

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА СУММА

В.П.Афанасьев, В.Л.Голодок, В.И.Горячкин, А.П.Еремин, М.П.Желтов,
М.Н.Ильин, С.Г.Седухин, Ю.Ф.Томилов, В.Г.Хорошевский, Л.С.Шум

Рассматриваются функциональная структура, системные возможности, программное обеспечение управляющей однородной двумерной вычислительной системы СУММА. Элементарные машины системы организуются на основе технических и программных средств мини-машин "Электроника-100" ("Электроника-100М").

Интерес к практической реализации однородных вычислительных систем (ОВС) [1-4] постоянно растет. Это объясняется тем, что ОВС имеют высокую потенциальную эффективность как при решении сложных задач, представленных параллельными программами [5], так и при работе в мультипрограммных режимах [6,7]. Кроме того, ОВС позволяют достичь таких значений показателей надежности и живучести [7], которые недоступны современным электронным вычислительным машинам (ЭВМ).

В настоящее время наметилась тенденция к широкому использованию не только мини-машин, но и вычислительных систем и сетей из мини-машин [8-10]. В частности, расширяется применение вычислительных средств из мини-ЭВМ для целей управления процессами в реальном масштабе времени.

В данной работе представлена Система Управляющая Мини-Машинная (СУММА), которая относится к однородным (имеет программируемую структуру), обладает возможностью наращивания мощности в широких пределах, характеризуется высокой надежностью и живучестью и строится на базе отечественных мини-машин "Электроника-100" ("Электроника-100М"). Для ОВС СУММА предполагается построить развитое программное обеспечение, которое включает компоненты как общего назначения, так и ориентированные для управления технологическими процессами.

Работы по ОВС СУММА выполняются Институтом математики СО АН СССР совместно с одним из машиностроительных заводов. В настоящее время ОВС находится в стадии экспериментального производства.

Структура системы

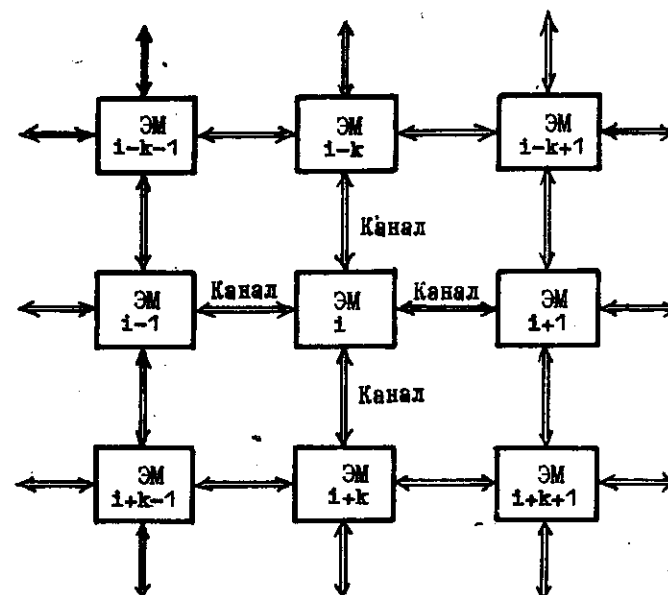
ОВС СУММА (рис.1) представляет собой программируемую структуру из однотипных элементарных машин (ЭМ). Двухнаправленные программно коммутируемые каналы связи служат для обмена управляющей^{*)} информацией и данными между ЭМ ОВС. Ограничений на конфигурацию системы (число ЭМ и виды соединений) не накладывается. Для любого числа ЭМ возможно построение оптимальных [11] по структуре систем.

ОВС СУММА характеризуется большой гибкостью. Она может быть легко расширена или сокращена для того, чтобы отвечать предъявляемым требованиям. При этом структура ЭМ остается неизменной.

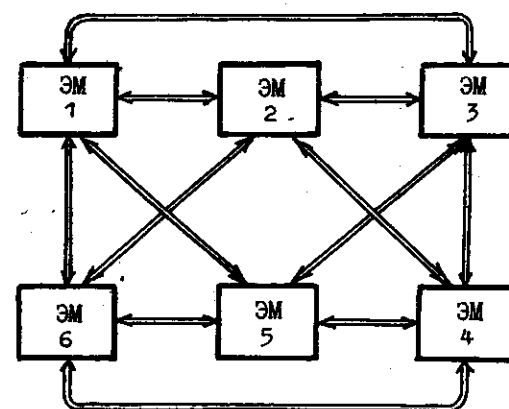
В состав элементарной машины входит ЭВМ "Электроника-100" (или "Электроника-100М") и системное устройство (СУ) (рис.2). ЭВМ реализует все операции, связанные с переработкой информации, и, в частности, инициирует реализацию системных операций. Системное устройство позволяет программировать структуру ОВС СУММА и реализовать системные взаимодействия машин.

Системное устройство конструктивно оформляется в виде отдельного модуля и включает в себя устройство управления (УУ), коммутатор (К), буферный регистр (БР), входные и выходные маски ($M_{вх}$ и $M_{вых}$). Функциональное назначение узлов следует из их названий и детализируется ниже. Это устройство к ЭВМ подсоединяется через стандартные каналы для внешних устройств, а к системным устройствам четырех соседних ЭМ — через каналы межмашинной связи.

^{*)} Время обмена управляющей информацией в общем балансе рабочего времени составляет незначительную часть [1,5].



а) фрагмент ОВС



б) ОВС из шести ЭМ

Рис.1. Примеры структур ОВС СУММА

Вычислительная машина

"Электроника-100 (100И)" является мини-машиной. Минимальная конфигурация ЭВМ включает процессор, ферритовую оперативную память и систему ввода/вывода информации. Состав периферийного оборудования, а также тип (магнитные ленты, диски) и объем внешней памяти определяются конкретным применением мини-машины.

Основные технические характеристики ЭВМ:

структура команд машины - одноадресная;

система счисления - двоичная;

длина слов - 12 двоичных разрядов;

способ представления чисел - с фиксированной запятой (режим работы с плавающей запятой реализуется программно);

принцип работы основных устройств машины - параллельный;

цикл оперативной памяти - не более 2,0 мксек;

емкость оперативной памяти - не менее 4К машинных слов, с расширенной памятью - до 32К слов;

быстродействие при выполнении операций типа "сложение" (слагаемое находится в сумматоре) - не менее 250 000 опер/сек;

максимальное количество внешних устройств: с использованием одной команды - 256, двух команд - 128, трех команд - 64; число автоиндексных регистров - 8.

Система команд включает: команды обращения к памяти; микрокоманды; команды расширенной арифметики; команды обращения к внешним устройствам.

В машине предусмотрено прерывание программ. Глубина прерывания равна единице, однако возможна организация многоуровневого прерывания программным способом.

Обмен информацией с внешними устройствами осуществляется через программный канал или через канал "разрыва данными". Конкретное внешнее устройство, к которому производится обращение из программ, определяется селекторным кодом. Канал "разрыва данными" является вырванным каналом прямого доступа к памяти и позволяет считывать или заносить массивы в оперативную память машины. На время обмена с внешним устройством в режиме "разрыва данными" программная работа машины приостанавливается, содержимое рабочих регистров сохраняется аппаратно; после завершения обмена продолжается выполнение программы. Максимальная скорость обмена - $6 \cdot 10^6$ бит/сек.

Системное устройство

Системное устройство предназначено для реализации в элементарной машине следующих функций:

- 1) передачи информации из оперативной памяти ЭВМ в выходные каналы системного устройства;
- 2) занесения информации, поступающей по входным каналам устройства, в память машины;
- 3) ретрансляции поступающей информации.

Поясним функциональное назначение компонент (рис.2) системного устройства, обеспечивающих выполнение указанных функций.

Устройство управления координирует работу узлов системного устройства при взаимодействиях: "ЭВМ-СУ", "механические каналы-СУ". В устройстве управления имеются два программно доступных регистра: регистр адреса системного устройства и регистр признаков.

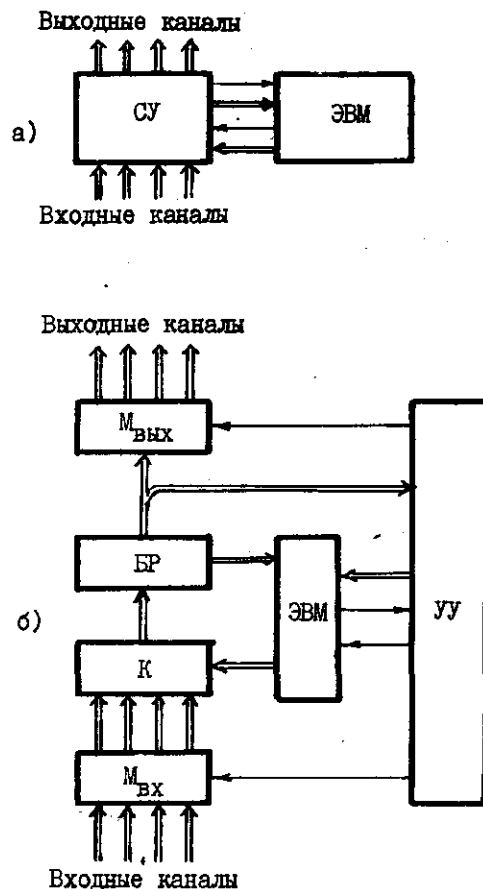


Рис.2. Элементарная машина ОВС
СУММА : а) блок-схема; б) функциональная схема; $\Rightarrow$ - поток рабочей информации; $\rightarrow$ - управляющие сигналы.

Двенадцатиразрядный регистр адреса системного устройства предназначен для указания адресов ячеек оперативной памяти ЭМ, по которым производится запись кодов, принятых из каналов межмашинной связи. Начальный адрес может быть занесен в регистр адреса как из ЭМ, так и из каналов межмашинной связи. После приема в память ЭМ каждого очередного слова содержимое регистра адреса системного устройства автоматически увеличивается на единицу.

Регистр признаков служит для хранения признаков $\{i_1, i_2, \dots, i_{12}\}$. При $i_\ell = 1$ (или $i_\ell = 0$), $\ell \in \{1, \dots, 12\}$, означает, что ЭМ отмечена (или не отмечена) по признаку с номером ℓ . Любая ЭМ может быть одновременно отмечена несколькими признаками, подмножество которых определяет степень участия машины в системных взаимодействиях. Смысловое значение признаков i_ℓ , $\ell \in \{1, 2, \dots, 12\}$, заранее не определено и конкретизируется параллельной программой задачи. Например, признак i_ℓ , $\ell \in \{1, \dots, 12\}$, программист может использовать для идентификации машин, участвующих в выработке обобщенного условного перехода [1,2]. Следует заметить, что существует признак i_0 . Всегда $i_0 = 1$, если элементарная машина подключена к системе.

Коммутатор элементарной машины обеспечивает передачу информации в выходные каналы и прием ее с входных каналов межмашинной связи. Конфликты, возникающие при одновременном поступлении кодов, разрешаются в коммутаторе схемой выделения приоритетного направления. Выбор направления приема при одновременном поступлении кодов обуславливается порядком подсоединения входных каналов к системному устройству. В ОВС СУММА канал "ЭМ-коммутатор" имеет высший приоритет по сравнению с входными каналами межмашинной связи.

Буферный регистр системного устройства предназначен для хранения поступающей (из ЭМ или входных каналов) информации в течение времени, необходимого для реализации текущей системной операции.

Маска входов служит для маскирования входных каналов межмашинной связи. Текущее состояние маски определяет направления, с которых разрешается поступление информации на коммутатор системного устройства. В пределе может быть разрешен прием с четырех входных каналов.

Маска выходов используется для указания выходных каналов, в которые разрешается передача информации из ЭМ. Состояниями маски выходов, как и маски входов, управляет ЭМ.

Системные операции

К системным операциям относятся операции, которые позволяют из любой ЭМ ОВС:

- 1) установить связь по каналам с любой доступной ЭМ (или группой ЭМ);
- 2) занести в оперативную память любой ЭМ (или группы ЭМ) массивы информации;
- 3) передать управление требуемой программе, находящейся в памяти, в любой ЭМ (или группе ЭМ).

Реализация системных операций связана с обменом информацией между ЭМ ОВС. Элементарная машина, которая является инициатором системного взаимодействия и передает информацию в каналы межмашинной связи, называется ведущей. Машины, которые участвуют в приеме или ретрансляции информации, называются ведомыми.

В элементарных машинах, инициирующих передачу кодов, ЭМ (процессор) осуществляет "захват" своего системного устройства. Имеются два режима захвата системного устройства: мягкий и жесткий. При мягком режиме процессор устанавливает заявку на обслуживание и ждет освобождения системного устройства. В случае жесткого режима захват происходит независимо от наличия других заявок. После захвата осуществляются либо подготовительные обмены информацией с программно доступными регистрами устройства, либо послышки кодов другим ЭМ.

Обмен информацией между ведущей ЭМ и ведомыми машинами в ОВС СУММА производится кодами, имеющими разряды 0-12. Разряд 12 автоматически приформировывается (в системном устройстве) к каждому слову, выдаваемому из ЭМ ведущей ЭМ. Единичное (нулевое) значение 12-го разряда сигнализирует о том, что передается слово настройки (операнд или адрес для регистра адреса системного устройства). Передаваемый массив всегда начинается со слова настройки.

Структура слова настройки

Слово настройки предназначается для задания состояний системных устройств ведомых ЭМ. Следовательно, оно используется для программирования структуры ОВС СУММА и для определения вида системного взаимодействия. Слово настройки включает две части (рис.3).

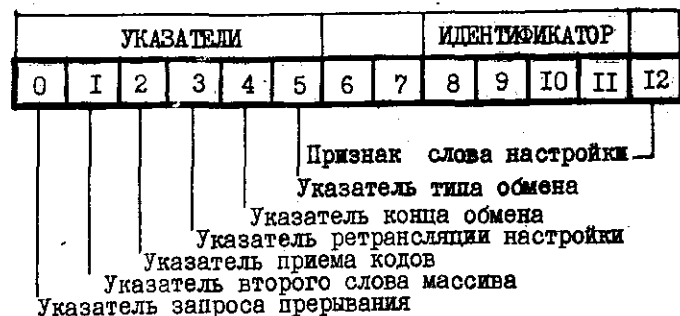


Рис. 3.

1. Указатели:

- а) запроса прерывания ("1" влечет переход к подпрограмме обработки прерываний после приема всего массива информации; "0" — запрещение перехода);
- б) второго слова массива передаваемой информации ("1" означает, что второе слово является начальным адресом следующего за ним массива; следовательно, оно заносится в регистр адреса системного устройства; "0" соответствует операнду, который заносится в память ЭВМ по адресу, определяемому текущим содержанием регистра адреса системного устройства);
- в) приема кодов ("1" настраивает ЭМ на прием операндов или адреса для регистра адреса системного устройства; "0" запрещает прием);
- г) ретрансляции настройки ("1" осуществляет аппаратную ретрансляцию слова настройки в выходные каналы магистральной связи; "0" не разрешает ретрансляцию);
- д) конца обмена ("1" означает: обмен информацией завершить и освободить системные устройства ведомых ЭМ; "0" — обмен продолжить);

е) типа обмена ("1" соответствует быстрому обмену, при котором временной промежуток между кодами составляет 6 мксек и при котором ведомые ЭМ либо заняты приемом кодов, либо находятся в состоянии ожидания; "0" означает медленный обмен, при котором промежуток не менее 12 мксек, а ведомые ЭМ либо заняты 2 мксек приемом в память очередного кода, либо выполняют свою программную работу).

2. Идентификатор $\ell \in \{0, 1, \dots, 12\}$ ведомых ЭМ, которые должны участвовать в системном взаимодействии, определяемом указателями. ЭМ, отмеченные признаком $i_\ell = 1$, $\ell \in \{0, 1, \dots, 12\}$, осуществляют настройку своих системных устройств в соответствии со значениями указателей; машины, в которых $i_\ell = 0$, сохраняют состояния системных устройств.

Команды обращения к системному устройству

Системные операции инициируются командами обращения к системному устройству, которые могут выполняться любой ЭМ. Эти команды, по сути, являются командами обращения к внешним устройствам (с селекторным кодом системного устройства). Команды обращения к системному устройству позволяют реализовать в ЭВМ:

- установку заявки на обслуживание процессора;
- сброс заявки на обслуживание процессора;
- сброс всех заявок на обслуживание, кроме заявки процессора;
- обмен информацией с регистрами системного устройства;
- пропуск по флагу системного устройства;
- сброс флага системного устройства;
- передачу кодов из оперативной памяти ЭВМ в каналы.

Функционирование системы

Итак, ОВС СУММА имеет программируемую структуру. Следовательно, в данной системе может быть реализовано большое разнообразие режимов функционирования. Здесь рассматриваются лишь два режима. Первый предназначен для организации мультимедиа к системе при решении задач, представленных как последовательными, так и параллельными программами; второй режим ориентирован на управление процессами в реальном масштабе времени.

В первом режиме функционирования обслуживание заявки пользователя начинается с образования функциональных подсистем в ОВС. Вначале строится подсистема связей. Цель формирования подсистемы связей — выявление ресурсов, доступных пользователю при данной загруженности^{ж)} ОВС. Инициатором создания подсистемы связей является ЭМ, в которую поступила заявка на обслуживание. Данная ЭМ становится ведущей и передает во все выходные каналы требование настройки подсистемы связей. Это требование является, по сути, массивом информации, в начале которого стоит слово настройки с указателем ретрансляции, равным единице.

ЭМ, соседние с ведущей, принимают и одновременно ретранслируют требование настройки подсистемы связей в другие ЭМ системы. Следует напомнить, что при одновременном поступлении в системное устройство нескольких слов настройки, конфликт разрешается согласно принятой дисциплине обслуживания межмашинных каналов. ЭМ, охваченные настройкой подсистемы связей, автоматически формируют (на уровне системного устройства) коммутацию ЭМ в подсистему. Таким образом, все ЭМ, доступные, исправные и не вошедшие в ранее созданные подсистемы, подключаются к каналам связи, образуя дерево, в основании которого находится ведущая ЭМ (рис. 4).

После образования подсистемы связей реализуется (путем настройки) режим^{жж)} стока информации. Суть режима заключается в передаче информации из каждого узла к соседнему, начиная с вершин и кончая основанием дерева (рис. 4). При этом каждый узел дерева перед передачей предварительно обрабатывает поступившую информацию.

Далее, в ведущей ЭМ на основании поступившей информации делается диспетчерское заключение о возможности обслуживания заявки пользователя на доступных ресурсах ОВС. В случае недостатка ресурсов подсистемы связей дальнейшее обслуживание заявки зависит от выбранной дисциплины. Она, например, может быть снята с обслуживания либо поставлена в очередь на ожидание недо-

ж) Считается, что образованные ранее подсистемы закрыты для новых запросов на обслуживание.

жж) Режим стока информации используется для ускоренного сбора информации о состоянии подсистемы, для осуществления обобщенных условных переходов и синхронизации элементарных машин.

стоящих ресурсов. Если ресурсы подсистемы связей достаточны, то формируется подсистема машин с адресами. Процесс формирования подсистемы машин с адресами осуществляется ведущей ЭМ и сводит-

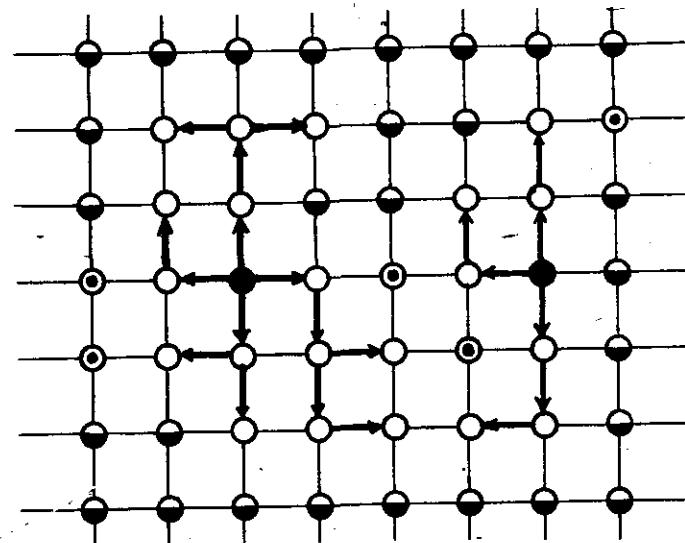


Рис. 4. Схема формирования подсистем связей в ОВС СУММА :
○ — свободные ЭМ; ● — ЭМ, занятые в других подсистемах; ⊙ — ведущие ЭМ; ⊙ — неисправные ЭМ;

ся к приписыванию адресов ведомым ЭМ на основании заданной программой топологии. Для хранения адресов используются ячейки оперативной памяти машины. После образования подсистемы машин с адресами происходит её загрузка и выполнение рабочих программ. В процессе решения задачи имеется возможность изменения топологии связей между ЭМ, образования подсистем по признакам, а также назначения новых ведущих ЭМ.

Первый режим функционирования целесообразно применять при решении научно-технических и информационно-логических задач в режиме коллективного доступа к ОВС СУММА.

Второй режим функционирования ОВС ориентирован на обслуживание приоритетного потока заявок в реальном масштабе времени. Данный режим предполагает децентрализованную

операционную систему с двухуровневым супервизором. Первый уровень супервизора (процессорный) производит диспетчеризацию процесса поступления и обслуживания запросов со стороны периферийных устройств. Второй (системный) уровень ориентирован на обслуживание возникающих запросов на системные взаимодействия (синхронизацию, обмена, обобщенные условные и безусловные переходы и т.п.). На этом же уровне осуществляются межмашинные перераспределения запросов на выполнение рабочих программ на основе выбранного принципа (например, максимизации общего приоритета системы [12]).

Сущность децентрализованного управления заключается в том, что обслуживание запросов на втором уровне супервизора происходит на основе системной информации, отражающей состояние системы (состояния периферийных устройств, загруженность системы, очереди на обслуживание и т.п.). Эта информация распространяется по кольцу, образованному из всех ЭМ ОВС. В произвольный момент времени только одна ЭМ может находиться в режиме обработки системной информации. Цель обработки — выработать решения по обслуживанию запросов на системное взаимодействие, скорректировать системную информацию и передать её следующей ЭМ кольца. Таким образом обеспечивается участие каждой ЭМ в управлении системой.

При выборе машин (и других ресурсов) для выполнения работ учитывается не только системная информация, но и относительные величины приоритетов заявок. Возможность манипулирования величинами приоритетов с помощью программного управления увеличивает гибкость системы. Представляется полная свобода выбора алгоритма для установления и изменения этих параметров в пределах, обусловленных конкретным применением системы. На различных этапах выполнения программы можно регулировать величину приоритета, чтобы иметь большую или меньшую возможность прерывания в начале или конце счета. Кроме того, операционная система может быть спроектирована таким образом, чтобы величины приоритетов зависели не только от программного управления, но и от управляемого процесса или внешних случайностей, что очень важно для систем, работающих в реальном времени.

Применение децентрализованной операционной системы не только увеличивает гибкость комплекса "оборудование-программное обеспечение", но и гарантирует высокую живучесть ОВС СУММА. (Под

живучестью здесь понимается способность системы при повреждении части ресурсов продолжать выполнение из всех задач только основных, или продолжать решение всех задач, но с пониженной эффективностью.) Это следует из того, что ЭМ рассматриваемой системы являются структурно и функционально однотипными в отношении обработки всех типов прерываний (от стандартных внешних устройств, управляемого процесса, системных устройств), а алгоритмы управления обеспечивают в ЭМ первоочередное обслуживание заявок, обладающих наивысшим приоритетом. Алгоритм управления, используя метод сканирования системы и свойство программируемости структуры, в случаях сбоев и отказов системы производит замену поврежденного ресурса ОВС на исправный ресурс избыточности. Кроме того, операционная система позволяет все текущие заявки на системное взаимодействие адресовать не к ЭМ, а к процессу. При этом адрес сообщения указывает имя процесса. (Для адресации процессов используется регистр признаков системного устройства.) Этот метод позволяет вести гибкую политику планирования в системе, не привязываясь к аппаратной архитектуре ОВС.

Второй режим функционирования ОВС СУММА наряду с управлением процессами в реальном масштабе времени можно применять и для реализации мультидоступа при решении научно-технических и информационно-логических задач.

Программное обеспечение

Большие возможности вычислительных систем могут быть полностью реализованы только при создании эффективного программного обеспечения. Вместе с тем известно, что разработка нового программного обеспечения требует больших затрат. Программное обеспечение системы СУММА создается на базе программного обеспечения мини-ЭВМ "Электроника-100", включающего:

- ассемблеры PAL-III, MACRO-8;
- символический редактор EDITOR;
- программы отладки: ODT-8, DDT-8;
- FORTRAN-систему;
- интерпретатор с диалогового языка FOCAL;
- стандартное программное обеспечение: а) программный блок для операций с плавающей запятой, б) программы вычисления математических функций, в) расширенный набор программ ввода/вывода;

- программы распечатки памяти DUMP;
- перекодировщик ASCII - CONSUL;
- диагностические программы.

Программное обеспечение системы СУММА включает программирующую систему и операционную систему. Программирующая система представляет собой комплекс взаимосвязанных программ, позволяющий осуществлять системное программирование. Первая очередь программирующей системы ОВС СУММА (рис.5) допускает использование символических ассемблеров PAL-III, MACRO-8 в сис-

темном варианте. Операционная система включает в себя две части: первая имеет общее назначение, вторая рассчитывается на специальные применения. Первая очередь операционной системы включает в себя компоненты, обеспечивающие реализацию параллельных программ сложных задач и управление технологическими процессами в металлообрабатывающем производстве (с использованием группы станков с программным управлением).

Области применения ОВС СУММА

Известно [13-15], что мини-ЭВМ обладают низкой стоимостью, высоким быстродействием, характеризуются широкими возможностями подключения периферийного оборудования и развитой системой прерываний. Поэтому основной областью их применения является управление процессами в реальном масштабе времени. Однако уже сейчас в определенных областях применения вычислительная мощность, емкость памяти, надежность и живучесть мини-ЭВМ оказываются недостаточными. Поэтому в настоящее время усиленно создаются системы и сети из мини-ЭВМ. Среди них безусловно большими функциональными возможностями обладают вычислительные системы с программируемой структурой.

Вычислительная система СУММА ориентирована на применение в автоматизированных системах управления технологическими процессами. Например, интересными объектами управления являются значительные группы станков с программным управлением, производство цветных кинескопов, химические и металлургические предприятия. ОВС СУММА может быть применена для автоматического проектирования сложных деталей в машиностроении, больших интегральных схем и печатного монтажа в электронике и т.д. Переход от одного объекта управления к другому или от одной области применения к другой требует лишь незначительных интерфейсных и программных дополнений без коренных изменений в структуре и программном обеспечении ОВС. Последнее является следствием программируемости структуры ОВС СУММА и модульности ее программного обеспечения.

Наряду с задачами, связанными с непосредственным управлением технологическими процессами и с автоматизацией проектных

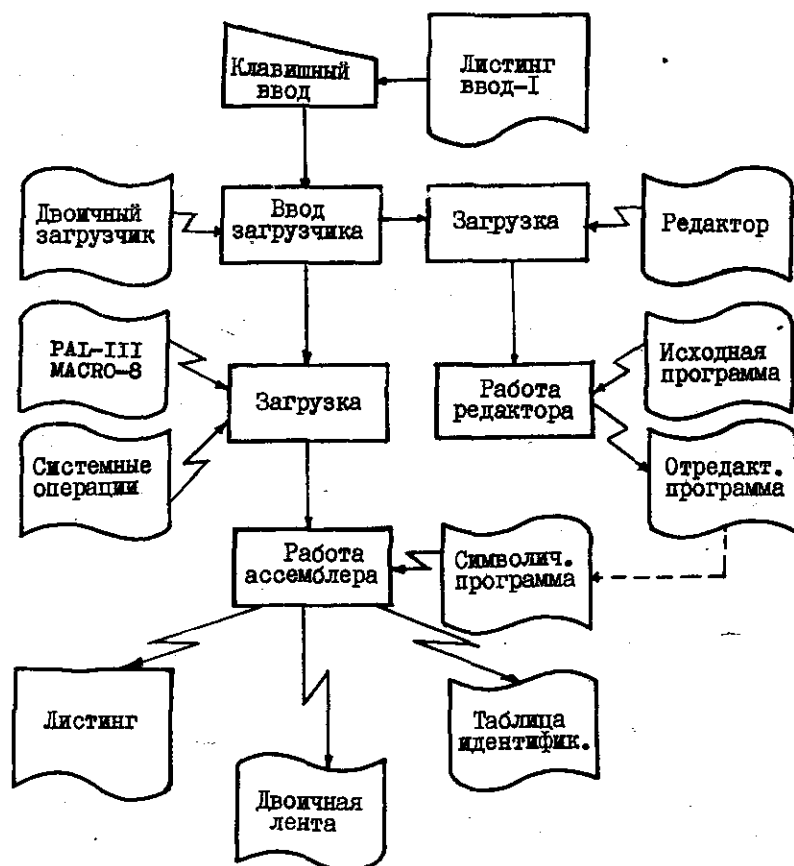


Рис. 5. Программирующая система ОВС СУММА.

работ, вычислительная система СУММА допускает эффективное решение вычислительных и информационно-логических задач [1,5,16].

СУММА представляет собой надежную и живучую вычислительную систему с программируемой структурой связей между машинами. Число машин в системе - произвольное. Стоимость построения незначительна, так как в ОВС обеспечен необходимый компромисс между программными и аппаратными средствами, реализующими системные взаимодействия.

Развитие системы предполагается в следующих направлениях:

- 1) дальнейшая разработка операционной системы;
 - 2) создание программирующей системы на базе языков высокого уровня ЭВМ "Электроника-100";
 - 3) разработка языка и транслятора для описания форм и технологий обработки деталей применительно к металлообрабатывающему производству;
 - 4) создание программных средств, позволяющих моделировать вычислительные и автоматизированные системы различного назначения, отрабатывать программное обеспечение многомашиных вычислительных систем;
 - 5) организация эффективной связи с периферийными устройствами.
- ОВС СУММА может эффективно использоваться как для управления процессами в реальном масштабе времени, так и для решения научно-технических задач большой размерности.

Л и т е р а т у р а

1. ЕВРЕЙНОВ Э.В., КОСАРЕВ Ю.Г. Однородные универсальные вычислительные системы высокой производительности. Новосибирск, "Наука", 1966.
2. ЕВРЕЙНОВ Э.В., ЛОПАТО Г.П. Универсальная вычислительная система "Минск-222". - В кн.: Вычислительные системы. Вып. 23. Новосибирск, 1966, стр. 13-20.
3. ШУМ Л.С., ДМИТРИЕВ Ю.К., ТОМИЛОВ Ю.Ф., ПОТАПОВА Ю.Н. Управляющая линейная однородная вычислительная система. - В кн.: Вычислительные системы. Вып. 39. Новосибирск, 1970, стр. 89-106.
4. ВИНУКОВ В.Г., ДМИТРИЕВ Ю.К., ЕВРЕЙНОВ Э.В., КОСТЕЛАНСКИЙ В.М., ЛЕХНОВА Г.М., МИРЕНКОВ Н.Н., РЕЗАНОВ В.В., ХОРОШЕВСКИЙ В.Г. Однородная вычислительная система из мини-машин. - В кн.: Вычислительные системы. Вып. 51. Новосибирск, 1972, стр. 127-145.

5. КОСАРЕВ Ю.Г. О схемах обмена между ветвями параллельных алгоритмов. - В кн.: Вычислительные системы. Вып. 51. Новосибирск, 1972, стр. 70-75.

6. МИРЕНКОВ Н.Н. МИНИМАКС - вычислительная система коллективного пользования. - Настоящий сборник, стр. 115-128.

7. ХОРОШЕВСКИЙ В.Г. Исследование функционирования однородных вычислительных систем. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. Л., 1973, (ЛЭТИ).

8. Система обработки данных, использующая несколько малых ЦВМ. - Экспресс-информация (ВИНИТИ). Серия: Вычислительная техника, 1972, вып. 33, реф. 181, стр. 12-18.

9. Зарубежная электронная техника. Вып. 19. М., стр. 3-30.

10. Влияние новых аппаратных и программных методов на вычислительные машины ближайшего будущего. - Экспресс-информация (ВИНИТИ). Серия: Вычислительная техника, 1972, вып. 26, реф. 79, стр. 10-27.

11. КОРНЕЕВ В.В. О макроструктуре однородных вычислительных систем. - Настоящий сборник, стр. 17-33.

12. ГУНТАНИС Р., ВИСС Н. Метод выработки процессов для обработки прерываний в мультипроцессорных системах. - ТИИЭР, 1966, т. 54, № 12, стр. 206-214.

13. ВИНУКОВ В.Г., КОСТЕЛАНСКИЙ В.М., НОВОХАТНИЙ А.А., РЕЗАНОВ В.В. Комплекс мини-ЭВМ и их применение. - "Управляющие системы и машины", Киев, 1972, № 1, стр. 128-132.

14. Перспективы применения малых вычислительных машин в семидесятых годах. - Экспресс-информация (ВИНИТИ). Серия: Вычислительная техника, 1971, вып. 1, реф. 3, стр. 21-38.

15. Перспективы разработки и применения мини-ЭВМ (обзорная информация). - ТС-2 "Средства вычислительной техники и оргтехники", М., 1972, вып. 3.

16. ЗАВЬЯЛОВ Ю.С. Интерполирование L - сплайн-функциями многих переменных. - Математические заметки, 1973, т. 14, № 1, стр. 1-20.

Поступила в ред.-изд. отд.

20 марта 1974 года