

ваемое на отработку заданий комплекса на ЭВМ СМ-4 в операционной среде ОС — РВ, 20—25 мин.

Комплекс адаптирующих программ, система моделирования работы электронных схем, транслятор графических изображений схем и редактор графических изображений PED [14] обеспечивают автоматизацию процесса ввода информации в систему моделирования и настройку системы на требования конкретной модели. На рис. 2 показана схема взаимодействия этих программных средств. Стрелками обозначены направления движения информации.

**Заключение.** В результате создания цепочки программных средств для ввода информации и автоматизированной адаптации системы моделирования к требованиям конкретных схем РЭА существенно упростилась процедура работы с системой, снизились трудозатраты и, самое главное, оказались практически снятыми требования к квалификации пользователя как программиста. Теперь для работы с системой разработчик должен знать только команды редактора PED и имя командного файла, адаптирующего и запускающего процесс моделирования. Важным и нужным средством оказались генерируемые версии системы для тестирования и отладки вновь построенных моделей радиоэлементов. Однако создание этих моделей требует навыков программирования и знания принципов построения системы и обработки системных параметров, что можно считать недостатком данного способа моделирования.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Хэтчел Г. Д., Санджованни-Винчелли А. Обзор методов моделирования третьего поколения // ТИИЭР.— 1981.— 69, № 10.
2. Ниссен К. Методология и средства иерархического проектирования СВИС // ТИИЭР.— 1983.— 71, № 1.
3. Chawla B., Gummel H. K., Kozah P. MOTIS — a MOS timing simulator // IEEE Trans. Circuit. Syst.— 1975.— CAS-22.— P. 301.
4. Tanabe M., Nakamura H., Kawakita K. MOSTAP: An MOS circuit simulator for LSI circuits // Proc. IEEE Int. Symp. Circuits Syst.— Houston, 1980.
5. Lelarsmee E., Sangiovanni-Vincentelli A. RELAX: A new circuit simulator for large-scale MOS integrated circuits.— Berkeley: Electronic Research Laboratory, Univ. of California, Memo UCB/ERL M82/6, 1982.
6. Bryant R. E. An algorithm for MOS logic simulation // Lambda Mag. Fourth Quarter.— 1980.— P. 46.
7. Hitchcock R. B., Smith G. L., Chang D. D. Timing analysis of computer hardware // IBM J. Res. Develop.— 1982.— 26.— P. 100.
8. Рюли А. Э., Дитлоу Г. С. Схемотехнический анализ, логическое моделирование и верификация СВИС // ТИИЭР.— 1983.— 71, № 1.
9. Селиванов В. Г., Тючкалов И. В. Моделирование работы электронных схем на логическом уровне // Электронное моделирование.— Киев: Наук. думка, 1986.— № 6.
10. Селиванов В. Г. Способ построения библиотеки элементов для системы моделирования работы электронных схем // Автометрия.— 1986.— № 5.
11. Ковалев А. М., Талныкин Э. А. Графический дисплей растрового типа для систем двухкоординатного проектирования // Там же.— 1984.— № 4.
12. Дементьев С. Г., Селиванов В. Г. Транслятор графического описания изображения принципиальной схемы РЭА в список цепей // Тез. докл. Всесоюз. науч.-техн. конф. «Методы и микроволновые средства цифрового преобразования и обработки сигналов, Рига, 1986».— Рига: ИЭиВТ, 1986.— Т. 3.
13. Сленой Л. И. Средство настройки заданий в ОС — ЕС // Программирование.— 1986.— № 1.
14. Талныкин Э. А. PED — графический редактор в системе проектирования печатных плат // Автометрия.— 1984.— № 5.

Поступило в редакцию 16 января 1987 г.

УДК 681.322.067

И. В. ТЮЧКАЛОВ  
(Томск)

#### ИНТЕРАКТИВНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ГРАФИЧЕСКОЙ БАЗОЙ ДАННЫХ

В настоящей работе рассматривается развиваемая в рамках комплекса систем автоматизированного проектирования (КАПРИ — САПР) интерактивная графическая система управления базой данных (СУБД ГИ) со встроенным в нее графиче-

ским редактором [1]. Система ориентирована на поддержку манипулирования графическими объектами, используемыми в системе моделирования электронных схем и описываемыми большим числом нестандартных записей, определенных через их иерархию [2]. В СУБД ГИ применяются две различные формы представления графического объекта и устанавливаются связи между ними. Геометрическое описание имеет компактный вид, а представление типа непрерывного рабочего поля с сочленениями, проекциями и упорядочиваниями по определенным правилам (топологическое описание) удобно для проведения операций алгебры отношений схем [3].

С системами управления базами данных (БД) связана определенная методология построения информационных систем, в рамках которой конкретная БД рассматривается как информационная модель предметной области [4]. Структурные данные и сложные геометрические объекты в базе имеют две основные формы представления, сопровождающиеся разделением информационных моделей предметных областей на схемы и данные («моторная» и «зрительная» информация) по горизонтали и выливающиеся в геометрическое, а затем топологическое описание по вертикали (см. рисунок):

внутренняя, компактная, разворачиваемая в геометрическую форму: логическая структура этих данных не подвержена изменениям и строится из интервалов в виде, наиболее удобном для прямого доступа (прямая адресация к виртуальной памяти), выбора (означающего набор адресов интервалов или значений данных) и аппроксимации предметной области по интервальным признакам;

внешняя, визуальная, получаемая из топологического описания complementарными операциями соединения, декартового произведения, проекции, разности, вырезки, наложения, пересечения схем и данных.

Отображение смысловых особенностей типовых сущностей предметной области происходит через все этапы проектирования системы сверху донизу и посредством схемы БД проникает на логический и физический уровни [5]. Отсутствие точных границ, свойственных всем понятиям, а также «неопределенности» знаний о предметной области, где каждая типовая сущность в комплексе существующих общих знаний о предмете и его окружении представляется неточной формальной системой нечетких понятий, приводят к тому, что схема БД становится неустойчивой компонентой информационной системы.

Для придания устойчивости внутреннему формату каждому атрибуту сложного объекта предоставляется «неопределенный» интервал, снабженный отношениями-признаками, уточняющими области, в которых он применяется, и способы его доступа. Длина интервала меняется динамически по мере его заполнения. Информация об интервалах и их признаках хранится в индексных списках и поддерживается программами сжимающего кодирования. Процедуры аппроксимации дают возможность отсеивать второстепенные отношения, оперативно проверять условия целостности, ограничения доступа и объединять несколько простых отношений-признаков в один комплексный знак. Эффективная обработка интервалов гарантирует постоянное минимальное время произвольных доступов программами поддержки виртуальной памяти БД.

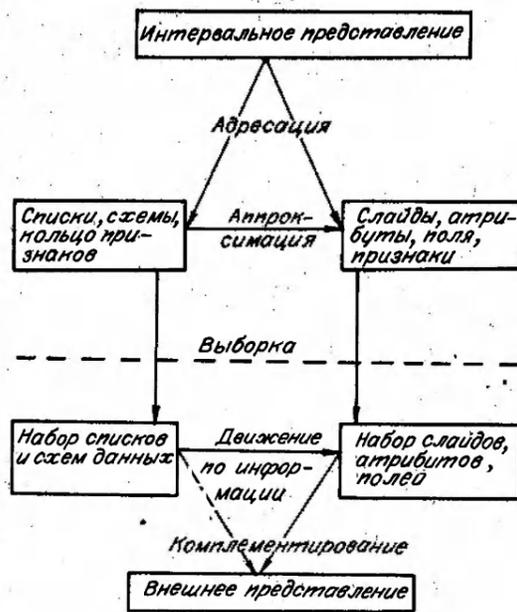
Интерактивная графическая система управления БД должна поддерживать следующие процедуры, относящиеся к стадии создания САПР:

проектирование «зрительной» информации (слайдов (символики и картинок), полей, отношения-признаков и условий целостности полей, слайдов);

проектирование «моторной» информации (геометрии входных и выходных алфавитно-цифровых и графических документов и их взаимосвязи; отношений-признаков схем документов; основных объектов — носителей смысловых особенностей предметной области; отношений-признаков и условий целостности типовых сущностей);

тестирование БД, проверка условий и отношений и восстановление целостности системы;

сопоставления с задачами распознавания схем по изображениям, трансляции изображений в геометрическое описание, моделирования электронных схем и автоматизированного синтеза (компоновка, размещение, трассировка).



В сеансе работы с БД можно выделить два основных режима — командный и функциональный. В командном режиме взаимодействие оператора с системой проходит на уровне текстовых команд или командных файлов. Система поддерживает следующие группы команд:

прочитать в виртуальной памяти БД конструктив из файла (указывается имя файла) с привязкой к точке (указываются координаты точки и ориентация конструкции);

сохранить в файле текущее состояние (указываются координаты базовой точки и ориентация конструкции) конструктива (схемы, списка или макроса);

изменить отношения доступа и признаки узлов схемы (точек конструкции);

заменить текущий список слайдов списком, записанным в файле;

изменить отношения доступа и признаки атрибутов слайдов;

установить единицы измерения координат, конфигурацию виртуального поля изображения, приоритет раскраски, тип дискретной сетки, налагаемой на поле изображения;

приостановить или возобновить работу либо сбросить систему, сохранить или возобновить сеанс;

перейти в функциональный режим.

Особенностью СУБД является широкое использование функционального режима работы, который характеризуется тем, что исполнение каждой функции инициируется нажатием соответствующих ей кнопок клавиатуры и протекает в реальном масштабе времени без видимых задержек. Приведем перечень функций, обладающих визуальным эффектом на алфавитно-цифровом и графическом дисплее (текстовый и графический функциональный режим) [6]:

переместить локатор графического дисплея (маркер алфавитно-цифрового дисплея) в режиме управления по скорости и в пошаговом режиме вправо, влево, вверх, вниз в следующую точку пространства или узел схемы, конструктива;

переместить экран по виртуальному полю изображения (осуществляется теми же средствами, что и перемещение локатора), перенести «нуль» экрана в «пуль» виртуального поля или в текущее положение локатора (маркера) либо нарисовать заново экран;

сменить режим смеси цветов при отображении информации с различных каналов, включить или отключить отдельные каналы передачи цвета на графический дисплей;

установить режим наложения или пересечения схем;

увеличить или уменьшить экранный масштаб, нарисовать координатную сетку (в графическом режиме);

подсветить последовательно узлы конструкции (схемы), попавшие в окрестность локатора и распечатать информацию о текущем узле на дисплее;

подсветить целиком и поочередно элементы, входящие в подсхему (электрическую цепь, фрагмент конструкции) вместе с выделенным элементом;

переместить выделенный элемент или часть связи либо все связи между выделенными элементами и локатором, следуя за перемещением локатора (маркера для алфавитно-цифрового дисплея);

удалить выделенный элемент или связь между узлами конструкции;

добавить выделенные элементы к фрагменту схемы (конструкции, цепочки);

выделить границы, провести секущую плоскость, сориентировать ее;

переместить выделенный элемент или фрагмент схемы (конструкции, цепи) в следующую плоскость (слой);

переместить локатор в следующую плоскость (слой) и отобразить ее на экране графического (алфавитно-цифрового) дисплея;

выделить в именованный макрос все выделенные элементы (фрагменты, конструкции);

установив локатор, нарисовать или удалить по имени макрос;

внести элемент по номеру в списке слайдов;

внести введенный текст в поле (элемент схемы, цепочки);

изменить отношение-признак поля или узла схемы (цепочки);

перейти в командный режим.

Основная часть программных модулей реализована на языке PL-11. Система работает в операционном окружении ОС — РВ. На информационной основе БД реализована САПР печатных плат. Намечается расширить комплекс задач, сопрягаемых с СУБД, а также набор операций алгебры отношений сложных графических объектов для включения базы данных САПР деталей механообработки и построения на ее базе САПР оптических деталей.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Талныкин Э. А. РЕД — графический редактор в системе проектирования печатных плат // Автометрия. — 1984. — № 5.
2. Селиванов В. Г., Тючкалов И. В. Моделирование работы электронных схем на логическом уровне // Электрон. моделирование. — 1986. — 8, № 6.
3. Тючкалов И. В. Структурный подход к задаче размещения разногабаритных элементов // Автометрия. — 1984. — № 6.

4. Дейт К. Введение в системы баз данных — М.: Наука, 1980.  
 5. Ульман Дж. Основы систем баз данных.— М.: Финансы и статистика, 1983.  
 6. Ковалев А. М., Талыкин Э. А. Графический дисплей растрового типа для систем двухкоординатного проектирования // Автометрия.— 1984.— № 4.

Поступило в редакцию 20 апреля 1987 г.

УДК 681.3 : 621.3

К. И. КУЧЕРЕНКО  
(Минск)

ВЫПОЛНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ ПРЯМОЙ И ОБРАТНОЙ  
 РАНГОВОЙ ФИЛЬТРАЦИИ МНОГОУРОВНЕВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ  
 В ЕДИНОМ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОМ ПРОЦЕССОРЕ

В настоящее время для обработки многоуровневых изображений  $\{0 \leq D_{i,j} < 1 \times$   
 $\times \left. \begin{matrix} i = \overline{1, I} \\ j = \overline{1, J} \end{matrix} \right\}$  дискретизованных в виде матрицы размером  $I \times J$  элементов и кван-  
 тованных на  $2^q$  уровней, широко используются алгоритмы фильтрации, основанные  
 на определении элементов локальных фрагментов изображения (ЛФИ) по заданным  
 рангам (алгоритмы экстремальной и медианной фильтрации), а также на обратной  
 процедуре, т. е. на определении рангов для заданных элементов ЛФИ (скользящая  
 эквализация гистограмм) [1].  
 Алгоритмы фильтрации, основанные на определении элементов ЛФИ по задан-  
 ным рангам  $r$ :

$$D'_{i,j} = RS \left\{ r, \left\{ D_{i+m,j+n} \left. \begin{matrix} m = \overline{-M, M} \\ n = \overline{-N, N} \end{matrix} \right\} \right\}, \quad (1)$$

где  $r \in \{1, 2, \dots, L\}$ ;  $L = (2M+1)(2N+1)$ , будем называть алгоритмами прямой  
 ранговой фильтрации изображений (РФИ). Процедура  $RS$  означает поиск элемента  
 с номером  $r$  в упорядоченной по возрастанию последовательности элементов ЛФИ  
 $\left\{ D_{i+m,j+n} \left. \begin{matrix} m = \overline{-M, M} \\ n = \overline{-N, N} \end{matrix} \right\}$  размером  $L$ .

Алгоритмы фильтрации, основанные на определении рангов для заданных  
 элементов ЛФИ:

$$D^* \in \left\{ D_{i+m,j+n} \left. \begin{matrix} m = \overline{-M, M} \\ n = \overline{-N, N} \end{matrix} \right\}; \quad (2)$$

$$D'_{i,j} = \frac{1}{L} \operatorname{rank} \left\{ D^*, \left\{ D_{i+m,j+n} \left. \begin{matrix} m = \overline{-M, M} \\ n = \overline{-N, N} \end{matrix} \right\} \right\},$$

где  $1/L$  — нормирующий коэффициент, будем называть алгоритмами обратной ран-  
 говой фильтрации изображений. Процедура  $\operatorname{rank}$  означает определение ранга (по-  
 мера) элемента  $D^*$  в ряду расположенных по возрастанию элементов ЛФИ:  
 $\left\{ D_{i+m,j+n} \left. \begin{matrix} m = \overline{-M, M} \\ n = \overline{-N, N} \end{matrix} \right\}$ . Для алгоритма скользящей эквализации гистограмм  
 $D^* = D_{i,j}$ .

В соответствии с [2] уравнение (2) можно решить следующим образом:

$$D'_{i,j} = \frac{1}{L} \sum_{m=-M}^M \sum_{n=-N}^N [D_{i+m,j+n} \leq D^*], \quad (3)$$

где  $D^* \in \left\{ D_{i+m,j+n} \left. \begin{matrix} m = \overline{-M, M} \\ n = \overline{-N, N} \end{matrix} \right\};$

$$[D_{i+m,j+n} \leq D^*] = \begin{cases} 0 & \text{при } D_{i+m,j+n} > D^*; \\ 1 & \text{при } D_{i+m,j+n} \leq D^*. \end{cases}$$