения топологической трассировки уже разработаны [3], то условия одновременного выполнения макро- и микро-трассировки не разработаны.

Причиной конфликтных ситуаций, возникающих на этапе микро-трассировки, являются изломы трасс, расположенных в макродискрете. При топологической трассировке трассы могут иметь однократный либо двукратный излом. Однократный излом возникает в следующих случаях:

- трасса расположена на левой стороне дискрета, затем закрепляется за некоторой магистралью на его верхней стороне (такой тип излома назовем «слева–вверх»);
- трасса расположена на левой стороне дискрета, затем закрепляется за некоторой магистралью на нижней стороне дискрета («слева–вниз»).

Можно убедиться в том, что существуют и другие типы изломов: «сверху–влево», «сверху–вправо», «справа–вверх», «справа–вниз», «снизу–вправо», «снизу–влево».

Двукратный излом трассы возникает в следующих случаях:

- трасса расположена на левой стороне дискрета и закрепляется за магистралью h_1 , а на правой стороне закрепляется за магистралью h_2 ; при этом справедливо соотношение $h_1 \neq h_2$;
- трасса расположена на верхней стороне дискрета на магистрали h_3 , а на нижней стороне закрепляется за магистралью h_4 и при этом истинно неравенство $h_3 \neq h_4$.

При геометрической трассировке могут возникать конфликты между трассами, имеющими однократный излом; между трассой, имеющей однократный излом, и трассой с двукратным изломом; между трассами, имеющими двукратный излом.

Между трассами с однократным изломом конфликт возникает в таких случаях:

одна трасса имеет излом типа «слева–вниз», вторая – типа «сверху–вправо» либо одна трасса имеет излом типа «слева–вверх», а вторая – излом типа «снизу – вправо».

На рис. 2, а представлена первая конфликтная ситуация, которая обусловлена тем, что в массивах L_{α_5} и L_{α_6} точка излома типа «сверху–вправо» расположена левее точки излома типа «слева–вниз».

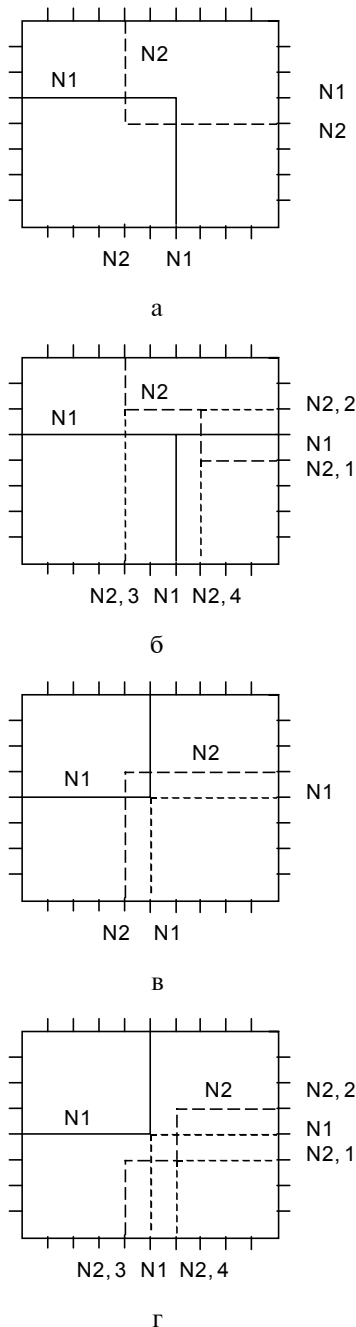


Рис. 2

Такую ситуацию для одномерных массивов L_{α_5} и L_{α_6} будет однозначно задавать предикат

$$P\{L_{\alpha_5}(\tilde{N}_2 < \tilde{N}_1) \wedge (L_{\alpha_6}(\tilde{N}_2 < \tilde{N}_1))\},$$

где $L_{\alpha_5}(\tilde{N}_2 < \tilde{N}_1)$ – условная запись ситуации, для которой характерно то, что магистраль, где размещена трасса N_2 в подмножестве L_{α_5} , меньше магистрали, на которой размещена трасса N_1 .

Как видно из рис.2,а, конфликт исчезает тогда, когда справедливо одно из соотношений:

$$L_{\alpha_5}(\tilde{N}_1 < \tilde{N}_2), L_{\alpha_6}(\tilde{N}_1 < \tilde{N}_2).$$

Эта конфликтная ситуация разрешается сдвигом в массиве L_{α_5} трассы N_1 влево либо трассы N_2 вправо. Сдвиг выполняют до достижения истинности одного из соотношений:

$$L_{\alpha_5}(\tilde{N}_1 < \tilde{N}_2), L_{\alpha_6}(\tilde{N}_1 < \tilde{N}_2).$$

Устранить конфликтную ситуацию можно также с помощью введения трехкратного излома одной из трасс. На рис.2,б приведено решение рассматриваемой ситуации. Из анализа этого рисунка следует, что устранение конфликтной ситуации возможно при условии истинности предиката

$$P\{L_{\alpha_5}(\tilde{N}_1 < \tilde{N}_{2,4}) \wedge (L_{\alpha_6}(\tilde{N}_1 < \tilde{N}_{2,2}))\},$$

где $\tilde{N}_{2,3}, \tilde{N}_{2,4}$ – точки излома второй трассы в вертикальном направлении; $\tilde{N}_{2,1}, \tilde{N}_{2,2}$ – точки излома второй трассы в горизонтальном направлении.

Вторая конфликтная ситуация рассматриваемой группы изображена на рис.2,в. Она возникает по той же причине, что

$$P\{L_{\alpha_5}(\tilde{N}_2 < \tilde{N}_1) \wedge (L_{\alpha_6}(\tilde{N}_1 < \tilde{N}_2))\}.$$

Как нетрудно заметить из рис. 2,в, конфликт исчезает тогда, когда истинным будет хотя бы одно из соотношений:

$$L_{\alpha_5}(\tilde{N}_1 < \tilde{N}_2), L_{\alpha_6}(\tilde{N}_1 > \tilde{N}_2).$$

Разрешение этой конфликтной ситуации осуществляется сдвигом в массиве L_{α_5} трассы влево либо трассы N_2 вправо. Эту ситуацию можно разрешить также с помощью трехкратного излома одной из трасс (см. рис.2,г). При этом должно быть истинным соотношение

$$P\{L_{\alpha_5}(\tilde{N}_1 < \tilde{N}_{2,4}) \wedge (L_{\alpha_6}(\tilde{N}_1 > \tilde{N}_{2,1}))\}.$$

К конфликтным ситуациям, как было уже сказано, могут приводить пересечения трасс, имеющих однократный излом, с трассами, имеющими двукратный излом. Такие ситуации приведены на рис.3. Рассмотрим каждую из них.

Ситуация, изображенная на рис. 3,а, описывается соотношением

$$P\{L_{\alpha_5}(\tilde{N}_2 < \tilde{N}_1) \wedge (L_{\alpha_6}(\tilde{N}_{2,1} < \tilde{N}_1 < \tilde{N}_{2,2}))\}.$$

Разрешить ее можно такими способами:

– нижнюю точку изгиба трассы N_2 сместить вправо так, чтобы выполнялось соотношение:

$$L_{\alpha_5}(\tilde{N}_2 > \tilde{N}_1);$$

– организовать излом трассы N_1 так, чтобы (рис.4,а) было истинным соотношение:

$$P\{L_{\alpha_5}(\tilde{N}_2 > \tilde{N}_{1,3}) \wedge (L_{\alpha_6}(\tilde{N}_{1,2} > \tilde{N}_{2,2}))\}.$$

Для ситуации, представленной на рис. 3,б, характерно соотношение:

$$P\{L_{\alpha_5}(\tilde{N}_1 < \tilde{N}_2) \wedge (L_{\alpha_6}(\tilde{N}_{2,1} < N_{1,2} < \tilde{N}_{2,2}))\}.$$

Разрешить такую ситуацию можно сдвигом трассы N_1 вправо или смещением точки излома трассы N_2 влево так, чтобы было истинным соотношение $L_{\alpha_5}(\tilde{N}_2 < \tilde{N}_1)$; либо путем организации излома трассы N_1 , чтобы (см. рис.4,б):

$$P\{L_{\alpha_5}(\tilde{N}_2 < \tilde{N}_{1,4}) \wedge (L_{\alpha_6}(\tilde{N}_{1,2} > \tilde{N}_{2,2}))\}.$$

Конфликтная ситуация, изображенная на рис. 3,в, описывается соотношением

$$P\{L_{\alpha_5}(\tilde{N}_1 < \tilde{N}_2) \wedge (L_{\alpha_6}(\tilde{N}_1 > \tilde{N}_{2,1}))\}.$$

Этот конфликт может быть устранен смещением точки излома трассы N_2 влево или точки излома трассы N_1 вправо, что должно привести к выполнению неравенства $L_{\alpha_5}(\tilde{N}_2 < \tilde{N}_1)$; либо путем организации излома трассы N_1 . При этом должно выполняться соотношение (см. рис. 4,в)

$$P\{L_{\alpha_5}(\tilde{N}_1 < \tilde{N}_{1,4}) \wedge (L_{\alpha_6}(\tilde{N}_{1,2} > \tilde{N}_{2,2}))\}.$$

Остальные конфликтные ситуации описываются соответственно такими предикатами:

$$P\{L_{\alpha_5}(\tilde{N}_{2,3} < \tilde{N}_1) \wedge (L_{\alpha_6}(\tilde{N}_{2,1} < \tilde{N}_1 < \tilde{N}_{2,2}))\}, \quad (1)$$

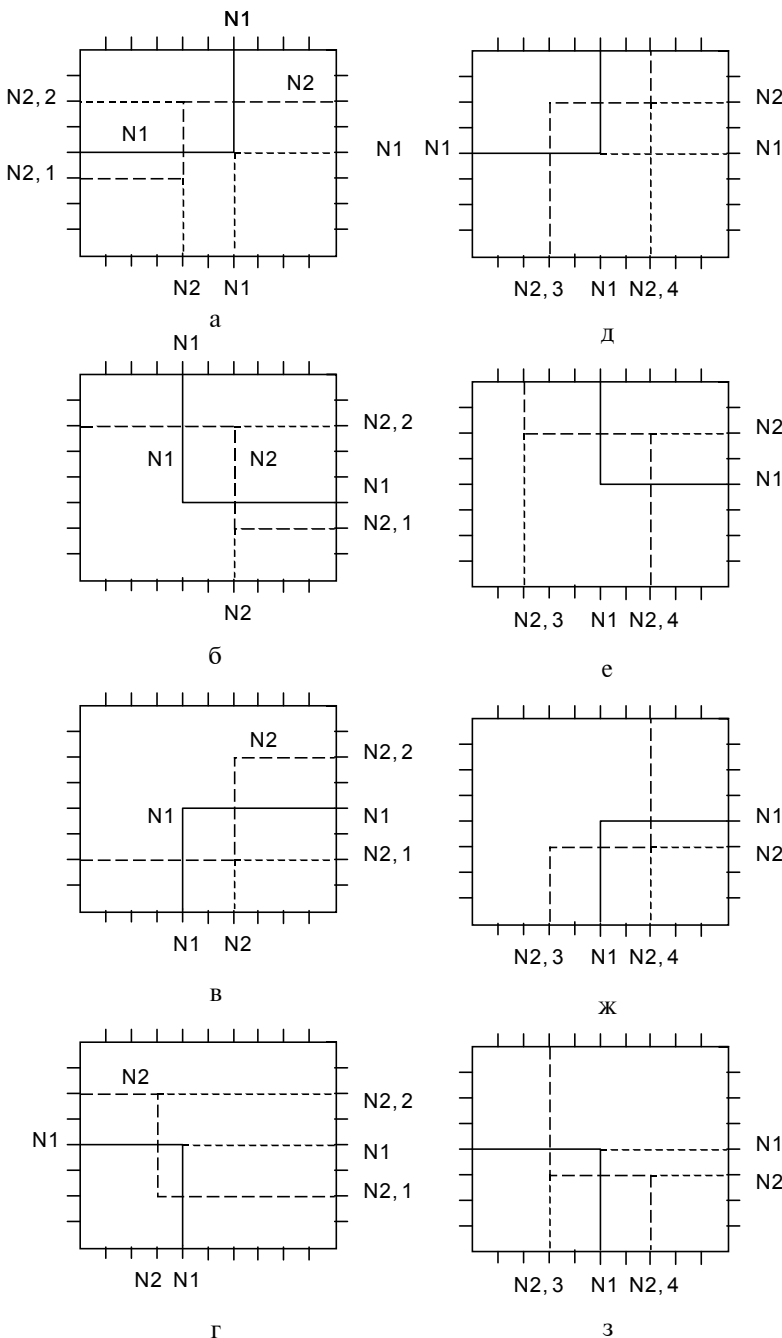


Рис. 3

(см. рис. 3,г)

$$P\{L_{\alpha_5}(\tilde{N}_{2,3} < \tilde{N}_1) \wedge (L_{\alpha_6}(\tilde{N}_2 > \tilde{N}_1))\}, \quad (2)$$

(см. рис. 3,д)

$$P\{L_{\alpha_5}(\tilde{N}_{2,4} > \tilde{N}_1) \wedge (L_{\alpha_6}(\tilde{N}_2 > \tilde{N}_1))\}, \quad (3)$$

(см. рис. 3,е)

$$P\{L_{\alpha_5}(\tilde{N}_{2,4} > \tilde{N}_1) \wedge (L_{\alpha_6}(\tilde{N}_2 < \tilde{N}_1))\}, \quad (4)$$

(см. рис. 3,ж)

$$P\{L_{\alpha_5}(\tilde{N}_{2,3} < \tilde{N}_1) \wedge (L_{\alpha_6}(\tilde{N}_2 > \tilde{N}_1))\}, \quad (5)$$

(см. рис. 3,з).

Конфликт, описанный соотношениями (1), устраняется смещением в L_{α_5} точек излома трассы N_2

вправо либо точки излома трассы N_1 влево до достижения истинности соотношения $L_{\alpha_5}(\tilde{N}_2 > \tilde{N}_1)$. Он также может быть устранен организацией излома трассы N_1 (см. рис. 4,г). При этом должно быть истинным соотношение $P\{L_{\alpha_5}(\tilde{N}_2 > \tilde{N}_{1,3}) \wedge (L_{\alpha_6}(\tilde{N}_{1,1} < \tilde{N}_{2,1}))\}$.

Конфликтная ситуация, соответствующая соотношению (2), разрешается смещением в L_{α_5} точек излома второй трассы вниз либо первой трассы вверх до достижения истинности выражения $L_{\alpha_6}(\tilde{N}_1 > \tilde{N}_2)$.

Эта ситуация также устраняется организацией излома первой трассы (см. рис. 4,д). Излом трассы должен быть выполнен таким образом, чтобы имело место соотношение

$$P\{L_{\alpha_5}(\tilde{N}_{1,3} > \tilde{N}_{2,3}) \wedge (L_{\alpha_6}(\tilde{N}_{1,2} < \tilde{N}_2))\}.$$

Для устранения конфликтной ситуации, заданной соотношением (3), необходимо использовать либо сдвиг в L_{α_5} точек излома второй трассы вниз, либо сдвиг точек излома первой трассы вверх до достижения истинности выражения $L_{\alpha_6}(\tilde{N}_2 < \tilde{N}_1)$, либо организовать излом первой трассы так, чтобы имело место соотношение (см. рис. 4,е)

$$P\{L_{\alpha_5}(\tilde{N}_{2,4} < \tilde{N}_{1,4}) \wedge (L_{\alpha_6}(\tilde{N}_2 < \tilde{N}_{1,2}))\}.$$

Для ситуаций, задаваемых соотношениями (4) или (5), необходимо выполнить сдвиг точек излома второй трассы вверх либо точек излома трассы вниз до достижения истинности выражения $L_{\alpha_6}(\tilde{N}_2 > \tilde{N}_1)$.

Кроме такого способа, может быть применен излом первой трассы. При этом излом должен проводиться таким образом, чтобы выполнялись соответственно соотношения (см. рис. 4,ж,з)

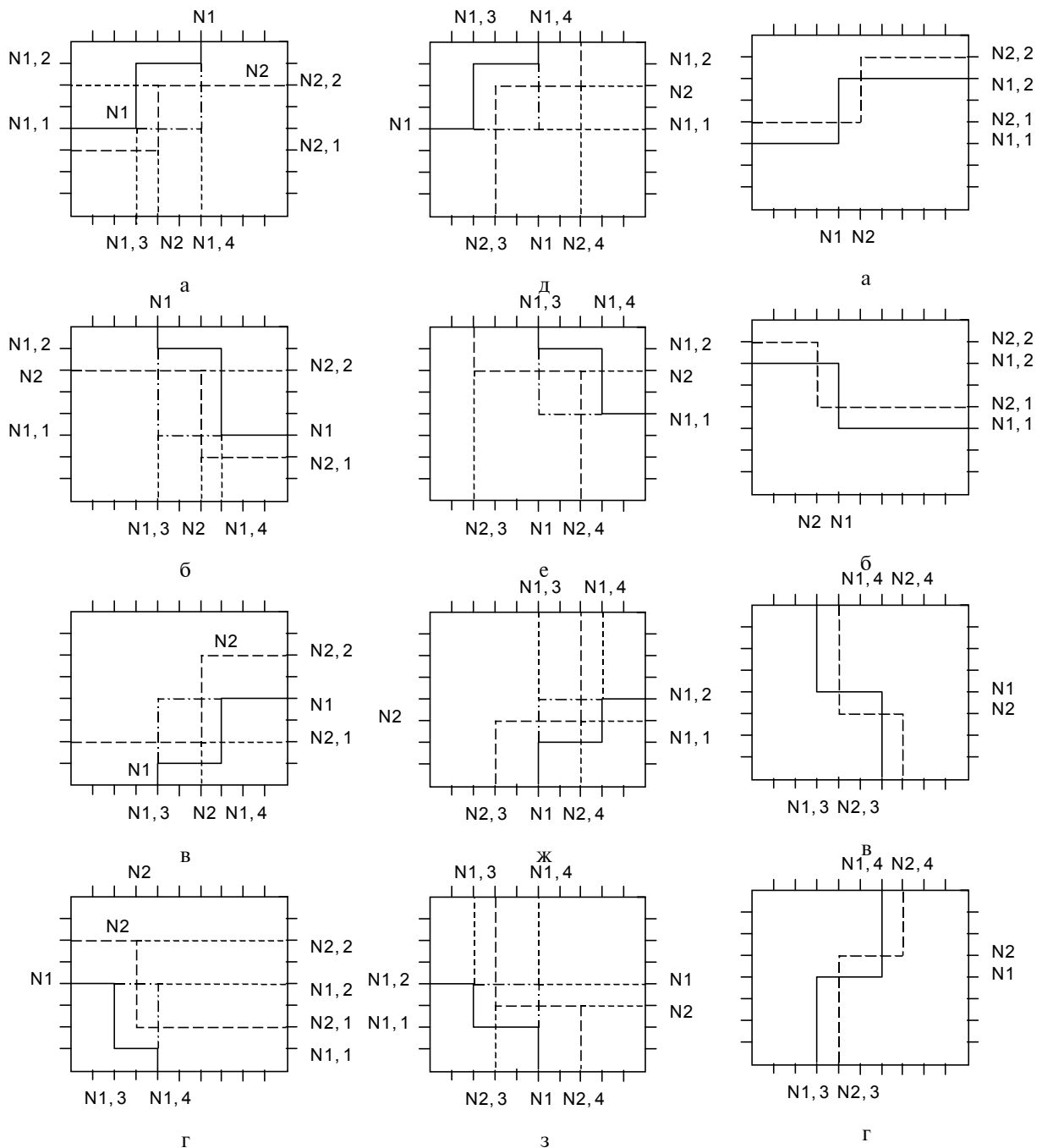


Рис. 4

Рис. 5

$$P\left\{L_{\alpha_5}(\tilde{N}_{2,4} < \tilde{N}_{1,4}) \wedge (L_{\alpha_6}(\tilde{N}_2 < \tilde{N}_{1,2}))\right\},$$

$$P\left\{L_{\alpha_5}(\tilde{N}_{1,3} < \tilde{N}_{2,3}) \wedge (L_{\alpha_6}(\tilde{N}_2 > \tilde{N}_{1,1}))\right\}.$$

К конфликтным ситуациям при трассировке могут также приводить пересечения двух и более трасс, имеющих двойной излом (рис. 5).

Каждую такую ситуацию описывают соответственно предикаты:

$$P\left\{L_{\alpha_5}(\tilde{N}_1 < \tilde{N}_2)\right\} \wedge (L_{\alpha_6}(\tilde{N}_{2,1} < \tilde{N}_{1,2} < \tilde{N}_{2,2})),$$

$$P\left\{L_{\alpha_5}(\tilde{N}_2 < \tilde{N}_1)\right\} \wedge (L_{\alpha_6}(\tilde{N}_{2,1} < \tilde{N}_{1,2} < \tilde{N}_{2,2})),$$

$$P\left\{L_{\alpha_5}(\tilde{N}_{1,3} < \tilde{N}_{1,4} < \tilde{N}_{2,4})\right\} \wedge (L_{\alpha_6}(\tilde{N}_1 > \tilde{N}_2)),$$

$$P\left\{L_{\alpha_5}(\tilde{N}_{2,3} < \tilde{N}_{1,4} < \tilde{N}_{2,4})\right\} \wedge (L_{\alpha_6}(\tilde{N}_1 < \tilde{N}_2)).$$

Конфликтная ситуация, изображенная на рис.5,а, устраняется сдвигом в L_{α_5} точки излома для первой трассы вправо, для второй трассы – влево. Это позволит установить истинность соотношения

$$L_{\alpha_5}(\tilde{N}_2 < \tilde{N}_1).$$

Вторая конфликтная ситуация (рис.5,б) устраняется сдвигом в L_{α_5} первой трассы влево, а второй трассы – вправо. В результате последовательного применения операции «сдвиг на одну позицию» устанавливаем $L_{\alpha_5}(\tilde{N}_1 < \tilde{N}_2)$.

Третья конфликтная ситуация (рис.5,в) устраняется сдвигом в L_{α_5} точек излома первой трассы вниз, второй трассы – вверх. В результате таких действий устанавливаем такую закономерность: $L_{\alpha_5}(\tilde{N}_2 > \tilde{N}_1)$.

Для разрешения последнего конфликта применяется также операция сдвига точек излома трасс. В этом случае точки линии излома для первой трассы сдвигаются вверх, а для второй трассы — вниз. В результате таких действий устанавливаем истинность соотношения: $L_{\alpha_5}(\tilde{N}_1 > \tilde{N}_2)$.

Следует заметить, что предложенная топологическая модель печатной платы в виде совокупности четырех подмножеств, отображающих взаимное расположение трасс на границах дискрета КДРП, и двух массивов для хранения информации об изломах трасс в вертикальном и горизонтальном направлениях в совокупности с условиями возникновения конфликтных ситуаций позволяет организовать параллельный процесс макро- и микротрассировки.

Литература: 1. Алипов Н.В. Трассировка соединений в многослойных печатных платах (МПП) // АСУ и приборы автоматики. 1982. Вып.63. С. 24-31. 2. Алипов Н.В., Шумейко Н.А. Об одной модели печатной платы

УДК 519.713:681.326

АНАЛИЗ ГРАФОВЫХ СТРУКТУР ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ

*ХАХАНОВ В.И., ЧУМАЧЕНКО С.В.,
КОЛЕСНИКОВ К.В., ХАХАНОВА А.В.*

Предлагаются быстродействующие алгоритмы структурного анализа сложных цифровых проектов, насчитывающих миллионы эквивалентных вентилях, которые используются на стадии предварительной обработки в целях существенного повышения быстродействия моделирования неисправностей и синтеза проверяющих тестов. Описываются структуры данных и программно-ориентированные процедуры для реализации алгоритмов в составе автоматической системы верификации тестов.

1. Введение

Актуальность данной темы определяется необходимостью значительного повышения быстродействия средств моделирования неисправностей и генерации тестов для структурно — и функционально — сложных цифровых систем, имплементированных в кристаллы программируемой логики. Автоматические системы тестирования известных фирм: Cadence, Mentor Graphics, Synopsys, Logic Vision [www.cadence.com, www.logicvision.com, www.simucad.com, www.syntest.com, www.synopsys.com, www.mentorgraphics.com], ориентированные на обработку кристаллов размерностью до 100 тыс. вентилях, затрачивают несколько часов только на моделирование неисправностей. Время анализа становится неприемлемым, если в качестве объекта выступает устройство, имеющее миллионы вентилях. Актуальным представляется решение проблемы повышения на порядок быстродействия анализа сложной цифровой системы на стадии ее проектирования в целях построения тестов верификации и анализа их качества. В рамках решения упомянутой проблемы предлагается структурный анализ цифровых проектов, позволяющий повысить быстродействие средств автоматической гене-

на этапе трассировки соединений // Электронное моделирование. 1984. № 1. С. 81-86. 3. Алипов Н.В., Литвинова Е.И. Трассировка многослойных печатных плат на основе крупнодисcretной модели // Труды УНИИРТ, Одесса. 1995. № 3. С. 72-76.

Поступила в редколлегию 12.03.2002

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Петров Э.Г.

Алипов Николай Васильевич, д-р техн. наук, профессор кафедры проектирования и эксплуатации электронных аппаратов ХНУРЭ. Научные интересы: алгоритмизация задач автоматизированного проектирования электронно-вычислительных средств, защита информации. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. 40-94-94.

Литвинова Евгения Ивановна, канд. техн. наук, доцент кафедры технологии и автоматизации производства РЭС и ЭВС ХНУРЭ. Научные интересы: алгоритмизация задач автоматизированного проектирования электронных вычислительных средств. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. 40-94-94, 40-94-85.

рации тестов и моделирования неисправностей путем предварительного определения сходящихся разветвлений (СР) и использования данной информации при решении задач тестирования.

Объект тестирования — цифровой проект, представленный в форме структуры булевых уравнений, реализуемых в кристаллах программируемой логики.

Цель исследования — разработка алгоритмов структурного анализа цифровых проектов для идентификации СР в комбинационных и последовательностных схемах.

Задачи исследования:

1. Создание структурной модели цифровой схемы для синтеза тестов и моделирования путем использования процедуры обратной суперпозиции.
2. Разработка алгоритмов структурно-функционального анализа для комбинационных и последовательностных цифровых систем в целях определения множества сходящихся разветвлений и реконфигурации структуры схемы для реализации процедуры суперпозиции.
3. Программная реализация алгоритмов структурного анализа цифровых систем и сравнение их эффективности на представительной выборке комбинационных и последовательностных схем.

Исходная информация для разработки алгоритмов структурного анализа представлена публикациями: ВДР-метод (Backtraced Deductive-Parallel) моделирования неисправностей [1,2], дедуктивные модели транспортирования дефектов [4-7], параллельный метод обработки списков неисправностей функционального элемента [6] и алгоритм обратного прослеживания примитивов [8] при обработке цифрового устройства.

2. Формулировка проблемы структурного анализа

Дедуктивно-параллельный метод обратного моделирования неисправностей ориентирован на обработку комбинационных и последовательностных схем, которые содержат незначительный процент (<20%) сходящихся разветвлений.