

7. Cotton I. W. Network graphic attention handling.— In: ONLINE72 Conf. Proc. Vol. 2. Brunel Univ., Uxbridge, England, Sept. 1972, p. 465—490.
8. Foley J. D., Wallace W. L. The art of natural graphic man-machine conversation.— "Proc. IEEE", 1974, vol. 62, N 4, p. 462—471.
9. Sproull R. F., Thomas E. L. A network graphics protocol.— In: Techn. Report, ARPA Network, NIC 24308, August 16, 1974.
10. Wallace V. L. The semantics of graphic input devices.— "Computers and Graphics", 1976, vol. 10, N 1, p. 61—65.
11. Schicker R., Duenki A. Virtual terminal definition and protocol.— "Comput. Commun. Rev.", 1976, vol. 6, N 4, p. 1—18.
12. Michener J., Cotton I., Kelley K., Liddle D., Meyer E. Graphics protocol— level 0 only.— In: Network working group, ARPA Network; RFC: N 292; NIC 8302 (12 Jan. 1972).
13. Michener J., Cotton I., Kelley K., Liddle D., Meyer E. Graphics protocol.— In: Network Working Group, ARPA Network; RFC: N 493; NIC 15358 (April 26, 1973).
14. Cotton I. W. Level 0 graphic input protocol.— In: Network Working Group, ARPA Network; RFC: N 336; NIC 9929 (5 May 1972).
15. Ньюмен У., Спрулл Р. Основы интерактивной машинной графики. М., «Мир», 1976.
16. Cohen D., Taft E. An interactive network graphics system.— "Computers and Graphics", 1975, vol. 1, N 1, p. 27—31.

Поступила в редакцию 21 сентября 1977 г.

УДК 681.3.068

В. Л. КАТКОВ

(Новосибирск)

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МАШИННОЙ ГРАФИКИ ДЛЯ МВК «ЭЛЬБРУС»

Введение. Разрабатываемый многопроцессорный вычислительный комплекс (МВК) «Эльбрус» [1] предназначен для решения широкого круга научно-технических и планово-экономических задач в режимах местной и дистанционной пакетной обработки и разделения времени. Производительность комплекса зависит от количества процессоров: при максимальном числе процессоров порядка 10 производительность достигает 12 млн. опер./с. Оперативная память может наращиваться секциями, емкость памяти изменяется от 576 до 4608 К байт 72-разрядных слов; объем виртуальной памяти практически не ограничен (2^{32} слов).

Один из основных принципов построения МВК — модульность, за счет которой повышается надежность комплекса (резервирование устройств), появляется возможность адаптации комплекса к классу решаемых задач и обеспечивается постепенное наращивание мощности и развитие комплекса без нарушения работы введенных средств.

Внешнее оборудование подключается к МВК через процессоры ввода-вывода (ПВВ); к ним относятся накопители на барабанах, дисках, лентах и системные пульты. Удаленные терминалы подключаются к ПВВ через процессоры передачи данных (ППД), общее число каналов достигает 2560. К МВК «Эльбрус» может подключаться несколько терминальных ЭВМ через процессор ввода-вывода и (или) процессор передачи данных.

С точки зрения программного обеспечения машинной графики МВК имеет ряд достоинств, облегчающих создание такого обеспечения. Отметим главные из них. Разнообразные типы данных (вещественные, целые, байтовые, битовые, наборы, указатели и т. д.) и форматы позволяют эффективно организовывать древовидно-списочные структуры,

состоящие из плотно упакованных разнотипных данных; тегирование обеспечивает их аппаратную защиту. Аппаратная реализация вызова процедур с автоматической сменой адресного контекста позволяет эффективно выполнять процедуры — наиболее употребительную конструкцию в машинной графике (метод дисплейных процедур). Операционная система МВК предоставляет удобные средства для организации диалоговой работы, программирования сложных структур данных, управления процессами и т. д.

Перечислим типичные конфигурации оборудования для решения некоторых классов задач машинной графики. Будем для краткости называть процессоры МВК «Эльбрус» и его оперативную память «главной ЭВМ», а графические устройства обозначать буквами МГ (машинная графика).

1. Главная ЭВМ — МГ (рис. 1). Эта конфигурация удобна для решения задач, ведущих активный диалог с главной ЭВМ и одновременно требующих быстрых массивных вычислений. Особенно эффективно использование этой конфигурации в системах реального времени: для обработки результатов физического эксперимента, управления сложными системами или производственными процессами, обработки полутоновых изображений и т. д. Такие системы требуют постоянного внимания и быстрой реакции главной ЭВМ на запросы, поступающие от графических устройств.

2. Главная ЭВМ — ППД — МГ (рис. 2). Средства машинной графики подключаются через процессор передачи данных; графический диалог пассивен из-за невысоких скоростей обмена и ограниченной пропускной способности телефонно-телеграфных каналов. Такая конфигурация может использоваться в системах разделения времени и пакетной обработки для удаленных абонентов.

3. Главная ЭВМ — терминальная ЭВМ — МГ (рис. 3). Эта конфигурация наиболее универсальна и эффективна: быстрый доступ к большим мощностям и ресурсам главной ЭВМ сочетается здесь с развитой терминальной обработкой, за счет которой главная ЭВМ разгружается от мелких работ. Класс решаемых задач практически не ограничен (управление сложными системами, обработка полутоновых изображений, организация графических информационно-поисковых систем, автоматизация проектирования, системы распознавания графических изображений, картографирование и т. д.). Возможна работа в режимах разделения времени, пакетном, реальном времени и их комбинациях.

4. Главная ЭВМ — ППД — терминальная ЭВМ — МГ (рис. 4). Конфигурация аналогична предыдущей, но доступ в главную ЭВМ замедлен. Новая возможность, вносимая данной конфигурацией, — организация сети ЭВМ звездного типа.

Перечисленные конфигурации оборудования не охватывают, конечно, всех мыслимых, но дают некоторое представление о возможностях, заложенных в архитектуру МВК «Эльбрус» и его программное обеспечение.

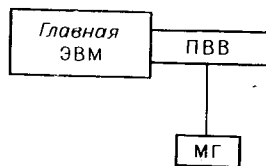


Рис. 1. Конфигурация «главная ЭВМ — МГ».

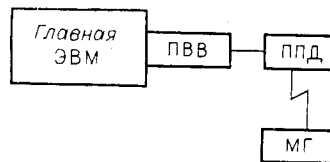


Рис. 2. Конфигурация «главная ЭВМ — ППД — МГ».

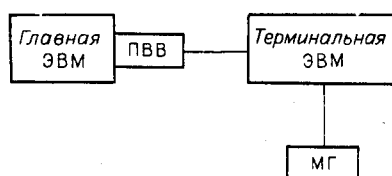


Рис. 3. Конфигурация «главная ЭВМ — терминальная ЭВМ — МГ».

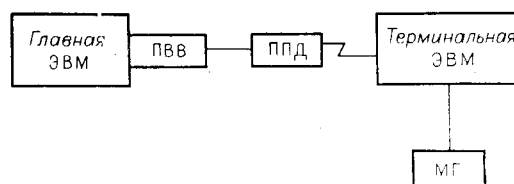


Рис. 4. Конфигурация «главная ЭВМ — ПВД — терминальная ЭВМ — МГ».

Организация графического программного обеспечения. Программное обеспечение строится по иерархическому принципу так, что нижние уровни «закрывают» собой аппаратуру для верхних уровней; в результате это программное обеспечение оказывается почти не зависящим от оборудования.

Рис. 5 иллюстрирует условное разбиение программного обеспечения на уровни [2] применительно к инструментальному комплексу «График». Дадим краткую характеристику каждому уровню программного обеспечения. Нулевой уровень составляют автокоды и каналные программы операционной системы. С помощью этого уровня обеспечивается обмен между МВК и графическими устройствами, а также формирование программ (файлов), управляющих работой графических устройств. Следующий, первый уровень включает общие пакеты графических программ на языках высокого уровня. В рамках этих пакетов можно уже организовать комфортабельную работу в пакетном и диалоговом режимах с использованием языков высокого уровня. Второй уровень программного обеспечения составляют проблемно-ориентированные системы, предназначенные для решения конкретных классов задач. Это программное обеспечение базируется на пакетах первого уровня и почти не зависит от аппаратуры МВК. Наконец, отдельный слой может составлять специфическое программное обеспечение, возникающее из потребностей машинной графики: системы монтажа магнитофильмов, универсальные системы генерации графических отображений, системы мультимпликации, обработки полутоновых изображений и т. д. Это программное обеспечение можно отнести к первому или второму уровню нашей иерархии.

Указанное расслоение программного обеспечения обусловлено тем, что в настоящее время, по-видимому, невозможно рассчитывать на создание универсального языка, пригодного для решения любых графических задач. Попытки расширить существующие языки программирования введением графических примитивов и действий над ними позволяют охватить в рамках данного языка более широкий класс задач, но в целом проблему не решают: язык остается специализированным для определенного круга задач и рассматриваться универсальным, как правило, не может.

В то же время разнесение функций машинной графики по различным уровням (автокоды, пакеты в языках высокого уровня, проблемно-ориентированные системы) позволяет, во-первых, построить эффективные на каждом уровне системы программирования и, во-вторых, обеспечить выполнение требований, предъявляемых программному обеспечению со стороны машинной графики.

Реализация этого подхода на инструментальном комплексе «График» подтверждает его эффективность.

Инструментальный комплекс «График». Для проверки предлагаемого подхода к организации графического программного обеспечения и создания некоторых проблемно-ориентированных систем в Новосибирском филиале ИТМ и ВТ АН СССР был создан инструментальный

Проблемно-ориентированные системы: КАРТЫ, СЕТКА, КРУЧЕНИЕ Графические системы: МОНТАЖ, УСИДО	2-й уровень
Пакеты: ГРАФОР-А, ДИГФОР	1-й уровень
Автокоды БЕМШ, МАДЛЕН Графический автокод АК-7064 Система ЯРМО Канальные программы ОС ИПМ и ДИАПАК	0-й уровень
Аппаратура: ЭВМ БЭСМ-6 и графические устройства ЕС ЭВМ	

Рис. 5. Уровни программного обеспечения.

комплекс (ИК) в составе: ЭВМ БЭСМ-6, графопостроителей ЕС-7052, ЕС-7051, графического дисплея ЕС-7064, кинокамеры РФК-5 и алфавитно-цифровых дисплеев «Videoton-340» и ЕС-7906 (рис. 6).

Программное обеспечение нулевого уровня составили автокоды БЕМШ, МАДЛЕН, машинно-ориентированная система ЯРМО [3], графический автокод АК-7064 [4] и каналные программы ОС ИПМ и ДИАПАК. В рамках ДИАПАКА была организована работа с графопостроителями в пакетном режиме, ОС ИПМ использовалась для диалоговой работы с дисплеями. Автокод АК-7064 оперирует точками, линиями, текстами для создания изображений, подлежащих выводу на экран, и имеет дополнительные конструкции, присущие распространенным языкам программирования: операторы процедур, стековый механизм построения изображений, средства редактирования изображений и т. д. Отличительная особенность автокода — его тесное взаимодействие

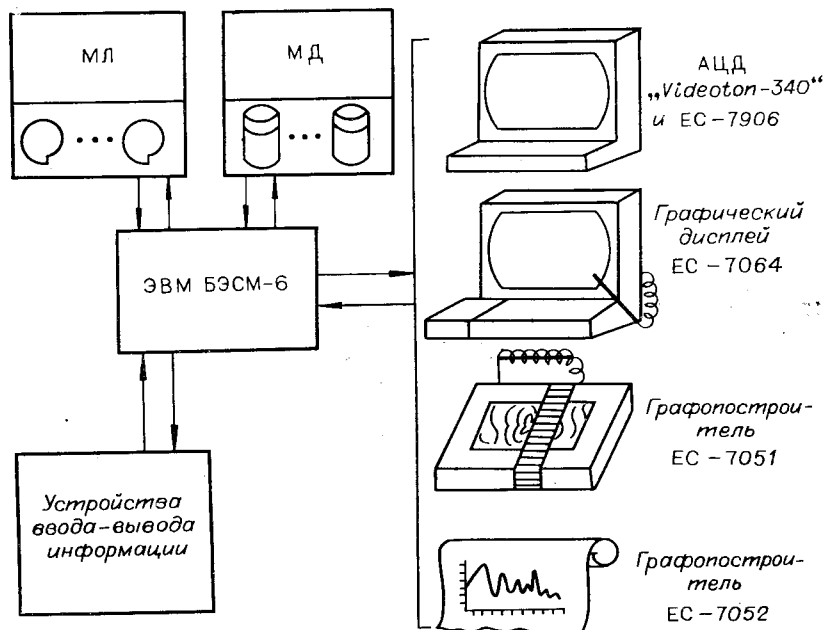


Рис. 6. Инструментальный комплекс.

с языком высокого уровня, в данной реализации с ФОРТРАНОм, на котором пишется главная (вычислительная) часть программы. По этой причине в автокод не включены такие конструкции, как оператор цикла, условный оператор, оператор присваивания, поскольку автокодные тексты могут включаться в программу наряду с соответствующими фортрановскими предложениями. Трансляция автокод-сегментов программы сводится к их переводу в вызовы служебных процедур, которые интерпретируют действия, задаваемые автокодом, и формируют дисплейный файл для передачи его в ЕС-7064.

Программное обеспечение первого уровня составляет пакет ГРАФОР-А, представляющий собой комплекс ГРАФОР, адаптированный к устройствам ЕС ЭВМ [4]. Этот пакет позволяет средствами ФОРТРАНА описывать практически любые графические изображения и выдавать их на графопостроители ЕС-7052, ЕС-7051 и графический дисплей ЕС-7064. Подпрограммы ГРАФОР-А используются для работы в пакетном режиме «on line».

Специально для работы в диалоговом режиме с графическим дисплеем ЕС-7064 был создан комплекс ДИГФОР, представляющий собой пакет подпрограмм на ФОРТРАНе. Основным графическим объектом является картина, которую можно описывать и редактировать посредством базовых графических элементов (точек, линий, текста и т. п.). Введено четыре типа прерываний: от светового пера, функциональной клавиатуры и двух специальных клавиш. Каждое прерывание поставляет необходимую информацию о положении луча, имени картины или элемента, на которых произошло прерывание, номере нажатой функциональной клавиши и т. д. Программы обработки прерываний, анализируя получаемую информацию, организуют диалоговый режим работы и исполнение программы.

Уровень проблемно-ориентированного программного обеспечения представляют несколько систем, соответствующих типичным приложениям машинной графики: пакетный режим при выводе на графопостроитель, диалог при работе системы «человек — машина» и использование ЭВМ в качестве автоматизированного рабочего места для решения узкоспециализированных задач [4].

Первая из проблемно-ориентированных систем — КАРТЫ — предназначена для рисования метеорологических карт: диагностических, создаваемых по данным метеостанций, и прогностических, получаемых в результате расчетов на ЭВМ, когда значения элементов заданы в регулярной сети точек. Система накапливает телеграммы метеостанций, извлекает из них необходимую информацию, переносит ее в регулярную сеть и рисует линии уровня заданных метеозадающих элементов. Кроме того, рисуются так называемые пуансоны — закодированные изображения полученных со станций метеорологических характеристик: ветра, влажности, температуры, давления и т. д. Без привязки к метеобланку система выводит метеокарты на графопостроитель ЕС-7052 (в оперативном режиме) за 15 мин, с привязкой — на графопостроитель ЕС-7051 примерно за 1 ч (с высокой точностью). Система написана на ФОРТРАНе и базируется на пакете ГРАФОР-А.

Система СЕТКА относится к классу систем «человек — машина» и предназначена для построения в режиме диалога двумерных разностных сеток для областей сложной конфигурации. Информация о контуре области и расстановке граничных узлов задается с графического дисплея в результате диалога с пользователем. Далее по некоторой методике проводится расчет сетки и результат очередной итерации выдается на экран. Пользователь может прервать итерации по своему желанию либо довести их до конца в соответствии с критериями, заложенными в алгоритм. Если полученная сетка не удовлетворяет пользователя, он может повторить указанный процесс сначала:

задать новую расстановку граничных узлов или подправить область, когда это необходимо. Результирующая сетка может выводиться на графопостроитель ЕС-7051 в виде соответствующего документа. Язык системы настолько прост, что неподготовленный пользователь осваивает работу с ней практически за один сеанс. Подбор сетки (4—5 вариантов) для не слишком «хитрых» областей выполняется за 30—40 мин. Система написана на ФОРТРАНе и базируется на пакете ДИГФОР, задача ведет интенсивный диалог через дисплей.

Система КРУЧЕНИЕ предназначена для расчета прочностных характеристик стержней произвольного поперечного сечения, подвергнутых кручению. Перед началом расчета задается контур поперечного сечения вместе с величиной крутящего момента и физическими константами, характеризующими материал. Система автоматически «натягивает» криволинейную разностную сетку на контур области, решает уравнение Пуассона для функции кручения, подсчитывает функционалы от решения (величину крутильной жесткости, упругую энергию и угол закручивания) и рисует область интегрирования (вместе с сеткой) и изолинии функции кручения на графопостроителе. Система использует пакет графических программ ГРАФОР-А.

Одно из эффективных применений машинной графики — создание фильмов с помощью ЭВМ. Система МОНТАЖ предназначена для сборки фильма из отдельных фрагментов, полученных в результате работы на ЭВМ. В системе реализованы основные действия по монтажу фильма: поиск и просмотр кадров, вставка новых и удаление имеющихся кадров, копирование и наложение кадров, сборка и просмотр окончательного варианта фильма. Отличительной особенностью системы является представление информации о фильме в виде двух объектов. Первый объект — это дерево фильма, в котором в закодированном виде указано соподчинение различных частей фильма и действий над ними, выполняемых на заключительном этапе. Второй объект — это физические кадры фильма, которые представляют собой дисплейные файлы, подлежащие выводу на экран. Все монтажные действия выполняются над деревом фильма и не затрагивают его физических кадров, кроме приказа линеаризации, по которому происходит окончательное формирование фильма из его физических кадров с учетом информации, накопленной в дереве фильма. Благодаря такой организации удается добиться высокой реактивности всей системы в целом. МОНТАЖ написан на ФОРТРАНе и частично на автокоде МАДЛЕН (в основном программы работы с деревом фильма). Система базируется на пакете ДИГФОР (для организации диалога) и использует магнитные ленты (диски) для хранения кадров и дерева фильма. С помощью МОНТАЖа подготовлено несколько фильмов, при этом активно использовались возможности системы по созданию титров, накоплению и редактированию видеоматериала, просмотру фрагментов фильма и монтажу.

Система УСИДО представляет собой универсальную систему двумерного отображения графической информации. Имеется большой класс задач, в которых изображение строится из стандартных элементов, после чего может выполняться расчет «физических» характеристик получившегося изображения. Типичные задачи такого рода — сетевые графики и их расчет, радиосхемы и их анализ, сети трубопроводов и т. п. Система позволяет заводить каждый раз свою специальную библиотеку графических элементов и затем с ее помощью создавать конкретные графические изображения. Расчет характеристик выполняется по проблемно-ориентированным программам, которые должны передаваться системе как «черные ящики» с соблюдением некоторых простых требований. Система написана на языке ЯРМО и работает в диалоговом режиме при создании библиотеки элементов, конструировании изобра-

жения, счете характеристик, отображении результатов, редактировании изображения и т. д.

Следует отметить, что рассматриваемые проблемно-ориентированные системы служат не только иллюстрацией развиваемого нами подхода к построению программного обеспечения машинной графики, но и представляют самостоятельный интерес при решении определенных классов задач.

Заключение. Описанное выше графическое программное обеспечение работает на ЭВМ БЭСМ-6 и, помимо своей основной роли — служить макетом программного обеспечения МВК «Эльбрус», используется для решения конкретных задач. Работоспособность инструментального комплекса подтверждает эффективность предлагаемого подхода к разработке графического программного обеспечения.

Перенесение созданных систем машинной графики на МВК «Эльбрус» возможно двумя способами: либо через спецпроцессор, воспроизводящий систему команд ЭВМ БЭСМ-6, либо путем полного перепрограммирования нижних уровней под аппаратуру МВК. Переделки верхних уровней будут, по-видимому, небольшими. Хотя первый путь (через спецпроцессор) в принципе возможен, предпочтительным следует считать второй: во-первых, перепрограммирование нижних уровней позволит устранить некоторые недочеты, обнаруживающиеся при эксплуатации комплекса, во-вторых, и это главное, можно будет существенно повысить эффективность программ нижнего уровня за счет приближения его к аппаратуре и использования автокода «Эльбрус».

ЛИТЕРАТУРА

1. Многопроцессорный вычислительный комплекс «Эльбрус-1». (Проспект.) М., изд. ИТМ и ВТ АН СССР, 1977.
2. Катков В. Л. Программное обеспечение машинной графики для решения научно-технических задач. — В кн.: Вычислительные системы. Вып. 71. Программное обеспечение машинной графики для решения научно-технических задач. Новосибирск, изд. ИМ СО АН СССР, 1977, с. 3—13.
3. Гололобов В. И., Чеблаков Б. Г., Чинин Г. Д. Машинно-ориентированный язык высокого уровня для ЭВМ БЭСМ-6. — В кн.: Развитие программного обеспечения БЭСМ-6. М., изд. ВЦ АН СССР, 1975, с. 50—51.
4. Вычислительные системы. Вып. 71. Программное обеспечение машинной графики для решения научно-технических задач. Новосибирск, изд. ИМ СО АН СССР, 1977.

Поступила в редакцию 21 февраля 1978 г.

УДК 518.74

В. И. ДВОРЖЕЦ

(Новосибирск)

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ГРАФИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ СИГАМ

Введение. Все более широкое распространение получают устройства графического вывода. Созданы также различные системы программного обеспечения этих устройств. В частности, большое распространение получили универсальные графические системы СМОГ (разработка ВЦ СО АН СССР) и ГРАФОР (ИПМ АН СССР) [1—3].

Система СМОГ характеризуется простотой пользования, многоканальностью, совместимостью версий для различных ЭВМ (БЭСМ-6, ЕС и ЭВМ класса М-20) и систем программирования (АЛГОЛ, ФОРТРАН, АЛЬФА и т. д.).