

**ЦИФРОВАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ МАШИНА
ЕС-1030**

Курс лекций

Выпуск 1

ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ЭВМ ЕС-1030

Под редакцией Карпова В. Н.

Цифровая электронная вычислительная машина ЕС-1030. Курс лекций. Выпуск 1. Общие принципы построения ЭВМ ЕС-1030. Под редакцией Карпова В. Н. — ЛВВИУС, 1976, 60 стр.

Курс лекций содержит описание общих принципов построения Единой системы электронных вычислительных машин и основных устройств ЭВМ ЕС-1030. Конспект состоит из пяти выпусков. Материал изложен в соответствии с программой дисциплины «Техника и операционные системы ЕС ЭВМ». В основу конспекта лекций положено техническое описание ЭВМ ЕС-1030.

При изучении конспекта необходимо пользоваться альбомом схем «Цифровая ЭВМ ЕС-1030».

Настоящий выпуск содержит четыре главы, посвященные принципам построения ЕС ЭВМ и цифровой ЭВМ ЕС-1030. Главы 1, 4 написаны Карповым В. Н., глава 2 — Сидоровым А. К. и глава 3 — Серостановым А. В.

Таблиц 10.

ВВЕДЕНИЕ

В основных направлениях развития народного хозяйства на 1976—1980 годы записано: «Увеличить выпуск приборов и средств автоматизации в 1,6—1,7 раза, средств вычислительной техники в 1,8 раза. Развивать производство универсальных и управляющих вычислительных комплексов, периферийного оборудования, приборов, устройств регистрации и передачи информации для автоматизированных систем управления...».

Эти задачи, поставленные XXV съездом КПСС по развитию вычислительной техники и автоматизированных систем управления, успешно решаются. В настоящее время в нашей стране выпускаются семейства электронных вычислительных машин (ЭВМ) третьего поколения и ведется разработка машин четвертого поколения.

Примером семейства электронных вычислительных машин третьего поколения является Единая система ЭВМ (ЕС ЭВМ). ЭВМ Единой системы предназначены для решения широкого класса научно-технических, экономических и управленческих задач, а также для создания на их основе автоматизированных систем управления и систем обработки данных.

Единая система ЭВМ, созданная в тесном научно-техническом сотрудничестве коллективов ученых, инженеров и рабочих СССР, Болгарии, Венгрии, ГДР, Польши и Чехословакии, является новым шагом в деле совершенствования вычислительной техники. Она широко внедряется в народное хозяйство нашей страны и других социалистических стран.

Совместная разработка Единой системы ЭВМ началась в 1969 году по инициативе СССР.

Для руководства сотрудничеством социалистических стран в области вычислительной техники была создана Межправительственная комиссия, включающая Совет главных конструкторов, рабочие группы по АСУ и координационный центр. К созданию и совершенствованию вычислительных машин Единой системы привлечено более 20 тысяч научных работников и конструкторов, производством машин заняты более 70 заводов.

В состав Единой системы ЭВМ входят шесть вычислительных машин: ЕС-1010, ЕС-1020, ЕС-1021, ЕС-1030, ЕС-1040, ЕС-1050 и

завершается разработка машин ЕС-1022 и ЕС-1033, предназначенных для замены ЕС-1020 и ЕС-1030 соответственно.

Вычислительные машины Единой системы ЭВМ работают с производительностью от 10 тысяч до 500 тысяч операций в секунду.

Оперативная память для различных моделей набирается отдельными модулями и может иметь емкость от 16 до 1024 кбайт.

Все модели ЭВМ ЕС могут работать как в однопрограммном, так и в многопрограммном режимах. Большинство моделей программно совместимы.

Электронная часть вычислительных машин выполнена на интегральных микросхемах.

Предусмотрена возможность сопряжения ЭВМ с каналами связи.

Единая система ЭВМ имеет развитое математическое обеспечение.

Возможности ЭВМ Единой системы позволяют успешно использовать их в автоматизированных системах управления как в народном хозяйстве, так и в военном деле.

В последние годы ведутся разработки новой серии ЭВМ Единой системы (ЕС-1025, ЕС-1035 и др.), совместимых с первой серией и обладающих большими возможностями.

Настоящее издание представляет собой первый из пяти выпусков курса лекций, читаемых в ЛВВИУС для курсантов соответствующих специальностей по дисциплинам: «Электронные вычислительные машины» и «Техника и операционные системы ЕС ЭВМ».

В первом выпуске курса лекций рассматриваются общие принципы построения цифровой ЭВМ ЕС-1030.

Второй выпуск содержит вопросы, касающиеся структуры запоминающих устройств ЭВМ ЕС-1030.

Третий выпуск посвящен процессору.

Четвертый и пятый содержат вопросы построения каналов и внешних устройств ЭВМ ЕС-1030.

Курс лекций является основным пособием при изучении указанных выше дисциплин.

Авторы выражают большую признательность кандидатам технических наук: доценту Беляеву Ю. А., Сыпченко Р. П., доценту Никитину Б. Я. за ценные советы, замечания и рекомендации, высказанные ими как при разработке и уточнении плана пособия, так и при рецензировании и корректировке содержания отдельных параграфов и глав.

Авторы отмечают большую работу по подготовке рукописи и схем к изданию, преданную сотрудниками лаборатории Домрачевой Н. Е., Жарским В. А., Вежиной Т. А., Новогонской О. Ю., Климович О. В., Бурлуцкой Е. В., Подаровой С. Д.

Глава I

ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛЕЙ ЕС ЭВМ

1.1. Структура вычислительных машин Единой системы

Все модели ЕС ЭВМ построены и работают по единому принципу. Это достигнуто благодаря применению единой системы команд, адресации, структуры машинных слов, единого принципа организации связей с внешними устройствами, а также благодаря развитой системе математического обеспечения, состав и основные функции которой одинаковы для всех моделей системы.

Структура моделей ЕС ЭВМ отличается чрезвычайной гибкостью. Она позволяет при необходимости наращивать или сокращать состав конкретной модели, комплектуя ее из стандартных модулей.

В моделях Единой системы ЭВМ можно выделить пять функционально независимых уровней оборудования: основную память, процессор, каналы ввода — вывода (селекторные и мультиплексные), устройства управления внешними устройствами (УВУ) и внешние устройства (ВУ), к которым относят и аппаратуру телепередачи данных.

Структура вычислительных машин Единой системы ЭВМ изображена на рис. 1.1.1.

Основная память (ОП)

Основная память служит для хранения данных и обеспечения быстрого доступа к ним.

В вычислительных машинах Единой системы применен принцип программного управления с помощью запоминаемой программы, которая перед ее выполнением помещается в основную память. Под данными понимаются команды программы, числовая или символьная информация, используемая при вычислениях, а также другая информация, необходимая для управления вычислительным процессом.

Быстродействие основной памяти в моделях ЕС ЭВМ характеризуется длительностью времени обращения от 1 до 2 микросекунд.

Основная память конструктивно выполняется в виде отдельных модулей и может в отдельных моделях наращиваться до 1024 кбайт ($k=1024$).

Процессор

Процессор — это центральная часть ЭВМ, предназначенная для организации работы машины в целом. Процессор обеспечивает управление последовательностью и ходом выполнения команд, осуществляет контроль за правильностью вычислений, координирует работу внешних устройств, а также выполняет ряд других функций.

Процессоры всех моделей ЕС ЭВМ выполняют одни и те же функции, но их конструкция и производительность различны.

Процессоры моделей ЕС ЭВМ могут обрабатывать числа фиксированной длины с плавающей или фиксированной запятой, десятичные числа переменной длины и логическую информацию.

Процессор включает в себя средства адресации, выборки и запоминания информации, средства арифметической и логической обработки данных, а также средства, обеспечивающие синхронную работу всех его блоков.

В процессорах младших моделей применен микропрограммный принцип управления, заключающийся в том, что выработка управляющих сигналов производится в процессе последовательного считывания и расшифровки микрокоманд, записанных в ячейках постоянной памяти. Аппаратные средства при этом применяются редко. В старших моделях для формирования сигналов управления в процессоре в большей степени применяются аппаратные средства.

Каналы

Каналы — это устройства, предназначенные для организации обмена данными между внешними устройствами и основной памятью.

В моделях ЕС ЭВМ применяются селекторные и мультиплексные каналы. Селекторные каналы (СК) используются для обмена данными между основной памятью и высокоскоростными внешними устройствами — накопителями на магнитных барабанах, дисках, лентах и дисплеях.

В связи с тем, что селекторные каналы работают в монопольном режиме, одновременно обмен данными в каждом СК может производиться только с одним внешним устройством, остальные ожидают окончания обмена.

Мультиплексный канал (МК) обеспечивает одновременный обмен данными между основной памятью и несколькими, в том

числе и разнотипными, внешними устройствами, работающими с относительно малой скоростью. Это печатающие, перфокарточные, перфоленточные устройства и устройства сопряжения с каналами связи. Мультиплексный канал может работать как в мультиплексном, так и в монопольном режимах. Однако основным режимом работы является мультиплексный режим.

Операции ввода — вывода в вычислительной машине инициирует процессор или внешнее устройство, а непосредственное их выполнение организуют каналы, которые обеспечивают перемещение данных между основной памятью и внешними устройствами независимо от процессора. Это позволяет выполнять обработку данных в процессоре одновременно с вводом — выводом, что существенно повышает производительность ЭВМ.

Каналы связаны с внешними устройствами системой линий связи, причем существует четко определенный способ подключения любого внешнего устройства или устройства управления к каналу. Начало обмена, его ход и завершение представляют собой типовую последовательность как сигналов управления, так и информационных символов (байтов).

Система линий связи и правил кодирования последовательностей управляющих и информационных сигналов, обеспечивающая стандартное подключение всех устройств (вне зависимости от типа) к каналу, называется **интерфейсом** ввода — вывода.

Селекторные и мультиплексные каналы имеют отдельные кабели интерфейса, к которым **последовательно** подключаются УВУ.

Интерфейс ввода — вывода в моделях ЕС ЭВМ позволяет легко и в широких пределах изменять набор внешних устройств как по их типам, так и по количеству, а также существенно облегчает организацию и проведение их технического обслуживания.

Разработка новых внешних устройств и устройств управления к ним (УВУ) должна вестись с учетом количества линий в интерфейсе, стандартизации параметров и последовательностей принятых в них сигналов.

Внешние устройства ввода — вывода и управление ими

Внешние устройства предназначены для осуществления ввода и вывода информации в ЭВМ с различных носителей и с линий связи.

В Единой системе ЭВМ разработано около 150 различных устройств ввода — вывода. К ним относятся устройства внешней памяти на магнитных лентах, магнитных дисках и барабанах, устройства ввода — вывода с перфоносителей (перфокарт, перфолент), различные печатающие устройства и др. В каждом случае работа любого внешнего устройства управляется устройством управления (УВУ), которое может быть автономным или входит в состав внешнего устройства. Кроме управления внешними

устройствами УВУ обеспечивают приведение к стандартному виду поступающих от них сигналов, т.е. выступают в роли устройств сопряжения между ВУ и интерфейсом ввода — вывода.

Мультиплексор передачи данных (МПД) совместно с аппаратурой передачи данных (АПД) обеспечивает обмен данными между абонентскими пунктами (АП) и ЭВМ через линии связи.

1.2. Представление информации и система команд ЕС ЭВМ

Форматы данных

Минимальной представимой и адресуемой единицей информации в Единой системе ЭВМ является байт. Передача информации между основной памятью, процессором и каналами осуществляется блоками (группами) байтов, а между каналами и внешними устройствами — побайтно.

Байт состоит из восьми двоичных единиц информации (битов), которые нумеруются последовательно слева направо от 0 до 7. Левые биты принято называть старшими, а правые — младшими.

В Единой системе применяются фиксированный и нефиксированный форматы данных, которые образуются из определенного числа байтов.

К фиксированному формату относятся: полуслово, слово, двойное слово. Полуслово состоит из 2 байтов, слово содержит 4 байта, а двойное слово — 8 байтов (рис. 1.2.1).

В пределах каждого фиксированного формата нумерация битов (двоичных разрядов) и байтов осуществляется последовательно слева направо.

Произвольный или нефиксированный формат может содержать 1—256 байтов информации.

С целью обнаружения ошибок при пересылках информации с каждым байтом или группой байтов передается один контрольный разряд, который принимает значение «1», если число двоичных единиц в разрядах байта (группе байтов) четное, и «0», если — нечетное. Формирование контрольных разрядов осуществляется автоматически специальными схемами. При приеме информации осуществляется ее свертка (сложение по модулю два) и сравнение полученного результата с принятым контрольным разрядом. При несравнении фиксируется ошибка.

В дальнейшем при указании размеров полей данных, регистров и ячеек памяти контрольные биты и предназначенные для них разряды указывать и учитывать не будем.

Побайтное представление информации в ЕС ЭВМ обусловлено тем, что в качестве внутреннего кода в машинах Единой системы используется восьмиразрядный двоичный код обработки информации (ДКОИ) (рис. 1.2.2) или восьмиразрядный код обмена информацией (КОИ-8) (рис. 1.2.3).

Стандартные способы представления двоичных чисел с фиксированной и плавающей запятой, десятичных чисел, а также логической информации были рассмотрены при изучении дисциплины «Теоретические основы вычислительной техники» и поэтому здесь не рассматриваются. Форматы и примеры представления чисел и логической информации приведены на рис. 1.2.4.

Система команд ЕС ЭВМ

Решение задач на ЭВМ Единой системы сводится к последовательному выполнению арифметических, логических и некоторых других операций. Каждой операции соответствует определенная машинная команда, входящая в систему команд ЕС ЭВМ.

Любая цифровая вычислительная машина из серии ЕС обладает, по крайней мере, стандартным набором команд. Стандартный набор команд ЕС ЭВМ включает в себя команды для выполнения арифметических операций над числами с фиксированной запятой, логических операций и операций над полями переменной длины. Кроме того, в стандартный набор входят операции управления и «системные команды», позволяющие осуществлять взаимодействие разрабатываемой программы с другими программами.

К стандартному набору команд могут добавляться команды обработки чисел с плавающей запятой и команды десятичной арифметики, если соответствующие функциональные средства включены в состав модели.

Система команд ЕС ЭВМ приведена на рис. 1.2.8, а форматы, с помощью которых может быть представлена любая команда, изображены на рис. 1.2.5.

Команда в ЕС ЭВМ представляется в виде двоичного или шестнадцатиричного числа, в котором кодируется:

1. Код операции (КОП), указывающий машине, какое действие (операция) должно быть выполнено.
2. Информация об адресах операндов или их непосредственное значение.

В ЕС ЭВМ используется 5 основных форматов команд: *RR*, *RX*, *RS*, *SI*, *SS* (рис. 1.2.5).

RR обозначает операцию типа регистр — регистр, выполняемую над операндами, находящимися в регистрах общего назначения (РОН) с номерами *R1* и *R2*.

RX обозначает операцию типа регистр — память. Первый операнд находится в РОН, второй — в ОП по адресу $A2 = (B2) + (X2) + D2^*$.

RS — операция типа регистр — память. Первый операнд находится в РОН с номером *R1*, второй — в ОП по адресу $A2 = (B2) + D2$, третий — в РОН с номером *R3*.

* Круглые скобки говорят о том, что рассматривается содержимое РОНа или ячейки памяти с указанным адресом.

SI — операция типа память — непосредственный операнд. Первый операнд находится в ОП по адресу $A1 = (B1) + D1$, второй — в поле *I2* команды.

SS — операция типа память — память. Оба операнда команды находятся в ОП по адресам *A1* и *A2*. Длина операндов определяется полями *L1* и *L2*.

Для большинства команд результат их выполнения помещается на место первого операнда, при этом предыдущее значение первого операнда теряется.

Первый байт любого формата определяет код выполняемой операции. Всего можно закодировать $2^8 = 256$ различных операций. В ЕС ЭВМ используется из них только 143, остальные коды являются резервными (рис. 1.2.5 и 1.2.6).

Нулевой и первый разряды кода операции определяют длину и формат команды, а второй и третий — тип выполняемой операции (операции с ФЗ, ПЗ и т. п.).

На рис. 1.2.7а и 1.2.7б приведены коды разрядов 0—3 кода операции и их смысловое значение.

Второй байт всех форматов команд (рис. 1.2.5, 1.2.6) используется либо как два 4-разрядных поля для указания номеров регистров общего назначения (поля *R1*, *R2*, *R3*, *X2*) или длин операндов в основной памяти (поля *L1*, *L2*), либо как одно 8-разрядное поле для указания значения непосредственного операнда (поле *I2*). Для некоторых команд возможно и другое назначение полей второго байта.

Третий и четвертый байты форматов *RX*, *RS*, *SI*, *SS*, а также пятый и шестой байты формата *SS* определяют номера РОН, в которых находятся базовые адреса (*B1*, *B2*), а также смещения (*D1*, *D2*) для соответствующих операндов непосредственно.

Отметим, что в командах Единой системы ЭВМ применяются операнды трех типов: регистровые, непосредственные и операнды в основной памяти.

Регистровые операнды размещаются в 16 регистрах общего назначения, которые имеют нумерацию от 0 до 15 ($O_{16} = F_{16}$) или в 4 регистрах с плавающей запятой (РПЗ) с номерами 0, 2, 4, 6. Номера регистров РОН и РПЗ, используемые при записи команд, являются адресами регистровых операндов. Например, полями *R1*, *X2* и *B2* команды (рис. 1.2.6) указаны номера 12, 5 и 14 регистров РОН.

Номера РПЗ (0, 2, 4, 6) совпадают с соответствующими номерами РОН. При записи команд тип используемых регистров (РОН или РПЗ) определяет код операции. Например, для указания в команде номеров 0, 2, 4, 6 регистров с плавающей запятой второй и третий разряды КОП должны иметь числовой код 10 или 11 (рис. 1.2.7). Если же необходимо указать номера 0, 2, 4, 6 регистров РОН, то числовой код будет 00 или 01.

Непосредственные операнды располагаются в поле *I2* команды формата *SI* и представляют собой некоторое число (код), непосредственно используемое при выполнении данной операции.

Адреса *A1* и *A2*, используемые для указания операндов, находящихся в основной памяти, вычисляются суммированием базового адреса, индекса и смещения, обозначенных в форматах команд соответствующими полями *B*, *X* и *D*.

Например,

$$A2 = (B2) + (X2) + D2,$$

где *A2* — адрес второго операнда в ОП;

B2 — номер РОН, в котором находится базовый адрес второго операнда;

X2 — номер РОН, в котором находится индекс для адреса 2-го операнда (приращение, прибавляемое к значению базового адреса);

D2 — смещение адреса второго операнда относительно базового.

Все три слагаемых, два из которых находятся в РОН и один (*D2*) — непосредственно в команде, складываются как 24-разрядные двоичные числа.

В некоторых командах индекс (*X*) не используется, тогда адреса операндов определяются так:

$$A1 = (B1) + D1;$$

$$A2 = (B2) + D2.$$

Здесь *A1* — адрес первого операнда в ОП;

B1 — номер РОН, в котором находится базовый адрес первого операнда;

D1 — смещение адреса первого операнда относительно базового.

Цифры 1, 2 и 3 при обозначениях полей *R*, *X*, *D*, *B*, *I*, *L* указывают на номера соответствующих им операндов.

Например: *R1* — это указание номера (адреса) РОН, в котором находится 1-й операнд;

R2 — указание номера РОН, в котором находится 2-й операнд;

R3 — указание номера РОН, в котором находится 3-й операнд;

I2 — непосредственный операнд, являющийся вторым операндом данной команды.

Длина операндов, находящихся в ОП, задается:

— либо кодом операции (неявно)

$$\left. \begin{array}{ccccc} IA & 2 & 5 & C & 051 \\ КОП & B1 & X2 & B2 & D2 \end{array} \right\} \text{ (команда формата } RX)$$

— либо специальным полем L в формате команды

FC	0	4	F	070	C	010	} (формат SS).
КОП	$L1$	$L2$	$B1$	$D1$	$B2$	$D2$	

В первом случае длина операндов равна одному слову, так как код IA определяет операцию с фиксированной запятой в формате RX .

Во втором случае первый операнд имеет длину в 1 байт, а второй равен 5 байтам. Это определяют поля $L1$ и $L2$ формата SS . Если $L=0$, то длина операнда равна 1 байту, при $L=1$ длина равна 2 байтам, и т. д.

Базирование и индексирование адресов, применяемое в командах и программах Единой системы ЭВМ, дает возможность помещать программы для их выполнения в любую свободную область основной памяти, а также изменять значение адресов на величину, задаваемую индексом (X).

Настройка программ на определенную область памяти осуществляется специальной программой — редактором связей автоматически без участия программиста путем задания значения базовых (B) адресов в командах и размещения программ и исходных данных в соответствующих этим базовым адресам областях памяти.

Физический смысл полей X , B и D команды может быть следующим:

X — номер регистра (РОН), в котором хранится значение индекса (приращения адреса).

B — номер регистра (РОН), в котором хранится значение базового адреса, определяющего номер модуля памяти и номер области памяти в этом модуле.

D — смещение относительно базового адреса в пределах 0—4096.

Нулевое содержимое полей B и X означает, что при формировании адреса должно быть использовано нулевое значение соответствующего компонента (базы или индекса), а не содержимое общего регистра (РОН) с адресом «ноль».

В Единой системе для записи команд используется шестнадцатиричная система счисления. В качестве примера рассмотрим команду СЛОЖЕНИЕ формата RX , записанную в шестнадцатиричной системе счисления 4AC5E032:

4A — код операции;

C — адрес регистра РОН, в котором находится 1-й операнд;

5 — адрес РОН индекса (X);

E — адрес РОН базы (B);

032 — смещение (D).

На рис. 1.2.6 приведено соответствие разрядов шестнадцатиричного кода команды полям формата RX и двоично-шестнадцатиричному коду.

1.3. Организация основной памяти и адресация

Основная память моделей ЕС ЭВМ, как правило, состоит из нескольких типовых модулей и имеет непрерывную адресацию байтов.

Адресация байтов начинается с нуля, и каждому следующему байту присваивается очередной порядковый номер, являющийся его адресом в памяти. Максимальная емкость основной памяти (N) зависит от типа модели (таблица 1.1.1).

Минимальным адресуемым элементом информации является байт, а максимальным адресуемым — блок, состоящий из 256 байтов. Адресация блоков информации ведется по крайнему левому байту. Например, для указания адреса слова, состоящего из 4 байтов, необходимо указать адрес левого байта в слове. Для адресации блока, состоящего из 256 байтов, необходимо указать адрес самого левого байта в блоке.

Информационные блоки фиксированной длины, такие как: полуслова, слова, двойные слова, должны располагаться в памяти начиная с целочисленной границы для данного блока информации.

Граница называется целочисленной, если адрес расположения блока в памяти кратен числу байт в этом блоке. Например, для полуслов адрес должен быть кратен двум, для слов — четырём и для двойных слов — восьми. Правило целочисленной границы расположения блоков информации в памяти используется для контроля правильности адресации. Если при обращении к памяти указанный адрес не кратен количеству байт блока (слова, полуслова, двойного слова), то фиксируется ошибка.

При указании адресов двоичным кодом целочисленные границы для полуслов, слов и двойных слов задаются адресами, у которых один, два или три младших разряда адреса равны нулю (рис. 1.3.1).

Адресация основной памяти при выполнении команд осуществляется указанием значений базы (B), индекса (X) и смещения (D) адресуемого байта (рис. 1.3.2).

Число двоичных разрядов, используемых для адресации, равно 24. Это позволяет прямо адресовать $2^{24} = 2^4 \cdot 2^{10} \cdot 2^{10} = 16 \cdot k \cdot k = 16$ Мбайт информации. Такую емкость основной памяти не имеет ни одна модель Единой системы. Для моделей ЕС-1040 и ЕС-1050 $N = 1024$ кбайт = 1 Мбайт.

Для адресации 1 Мбайт информации достаточно 20 двоичных разрядов, остальные 4 разряда являются резервными и могут быть использованы при расширении памяти.

Для модели ЕС-1030 $N = 512$ кбайт. Для адресации такого количества байтов достаточно 19 двоичных разрядов ($2^{19} = 512$ к).

Основные технические характеристики цифровых ЭВМ Единой системы

Модель	ЕС-1010	ЕС-1020	ЕС-1021	ЕС-1022	ЕС-1030	ЕС-1033	ЕС-1040	ЕС-1050
Страна-разработчик	ВНР	НРБ, СССР	ЧССР	СССР	ПНР, СССР	СССР	ГДР	СССР
Производит. процессора, тыс. оп/с	10	20	25—40	80	100	250	300	500
Основная память, емкость, кбайт	16—64	64—256	64	128—512	128—512	128—512	128—1024	256—1024
Время обращения, мкс	0,8	2,0	2,0	2,0	1,25	1,0	1,0	1,25
Колич. селекторных каналов ввода — вывода	1	1—2	2	2	2—3	2—3	3—6	3—6
Колич. ВУ, подклоч. к одному СК	127	256	256	256	256	256	256	256
Скорость обмена в СК, кбайт/с	200	300	250	600	600	600	1300	1300
Скорость обмена в мультиплексном канале, кбайт/с	200	100	—	300	300	300	670	670
монопольный режим	40	16	35	40	40	40	110	110
Площадь для установки, кв. м	20	50	50	50	110	110	200	250
Потребляемая мощность без ВУ, кВА	10	21	13	21	27	27	60	100

Все модели Единой системы ЭВМ могут работать в мультипрограммном режиме, т.е. в режиме одновременной обработки нескольких программ. В этом режиме каждой программе выделяется отдельная область основной памяти. Для того чтобы воспрепятствовать обращениям одной программы к областям памяти, занятым другой программой (например, в случаях ошибок программирования), в ЭВМ Единой системы организована защита памяти.

За каждой программой перед размещением ее в некоторой области ОП закрепляется ключ программы (четырёхразрядный двоичный код), числовое значение которого заносится в соответствующие выбранной области ОП ячейки памяти ключей защиты (ПКЗ). При каждом обращении к ОП за данными осуществляется сравнение ключа программы с ключом памяти, считанным из ПКЗ. При несовпадении ключей фиксируется ошибка «защиты» памяти.

Адресация памяти ключей защиты осуществляется частью разрядов сформированного в процессоре адреса обращения к оперативной памяти (рис. 1.3.2).

1.4. Порядок выполнения команд. Слово состояния программы

Цифровые вычислительные машины Единой системы являются машинами с естественной выборкой команд. Команды в памяти машины располагаются последовательно вплотную друг к другу. Выборка команд происходит поочередно в порядке возрастания их адресов. Так как длина команд переменна, то при выборке команд из оперативной памяти к текущему адресу команды добавляется число единиц, равное числу считанных байтов команды. Так формируется адрес очередной команды (продвинутый адрес). Таким образом, все команды выбираются из памяти по адресу, сформированному во время выборки предыдущей команды.

Нарушение такой последовательности выборки команд имеет место при выполнении команд переходов, переключении программных состояний процессора, прерываниях или вмешательстве оператора.

Переходы выполняются в зависимости от признаков, вырабатываемых в результате выполнения предыдущих команд (например, результат больше нуля, меньше нуля, равен нулю).

При совпадении признака результата предыдущей команды с условием, указанным в команде перехода, производится переход по заданному командой перехода адресу.

Переключение программных состояний процессора и прерывания будут рассматриваться далее. Здесь отметим, что переключением состояний процессора можно прервать выполнение команд «текущей» программы, запретить или разрешить выполнение груп-

пы команд, называемых привилегированными, включить режим «ожидание» запроса на прерывание с последующим переходом к выполнению команд программы обработки запроса и т. п.

Прерывания позволяют прервать выполнение «текущей» программы и перейти к выполнению команд более приоритетной программы, а затем вернуться к прерванной «старой» программе.

Полная информация, необходимая для выполнения программы, находится в **слове состояния программы**.

Слово состояния программы (ССП)

Общее назначение ССП заключается в управлении последовательностью выборки команд, а также фиксации состояния ЭВМ по отношению к выполняемой в настоящий момент программе. Структура ССП изображена в таблице 1.4.1. Каждая из программ, выполняемых в многопрограммном режиме, имеет свое ССП, в котором фиксируются:

1. Адрес команды.
2. Код длины команды (КДК).
3. Код условия (КУ).
4. Состояние системы.
5. Маска программы.
6. Код прерывания.
7. Маска системы.
8. Ключ программы.

После формирования ССП программистом или операционной системой все поля ССП корректируются автоматически в процессе выполнения команд и постоянно отражают состояние программы и процессора.

Адрес команды в слове состояния программы указывает процессору команду, с которой необходимо начать или продолжать выполнение программы.

Код длины команды используется для указания числа полуслов команд, считанных из ОП, и в некоторых случаях для определения адреса предшествующей команды.

В поле «код условия» отображается результат выполнения предшествующей команды (результат вычислений равен нулю, больше нуля, меньше нуля и т. п.), используемый в командах переходов.

В поле «состояние системы» указываются признак используемого кода (ДКОИ или КОИ-8), режимы работы процессора и маска контроля машины, позволяющая программно выключать контроль за исправным состоянием машины.

«Маска программы» используется для запрета или разрешения программных прерываний, которые могут возникнуть, например, при переполнении, искажении формата команды или по другим причинам.

Слово состояния программы

Маска системы	Ключ программы	Состояние системы	Код прерывания	КДК	КУ	Маска программы	Адрес команды
0	7 8 11	12 15 16 31 32 33 34 35 36 39 40					63

Маска системы

0 — маска МК
 1 — — — СК1
 2 — — — СК2
 3 — — — СК3
 4 — — — СК4
 5 — — — СК5
 6 — — — СК6
 7 — — — внешний прерываний

Состояние системы

12 — признак кода КОИ-8 (ДКОИ)
 13 — маска контроля машины
 14 — режим работы «счет» или «ожидание»
 15 — режим работы «SV» или «задача»

Код длины команды (КДК)

00 — команда не определена
 01 — одно полуслова
 10 — два полуслова
 11 — три полуслова

Код условия (КУ)

00 } отражает
 01 } результат
 10 } выполн. операции
 11 } в процессоре
 или в канале

Маска программы

36 — маска переполн. чисел с ФЗ
 37 — — — переполн. десят. чисел
 38 — — — исчезн. порядка
 39 — — — исчезн. значимости мантиссы

Если в маске стоит «1», то прерывание разрешено

«Код прерывания» идентифицирует причину прерывания текущей программы.

«Маска системы» используется для запрета некоторых прерываний, а также запрета работы селекторных и мультиплексного каналов.

«Ключ программы» — это четырехразрядный двоичный код, который закрепляется за программой. Используется для защиты от ложной записи или считывания информации.

1.5. Система прерываний и программные состояния

Система прерываний

Система прерываний позволяет вычислительной системе реагировать на изменения, происходящие как в самой системе, так и вне ее. Прерывания в соответствии с условиями их возникновения разделены на пять классов:

1. Прерывания от схем контроля машины.
2. Программные прерывания.
3. Прерывания при обращении к супервизору.
4. Внешние прерывания.
5. Прерывания от ввода — вывода.

При возникновении условий на прерывание выполнение текущей программы прекращается и осуществляется переход к программе, инициированной данным прерыванием. После завершения программы обработки прерывания, если не возникли условия других прерываний, осуществляется возврат к выполнению прерванной программы.

Каждому классу прерываний соответствует два слова состояния программы, которые называются «старым» и «новым».

ССП, которое управляет программой в данный момент, называется «**текущим**». То ССП, которое запоминается в момент прерывания, называется «**старым**», а ССП, которое вызывается взамен текущего, называется «**новым**».

Динамика замен ССП в момент прерывания показана на рис. 1.5.1.

Для всех классов прерываний прерывание состоит в запоминании текущего ССП в ячейке, предназначенной для старого ССП, и выборке нового ССП в качестве текущего.

Прерывание воспринимается только в том случае, если оно не замаскировано в ССП. С помощью маски системы можно замаскировать (запретить) прерывания от ввода — вывода и внешние прерывания, при этом запросы на эти прерывания хранятся до тех пор, пока процессор не сможет их воспринять. С помощью маски программы можно замаскировать 4 из 15, программных прерываний, а с помощью маски контроля машины (13-й разряд ССП — см. таблицу 1.4.1) можно замаскировать прерывания от схем контроля. Другие типы прерываний замаскировать нельзя.

Прерывание производится после завершения текущей команды или во время ее выполнения, если причина прерывания исказит результат выполнения команды.

Прерывания от схем контроля машины

Прерывания этого класса позволяют процессору отреагировать на сбои, возникающие в машине. При появлении сигнала об ошибке выполнение текущей команды прекращается, состояние регистров процессора переписывается в специально выделенную область ОП и вызывается диагностическая программа, после чего происходят прерывание и обработка результатов диагностики. Конкретное выполнение всех действий зависит от того, как реализован контроль в данной модели машины ЕС.

Программные прерывания

Программные прерывания имеют место при необычных ситуациях, возникающих при выполнении программы, например искажение форматов данных или команд, переполнение при выполнении арифметических операций и др. В таблице 1.5.1 показаны возможные причины программных прерываний и их коды.

Прерывания при обращении к супервизору

Данное прерывание позволяет осуществить связь между выполняемой рабочей программой и обслуживающими программами. Суть прерывания состоит в том, что специальной командой *SVC* — «обращение к супервизору» — вызывается запрашиваемая супервизорная программа, при этом процессор из состояния «задача» переводится в состояние «супервизор». Код прерывания заносится в разряды 24—31 ССП. Разряды 16—23 устанавливаются в «0».

Внешние прерывания

Внешние прерывания позволяют процессору реагировать на сигналы прерывания, поступающие от кнопки прерывания на пульте управления, от часов (таймера) или от внешних линий, предназначенных для прямого управления ЭВМ.

Внешние прерывания могут быть замаскированы установкой в «0» разряда 7 ССП.

На рис. 1.5.2 показаны возможные внешние прерывания и их коды. Код прерывания заносится в разряды 24—31 ССП. Разряды 16—23 устанавливаются в «0».

**Перечень причин программных прерываний
и соответствующих им кодов, заносимых в ССП**

№ и. п.	Код прерывания	Причина прерывания
1	00000001	Неверный код операции
2	00000010	Привилегированная операция
3	00000011	Некорректность команды ВЫПОЛНИТЬ
4	00000100	Защита памяти
5	00000101	Адресация
6	00000110	Спецификация
7	00000111	Данные
8	00001000	Переполнение с фиксированной запятой
9	00001001	Деление с фиксированной запятой
10	00001010	Десятичное переполнение
11	00001011	Десятичное деление
12	00001100	Переполнение порядка
13	00001101	Исчезновение порядка
14	00001110	Потеря значимости
15	00001111	Деление с плавающей запятой

Прерывания от ввода — вывода

Прерывания от ввода — вывода дают возможность процессору реагировать на сигналы, поступающие от каналов и внешних устройств. Эти прерывания возможны только в том случае, если соответствующие каналы не замаскированы. Адреса каналов и внешних устройств, вызвавших прерывание, запоминаются в старом ССП в разрядах 21—31. Дополнительная информация хранится в слове состояния канала, которое будет рассмотрено ниже.

Приоритет прерываний

При выполнении любой команды одновременно может поступить несколько запросов на прерывание. Поэтому между классами прерываний установлен следующий приоритет:

1. Прерывания от схем контроля машины.
2. Программные прерывания и прерывания при обращении к супервизору.
3. Внешние прерывания.
4. Прерывания от ввода — вывода.

Программные прерывания и прерывания при обращении к супервизору взаимно исключают друг друга и не могут появиться одновременно, поэтому они имеют один приоритет.

Для обработки нескольких одновременно поступивших запросов на прерывания принята следующая методика:

1. Воспринимается запрос на прерывание с самым низшим приоритетом, но не обрабатывается (запоминается лишь «старое» ССП и вызывается «новое»).

2. Воспринимается запрос с более высоким приоритетом, но тоже не обрабатывается и так до приема запроса на прерывание с наивысшим приоритетом.

3. Осуществляется обработка запросов на прерывания начиная с прерывания с наивысшим приоритетом в обратном восприятию порядке путем последовательного вызова соответствующих «новых» ССП. Адреса старых и новых ССП указаны в таблице 1.5.2.

Т а б л и ц а 1.5.2

№ п. п.	Класс прерывания	Приоритет	Адрес старого ССП	Адрес нового ССП
1	Прерывания от схем контроля машины	1	48 ₁₀	112 ₁₀
2	Программные прерывания	2	40 ₁₀	104 ₁₀
3	Прерывания при вызове супервизора	2	32 ₁₀	96 ₁₀
4	Внешние прерывания	3	24 ₁₀	88 ₁₀
5	Прерывания от ввода — вывода	4	56 ₁₀	120 ₁₀

Прерывания от схем контроля машины блокируют рассмотрение всех других прерываний и воспринимаются в первую очередь.

После начала обработки прерывания и до его завершения другие запросы на прерывания этого же класса не воспринимаются за счет их маскирования в соответствующих ССП.

Программные состояния

Состояние процессора в каждый данный момент времени можно охарактеризовать парами программных состояний четырех типов. Взаимно исключающие друг друга программные состояния имеют следующие названия: ОСТАНОВ или РАБОТА, СУПЕРВИЗОР или ЗАДАЧА, СЧЕТ или ОЖИДАНИЕ, ПРЕРЫВАНИЕ ЗАМАСКИРОВАНО или ПРЕРЫВАНИЕ РАЗРЕШЕНО.

Процессор из состояния РАБОТА в ОСТАНОВ и наоборот переключается вручную. В состоянии ОСТАНОВ команды не выполняются, прерывания игнорируются, таймер* стоит. В состоянии РАБОТА процессор может выполнять команды и обрабатывать прерывания.

В состоянии ЗАДАЧА группа команд, называемых привилегированными, является недопустимой. Эти команды используются только в состоянии СУПЕРВИЗОР для организации ввода — вывода информации, защиты памяти, смены состояний.

* Таймер — машинные часы.

В состоянии СУПЕРВИЗОР допустимы все команды. Выбор программного состояния СУПЕРВИЗОР или ЗАДАЧА определяется значением 15-го разряда ССП, который устанавливается с помощью команды УСТАНОВИТЬ МАСКУ.

В состоянии СЧЕТ выборка и выполнение команд происходят обычным образом. Состояние ОЖИДАНИЕ вводится программно с помощью команды УСТАНОВИТЬ МАСКУ для ожидания прерывания, например прерывания по вводу — выводу. В состоянии ОЖИДАНИЕ команды не выполняются, но таймер продолжает работать. Кроме того, допускаются прерывания по вводу — выводу и внешние, если они не замаскированы. Вид программного состояния СЧЕТ или ОЖИДАНИЕ определяется значением 14-го разряда ССП.

Некоторые прерывания могут быть замаскированы с помощью масок. В замаскированном состоянии запросы от ввода — вывода и внешние сохраняются для обработки в дальнейшем, а запросы на замаскированные программные прерывания или прерывания от схем контроля машины игнорируются.

Перевод из состояния ПРЕРЫВАНИЕ ЗАМАСКИРОВАНО в состояние ПРЕРЫВАНИЕ РАЗРЕШЕНО осуществляется с помощью команд смены масок в ССП.

Таймер (часы)

Для измерения интервалов времени в моделях ЕС ЭВМ предусмотрен таймер. С его помощью программным путем можно организовать часы, показывающие время суток. Таймер представляет собой 32-разрядное слово, хранящееся в основной памяти по адресу 80. Слово таймера рассматривается как целое число со знаком и может обрабатываться по правилам арифметики с фиксированной запятой. Из содержимого этого слова происходит вычитание единиц с частотой 50 Гц, что соответствует интервалу времени в 20 мс. Полный цикл таймера составляет 15,5 часов. Таймер не считает, если процессор находится в состоянии ОСТАНОВ.

1.6. Система ввода — вывода

К системе ввода — вывода в ЕС ЭВМ относят: селекторный и мультиплексный каналы, интерфейс ввода — вывода, устройства управления внешними устройствами и внешние устройства (рис. 1.1.1).

Система ввода — вывода предназначена для обмена информацией между внешними устройствами и основной памятью. Организация системы обеспечивает совместную и независимую работу процессора и каналов, параллельное выполнение операций ввода — вывода на нескольких внешних устройствах и стандартное подключение внешних устройств к каналам.

Принцип работы

Операции ввода — вывода инициируются процессором или внешними устройствами и управляются с помощью команд ввода — вывода, команд каналов и приказов. На рис. 1.6.1 показана связь между командами ввода — вывода, командами канала, приказами и оборудованием, которое их выполняет.

В систему команд ЕС ЭВМ включены четыре команды, относящиеся к вводу — выводу:

SIO — НАЧАТЬ ВВОД — ВЫВОД;

HIO — ОСТАНОВИТЬ ВВОД — ВЫВОД;

TIO — ПРОВЕРИТЬ ВВОД — ВЫВОД;

TCH — ПРОВЕРИТЬ КАНАЛ.

Команды ввода — вывода имеют формат, изображенный на рис. 1.6.2. Адресная часть команды (*B1*, *D1*) указывает номер канала и номер устройства ввода — вывода (в канале), к которому организуется обращение.

Все операции ввода — вывода в машине начинаются по команде НАЧАТЬ ВВОД — ВЫВОД (*SIO*).

После приема и расшифровки команды *SIO* канал отвечает процессору кодом условия (рис. 1.6.3), в котором содержится информация о том, в каком состоянии находится канал и внешнее устройство (свободны, заняты, другие состояния). Код условия заносится в разряды 34, 35 текущего ССП и в последующем должен анализироваться, т. е. в текущей программе следующей за командой *SIO* должна быть команда условного перехода, обеспечивающая анализ выданного каналом кода условия. В противном случае процессор может не заметить того, что операция ввода — вывода не началась.

При успешном выполнении каналом команды *SIO* (код условия 00) процессор и канал продолжают работать параллельно, выполняя свои программы.

Адресное слово канала

После приема команды *SIO* и выработки кода условия 00 канал производит выборку адресного слова канала (АСК) из ячейки основной памяти по адресу 48₁₆. АСК служит для указания адреса, начиная с которого в ОП хранится программа канала, а также для указания ключа защиты этой программы. Формат АСК представлен на рис. 1.6.4. Разряды 0—3 задают ключ защиты. Разряды 4—7 не используются. Разряды 8—31 указывают адрес первой команды программы канала в ОП. Адресное слово канала в 48₁₆ ячейке ОП должно быть сформировано заранее до начала выполнения команды *SIO*.

Команды канала

Команда канала — это двойное слово, в котором содержится информация, необходимая для выполнения каналом операции ввода — вывода или иных действий. Команду канала называют управляющим словом канала (УСК).

Перечень команд, выполняемых каналами

Команды канала	Разряды кода команды							Выполняемое действие
	0	1	2	3	4	5	6	7
Уточнить состояние	M	M	M	M	0	1	0	0
Переход в канале	X	X	X	X	1	0	0	0
Считать в обратном направлении	M	M	M	M	1	1	0	0
Записать	M	M	M	M	M	M	0	1
Считать	M	M	M	M	M	M	1	0
Управление	M	M	M	M	M	M	1	1

В основную память передается информация о состоянии ВУ, относящаяся к необычным условиям

Указывается адрес следующего УСК канальной программы в основной памяти

Информация считывается при обратном движении внешнего носителя и записывается в память в порядке убывания адресов

Информация из основной памяти передается на внешний носитель

Информация из ВУ передается в основную память в порядке возрастания адресов

На ВУ передается управляющая информация для выполнения таких операций, как протяжка бумаги и т. п.

Примечание. X — значение разряда игнорируется,
M — разряд модификатора (задает модификацию команды).

Одно или несколько последовательно расположенных в основной памяти УСК образуют программу канала («цепочку команд»). Если в программе используется более одного УСК, то в каждом УСК, за исключением последнего, имеется указание на необходимость выборки следующего УСК. В последнем УСК указывается на то, что оно является последним в цепочке команд. На рис. 1.6.5 показан формат команды канала.

Имеется шесть команд канала, из которых строятся все каналные программы. Эти команды и выполняемые ими действия приведены в таблице 1.6.1.

Каналы для каждого внешнего устройства, выбранного для операции ввода — вывода, сохраняют следующую управляющую информацию: ключ защиты; адрес данных; код операции ввода — вывода; признаки из УСК; состояние счетчика байтов; состояние канала; адрес следующего УСК. Вся эта информация входит в управляющее слово устройства (УСУ), формируемое каналом для каждого работающего ВУ.

Селекторный канал имеет один набор регистров для хранения УСУ, так как он работает только с одним ВУ одновременно.

В мультиплексном канале одновременно могут работать до 256 ВУ, поскольку механические операции медленно действующих ВУ совмещаются во времени. Во времени в мультиплексном канале разносится только передача на ВУ байтов информации, которая осуществляется за время на несколько порядков меньшее, чем время выполнения механических операций. Поэтому для обеспечения работы мультиплексного канала «одновременно» со всеми ВУ необходимо формировать и хранить УСУ для всех внешних устройств. Для этой цели в мультиплексном канале используется мультиплексная память, в которую помещаются УСУ для всех внешних устройств мультиплексного канала.

Во время выполнения процессором команды НАЧАТЬ ВВОД — ВЫВОД даже при благоприятном коде условия 00 первая команда канала УСК может быть не принята каналом из-за ошибки в команде или по другим причинам.

Отказ принять команду находит свое отражение в разрядах признака результата текущего ССП, в которые заносится код условия, соответствующий отказу. Подробная информация о причинах, помешавших начать операцию ввода — вывода, заносится в слово состояния канала (ССК).

ССК формируется как при благоприятном, так и при неблагоприятном завершении каналом действий по команде SIO.

Слово состояния канала

Слово состояния канала (рис. 1.6.6) содержит информацию, связанную с завершением или досрочным прекращением операции ввода — вывода. ССК формируется при выполнении команд: НАЧАТЬ ВВОД—ВЫВОД, ПРОВЕРИТЬ ВВОД—ВЫВОД, а так-

же при наличии прерывания от ввода — вывода. Канал с помощью сигнала прерывания по вводу — выводу сообщает процессору о том, что он просит внимания. Запрос на прерывание от ввода — вывода формируется в следующих случаях:

1. Канал закончил канальную программу.
2. ВУ закончило свою операцию ввода — вывода.
3. В ВУ или канале создано необычное условие (ВУ или канал занят, ошибка в УСК и т. п.).
4. В УСК указан признак программно-управляемого прерывания.

Процессор после обработки прерывания от ввода — вывода переходит к выполнению прерванной программы.

Порядок выполнения операции ввода — вывода

Если в выполняемой программе встретится команда *SIO* и окажется, что канал и запрашиваемое ВУ свободны, то из фиксированной ячейки основной памяти выбирается адресное слово канала — АСК, которое указывает место расположения в основной памяти программы канала (канальной программы). Затем канал выбирает и начинает выполнять первое УСК.

В зависимости от того, как началась операция ввода — вывода, в текущем ССП устанавливается код условия (признак результата). Если операция началась успешно в разряды 34 и 35 ССП записывается код 00, после чего канал и процессор могут работать параллельно.

Канал для своей работы формирует управляющее слово устройства (УСУ), которое содержит всю необходимую информацию для одной операции ввода — вывода, запускает с помощью приказов ВУ и организует прием или передачу байтов данных или выполнение других действий.

При достижении конца канальной программы канал формирует сигнал прерывания по вводу — выводу, который воспринимается процессором, если это прерывание не замаскировано. В момент прерывания формируется слово состояния канала (ССК), которое несет информацию о том, как закончилась операция ввода — вывода. Затем управление передается программе обработки прерываний по вводу — выводу, которая, анализируя ССК, определяет результат завершения операции ввода — вывода. При успешном завершении операции управление передается в точку прерывания текущей программы.

Глава 2

СОСТАВ, НАЗНАЧЕНИЕ И СТРУКТУРА ОБЩЕГО МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН ЕС ЭВМ

Любая из вычислительных систем серии ЕС ЭВМ представляет собой аппаратно-программный комплекс. Это означает то, что помимо аппаратных средств обработки информации (жесткое оборудование) каждая вычислительная система снабжается комплексом служебных (системных) программ (мягкое оборудование). Эти программы дополняют заложенные в аппаратных средствах возможности и вместе с ними выступают для пользователя машины как единое целое.

Так, в предыдущей главе отмечалось, что в случае некоторых отклонений от нормального функционирования системы происходит прерывание программы. При этом все действия по анализу и принятию решения о возможности дальнейшей обработки по прерванной программе выполняют служебные программы, используемые в вычислительной системе.

Помимо обработки прерываний системные программы выполняют множество других функций, организующих работу машины и значительно облегчающих труд программиста по составлению отдельных участков программ. Например, имеется большой набор системных программ, позволяющий программисту не заботиться о выполнении вспомогательных действий при организации ввода — вывода. Это определение конкретных внешних устройств, областей памяти и др.

Настоящая глава предназначена для освещения некоторых вопросов взаимодействия программных и аппаратных средств вычислительной системы, а также для общего описания тех основных системных программ, которые наиболее часто используются.

При дальнейшем изложении материала термины «системная» и «служебная» однозначно относят программу к средствам вычислительной системы, а понятие «рабочая программа» относится к программам пользователя.

2.1. Последовательность подготовки и решения задач на цифровых ЭВМ

Подготовка любой задачи к решению на ЭВМ начинается с уяснения сущности задачи, формулирования целей ее решения, выбора приемлемого математического аппарата и, наконец, математического описания алгоритма этой задачи. Данный этап называется этапом алгоритмизации задачи и в рамках настоящего пособия рассматриваться не будет.

В последующем изложении будем считать, что алгоритм задачи, т. е. совокупность математических формул и описание последовательности их применения, составлен.

Следующим за алгоритмизацией этапом является этап программирования, т. е. этап записи алгоритма в такой форме, которая может быть воспринята и «понята» ЭВМ. Это достигается посредством записи алгоритма на одном из языков программирования.

В настоящее время создано большое количество языков программирования, отличающихся между собой ориентацией либо на определенный класс решаемых задач (процедурная ориентация), либо на конкретный тип вычислительной машины (машинная ориентация). В первом случае мы имеем дело с процедурно-ориентированными, а во втором случае — с машинно-ориентированными языками.

Примером процедурно-ориентированного языка служит язык ФОРТРАН, а машинно-ориентированного — язык АССЕМБЛЕР.

Язык ФОРТРАН удобен для записи программ для широкого класса задач расчетного характера. При использовании этого языка большинство аналитических соотношений записывается в привычной для нас математической форме. Так, например, если необходимо при решении задачи вычислить значение выражения $a \times x + b$, а затем это значение присвоить некоторой переменной y , то программист, использующий язык ФОРТРАН, запишет:

$$Y = A * X + B.$$

При использовании же языка АССЕМБЛЕР программисту необходимо будет записать несколько операторов этого языка:

MP A, X

Умножить два десятичных числа A и X , результат запомнить вместо A

AP A, B

К результату умножения (хранится в A) прибавить число B , результат снова запомнить в A

MVN Y, A

Результат вычисления $A * X + B$ запомнить (записать) в памяти Y

$\left. \begin{array}{lll} A & DS & PL\ 6 \\ B & DS & PL\ 4 \\ X & DS & PL\ 4 \\ Y & DS & PL\ 6 \end{array} \right\}$

Операторы, резервирующие области памяти для чисел A , B , X и Y

Легко увидеть, что участок программы, записанный на языке ФОРТРАН, существенно проще и нагляднее, чем тот же ее участок, записанный на языке АСSEMBLER. Однако применимость того или иного языка при программировании не всегда определяется простотой составления программы на этом языке. В ряде случаев менее удобный язык АСSEMBLER становится единственным возможным для применения, так как он предоставляет программисту возможность использовать все средства и возможности вычислительной системы, что нельзя сказать о языке ФОРТРАН и других процедурно-ориентированных языках.

Кроме того, программа, составленная опытным программистом, на языке АСSEMBLER, на 15—20% оптимальнее (с точки зрения объема занимаемой памяти и скорости выполнения) той же программой, составленной тем же программистом, но на языке ФОРТРАН.

Программа, записанная на одном из языков программирования и перенесенная на какой-либо машинный носитель (перфокарты, магнитные ленты, диски и т. п.), представляет собой исходный модуль.

Программа может состоять из нескольких исходных модулей, связанных между собой либо последовательностью выполнения, либо общими исходными и промежуточными данными (общими информационными полями). Отдельные исходные модули программы могут быть написаны на различных языках программирования.

Выполнение программы вычислительной машиной может быть начато лишь после того, как сама программа представлена последовательностью машинных команд (транслирована), а ее исходные данные помещены в соответствующие области оперативной памяти машины. При этом должны быть обеспечены связи между ее отдельными модулями. Например, если модули R и S используют общее информационное поле Z , то в обоих модулях в соответствующих командах обращения к этому полю должны быть указаны одинаковые адреса. Более того, для организации переходов от одного модуля к другому адресные части команд передачи управления должны содержать адреса тех областей памяти, в которых записаны первые команды тех модулей, которые будут получать управление.

Связи между отдельными модулями носят название внешних связей, а процесс их установления называется редактированием внешних связей.

Таким образом, перед выполнением программы ее модули должны быть представлены последовательностью машинных команд (транслированы), а внешние связи этих модулей должны быть отредактированы.

Трансляция модулей программы выполняется на вычислительной машине специальной программой — транслятором, а редактирование внешних связей — системной программой редактирования связей (редактором связей).

В результате работы транслятора исходный модуль преобразуется в объектный модуль, а в результате работы редактора связей группа объектных модулей объединяется в загрузочный модуль.

Загрузочный модуль представляет собой практически готовую к выполнению программу, но эта программа еще не привязана к конкретной области оперативной памяти машины.

Привязка программы к конкретной области оперативной памяти производится во время ее помещения в память (загрузка) специальной системной программой загрузчик. После завершения работы загрузчика программа может выполняться. Если на всех предыдущих этапах наша программа представляла собой объект обработки, т.е. выступала в роли исходных данных для транслятора, редактора связей и загрузчика, то после загрузки она помещается в оперативную память и сама способна выполнять заложенный в ней алгоритм обработки информации. Говорят, что с этого момента наша программа для вычислительной системы начинает выступать в роли задачи.

В простейшем случае — случае однопрограммной работы — после выполнения загрузки системная программа формирует ССП для сформированной задачи и после его загрузки в регистр РССП передает ей управление.

Процесс выполнения программы начинается с команды, адрес которой загружен в РССП. По завершении выполнения программа возвращает управление служебным программам.

Последовательность работы системы при подготовке и решении задачи показана на рис. 2.1.1.

Рассматривая процесс подготовки задачи к решению, мы столкнулись с рядом программ, облегчающих труд программиста. Эти программы — трансляторы, редакторы и загрузчики. Совокупность этих программ, а также соглашений о связях между программами и правил программирования образует систему программирования (СП).

2.2. Многопрограммный режим работы

Вычислительные машины ЕС ЭВМ допускают многопрограммный режим работы. Целесообразность такого режима связана со стремлением максимально использовать оборудование машин в процессе решения задач. Многопрограммная работа технически обеспечивается возможностью параллельной и независимой работы каналов ввода — вывода и процессора. При этом одна или несколько программ может выполнять операции ввода — вывода, в то время как процессор занят обработкой программы, не требующей в данный момент выполнения операций ввода — вывода.

Такое совмещение по времени выполнения различных фаз (ввода — вывода или обработки) нескольких программ при правильном планировании заданий на работу позволяет значительно

повысить производительность вычислительной системы. Однако организация многопрограммной работы требует решения ряда проблем, к числу которых следует отнести:

- проблему независимого размещения нескольких программ в оперативной памяти машины;

- проблему защиты памяти, т. е. обеспечение гарантий того, что ни одна из выполняемых программ не сможет исказить содержимое областей памяти, отведенных другим программам;

- проблему распределения (закрепления) внешних устройств за отдельными программами;

- проблему взаимодействия программ, связанную с очередностью предоставления им отдельных ресурсов вычислительной системы (процессора и некоторых системных программ).

Решение этих проблем осуществляется схемно-программным способом.

К числу аппаратных средств, обеспечивающих процесс мультипрограммной работы, следует отнести:

- систему защиты памяти;

- систему прерывания программ.

В основном же решение перечисленных проблем возлагается на систему служебных программ, носящую название **операционной системы (ОС)**.

Рассмотрим, каким же образом перечисленная система программно-аппаратных средств решает основные проблемы мультипрограммной работы.

1. Независимость размещения нескольких программ в оперативной памяти.

В предыдущем параграфе при определении загрузочного модуля к определенному участку памяти и помещает данный модуль к определенной области оперативной памяти. Иногда говорят, что загрузочный модуль обладает свойством перемещаемости.

Привязка загрузочного модуля к определенному участку памяти производится путем назначения ему определенных базовых адресов (вспомните адреса базы, рассмотренные в предыдущей главе).

Базовый адрес «сообщается» программе «загрузчик», которая в соответствии с ним и производит «привязку» загрузочного модуля к определенному участку памяти и помещает данный модуль в отведенную ему область.

Загрузка другой программы производится аналогичным образом в другой свободный участок памяти (если он существует).

Назначение базовых адресов производится одной из программ операционной системы, которая определяет, какую свободную область памяти можно предоставить загружаемой программе.

2. Защита памяти.

Перед загрузкой программы в оперативную память программы операционной системы выделяют ей область оперативной памяти и присваивают этой области определенный ключ. Данный ключ

помещается в память ключей защиты и в соответствующее поле ССП готовящейся к выполнению программы.

При выполнении команд загруженной в память программы каждое обращение к памяти сопровождается проверкой на соответствие ключа программы в ССП ключу памяти, присвоенному этой области памяти. При несовпадении ключей схемно блокируется запись новой информации в ОП и формируется сигнал сбоя по защите памяти. Происходит прерывание программы, и управление получает одна из программ операционной системы, которая и решает вопрос о возможности продолжения прерванной программы.

3. Закрепление внешних устройств за отдельными программами.

При составлении программы программист, как правило, пользуется условными (логическими) названиями (именами) внешних устройств. Эти логические имена определяют внешнее устройство с точностью до его типа (ЗУ на магнитной ленте, ЗУ на магнитных дисках, печатающий, перфорирующий и другой механизмы).

Назначение конкретного устройства из нескольких однотипных устройств производится уже в процессе выполнения программы средствами операционной системы. Для этого программист в своей программе использует специальные операторы обращения к программам операционной системы. В результате выполнения такого оператора управление получает одна из служебных программ ОС. Эта программа выделяет из имеющегося ресурса устройство требуемого типа и закрепляет его за выполняемой рабочей программой.

Программист может потребовать закрепления за его программой и конкретного устройства, но устройство будет закреплено за программой лишь в том случае, если оно свободно.

Следует отметить, что попытка программиста непосредственно включить в свою программу команду НАЧАТЬ ВВОД — ВЫВОД с конкретным устройством приведет к тому, что данная команда не будет выполнена, а произойдет прерывание и управление получит одна из программ ОС.

Таким образом, распределение внешних устройств между отдельными рабочими программами находится в непосредственном ведении служебных программ операционной системы.

Помимо функций распределения внешних устройств служебные программы ОС позволяют программисту не заботиться о проверке их состояния и готовности к началу обмена информацией. Все эти функции могут быть выполнены программами операционной системы.

4. Проблема распределения ресурсов процессора решается следующим образом:

а) При вводе отдельных заданий на выполнение программ оператор определяет приоритетности заданий. Здесь предполагается, что задания с более высоким приоритетом обладают преимуще-

ством в использовании ресурса над заданиями с более низким приоритетом.

б) Из поступивших на обработку заданий программы операционной системы создают очередь (в соответствии с приоритетами и временем поступления). Управление получает программа с наивысшим приоритетом, не находящаяся в состоянии ожидания.

в) В состоянии ожидания любая программа может быть переведена либо программно (по желанию программиста), либо в том случае, когда в программе начат обмен с одним из внешних устройств и дальнейшее ее выполнение до конца обмена невозможно.

г) После того как программа с высшим приоритетом перешла в состояние ожидания, начинается выполнение программы с более низким приоритетом (но самая приоритетная из ожидающих ресурса программ). Управление этой программе передается специальной программой операционной системы.

Данная рабочая программа может выполняться без прерываний либо также перейти по некоторой причине в состояние ожидания. В последнем случае процессор предоставляется следующей задаче и т. д.

Как уже отмечалось раньше, процесс обмена информацией идет параллельно с решением одной из задач в процессоре. Однако завершение обмена всегда приводит к прерыванию программы и передаче управления операционной системе.

Средствами ОС определяется, какая из программ завершила цикл обмена, и если эта программа ожидала только завершения операции ввода — вывода, то она из этого состояния выводится и начинает претендовать на дальнейшее использование процессора.

После любого прерывания возврат к рабочим программам происходит через анализирующие программы ОС. ОС обеспечивает следующее: после прерывания управление всегда получает наиболее приоритетная рабочая программа, не находящаяся в состоянии ожидания.

Выше был рассмотрен случай, когда программа переходила в состояние ожидания по причине невозможности дальнейшего ее выполнения до окончания ввода — вывода или по причине занятости процессора более приоритетной программой. Причиной перехода в состояние ожидания может быть и обращение к одной из системных программ общего пользования, занятой в настоящее время обслуживанием другой программы (обращение к таким системным программам также производится через служебные программы ОС).

2.3. Структура общего математического обеспечения ЕС ЭВМ

При обсуждении вопросов двух предыдущих параграфов мы неоднократно встречались с различными служебными программами. Более того, нами были выделены две крупные системы слу-

жебных программ. Это система программирования и операционная система.

Совокупность этих двух частей составляет **общее математическое обеспечение ЭВМ**.

В систему программирования ЕС ЭВМ входят следующие языки программирования и трансляторы с них:

1. Машинно-ориентированный язык АССЕМБЛЕР.
2. Процедурно-ориентированный язык ПЛ/1.
3. Процедурно-ориентированный язык ФОРТРАН.
4. Процедурно-ориентированный язык КОБОЛ.
5. Процедурно-ориентированный язык АЛГОЛ-60.
6. Проблемно-ориентированный язык генерации отчетов РПГ.

Кроме того, в систему программирования входят редактор связей и группа программ, обеспечивающих выполнение стандартных, часто используемых процедур.

Другой подсистемой общего математического обеспечения ЕС ЭВМ является операционная система (ОС). В общем, основные функции ОС были рассмотрены в предыдущем параграфе.

Организационно ОС состоит из следующих групп программных средств:

1. Управление заданиями.
2. Управление данными.
3. Управление задачами (супервизор).

Управление заданиями

Задание — это единица работы, задаваемой вычислительной машине. Задание может состоять из одного или нескольких шагов. Каждый шаг задания — это решение конкретной задачи. Все задачи, включаемые в задание, как правило, имеют логическую связь. Например, в одно задание могут быть включены отдельные шаги трансляции, редактирование связей и собственно выполнение некоторой программы. На первом шаге такого задания управление получает программа транслятор, на втором — редактор связей, на третьем — непосредственно интересующая пользователя рабочая программа.

Системные программы, образующие средства управления заданиями, производят ввод заданий (записанных на специальном языке управления заданиями) и планируют их выполнение. В ОС допускается ввод до 15 заданий. Пункты внутри задания выполняются строго последовательно, а многопрограммность достигается за счет одновременной обработки нескольких пунктов **разных** заданий.

Управление данными

Под данными в ОС ЕС ЭВМ понимаются любые наборы информации, нанесенные на машинные носители (перфокарты, магнитные диски и т. д.).

В частном случае и сами программы могут выступать в качестве данных для других программ. Например, исходный модуль — это набор данных для транслятора, объектные модули — данные для редактора связей, а загрузочный модуль — данные для загрузчика.

Системные программы управления данными обеспечивают проверку правильности установки носителей с требуемыми данными на внешних устройствах, производят поиск участков носителя с требуемой информацией, а также обеспечивают ряд других функций, указанных в задании.

Управление задачами (супервизор)

Служебные программы управления задачами предназначены для непосредственного управления процессом решения рабочих программ. Служебные программы супервизора получают управление, когда происходит прерывание программ или при выполнении команды обращения к супервизору (*SVC*). Основные функции супервизора были рассмотрены в предыдущем параграфе.

Структура общего математического обеспечения ЕС ЭВМ приведена на рис. 2.3.1.

Глава 3

СТРУКТУРНАЯ СХЕМА ЦИФРОВОЙ ЭВМ ЕС-1030

3.1. Назначение и технические характеристики

Цифровая электронная вычислительная машина ЕС-1030 входит в Единую систему электронных вычислительных машин. Она предназначена для решения широкого круга научно-технических и экономических задач как в автономном режиме, так и в системах обработки информации.

Возможность универсального использования цифровой ЭВМ ЕС-1030 обеспечивается системой команд, включающей логические операции, операции десятичной арифметики, операции с фиксированной и плавающей запятой, большим объемом внутренней и внешней памяти и наличием стандартного интерфейса для подключения внешних устройств.

Система математического обеспечения позволяет использовать языки программирования типа АССЕМБЛЕР, ФОРТРАН, КОБОЛ, ПЛ/1, РПГ.

Цифровая ЭВМ ЕС-1030 программно совместима с другими моделями машин Единой системы, кроме ЭВМ ЕС-1010 и ЕС-1020А.

Машина имеет следующие технические характеристики:

1. Среднее быстродействие — 100 тыс. операций в секунду.
2. Структура команд — с переменной адресностью.
3. Количество разрядов в слове — 36 (32 информационных и 4 контрольных).
4. Система счисления при выполнении операций — шестнадцатеричная, десятичная и двоичная.
5. Форма представления чисел — с фиксированной и плавающей запятой, десятичные числа, логическая информация фиксированной и переменной длины, алфавитно-цифровая информация.
6. Емкость оперативной памяти — 256 кбайт.
7. Время обращения к ОП — 1,5 мкс.
8. Емкость одного накопителя на магнитной ленте при плотности записи 32 имп/мм и длине ленты 732 м — $25 \cdot 10^6$ байт.
9. Емкость сменного пакета дисков — $7,25 \cdot 10^6$ байт.
10. Скорость ввода информации:
 - с перфоленты — 1500 строк в секунду;
 - с перфокарт — 500 карт в минуту.

11. Скорость вывода информации:
 — на перфоленту — 150 строк в секунду;
 — на перфокарты — 100 карт в минуту;
 — на пишущую машинку — 10 символов в секунду;
 — на устройство печатающее (ЕС-7032) — 700—800 строк в минуту.

12. Питание машины — от сети трехфазного тока частотой 50 Гц, напряжением 380/220 В.

13. Потребляемая мощность — 33 кВА.

14. Площадь для размещения — 150 кв. м.

ЭВМ ЕС-1030 одновременно может выполнять 15 программ. Для подключения внешних устройств машина оборудована одним мультиплексным и двумя селекторными каналами.

ЭВМ ЕС-1030 предназначена для работы в следующих условиях:

— температура окружающего воздуха — от 5 до 40° С;
 — относительная влажность воздуха при температуре окружающей среды 30° С — от 40 до 95 %;
 — атмосферное давление — от 460 до 790 мм рт. ст.

Основные устройства машины размещены в типовых стойках. Размеры типовой стойки — 1200×750×1600 мм.

3.2. Состав ЭВМ ЕС-1030 и краткая характеристика основных устройств

Состав типового комплекта машины приведен в таблице 3.2.1.

Таблица 3.2.1

Наименование	Шифр	Колич.	Примечание
Процессор	ЕС-2030	1	
Каналы	ЕС-4430	1	
Устройство оперативной памяти	ЕС-3203	1	
Пишущая машинка с блоком управления	ЕС-7077	1	
Устройство ввода с перфокарт	ЕС-6012	1	
Устройство вывода на перфокарты	ЕС-7010	1	
Устройство печатающее	ЕС-7052	1	
Устройство ввода с перфоленты	ЕС-6022	1	
Устройство вывода на перфоленту	ЕС-7022	1	
Устройство управления внешними запоминающими устройствами на магнитной ленте	ЕС-5517	1	
Внешнее запоминающее устройство на магнитной ленте	ЕС-5017	4	
Устройство управления внешними запоминающими устройствами на магнитных дисках	ЕС-5551	1	
Внешнее запоминающее устройство на магнитных дисках	ЕС-5056	2	
Стойка питания	ЕС-1030/С002	1	
Щит распределительный	ЕС-1030/С005	1	

Кроме перечисленных устройств в состав ЭВМ ЕС-1030 входят устройства и комплекты, перечисленные в таблице 3.2.2.

Т а б л и ц а 3.2.2.

Наименование	Шифр	Колич.	Примечание
Устройство подготовки информации на перфокартах	ЕС-9010 УПП-2М	2	
Устройство подготовки информации на перфоленте	ЕС-9020	1	
Комплект контрольно-измерительных приборов		1	
Комплект ЗИП		1	
Комплект эксплуатационной документации		1	

Краткая характеристика основных устройств

Процессор

Процессор — это основная часть электронной вычислительной машины, непосредственно осуществляющая процесс обработки данных и управляющая им. Процессор обеспечивает выборку и выполнение команд, предписанных выполняемыми программами. Он объединяет в себе арифметическо-логическое устройство и устройство управления.

Так как ЭВМ ЕС-1030 предназначена для решения широкого круга задач, то в процессоре предусмотрены средства выполнения операций с фиксированной и плавающей запятой, операций над десятичными числами и логических операций.

Для выполнения операций с фиксированной запятой предусмотрены 16 регистров общего назначения емкостью 32 разряда каждый.

Для выполнения операций с плавающей запятой предусмотрены четыре регистра с плавающей запятой емкостью 64 разряда каждый.

В качестве регистров общего назначения и регистров с плавающей запятой используются ячейки местной памяти процессора.

В процессоре имеются аппаратные средства для выполнения операций над десятичными операндами.

Так как ЭВМ ЕС-1030 рассчитана на работу в мультипрограммном режиме, то в процессоре предусмотрена защита памяти для исключения возможности обращения одной программы к зоне памяти, выделенной для другой программы.

Устройство управления организует все обращения процессора к ячейкам оперативной памяти. Во время выполнения программы устройство управления выбирает из оперативной памяти очеред-

ную команду, преобразует ее в управляющие сигналы, направляя их в устройства, которые выполняют выбранную команду. Управление процессором осуществляется по микропрограммному принципу. Микропрограммы хранятся в долговременном запоминающем устройстве. Процессор выполнен в виде одной типовой стойки.

Технические данные процессора:

1. Диапазон обрабатываемых чисел — от 10^{-78} до 10^{75} .
2. Емкость местной памяти — 64 слова.
3. Емкость памяти ключей защиты — 256 байт.
4. Емкость долговременного запоминающего устройства — 4096 семидесятидвухразрядных слов.
5. Потребляемая мощность — 2 кВА.

Каналы

Каналы представляют собой специальное устройство ЭВМ ЕС-1030. Они предназначены для организации обмена данными между внешними устройствами и оперативной памятью. Каналы позволяют производить обмен данными между внешними устройствами и оперативной памятью одновременно с выполнением процессором других операций.

В ЭВМ ЕС-1030 применяются два типа каналов: мультиплексный и селекторный.

Мультиплексный канал обслуживает до 256 низкоскоростных внешних устройств: устройства ввода — вывода с перфокарт или перфолент, алфавитно-цифровые печатающие устройства, пишущие машинки, графопостроители и др. Мультиплексный канал может работать в двух режимах: мультиплексном, т. е. с несколькими внешними устройствами одновременно; монопольном, когда канал работает с одним внешним устройством. Скорость передачи информации между каналами и памятью — до 360 кбайт в секунду.

Селекторные каналы обслуживают высокоскоростные внешние устройства — накопители на магнитных лентах и дисках. Каждый канал может обслуживать 8 устройств управления внешними устройствами. Однако в каждый данный момент времени канал работает с одним устройством управления. Скорость передачи информации между каналом и памятью — до 750 кбайт в секунду. Число селекторных каналов может достигать трех.

Канал получает из процессора управляющую информацию и преобразует ее в последовательность сигналов для управления внешними устройствами.

После начала передачи данных канал управляет процессом передачи информации из внешнего устройства в оперативную память и наоборот без участия процессора. Связь между внешними устройствами и каналами осуществляется посредством стандартной системы сопряжения (интерфейс ввода — вывода).

При одновременной работе каналов ввода — вывода их запросы обслуживаются в следующем порядке:

1. Мультиплексный канал.
2. Первый селекторный канал.
3. Второй селекторный канал.
4. Третий селекторный канал.

Оперативная память

Оперативная память цифровой ЭВМ ЕС-1030 предназначена для запоминания и выдачи информации, необходимой для автоматической работы ЭВМ по заданной программе. Оперативная память типового комплекта ЭВМ ЕС-1030 состоит из двух стоек. В стойке ЕС-3203/С001 расположены два одинаковых оперативных запоминающих устройства ОП1 и ОП2. В стойке ЕС-3203/С002 расположено устройство их питания.

Основные технические характеристики оперативной памяти:

1. Емкость ОП ЕС-3203 — 256 кбайт.
2. Разрядность ячейки памяти — 36 разрядов.
3. Время обращения к памяти — 1,5 мкс.
4. Время выборки из памяти — 0,85 мкс.
5. Тип схемы построения — $2,5D_1$.

Носителем данных служит кольцевой ферритовый сердечник типа 5BT размером $0,6 \times 0,4 \times 0,13$ мм.

Оперативная память расширенного комплекта ЭВМ ЕС-1030 состоит из четырех стоек и имеет емкость 512 кбайт.

Пишущая машинка

Пишущая машинка с блоком управления предназначена для организации связи оператора с процессором.

Пишущая машинка «Консул-260.1» имеет следующие технические данные:

1. Скорость печати — 10 символов/с.
2. Максимальное количество символов в строке — 106.
3. Число печатаемых символов — 92.
4. Ширина бумажной ленты — 280 мм.
5. Потребляемая мощность — 0,3 кВА.

Устройство обеспечивает:

- ввод в ЭВМ информации с клавиатуры пишущей машинки;
- вывод информации из ЭВМ и печать двумя цветами на бумажной ленте;
- прерывание выполнения программы по желанию оператора.

Устройство ввода с перфокарт

Устройство предназначено для ввода в ЭВМ информации с перфокарт. Информация, нанесенная на перфокарты в виде пробелов, считывается, преобразуется в электрические сигналы и передается через каналы в оперативную память ЭВМ.

Устройство имеет следующие технические характеристики:

1. Максимальная скорость ввода — 500 карт/мин.
2. Носитель информации — 45- или 80-колоновые перфокарты.
3. Принцип считывания — фотоэлектрический построчный.
4. Емкость подающего и приемного кармана — 1000 карт.
5. Потребляемая мощность — 1 кВА.

Устройство вывода на перфокарты

Устройство предназначено для вывода из машины информации на 80-колоновые перфокарты.

Устройство имеет следующие технические характеристики:

1. Скорость вывода — 100 карт/мин.
2. Емкость кармана:
— подающего — 700 карт;
— приемного — 500 карт.
3. Количество приемных карманов — 2.
4. Принцип перфорации — электромеханический.
5. Потребляемая мощность — 1 кВА.

Устройство ввода с перфоленты

Устройство ввода с перфоленты предназначено для считывания информации, нанесенной на бумажную перфоленту в виде пробивок, преобразования ее в электрические сигналы и передачи их в оперативную память ЭВМ.

Устройство имеет следующие технические характеристики:

1. Скорость ввода — 1500 строк/с.
2. Тип перфоленты — 5—8-дорожковая.
3. Ширина перфоленты — 17,5 и 25,4 мм.
4. Принцип считывания — фотоэлектрический.
5. Потребляемая мощность — 0,5 кВА.

Устройство вывода на перфоленту

Устройство предназначено для вывода информации из ЭВМ на бумажную перфоленту.

Устройство имеет следующие технические характеристики:

1. Скорость вывода — 150 строк/с.
2. Тип перфоленты — 5—8-дорожковая.
3. Ширина перфоленты — 17,5 и 25,4 мм.
4. Принцип перфорации — электромеханический.
5. Потребляемая мощность — 0,5 кВА.

Устройство печатающее

Устройство предназначено для печати на бумажной ленте выводимой из ЭВМ информации.

Устройство печатает цифры, буквы русского и латинского алфавитов, специальные знаки.

Технические данные устройства следующие:

1. Скорость печати — 700—800 строк/мин.
2. Количество печатных знаков в строке — 128.
3. Количество печатаемых знаков — 84.
4. Тип бумаги — перфорированная по краю, сложенная в пачки.
5. Ширина бумаги — 80—420 мм.
6. Управление перемещением бумаги — от перфоленты с четырьмя дорожками.
7. Красящая лента — на капроновой или шелковой основе.
8. Ширина красящей ленты — 375 мм.
9. Длина рулона красящей ленты — 15 м.
10. Потребляемая мощность — 2,6 кВА.

Устройство управления накопителями на магнитной ленте

Устройство предназначено для подключения до восьми запоминающих устройств на магнитной ленте к каналам ввода — вывода ЭВМ.

Потребляемая мощность — 1 кВА.

Накопитель на магнитной ленте (НМЛ)

НМЛ предназначен для работы в качестве внешнего запоминающего устройства и обеспечивает запись, хранение и считывание больших массивов информации. Устройство работает с магнитными лентами типа «Scotch-777», «Kodak», BASF, «Memorex», «Ampex», ORWO, B-4502-12.

Технические характеристики:

1. Емкость — $25 \cdot 10^6$ байт.
2. Плотность записи — 8 и 32 строк на мм.
3. Способ считывания информации — при прямом и обратном движениях ленты.
4. Скорость движения ленты — 2 м/с.
5. Число дорожек — 9.
6. Размеры магнитной ленты:
 - длина — 732 м;
 - ширина — 12,7 мм;
 - толщина — 45—55 мкм.
7. Время перемотки на рабочей скорости — 6 мин.
8. Потребляемая мощность — 2,2 кВА.

Устройство управления накопителями на магнитных дисках

Устройство предназначено для подключения до восьми внешних запоминающих устройств на магнитных дисках (и барабанах) к каналам ввода — вывода ЭВМ со скоростью передачи данных 156 кбайт в секунду.

Потребляемая мощность — 1 кВА.

Накопитель со сменными пакетами магнитных дисков предназначен для работы в качестве внешнего запоминающего устройства и обеспечивает прием, хранение и выдачу информации.

Технические характеристики следующие:

1. Емкость пакета дисков — $58 \cdot 10^6$ бит.
2. Число дисков — 6.
3. Количество рабочих поверхностей — 10.
4. Число дорожек на каждой поверхности — 203.
5. Диаметр диска — 356 мм.
6. Покрытие поверхности диска — ферролаковое.
7. Скорость вращения дисков — 40 об/с.
8. Плотность записи информации для внешней дорожки — 30 бит на мм, для внутренней дорожки — 44 бита на мм.
9. Время смены пакета дисков — 2 мин.
10. Тип головки — плавающий.
11. Потребляемая мощность — 1,5 кВА.

Устройство подготовки данных на перфоленте (УПДЛ)

УПДЛ предназначено для нанесения информации на перфоленту в кодах, принятых в ЕС ЭВМ. УПДЛ может работать в семи режимах:

1. Нанесение алфавитно-цифровой информации в виде отверстий на перфоленту с помощью клавиатуры пишущей машинки «Консул-260.1» с одновременной печатью на бланке.
2. Репродукция перфоленты.
3. Сравнение двух перфолент.
4. Сравнение двух перфолент с реперфорацией третьей.
5. Контроль информации на перфоленте путем сравнения ее с информацией, набираемой на клавиатуре пишущей машинки.
6. Распечатка информации с перфоленты на бланк.
7. Сравнение двух перфолент с реперфорацией третьей и распечаткой информации с перфоленты на бланк.

В состав устройства входят:

1. Стол приборный.
2. Шкаф электронный.
3. Пишущая машинка «Консул-260.1».
4. Перфоратор ленточный типа ПЛ-80.

Технические характеристики устройства:

1. Скорость обработки информации в режимах, связанных с работой пишущей машинки, — до 10 строк/с.
2. Скорость обработки информации в режимах сравнения, реперфорации и сравнения с реперфорацией — 50 строк/с.
3. Носитель информации — перфолента шириной 25,4 мм.
4. Потребляемая мощность — 750 ВА.

Устройство подготовки данных на перфокартах (УПДК)

УПДК предназначено для поколонного нанесения информации в виде пробивок на 80-колоновые перфокарты в кодах, принятых в ЕС ЭВМ.

Устройство работает с ручным или программным управлением и обеспечивает выполнение следующих операций:

1. Нанесение информации на перфокарты с помощью клавиатуры пишущей машинки «Консул-260.1» с печатью наносимой информации на бланке.

2. Дублирование перфокарты без печати.

3. Дублирование перфокарты с печатью.

4. Многократная перфорация.

5. Однократное дублирование и исправление информации.

6. Однократный пропуск перфокарты на одну колонку.

7. Полный пропуск перфокарты.

8. Печать данных с перфокарт.

9. Печать отперфорированных данных и печать данных клавиатуры.

В состав устройства входят:

1. Стол приборный.

2. Перфоратор.

3. Пишущая машинка «Консул-260.1».

4. Пульт цифровой клавиатуры.

Технические характеристики устройства:

1. Скорость ручной перфорации — 10 колонок/с.

2. Скорость дублирования — 25 колонок/с.

3. Число пробиваемых отверстий в колонке перфокарты — до 12.

4. Возможное количество символов, набиваемых на перфокарту, — 128.

5. Количество печатных символов — 93.

6. Потребляемая мощность — 0,5 кВА.

Пульт управления

Пульт управления — это часть устройства управления, предназначенная для взаимодействия человека с электронной вычислительной машиной и ее частями.

Пульт управления предназначен для обеспечения наладочных и рабочих режимов машины, для индикации ее состояния, для контроля и управления процессором.

Органы индикации позволяют получить информацию о состоянии системы питания, основных регистров процессора и каналов и триггеров состояния процессора.

Пульт управления связан с процессором через соответствующие электронные схемы.

Пульт управления позволяет выполнять следующие функции: осуществлять включение и отключение питания машины и приводить машину в исходное состояние. С пульта управления можно производить запись информации в основные регистры и устройства процессора, а также в оперативную память путем набора информации на регистре информации, а ее адреса — на регистре адреса. На пульте управления устанавливаются режимы работы машины: «Автоматический», «Шаговый», «Одиночный».

Пульт управления позволяет выполнять останов машины при сравнении адреса, набранного на регистре адреса пульта, с адресом памяти машины, к которому производится обращение (по адресу команды, по адресу данных), а также останов по адресу долговременного запоминающего устройства (ДЗУ).

Пульт управления используется как при выполнении программ, так и при обслуживании машины во время профилактики ее устройств для задания проверочных режимов.

Пульт управления позволяет осуществить первоначальную загрузку программы, т. е. ввод в оперативную память программы начальной загрузки, которая в свою очередь осуществляет загрузку ядра операционной системы, т. е. части операционной системы, которая постоянно находится в оперативной памяти во время работы.

Пульт управления конструктивно совмещен с процессором.

Система электропитания

Система электропитания обеспечивает устройства ЭВМ ЕС-1030 стабилизированными напряжениями постоянного тока необходимых номиналов, трехфазным напряжением 380/220 В, частотой 50 Гц, а также управление включением и отключением (централизованно и автономно) и защиту схем от токовых перегрузок и перенапряжений, контроль питающих напряжений.

Состав системы электропитания:

1. Щит распределительный.
2. Стойка питания, питающая стойки процессора и каналов.
3. Источники стабилизированных напряжений постоянного тока и блоки управления питанием, обеспечивающие электропитание устройств ввода — вывода и памяти.

Распределительный щит предназначен для обеспечения устройств ЭВМ трехфазным напряжением 380/220 В, частотой 50 Гц и переменным напряжением 36 В, частотой 50 Гц.

Распределительный щит конструктивно совмещен со стойкой питания.

3.3. Взаимодействие устройств ЭВМ при выполнении программы

Взаимодействие устройств цифровой ЭВМ при выполнении программы будем рассматривать по структурной схеме (рис. 3.3.1) на простейшем случае, когда программа вместе с исходными данными

помещена (загружена) в оперативную память машины и, кроме того, сформировано ее ССП. Последняя команда программы операционной системы, осуществляющей загрузку, переводит машину из состояния «Супервизор» в состояние «Задача». При этом ССП программы помещается в регистр слова состояния программы.

Организация выполнения программы возложена на устройство управления процессора. Устройство управления осуществляет последовательную выборку команд из оперативной памяти начиная с первой команды, адрес которой находится в регистре слова состояния программы (РССП [40/63]). Выполнение команд осуществляется в арифметическо-логическом блоке.

Полученный в арифметическо-логическом блоке результат передается в соответствующую область оперативной памяти или регистры местной памяти.

Подготовка к исполнению следующей команды начинается в процессоре до окончания выполнения предыдущей команды.

Команды программы выбираются в порядке их расположения в оперативной памяти. Такой порядок следования команд называется естественным и изменяется с помощью команд передачи управления.

Команды передачи управления позволяют внести изменения в уже составленную программу, перейти во время вычислений к другим участкам программы, повторить участок программы заданное число раз или изменить порядок следования команд при выполнении некоторых условий.

Для повышения эффективности использования оборудования машины введена система прерываний, которая позволяет прервать работающую программу при возникновении условий на прерывание и перейти к обработке новой программы.

Прерывание обычно начинается после завершения очередной команды выполняемой программы и включает следующую последовательность действий: 1) останов выполняемой программы; 2) запоминание состояния прерванной программы (для получения возможности вернуться к ее продолжению); 3) передача управления прерывающей программе.

Информация, характеризующая программу, содержится в слове состояния программы (ССП). Слово состояния прерванной программы передается в ячейку оперативной памяти в качестве старого ССП, а слово состояния прерывающей программы выбирается из ячейки оперативной памяти и в качестве текущего ССП засылается в регистр слова состояния программы (РССП).

Устройство управления процессора читает из РССП начальный адрес прерывающей программы и передает ему управление. Таким образом, машина переходит к выполнению прерывающей программы. После выполнения прерывающей программы, если не возникло прерывание с более высоким приоритетом, устройство управления определяет программу, которой передается управление. Обычно управление передается прерванной программе.

Для продолжения обработки прерванной программы ее ССП выбирается из оперативной памяти и засылается в регистр РССП. Продолжение выполнения прерванной программы начинается с адреса команды, который находится в РССП [40/63].

Последовательность обработки прерывания показана на рис. 3.3.2.

Режим работы цифровой электронной вычислительной машины, при котором одновременно выполняется несколько программ пользователя, называют мультипрограммной работой. При мультипрограммной работе ЭВМ ЕС-1030 процессор в данный момент времени выполняет только одну программу. Мультипрограммная работа ЭВМ ЕС-1030 обеспечивается операционной системой, системой прерывания и системой защиты памяти.

Глава 4

ЭЛЕМЕНТЫ И УЗЛЫ ЭВМ ЕС-1030

4.1. Система элементов

Общая характеристика элементной базы ЕС-1030

Элементной базой ЭВМ ЕС-1030 являются интегральные логические микросхемы серии 155 (*TTL-1*), представляющие собой набор модификаций полупроводниковых интегральных транзисторно-транзисторных логических схем, предназначенных для построения узлов и устройств вычислительной техники.

Конструктивно интегральные схемы (ИС) серии 155 выполнены в полимерном прямоугольном корпусе с 14 штырьковыми выводами. Модификации ИС серии 155, применяемые в ЕС-1030, различаются количеством элементов в корпусе, числом входов, нагрузочной способностью и выполняемыми логическими функциями.

ИС серии 155 имеют следующие общие электрические параметры:

1. Напряжение источника питания

$$U = 5B \pm 5\%.$$

2. Максимальное выходное напряжение при логическом «0» на выходе

$$U_{\text{вых}}^0 = 0,4 \text{ В.}$$

3. Минимальное выходное напряжение при логической «1» на выходе

$$U_{\text{вых}}^1 = 2,4 \text{ В.}$$

4. Допустимое значение помехи в статическом режиме в диапазоне температур от -10 до $+70^\circ\text{C}$

$$U_{\text{п ст}} = 0,4 \text{ В.}$$

Параметры нескольких модификаций ИС серии 155 приведены в таблице 4.1.1.

Общее количество ИС серии 155 в основном комплекте ЕС-1030 (без внешних устройств) составляет 24170. Наряду с этим в

устройствах машины применяются гибридные ИС (263 шт.), ИС серий 137 и 187 (216 шт.).

Типы ИС (таблица 4.1.1) записываются с помощью 6 знаков: $C_1 B_1 B_2 C_2 C_3 C_4$ (например, 1ЛБ557).

C_1 — цифра, обозначающая тип ИС:

- 1 — присваивается полупроводниковым ИС,
- 2 — присваивается гибридным ИС,
- 3 — присваивается пленочным ИС.

B_1 — буква, обозначающая класс ИС:

- Д — детекторы,
- Т — триггеры,
- К — ключи,
- Ф — фильтры,
- Ш — линии задержки,
- Л — логические схемы,
- Я — запоминающие устройства.

B_2 — буква, обозначающая группу ИС в данном классе.

а) При обозначении логических схем ($B_1 = Л$) B_2 может принимать значения:

- И — схема И,
- Л — схема ИЛИ,
- Н — схема И — НЕ,
- Б — схема ИЛИ — НЕ,
- С — схема И — ИЛИ,
- Р — схема И — ИЛИ — НЕ,
- П — прочие схемы.

б) При обозначении триггеров B_2 может быть следующим:

- С — запуск триггера по счетному входу,
- Р — запуск триггера по отдельным входам,
- К — комбинированный запуск,
- Ш — триггер Шмидта,
- Д — динамический триггер.

$C_2 C_3$ — цифры, указывающие порядковый номер данной серии. Полный номер серии образуется тремя цифрами $C_1 C_2 C_3$.

C_4 — цифра, обозначающая порядковый номер данной модификации внутри серии.

Тип ИС, записанный в виде 1ЛБ557, расшифровывается следующим образом:

- 1 — полупроводниковая интегральная схема,
- ЛБ — логическая схема И — НЕ (ИЛИ — НЕ),
- 55 — порядковый номер в серии 155,
- 7 — порядковый номер модификации внутри серии 155.

В схемной документации ЦВМ ЕС-1030 применяются другие условные обозначения модификаций ИС, состоящие из четырех знаков:

$B C_1 C_2 C_3$.

Основные параметры

Тип ИС	Число входов M	Коэф. разв. по выходу N	Максим. потребл. мощность в стат. режиме при 70°C , мВт	Время задержки выключ. при $T=25^{\circ}\text{C}$ $C_H=15$ пФ $N=10$ нс
1 ЛБ551	4	10	2×25	29
1 ЛБ552	8	10	25	33
1 ЛБ553	2	10	4×25	29
1 ЛБ554	3	10	3×25	29
1 ЛБ556	4	30	2×40	40
1 ЛБ557	4	—	2×40	—
1 ЛБ558	2	—	4×25	—
1 ЛР551	2×2	10	$2 \times 34,5$	35
1 ЛР553	$(3 \times 2) 3$	10	50	45
1 ЛП551	4	—	2×10	—
1 ЛП553	8	—	10	—

где B — буква;

Π_1, Π_2, Π_3 — цифры.

Первые два знака B и Π_1 обозначают серию ИС:

$TTL-1 \dots T1$;

$ECL-1 \dots E1$.

Вторые два знака $\Pi_2 \Pi_3$ обозначают модификацию ИС в данной серии.

Время задерж. вкл. при $T=25^{\circ}\text{C}$ $C_H=15$ пФ $N=10$ нс	Функциональное назначение	Идентификатор (схемное обозначение)
15	Два четырехходовых логических элемента И—НЕ	T 120
18	Восьмивходовой логический элемент И—НЕ	T 130
15	Четыре двухходовых элемента И—НЕ	T 100
15	Три трехходовых логических элемента И—НЕ	T 110
30	Два четырехходовых логических элемента И—НЕ	T 140
—	Два четырехходовых логических элемента И—НЕ с открытым коллекторным выходом	T 141
—	Четыре двухходовых логич. элемента с открытым коллекторным выходом	T 101
18	Два логических элемента 2И—2ИЛИ—НЕ, один из них расширяемый по ИЛИ	T 150
24	Логич. элемент 2И—2И—2И—3И—4 ИЛИ—НЕ с возможностью расширения по ИЛИ	T 153
—	Два четырехходовых расширителя по ИЛИ	T 160
—	Восьмивходовой расширитель по ИЛИ	—

В таблице 4.1.1 условное обозначение ИС в схемной документации приведено в графе «идентификатор».

4.2. Модульный принцип построения устройств ЭВМ ЕС-1030

Конструкция всех устройств ЭВМ ЕС-1030 разработана на базе единых конструктивных элементов (конструктивных модулей), предназначенных для размещения и компоновки электрон-

ного оборудования. Всего применено 5 стандартных модульных уровней (рис. 4.2.1).

В таблице 4.2.1 приведен перечень схемных и конструктивных модулей, каждый из которых соответствует определенному функциональному назначению.

Конструктивные и схемные модули построены по принципу входимости модуля низшего уровня в модуль высшего уровня.

Т а б л и ц а 4.2.1

Уровень модуля	Тип модуля	
	Схемный модуль	Конструктивный модуль
Первый	Логический элемент ИС	Корпус ИС
Второй	Узел функциональной схемы	Типовой элемент замены (ТЭЗ)
Третий	Функциональная схема	Панель
Четвертый	Функциональный блок	Рама
Пятый	Устройство, часть устройства	Стойка, тумба, пульт

Корпус интегральной схемы

Конструктивный модуль первого уровня — это корпус интегральной схемы, в который помещается один или несколько логических элементов. Максимальные размеры пластмассового герметизированного корпуса ИС составляют $19 \times 6,8$ мм.

Типовой элемент замены

Типовой элемент замены (ТЭЗ) является модулем второго уровня. ТЭЗ — конструктивно законченный узел, выполненный на базе печатной платы, на которой устанавливаются интегральные схемы и навесные электронные элементы. С одной стороны печатной платы располагается разъемная часть (на 48 или 90 контактов), с другой — лицевая планка. В ТЭЗ размером $155 \times 144 \times 14,5$ мм реализуется схема электрическая принципиальная некоторого узла.

В ТЭЗ с 48-контактным разъемом на контакты 1 и 47 подводится +5 В, а на контакты 2 и 48 — «земля».

В ТЭЗ с 90-контактным разъемом на контакты 1 и 89 подводится «земля», а на контакты 2 и 90 — +5 В.

На платах ТЭЗ маркируются шифр ТЭЗ, номера контактов разъема и координаты интегральных схем.

Типовые элементы замены могут быть двух модификаций: логические и специальные. В логическом ТЭЗ может устанавливаться 24 или 72 интегральных схемы модулей первого уровня. Специальные ТЭЗ кроме ИС могут содержать и навесные элементы.

Панель

Панель является конструктивным модулем третьего уровня и используется для размещения узлов и блоков различного назначения. Панель предназначена для установки и осуществления электрических соединений 40 или 20 типовых элементов замены (модулей второго уровня).

Электрические соединения между контактами разъемов, в которые вставляются ТЭЗ, осуществляются проводным (пайка или накрутка) или печатным монтажом.

Места расположения разъемов, блоки резисторов, шины, клеммы и другие элементы имеют на панели следующие обозначения:

разъем для ТЭЗ — *PT*;

разъем выходной — *PB*;

блоки резисторов — *KB*;

шины заземления — *XB*;

клеммы подключения питания — *HB*.

Узлы и блоки различного назначения, входящие в состав устройств ЕС-1030, по габаритам равны или кратны размерам панели.

Рама

Конструктивный модуль четвертого уровня — рама — предназначена для установки и электрических соединений модулей третьего уровня (панелей). Конструктивно рама представляет собой сборочную единицу, имеющую несущий сварной каркас, на котором крепятся панели, блоки питания и блоки другого назначения. Для охлаждения панелей и блоков в верхней и нижней частях рамы устанавливаются вентиляторы.

По принципу установки в стойку рамы подразделяются на раму *B* (среднюю неподвижную) и рамы *A*, *C* (крайние поворотные). Обозначения, принятые на раме:

разъемы, механически закрепленные на жгутах — «висячие» — *PP*;

шины питания — *XP*;

разъемы, подключаемые к БП и др., — *PB*.

Стойка

Конструктивный модуль пятого уровня — стойка — предназначена для установки и осуществления электрических соединений модулей четвертого уровня (рам). В стойках размещается элек-

тронное оборудование процессора, каналов и других устройств.

В стойке имеются две поворотные (крайние) рамы и одна неподвижная (средняя) рама.

Габаритные размеры стоек: $1600 \times 1200 \times 750$ мм; $1600 \times 1200 \times 860$ мм.

Обозначения, принятые в стойке:

разъемы — *РС*;

шина питания — *ХС*;

колодка питания — *КР*;

кнопка сигнализации — *ВН*.

Методы адресации конструктивных элементов

В связи с тем, что каждому схемному модулю соответствует вполне определенный конструктивный модуль (например, функциональному узлу соответствует ТЭЗ, функциональной схеме — панель — см. таблицу 4.2.1), на схемах приводится точная адресация отдельных элементов с указанием их расположения в конструктивном модуле (стойка, рама и т. д.).

Для записи конструктивных адресов используются: буквы латинского шрифта *A, B, C, D, E, H, K, M, P, T, X, Y*; арабские цифры и разделительные знаки — точка (*.*), дефис (*-*) и некоторые другие.

Для построения адреса применяются три метода: координатный, позиционный и координатно-позиционный.

Координатный метод применяется при расположении конструктивных элементов на плоскости в координатной сетке (рис. 4.2.2). Если элемент занимает более одной зоны координатной сетки, то его адрес указывается координатой левой верхней части элемента (например, адрес 6А на рис. 4.2.2).

Позиционный метод состоит в том, что адресом каждого элемента (конструктивной единицы) является буквенное или цифровое его обозначение на конструкции или на схеме (рис. 4.2.3).

Координатно-позиционный метод применяется тогда, когда в координатной сетке располагаются группы конструктивных единиц, а конструктивные единицы в пределах координатной сетки расположены нерегулярно.

Например, для того, чтобы указать место расположения некоторого ТЭЗа в стойке процессора, его адрес записывается следующим образом:

01А — 1Е20,

где 01 — позиционный адрес процессора;

А — рама стойки процессора;

1Е — адрес панели в раме;

20 — номер ТЭЗа на панели.

Аналогичным образом организуется адресация элементов оперативной памяти и каналов.

Для адресации конкретной интегральной схемы на типовом элементе замены используется координатная сетка, нанесенная на плату самого ТЭЗа (рис. 4.2.4).

Обозначение контактов разъемов

Контакты элементов для электрического подключения (контакты разъемов, колодок и т. п.) обозначаются координатным или позиционным методом. При этом отсчет номеров контактов ведется в соответствии с указанным на разъеме направлением.

На схемах обозначение контактов при координатном методе имеет вид

$X \ Y,$

где X — координата по оси X ;

Y — координата по оси Y .

Например, 1—1, 1—4, 10—1.

На рис. 4.2.5 изображен 40-контактный разъем.

Буква A поставлена около контакта, от которого начинается отсчет. Стрелка указывает направление отсчета контактов.

Конструктивный адрес контакта на одном из разъемов процессора может быть записан следующим образом:

01 C 20 PP 9—3,

где 01 — позиционный адрес процессора;

C — позиционный адрес рамы (рама C);

20 — позиционный адрес разъема на раме;

PP — тип разъема;

9—3 — адрес контакта в разъеме;

9 — № колонки контактов в разъеме;

3 — № ряда контактов.

При позиционном методе обозначения контактов каждый контакт имеет свой буквенно- числовой адрес.

При обозначении печатных панелей разъемных соединений применяется порядковая нумерация контактов. Например, двухрядные разъемы типовых элементов замены и контакты на самом ТЭЗ имеют порядковую нумерацию. Причем с одной стороны расположены нечетные контакты, а с другой — четные.

Для колодок и гребенок, являющихся промежуточным звеном при подсоединении к разъему, обозначение контактов соответствует способу обозначения контактов разъема.

4.3. Основные обозначения на принципиальных и функциональных схемах

Всю схемную документацию ЭВМ ЕС-1030 можно разделить на структурные схемы устройств, функциональные схемы блоков и принципиальные схемы типовых элементов замены (ТЭЗ). Следует отметить, что полных принципиальных схем на устройства и блоки в документации машины нет. При необходимости их можно получить путем дополнения (наращивания) функциональных схем

принципиальными схемами ТЭЗ, шифры которых указываются на соответствующих им элементах функциональной схемы.

В документации ЭВМ ЕС-1030 есть функциональные и принципиальные схемы трех форматов. Формат 1 имеет размеры 420×594 мм, а форматы 2 и 3 — 594×841 мм. Форматы 1 и 2 имеют по одному рабочему полю, предназначенному для изображения схемы, формат 3 имеет два идентичных поля (поле 1 — левое и поле 2 — правое), которые разделены промежутком.

На рабочие поля каждой из схем наносится прямоугольная координатная сетка, по оси абсцисс — буквы латинского алфавита, по оси ординат — арабские двузначные числа (рис. 4.3.1).

Отдельные элементы на принципиальных схемах, входные и выходные линии связи, а также соединительные линии изображаются в соответствии с принятым в ЕС ЭВМ стандартом, в основу которого положен гост. Однако принятый в ЕС ЭВМ стандарт допускает незначительные отклонения от госта, связанные с использованием автоматизированной системы изготовления схемной документации, позволяющей печатать схемы на внешних устройствах ЭВМ.

Все элементы, изображенные на принципиальной схеме, имеют в своем поле символ, обозначающий функцию, выполняемую элементом.

В таблице 4.3.1 приведены наиболее часто используемые в схемах символы функций элементов, выполняющих логическое преобразование.

Внутри основного поля базового элемента, изображаемого на схеме, помещают четыре строки информации (рис. 4.3.1).

Таблица 4.3.1

Название функции (элемента)	Символ функции (элемента)
Конъюнкция, И	&
Дизъюнкция, ИЛИ	∨
Сложение по модулю 2	M2
Триггер (память)	T
Одноразрядный комбинационный сумматор	CM
Полусумматор	PC
Сравнение	CP
Регистр	P
Дешифратор	ДШ
Счетчик	СЧ
Резистор	P
Конденсатор	C
Диод	Д
Транзистор	ТТ
Усилитель	У
Усилитель мощный	УМ
Генератор	Г
Мультивибратор	МВ
Элемент задержки	D

В первой строке записывают символ функции (например, &, 1, С).

Во второй строке записывают условное обозначение микросхемы ($T150$, $T120$, $T130$) или позиционный адрес элемента ($C-01$).

Третья строка информации предназначена для записи координат той зоны рабочего поля, в которой расположена верхняя часть элемента ($B06$, $D06$, $E06$, $F05$). На первом месте указывают координату по горизонтали, на втором месте — координату по вертикали.

Четвертая строка информации служит для указания сокращенного конструктивного адреса. Например, $H1-2$ обозначает, что изображен второй логический элемент микросхемы $T150$ ($1LP551$) с координатами на панели ТЭЗа $H1$.

Обозначения на входах и выходах элементов

Все входы и выходы интегральных микросхем и других элементов на схемах помечаются номером контакта. На верхнем элементе схемы ИЛИ (рис. 4.3.1) входными являются контакты 13, 01, 09, 10, а выходным — контакт 08.

Стандарт допускает возможность не показывать на схемах выводы и номера контактов питания микросхем, однако в этом случае на схеме дается указание о том, куда они должны быть подключены. Например, 7-е контакты микросхем подключить к потенциалу «земля», а 14-е контакты — к потенциалу $+5 В$.

Номера контактов элементов записываются у соответствующего входа или выхода над линией электрической связи, но допускается также размещение номеров контактов в разрывах линий связи.

Обозначение контактов разъема ТЭЗа

Линии, соединенные с входными контактами разъема, всегда начинаются на левой границе рабочего поля (на рис. 4.3.1 контакты 45, 44, 43, 41, 40, 01, 47, 48, 02). Линии, соединенные с выходными контактами разъема, заканчиваются у правой границы поля схемы (на рис. 4.3.1 контакты 46 и 42).

Для облегчения работы со схемой на входящих в лист и выходящих из листа схемы линиях связи указывается наименование сигнала в сокращенном или символическом виде с применением условных обозначений.

На принципиальных схемах помещают перечень элементов с указанием их наименования, позиционного обозначения и количества (рис. 4.3.1).

Функциональные схемы оформляются аналогично принципиальным схемам. Они имеют такую же координатную сетку и аналогичное обозначение функциональных элементов. Функциональные

схемы, как правило, выполняются на нескольких листах. Например, функциональная схема блока арифметического логического содержит 21 лист формата № 3. На линиях связи, входящих в лист и выходящих из листа, кроме наименований сигналов указываются адреса листов, откуда эти сигналы приходят или уходят. На функциональных схемах указываются также адреса ТЭЗ и их шифры.

4.4. Построение типовых узлов

Регистры, используемые в узлах машины, представляют собой совокупность триггеров и логических схем, обеспечивающих прием, выдачу, преобразование информации и другие операции. Регистры выполняются, как правило, на триггерах типа *RS* или *D*.

На рис. 4.4.1 приведены два варианта регистров. Схема, изображенная на рис. 4.4.1а, обеспечивает прием и хранение информации. Информация принимается парафазным кодом. Для приема информации в прямом или обратном коде сигналы X и $\bar{X}$ на входах должны предварительно инвертироваться.

Регистр, изображенный на рис. 4.4.1б, обеспечивает сдвиг информации, находящейся в регистре, вправо (шина управления Π) или влево (шина $\mathcal{L}$). При сдвиге используется парафазный код, снимаемый с выходов триггеров. Для сдвига информации в регистре более чем на один разряд (на 2 или 4) импульсы сдвига подаются соответствующее число раз.

Передача информации с регистра, как правило, объединяется с операцией приема информации в другой регистр. При подключении к входу регистра нескольких источников информации последовательность передач определяется логическими схемами, стоящими на входе, и соответствующими управляющими сигналами.

Счетчики в устройствах ЕС-1030 применяются для подсчета количества переданных байт информации, числа сдвигов, хранения и изменения порядка чисел и т.п. Большинство счетчиков выполнено на триггерах *RS* или триггерах типа *D*. Переключение разрядов счетчика в новое состояние происходит при подаче импульсов счета.

На рис. 4.4.2 показаны схема двуразрядного счетчика и временная диаграмма, поясняющая его работу.

Дешифраторы предназначены для расшифровки поступающего на его вход кода и выработки управляющего сигнала на одном из выходов. Дешифратор, имеющий на своих входах n -разрядный двоичный код, должен иметь не более 2^n выходов, так как n -разрядный двоичный код дает 2^n возможных комбинаций.

Особенностью использования дешифраторов в схемах управления ЭВМ ЕС-1030 является то, что дешифратор на определенную группу входных (n) сигналов ставится не в одном месте, а расчленяется на отдельные дешифрирующие части (см. рис. 4.4.3

I—VIII), которые устанавливаются непосредственно в местах потребления управляющих сигналов. Этим достигается значительное сокращение количества шин управления в жгутах.

На рис. 4.4.3 и 4.4.4 показаны схемы дешифраторов на 8 и 16 выходов.

Для установки исходного состояния или для включения различных режимов работы, в устройствах машины широко применяется генератор одиночных импульсов (ГОИ). Схема и временная диаграмма работы ГОИ приведена на рис. 4.4.5.