

На рис. 7 представлена зависимость максимальных погрешностей двоичного и двоично-десятичных интеграторов последовательного переноса от числа разрядов и структуры декад (для двоично-десятичных), причем число разрядов двоичного интегратора приведено к количеству декад двоично-десятичных интеграторов с тем же коэффициентом пересчета.

На рис. 7 приняты следующие обозначения: 1 — интегратор с минимальной неравномерностью импульсов на выходе; 2 — двоичный интегратор; 3 — интегратор со счетчиком в коде 1—2—4—2; 4 — интегратор со счетной декадой, работающей в коде 1—2—4—8.

На основании изложенного приходим к выводу, что при построении приборов с десятичным отсчетом с целью уменьшения погрешности от неравномерности следования импульсов и организации обратимого цифрового интегратора последовательного переноса следует применять в интеграторе устройства пересчета в коде 1—2—4—2 по переходам 1→5 или 2→6, так как в этом случае погрешность от неравномерности незначительно превышает погрешность двоичного интегратора и меньше погрешности интегратора с пересчетом в коде 1—2—4—8. Построение двоично-десятичных интеграторов с наиболее равномерной расстановкой импульсов на выходе требует значительных затрат оборудования, и хотя их погрешность меньше погрешности двоичного интегратора, применение таких интеграторов менее рационально.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. А. Воронков. Цифровые модели для систем автоматического управления. М.—Л., Изд. АН СССР, 1960.
2. Ян Си-Зен. Определение максимальной погрешности двоичного умножителя.—Автоматика и телемеханика, 1960, т. 21, № 7.

*Поступила в редакцию 7 марта 1974 г.;
окончательный вариант — 4 июня 1974 г.*

УДК 621.382 : 681.3.06

В. И. НИКИШИН, Н. Л. РАТМИРОВ, В. Н. ХАРИН

(Воронеж)

ОПИСАНИЕ ГРАФИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ В ЭСКИЗЕ ТОПОЛОГИИ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ В РЕЖИМЕ «ON LINE»

В большинстве случаев проектирование топологии интегральных схем (ИС) с помощью ЭВМ ведется в режиме человек—машина. Наиболее распространенными являются методы описания топологии, а также конфигурации электрической схемы с помощью стандартных устройств ввода ЭВМ [1]. Хотя данный способ и позволяет вводить информацию о топологии в ЭВМ, но является весьма сложным для координатного описания графического изображения высокой сложности. Ориентированные на языки программирования высокого уровня (ФОРТРАН, АЛГОЛ) языки описания топологии [2—4] сложны для пользователей, занимающихся подготовкой и организацией ввода графической информации, а подготовка информации большого объема сопровождается большим количеством ошибок.

Анализ топологии ИС позволяет отметить следующие особенности геометрии кристалла ИС.

1. Топология ИС представлена элементами двух типов: «жесткими» и «мягкими». Под «жесткими» элементами: транзисторами, диодами, внешними контактами и др.— понимаются такие элементы, конфигурация которых инвариантна относительно операции размещения элементов при синтезе топологии. К «мягким» элементам: резисторам, соединительным металлизациям— относятся такие, конфигурация которых изменяется при размещении элементов в процессе проектирования.

2. В топологии присутствуют как повторяющиеся элементы и узлы, так и элементы нестандартных конфигураций.

3. Элементы топологии ограничены линиями четырех разрешенных направлений: параллельными осями координат и наклонными к осям под углом $\pm 45^\circ$.

Распространенным методом описания топологии ИС является описание на уровне размерного чертежа с различными способами сокращения информации. Топология ИС может быть описана исключительно координатной информацией, однако при всей простоте и универсальности такой способ неудобен при разработке ИС большой сложности по следующим соображениям: 1) необходимо описывать координатами все элементы, в том числе и повторяющиеся; 2) описание ведется в цифровом виде, поэтому требуется абсолютная точность описания (т. е. «помехоустойчивость» информации нулевая); 3) объем координатной информации достаточно велик ($50 \div 500$ тыс. координат); 4) цифровое описание, как правило, содержит субъективные ошибки (примерно одна ошибка на 2—3 тыс. чисел); 5) подготовка графического изображения в виде чертежа весьма трудоемка.

Более удобным для описания топологии ИС является эскизное представление топологии. Под эскизом ИС мы понимаем такое размещение ее элементов, при котором для отдельных элементов (реперов) координаты задают их точное размещение в данном месте плоскости и привязаны к узлам реализующей сетки, а для остальных элементов координатное задание используется для получения оценок возможности их размещения относительно реперов. Эскизное описание топологии предполагает: а) применение устройств полуавтоматического ввода графической информации; б) минимизацию объема входной информации; в) семантический контроль эскиза топологии.

В качестве устройств полуавтоматического ввода координатной информации об эскизе топологии целесообразно использовать кодировщики типа «Паук», «ПАСГИ», «ЭМ-709» (выбор устройства соотнобразуется с требованиями к разрешающей способности графического изображения), подключенные к ЭВМ в режиме «on line» [5].

Исходное описание эскиза топологии представляет множество

$$M_i = \Gamma_i \cup S_i^j, \quad i = 1, \dots, n,$$

где Γ_i —геометрическая модель i -го элемента топологии, заданная координатами ее особых точек; $S_i^j = \{T, K, D, \Theta, C, v\}$ —семантическая характеристика j -й особой точки i -го элемента топологии (T —тип элемента по каталогу; K —тип контакта элемента (в описании металлизации); Θ —электрические параметры элемента (по необходимости); D —топологическая деформация относительно модели в каталоге; C —номер слоя; v —коэффициент ветвления (в дереве металлизации)).

Присутствие семантической информации в описании топологии позволяет осуществить: каталогизацию повторяющихся элементов; экономное описание элементов каталога; экономное описание регуляр-

ных и квазирегулярных структур; организацию эффективного алгоритмического контроля.

В качестве графического описания был выбран топологический метод поточечного описания геометрических моделей элементов эскиза, основанный на совмещении визира с нужной точкой. Являясь более трудоемким по сравнению с матричным, он позволяет учитывать все особенности топологии ИС. Представляется интересным метод топологического описания эскиза топологии с помощью полуавтоматических устройств считывания координат, подключенного к ЭВМ в режиме «on line»

Геометрические модели элементов топологии (схемных элементов и соединительной металлизации) рассматриваются в виде полного графа, вершинами которого являются контакты элементов топологии. Под ребром графа понимается бинарное отношение aRb , где $a, b \in \Gamma_i$ являются произвольной парой контактов i -го элемента топологии.

Описание полной топологии рассматривается в виде смешанного графа

$$G = \{X, U, P\}, \quad (1)$$

где X — множество вершин графа; U — множество ребер графа; P — инцидентор, устанавливающий соответствие между контактами схемных элементов и контактами соединительной металлизации.

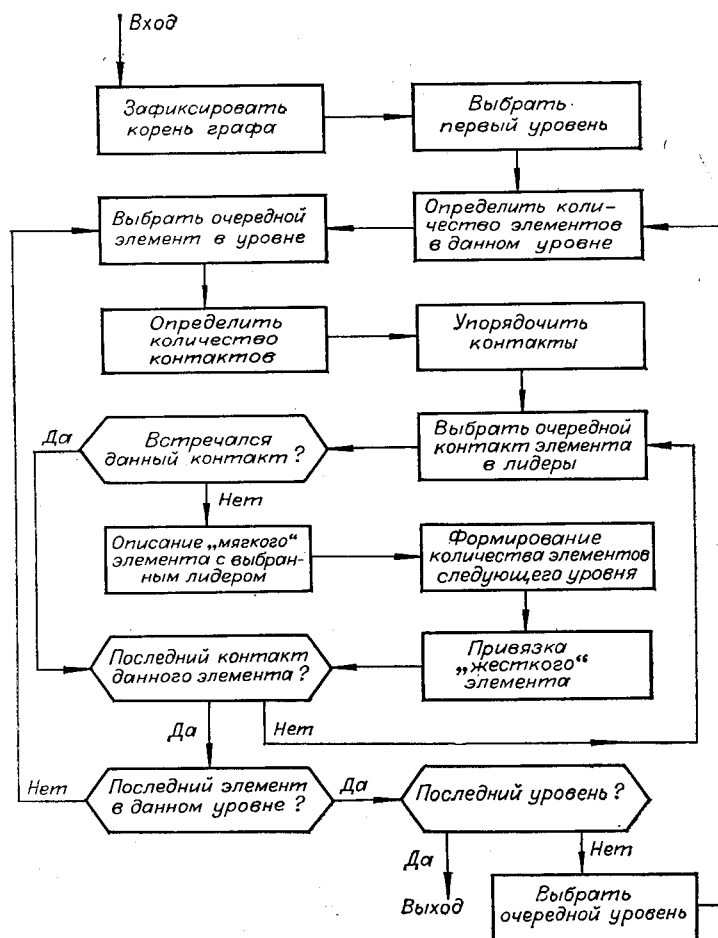


Рис. 1. Блок-схема построения структурного графа.

Под вершиной графа $G = \{X, U, P\}$ понимается совокупность вершин графов элементов топологии, образующих узел электрической схемы [6]. Множество ребер графа (1) представлено совокупностью ребер графов элементов топологии.

Описание эскиза топологии производится методом направленного раскрытия вершин графа (1) по степени их удаленности от выбранного корня [6]. При этом множество вершин графа (1) представляется в виде упорядоченного множества подмножеств вершин, равноудаленных от корня:

$$\{X\} = \bigcup_{k \in J} \{X_k\}, \quad J = 1, \dots, n,$$

где $\{X_k\}$ — множество вершин графа (1), отстоящих от его корня на расстоянии k ребер.

В качестве корня структурного графа (1) выбирается один из внешних выводов ИС (за исключением выводов питания). Выбор корня производится пользователем.

Блок-схема алгоритма построения структурного графа приведена на рис. 1.

Такая организация описания эскиза топологии обеспечивает описание всех элементов без пропусков и повторения, что весьма существенно при описании схем большой степени интеграции. По окончании описания очередных двух соседних уровней вводимая информация переписывается на внешний носитель. Для реализации описания эскиза топологии разработан проблемно-ориентированный язык ЭТОП. Опи-

| № п/п | Процедура | Действие |
|-------|-----------------|---|
| 1 | РАЗМЕСТИТЬ | Запомнить координаты визира на рабочем поле. |
| 2 | ТИП ЭЛЕМЕНТА | Объект, указанный в графическом меню, рассмотреть как тип описываемого элемента. |
| 3 | СТЕРЕТЬ | Указанную точку геометрической модели элемента исключить из описания модели. |
| 4 | ОТМЕНИТЬ | Отменить последнюю процедуру. |
| 5 | КОНТАКТ | В данной точке геометрической модели металлизации сформировать признак соединения со схемным элементом. |
| 6 | КОНТАКТ | В данной точке геометрической модели металлизации соединения с контактом схемного элемента нет. |
| 7 | ДЕФОРМАЦИЯ | Описываемый элемент имеет топологическую деформацию относительно элемента каталога, определяющего его тип. |
| 8 | СТЕРЕОТИП | Описываемый элемент в точности соответствует элементу каталога, определившего его тип. |
| 9 | ЦИКЛ | Повторить цикл описания элемента. |
| 10 | ВЫХОД | Выход из цикла. |
| 11 | РЕГУЛЯРНЫЙ | Регулярная структура. |
| 12 | КВАЗИРЕГУЛЯРНЫЙ | Нерегулярная структура. |
| 13 | НЕРЕГУЛЯРНЫЙ | Нерегулярная структура. |
| 14 | ИМЯ | Присвоить имя фрагмента. |
| 15 | ЗНАЧЕНИЕ | Из меню определить значение параметра, предшествующего одной из процедур; НОМИНАЛ, РАЗВИЛКА, ДЕФОРМАЦИЯ, КОНТАКТ, РЕГУЛЯРНЫЙ, КВАЗИРЕГУЛЯРНЫЙ, ИМЯ, СЛОЙ. |
| 16 | СЛОЙ | Слой, которому принадлежит вектор, оканчивающийся в данной точке геометрической модели соединительной металлизации. |
| 17 | РАЗВИЛКА | В данной точке геометрической модели соединительной металлизации имеется разветвление. |
| 18 | ЦЕПЬ | В данной точке геометрической модели соединяются два вектора. |
| 19 | НОМИНАЛ | Задаёт электрическую характеристику элемента. |
| 20 | КОНЕЦ | Конец описания. |

сание идет в режиме диалога с направлением действий пользователя со стороны ЭВМ, обеспечивающим раскрытие графа описания топологии.

Отладка процедур языка ЭТОП производилась на графопостроителе, работающем в реверсном режиме и сопряженном с ЭВМ «Электроника — 100И». Информация об очередном лидере описания (очередной контакт, с которого необходимо продолжить описание) выдается на телетайп в виде

TIP ELEM NN NUMB CONTCT MM XXXX YYYU,
где MM — тип контакта; NN — тип элемента; XXXX YYYU — координаты данного контакта.

Процедуры языка ЭТОП инициируются с функциональной клавиатуры (ФК), каждая клавиша которой соответствует одной процедуре (команде). Все клавиши ФК потенциально равноправны. Состав процедур языка ЭТОП приведен в таблице.

Несмотря на довольно длинный список процедур (команд), пользование языком не вызывает затруднений, поскольку на каждом шаге ЭВМ предлагает пользователю альтернативу из 2—3 команд. В графическое меню включены следующие компоненты: а) эскизные модели элементов каталога; б) цифры от 0 до 9, запятая, «X 1 ед», «X10³ ед»; в) символы: эмиттер, коллектор, база, диффузия n⁺, диффузия p, металл 1-го слоя, металл 2-го слоя. Графическое меню готовится вручную перед началом описания схемы и через стандартные устройства ввода—вывода.

Имеются следующие режимы обмена: 1) описание размещения «жестких» элементов; 2) описание резисторов; 3) описание соединительной металлизации.

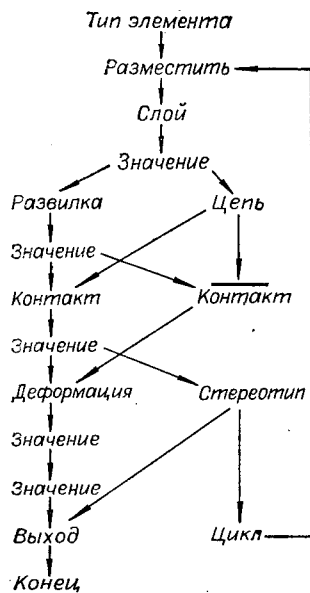


Рис. 3. Режим описания связи.

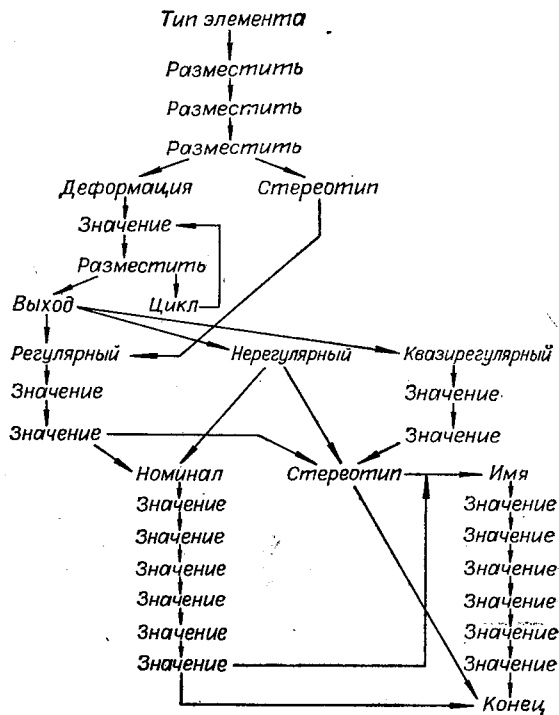


Рис. 4. Режим описания «жесткого» элемента.

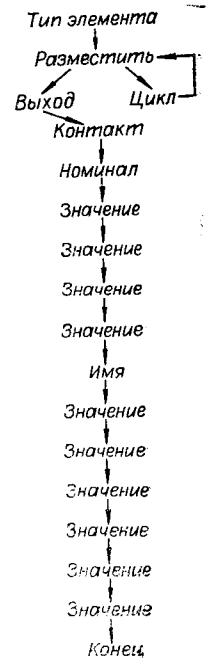


Рис. 2. Режим описания резистора.

Блок-схемы реализации режимов обмена в рамках процедур таблицы приведены на рис. 2—4.

Диалоговый режим описания эскиза топологии позволяет легко обеспечить правильность синтаксического описания, так как трансляция идет в шаговом режиме. Транслятор в языке ЭТОП программно замкнут относительно ЭВМ «Электроника-100И» и обеспечивает частичный семантический контроль входной информации.

ВЫВОДЫ

Проведен анализ графической информации о топологии ИС и приведен состав информации, необходимой для описания эскиза топологии.

Разработаны методика графического описания эскиза топологии и диалоговый язык для описания эскиза топологии, учитывающий особенности полуавтоматов ввода графической информации в режиме «on line».

ЛИТЕРАТУРА

1. Р. В. Дмитришин. Об одной стратегии адаптивной оптимизации цепей на ЭВМ.— В кн.: Материалы конференции «Автоматизация научных исследований на основе применения ЭВМ». Новосибирск, 1974.
2. Г. Л. Левин. О входном языке моделирования электронных схем.— Вопросы радиоэлектроники, 1972, вып. 1.
3. В. А. Селютин. Язык для описания топологии МОП — БИС.— В кн.: Микроэлектроника, т. 2, вып. 5. М., АН СССР, 1973.
4. G. Viaschi, Ferragu. A Language for Treating Geometric Patterns in a Two — Dimensional Space.— Comm. of ACM, 1971, v. 14, № 1.
5. В. И. Зубков, В. А. Маслов, Г. С. Остапенко, В. Н. Харин. Устройство ввода графической информации в ЭВМ.— В кн.: Электроника. Воронеж, Изд. политехнического института, 1972.
6. В. Н. Харин, В. С. Качева. Идентификация топологии и электрической схемы в полупроводниковых интегральных схемах.— В кн.: Материалы семинара «Современные методы разработки РЭЛ», М., МДНТП им. Ф. Э. Дзержинского, 1974.

Поступила в редакцию 17 сентября 1974 г.

УДК 681.306

Ю. З. КЕКЕЕВ, Э. А. ТАЛНЫКИН, Н. С. ЯКОВЕНКО
(Новосибирск)

ТЕКСТОВОЙ РЕДАКТОР НА БАЗЕ АЛФАВИТНО-ЦИФРОВОГО ДИСПЛЕЯ

Основные принципы. В статье описывается реализация текстового редактора на базе алфавитно-цифрового дисплея «Videoton-340». Дисплей обладает автономной памятью на размер экрана (16 строк по 80 символов), что позволяет хранить на экране текст без дополнитель-