

В. Г. Волченко, А. А. Колесник, А. И. Петренко,
В. П. Сигорский, О. Ф. Цурин

ГРАФИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ ОПЕРАТОРА С ЭВМ БЭСМ-3М

Одной из важных частей проблемы автоматизации проектирования является создание устройств, позволяющих обеспечить графическое взаимодействие оператора с ЭВМ.

Технические средства, с помощью которых в настоящее время реализуется графическое взаимодействие, следующие: индикаторное устройство, выполненное на электронно-лучевой трубке (ЭЛТ); устройство ввода символьной информации; устройство ввода графической информации, которое в большинстве случаев используется и как устройство редактирования (позволяет оператору стирать или выделять выведенную на экран графическую информацию); клавишная панель для обращения оператора к функциональным программам; устройство для документирования решений, в качестве которого используется кинокамера, производящая микрофильмирование с экрана ЭЛТ.

На кафедре промышленной электроники Киевского политехнического института в 1969 году разработан экспериментальный макет системы графического взаимодействия оператора с ЭВМ БЭСМ-3М [1]. Индикаторное устройство выполнено на базе ЭЛТ 47ЛК2Б. Основные технические параметры следующие: размер рабочего поля — 300×300 мм², дискретность раstra — 512×512 элемент., частота регенерации 40 гц, количество одновременно выводимых элементов — соседних 11 000, любых 500. Предусмотрена возможность формирования изображений векторами. Максимальная длина вектора 127 элементов. Вектор кодируется длиной его проекций на координатные оси и квадрантом. В качестве устройства ввода графической информации используется световое перо. За пером следят аппаратурным путем. Основными параметрами светового пера и блока слежения являются: разрешающая способность светового пера — 1 эл/мм, допустимая скорость перемещения светового пера без интерполирования — 20 мм/сек, допустимая скорость перемещения пера с

интерполированием — 80 мм/сек. Световое перо обеспечивает ввод траектории, начиная с любого места экрана; ввод графической информации, начиная от любой ранее введенной линии;

возможность ввода с блокировкой одного направления.

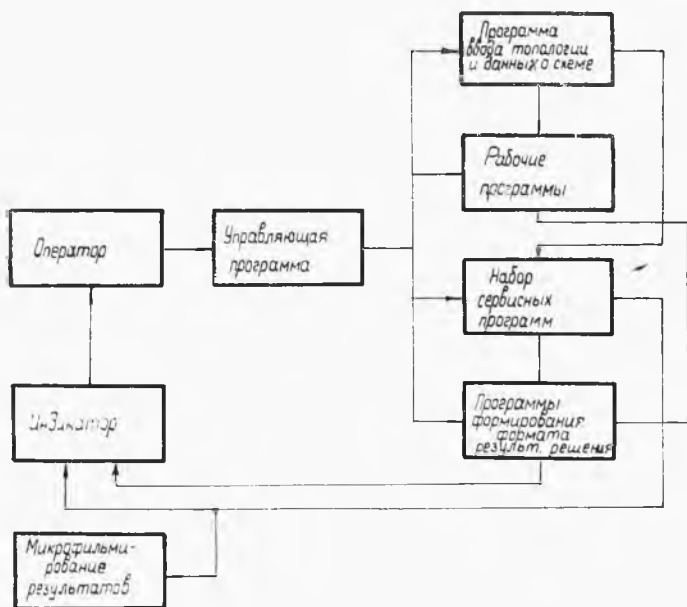
Кроме того, разработан ряд сервисных программ, позволяющих, во-первых, обрабатывать траекторию движения светового пера с целью сглаживания траектории и сокращения избыточности [2]. В качестве программы обработки используется программа «веерного» интерполирования. Во-вторых, обеспечен режим ввода, при котором оператор проставляет опорные точки, а программным способом между ними проводится линия.

При включении операции указания используется простановка сигналом от светового пера меток в соответствующих словах массива изображения. Выделение изображения производится двойной яркостью. Имеется ряд сервисных программ, расширяющих функциональные возможности светового пера. Так, например, оператор может восстановить стёртое изображение или убрать двойную яркость, т. е. отказаться от ранее выполненной операции выделения.

В качестве вычислительного устройства, с которым связано индикаторное устройство, используется ЭВМ БЭСМ-3М с введенным прерыванием. Блок связи с ЭВМ обеспечивает подключение индикаторного устройства к МОЗУ ЭВМ для использования его для регенерации изображения на экране электронно-лучевой трубки. Кроме того, данный блок осуществляет подзапись траектории движения светового пера и кодов, поступающих с вводной клавиатуры, в конец массива изображения, а также обеспечивает выдачу кода прерывания и сигнала прерывания в ЭВМ при работе с функциональной клавиатурой.

В настоящее время данное индикаторное устройство со световым пером используется в качестве составной части в экспериментальной системе проектирования в электронике. При этом основной принцип организации графического взаимодействия оператора с ЭВМ заключается в том, что оператор, имеющий минимум сведений по вычислительной технике и программированию, мог бы использовать систему для решения своих задач проектирования. Поэтому в системе предусмотрен вывод текстовых сообщений для управления последовательностью выполнения операций. Кроме того, управляющей программой производится контроль действий оператора с указанием ошибочных ситуаций. В системе имеется возможность исправления ошибок при выполнении каждой из операций.

На рис. представлена блок-схема программного обеспечения экспериментальной системы графического взаимодействия для проектирования в электронике. Оператор может обращаться практически к любой из программ, представленных на блок-схеме. Для этого он включает соответствующую функциональ-



ную клавишу, выдает прерывание в машину, а управляющая программа вызывает выбранную программу в МОЗУ и начинается ее обработка.

Рассмотрим основные характеристики входящих в данную блок-схему программ.

Для ввода в ЭВМ топологии схемы оператор разбивает набросок схемы (не содержащий диагональных линий) подобно шахматной доске, на клетки, содержащие не более одного элемента (в том числе линии и их пересечения) [1]. При вводе топологии схемы и данных о ней используются световые кнопки [3]. Стандартные элементы, из которых строится схема (набор обозначений и цифр, а также условные знаки для обращения к программам редактирования) выводятся в качестве меню на краю рабочего поля. Оператор, указывая световым пером соответствующие элементы, последовательно строит элемент за элементом схему. При этом программа анализирует возможные связи между соседними элементами. Кроме того, оператор сначала вводит топологию схемы, а затем программа предлагает оператору ввести данные о каждом элементе схемы, выделяя его повышенной яркостью. Введенные активные элементы автоматически классифицируются на элементы, данные о которых имеются в библиотеке системы и данные о которых отсутствуют.

Рабочие программы (программы анализа схем), используемые в системе, требуют ввода параметров, соответствующих гибридной схеме замещения активного элемента. Ввод параметров транзисторов заключается в том, что оператору предлагается ввести набор экспериментальных данных, по которым программа автоматически рассчитывает параметры схемы замещения. При вводе экспериментальных данных используется режим «Введения оператора». В данном случае, оператор может перейти к следующей операции только, если он полностью выполнил предыдущую операцию.

После окончания ввода топологии и данных об элементах, включая и активные элементы, производится переход на программу нумерации ветвей и узлов схемы и составления формулы для входа в рабочую программу.

Объем программы построения схемы с помощью световых кнопок 120 команд, время работы не превышает 0,5 сек. Время построения схемы, содержащей 10—15 узлов и 50—60 ветвей, составляет 5—7 мин. Если схема достаточно сложная, то предусмотрена возможность ввода схемы с помощью перфоввода. При этом оператор перед работой за пультом набирает массив топологии и данных о схеме с помощью перфокарт (на каждой карте кодируется определенный элемент топологии схемы, а так же символы, соответствующие данным о схеме). Вызав с пульта схему, оператор может изменить ее, добавив новые элементы или заменив старые. Для вызова схемы используется специальная функциональная программа.

В качестве рабочих программ исследуется возможность использования программ автоматического формирования уравнений состояния (АФУС) [4]. Программа формирования уравнений содержит 3700 команд и в большинстве случаев время работы данной программы для схем средней сложности не превышает 30—40 сек. Каждая из программ расчета характеристик (импульсных, переходных, частотных или фазовых) по составленным уравнениям, по объему не превышает 300—500 команд, а время расчета одной точки характеристики порядка 1 сек.

В системе предусматривается возможность вывода графических зависимостей на форматах 256×256 элементов раstra и 127×127 элементов. Координатная сетка наносится через 0,25 от условной единицы. Условная единица при использовании первого формата 256, а при использовании второго — 127.

Если выводимый график имеет отрицательную область, то формат по оси ординат автоматически изменяется в зависимости от величины отрицательной области. Шаг изменения формата равен 0,25 от условной единицы. При этом максимальный формат в первом случае 256×512 элементов, а во втором — 127×256 элементов. Условная единица от оси ординат соответствует максимальному значению ординаты, выводимой на экран

характеристики. Значение условной единицы по оси абсцисс вводится оператором путем задания граничных параметров с помощью клавиатуры.

Исследуя выведенную графическую зависимость, оператор может выделить световым пером область графика и просмотреть ее на полном формате. При этом оператор обращается к сервисной программе изменения формата по оси абсцисс. Рядом с координатной сеткой выводятся новые (вычисленные программой) граничные параметры.

Кроме того, указав точку на графике, оператор имеет возможность узнать значение абсциссы и ординаты точки, вычисленной рабочей программой, или, проведя линию световым пером, узнать значения ординат и абсцисс в точках пересечения линии с графиком.

Результатом анализа полученной графической зависимости может быть, во-первых, окончательное решение, и, во-вторых, желание оператора провести новую итерацию. Новая итерация может заключаться в изменении топологии или данных схемы, в изменении данных в схеме замещения или граничных параметров. Набор функциональной клавиатуры и возможности редактирования позволяют выполнить каждую из этих операций.

Все программы, используемые в системе (за исключением управляющей программы), записаны на магнитные барабаны в кодах машины БЭСМ-3М. Общий объем программного обеспечения (включая рабочие программы) — 30 К. Время выполнения программы, обеспечивающих графическое взаимодействие, не превышает 1 сек.

В системе выполнено модульное построение набора программ. Каждой новой программе, вводимой в систему, присваивается код соответствующей функциональной клавиши, и данная программа записывается в определенное место на магнитном барабане.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сигорский В. П., Петренко А. И., Денбновецкий С. В., Цурин О. Ф. Графическая связь оператора с ЭЦВМ при автоматическом проектировании в электронике. «Изв. вузов». Радиоэлектроника, том 13, № 6, стр. 686—692, 1970.
2. Колесник А. А., Цурин О. Ф., Кривда И. Ф. Обработка траектории движения светового пера. Сборник. Автоматизация проектирования в электронике, изд-во «Техника», № 5, 1971.
3. O L C A — система для анализа цепей на основе взаимодействия человек-машина в реальном масштабе времени, ТИИЭР, т. 55, № 11, стр. 197, 1967.
4. Сигорский В. П., Петренко А. И. Алгоритмы анализа электронных схем. Киев, «Техника», 1970.