

СМ ЭВМ:

КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ
И ПРИМЕНЕНИЕ

СМ ЭВМ: КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ

Под редакцией
Н. Л. ПРОХОРОВА

2-е издание
переработанное и дополненное



МОСКВА
„ФИНАНСЫ И СТАТИСТИКА”
1986

ББК 32.973.2
С 32
УДК 681.3

Авторы:

Г. А. ЕГОРОВ, К. В. ПЕСЕЛЕВ, В. В. РОДИОНОВ, С. Н. ХРУЩЕВ.
В. А. БУДНИЦКИЙ, В. Л. КАРОЛЬ, М. С. КОЛОСКОВ,
В. С. КРАВЧЕНКО, М. А. ОСТРОВСКИЙ, А. Я. СОКОЛОВ

Рецензенты:

д-р техн. наук, проф. В. А. МЯСНИКОВ
и канд. физ.-мат. наук С. П. ПРОХОРОВ

СМ ЭВМ: Комплексирование и применение/Г.А. Егоров,
С32 К.В. Песелев, В. В. Родионов и др.; Под ред. Н.Л. Прохорова.— 2-е изд., перераб.
и доп. — М.: Финансы и статистика, 1986.—304 с.: ил.

В книге рассматриваются основные модели классов микро-, мини- и мега-мини-СМ ЭВМ (2-я и 3-я очереди). Анализируются архитектурные особенности, системотехнические характеристики, технические и программные средства. Даются рекомендации по повышению эффективности применения СМ ЭВМ. в гибких автоматизированных производствах, конструкторских бюро, системах учета и контроля.

Для инженерно-технических и научных работников в области вычислительной техники и автоматизированных систем управления,

С $\frac{2405000000 - 123}{010 (01) - 86}$ 118 – 86

ББК 32.973.2

© Издательство «Статистика», 1980
© Издательство «Финансы и статистика», 1986

ВВЕДЕНИЕ.....	7
---------------	---

Глава

1СИСТЕМОТЕХНИЧЕСКИЕ
ХАРАКТЕРИСТИКИ СМ ЭВМ

1.1 ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ СМ ЭВМ.....	9
1.2 ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ ВИДЕОТЕРМИНАЛЫ СМ ЭВМ	11
1.3 СИСТЕМНЫЕ УСТРОЙСТВА СМ ЭВМ	12
1.4 СРЕДСТВА ТЕЛЕОБРАБОТКИ СМ ЭВМ	14
1.5 ВОПРОСЫ СОВМЕСТНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СМ ЭВМ И ЕС ЭВМ	16
1.6 ПРОБЛЕМНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ КОМПЛЕКСЫ НА БАЗЕ СМ ЭВМ.....	18
1.6.1 Измерительно-вычислительные комплексы.....	18
1.7 КОМПЛЕКСЫ АВТОМАТИЗАЦИИ РАБОЧИХ МЕСТ.....	20
1.8 АНАЛИЗ СИСТЕМОТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СМ ЭВМ.....	23
1.9 ПОСТРОЕНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ ИНТЕГРИРОВАННЫХ АСУ (ТИПА ГАП) НА БАЗЕ СМ ЭВМ	27
1.10 КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ СМ ЭВМ ПО КРИТЕРИЮ НАДЕЖНОСТИ	35
1.11 ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ КОМПЛЕКСИРОВАНИЯ ВЫСОКОНАДЕЖНЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ СМ ЭВМ.....	37
1.12 РАСЧЕТ ОЦЕНОК «ПОТЕРИ НА НАДЕЖНОСТЬ»	46
1.13 ПОКАЗАТЕЛИ ПРЕДЕЛЬНОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СМ ЭВМ.....	52

Глава

2АРХИТЕКТУРА КОМПЛЕКСОВ
СМ ЭВМ С ИНТЕРФЕЙСОМ
«ОБЩАЯ ШИНА»

2.1 ВВЕДЕНИЕ В АРХИТЕКТУРУ	56
2.1.1 Регистры процессора	57
2.1.2 Регистр слова состояния процессора	57
2.1.3 Система прерываний.....	58
2.1.4 Представление данных	59
2.1.5 Режимы адресации	61
2.1.6 Система команд.....	66
2.2 ОБЩИЙ АЛГОРИТМ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОРА	66
2.3 АРХИТЕКТУРА МИКРОПРОГРАММНОГО УРОВНЯ.....	69
2.4 ФУНКЦИИ ДИСПЕТЧЕРА ПАМЯТИ.....	73
2.5 ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ТЕЛЕОБРАБОТКИ СМ ЭВМ.....	76
2.5.1 Асинхронные адаптеры СМ ЭВМ	76
2.5.2 Асинхронные мультиплексоры.....	79
2.5.3 Синхронный адаптер АДС-С	85
2.5.4 Синхронно-асинхронный мультиплексор МПД-ПСА.....	89
2.5.5 Комплексные сетевые компоненты	90
2.6 УСТРОЙСТВА СВЯЗИ С ОБЪЕКТОМ С ВЫХОДОМ НА ИНТЕРФЕЙС «ОБЩАЯ ШИНА»	92
2.6.1 Устройство связи с объектом СМ-9104	92
2.6.2 Устройство комбинированное быстродействующее типа УКБ-200	97

3.1	АРХИТЕКТУРА СМ-1800	100
3.2	ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА СМ-1800	102
3.3	ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ АРХИТЕКТУРЕ МИКРОЭВМ СМ-1810	105
3.4	СРЕДСТВА УСО, ВЫХОДЯЩИЕ НА ИНТЕРФЕЙС И41 МИКРОЭВМ СМ-1800	113
3.5	ИНТЕРФЕЙС ЛИНЕЙНОЙ СВЯЗИ С ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЙ ПЕРЕДАЧЕЙ ИНФОРМАЦИИ ИЛПС-2	117

4.1	ОПЕРАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ СМ ЭВМ	120
4.1.1	Операционная система реального времени ОС РВ	120
4.1.2	Операционная система реального времени с разделением функций РАФОС	126
4.1.3	Малая исполнительная операционная система реального времени (МИОС РВ)	129
4.1.4	Диалоговая многотерминальная система ДИАМС	130
4.1.5	Дисковая операционная система коллективного пользования	133
4.1.6	Инструментальная мобильная операционная система (ИНМОС)	137
4.1.7	Тестовая диагностическая операционная система ТЕДОС	140
4.2	ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА ТЕЛЕОБРАБОТКИ СМ ЭВМ	141
4.2.1	Пакет программ для создания однородных сетей СМ ЭВМ (ПП СЕТЬ СМ)	141
4.2.2	Пакет программ для поддержки бездисковых сателлитных узлов в однородных сетях СМ ЭВМ (ПП СЕТЬ МИКРО)	145
4.2.3	Пакет программ сетевой телеобработки данных (ТОДАС)	146
4.2.4	Программные средства для создания неоднородных иерархических многомашинных комплексов	147
4.3	СИСТЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ БАЗАМИ ДАННЫХ СМ ЭВМ	147
4.3.1	Система управления данными	148
4.3.2	Интерактивная система ввода и обработки данных ФОБРИН-2	148
4.3.3	Малая иерархическая распределенная информационная система (МИРИС)	150
4.3.4	Реляционная информационная база данных (РИБД)	150
4.3.5	Система управления базами данных СЕТОР СМ	151
4.4	ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МИКРОЭВМ СМ-1800 И СМ-1810	152
4.4.1	Система программного обеспечения (СПО)	154
4.4.2	Операционная система общего назначения ОС 1800	156
4.4.3	Дисковая операционная система для подготовки программ реального времени ДОС 1800	158
4.4.4	Операционные системы реального времени для СМ-1800	162
4.4.5	Пакеты прикладных программ для СМ-1800	167
5.1	КЛАССИФИКАЦИЯ КОМПЛЕКСОВ	170
5.2	ЛОГИЧЕСКАЯ КОМПОНОВКА	171
5.3	КОНСТРУКТИВНАЯ КОМПОНОВКА	172
5.4	ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ КОМПОНОВКА	173
5.5	СИСТЕМА ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ	175
5.6	ОГРАНИЧЕНИЯ, НАКЛАДЫВАЕМЫЕ ПРОГРАММНЫМ ОБЕСПЕЧЕНИЕМ НА КОМПОНОВКУ УВКС	176

5.7	ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ ПО КОМПОНОВОЧНЫМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В УВКС	179
5.8	ОПИСАНИЕ ТИПОВЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КОМПЛЕКСА	182
5.9	ТИПЫ КАБЕЛЕЙ И РАЗЪЕМОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ПОДКЛЮЧЕНИЯ УСТРОЙСТВ К ОШ	185
5.10	ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ УВКС	188
	ЛИТЕРАТУРА	190

ВВЕДЕНИЕ

В Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1986—1990 годы и на период до 2000 года говорится, что одним из основных резервов ускоренного развития народного хозяйства является широкое внедрение достижений научно-технического прогресса, массовое освоение новых поколений ЭВМ всех классов — от суперЭВМ до персональных для школьного обучения. Особое место среди них занимают мини- и микро-ЭВМ, преимущества которых заключаются в низкой стоимости, малых габаритах, высокой надежности, возможности встраивания непосредственно в объекты измерения, управления и контроля.

Работы по созданию мини-ЭВМ в СССР и странах социалистического содружества, которые сконцентрировались в рамках СМ ЭВМ, в настоящее время являются основой создания систем автоматизации управления и обработки информации во всех отраслях народного хозяйства. Это определяется прежде всего тем, что СМ ЭВМ объединяют в рамках одного семейства базовые модели ряда архитектурных линий: 8-, 16- и 32-разрядных процессоров с производительностью до 1—5 млн. операций (со спецпроцессором до 10—70 млн. операций/с). Развитое периферийное оборудование, базовое программное обеспечение, технические и программные средства для сетевой телеобработки удовлетворяют широкому спектру требований на всех уровнях комплексных интегрированных систем управления объектами. Уже накоплен большой опыт по созданию АСУ ТП, АСУП, САПР, АСУ контроля и измерения, управления качеством, автоматизации научного эксперимента, управления на транспорте, в системах связи и т. д.

Рост требований к СМ ЭВМ, расширение масштабов и сокращение сроков их внедрения в народное хозяйство повышают актуальность разработки принципов комплексирования вычислительных систем (ВС) с заданными характеристиками.

Со времени выхода 1-го издания книги «Малые ЭВМ и их применение» (1980 г.) произошла смена двух очередей СМ ЭВМ. В связи с этим данное переработанное издание представляет значительно расширенное описание по существу нового поколения СМ ЭВМ. Авторы — разработчики данных систем — стремились в рамках одной книги представить читателям достаточно полную информацию по номенклатуре технических и программных средств, отразить принципиальные особенности построения архитектуры всех основных моделей СМ ЭВМ, рассмотреть специально доработанные для условий применения СМ ЭВМ методы комплексирования высоконадежных и высокопроизводительных вычислительных систем.

В 1-й главе приводятся системотехнические характеристики СМ ЭВМ, уточняются параметры отдельных групп оборудования и основных моделей. Рассмотренные многопараметрические оценки эффективности применения СМ ЭВМ детализируются на примерах построения многоуровневых иерархических комплексных систем управления типа ГАП.

Важное практическое значение имеют сформулированные принципы комплексирования ВС с предельными показателями производительности и надежности. Эффективность этих методов определяется с учетом видов отказов и запаздывания в срабатывании абсолютных приоритетов при критических запасах, как в больших сложных системах.

В следующих главах рассматриваются архитектурные особенности СМ-1300, СМ-1300.01, СМ-4, СМ-1420, СМ-1600 (гл. 2), СМ-1800, СМ-1804 и СМ-1814 (гл. 3), уточняются характеристики средств телеобработки, устройств связи с объектом.

В 4-й главе описываются системы реального времени, инструментальные, многопользовательские, тест-мониторные и мобильные (машинезависимые) ОС, процедурно- и функционально ориентированные пакеты прикладных программ, системы сетевой телеобработки (однородные и неоднородные с ЕС ЭВМ).

В 5-й главе обобщается практический опыт компоновки комплексов СМ ЭВМ расширенного состава и рассматривается система автоматизации проектирования комплексов по заданным требованиям заказчика.

При написании книги авторы распределили работу следующим образом: Песелевым К. В. написаны гл. 1-я и 5-я (п. 1.2, 1.3, 1.6 — совместно с Будницким В.А. и Хрущевым С.Н., п. 1.4 — Колосковым М.С, п. 5.10, 5.11—совместно с Хрущевым С.Н.); Родионовым В.В. и Островским М.А.— гл. 2, п. 2.1—2.3, Колосковым М.С. — гл. 2, п. 2.5, Соколовым А.Я.— гл. 2, п. 2.6; Кравченко В.С —гл. 3, п. 3.1—3.3, Соколовым А.Я. —гл. 3, п. 3.4, 3.5; Егоровым Г.А.— гл. 4, п. 4.1, Каролем В.Л. —гл. 4, п. 4.2, 4.3 и

Кравченко В.С —гл. 4, п. 4.4.

При подготовке книги были учтены пожелания и замечания ряда проектно-конструкторских организаций, заводов и научно-исследовательских институтов.

Авторы выражают благодарность коллективу кафедры системотехники Московского инженерно-физического института, зав. этой кафедры доктору технических наук, профессору Мясникову В. А. и кандидату физико-математических наук Прохорову С. П., выполнивших большой труд по рецензированию рукописи.

1.1.

ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ СМ ЭВМ

Массовое применение малых ЭВМ во всех основных отраслях народного хозяйства на первый план выдвигает задачи создания однопроцессорных и многомашинных комплексов, оптимальным образом удовлетворяющих широкому спектру требований пользователей. С учетом этого в рамках СМ ЭВМ реализуются архитектурные конструктивные решения, разрабатываются программные средства, обеспечивающие возможности гибкой компоновки комплексов.

Комплексы СМ ЭВМ должны обеспечивать оптимальное (в смысле технико-экономических характеристик) подстраивание под широкий класс систем вплоть до комплексных интегрированных АСУ сложными технологическими объектами. В связи с этим СМ ЭВМ объединяет ряд архитектурных линий, для каждой из которых разрабатывается несколько совершенных систем программного обеспечения, включая и средства сопряжения с другими линиями. Основные характеристики процессоров СМ ЭВМ — разрядность, объем ОЗУ, быстродействие (тыс. коротких оп./с) — для интерфейсов «Общая шина» (ОШ), И41, 2К и ИУС [30] приведены на рис. 1.1. Наряду с объединением в семействе СМ ЭВМ машин с разными архитектурами, разным исполнением на передний план выдвигаются требования обеспечения возможности совместной работы различных по классу периферийных устройств, терминальных станций, устройств межмашинной связи и телеобработки в высокоэффективных режимах обработки информации, привязанных к конкретным объектам автоматизации. Поэтому одно из центральных мест в общей программе развития СМ ЭВМ занимают работы по созданию и освоению в серийном производстве периферийного оборудования для мини- и микроЭВМ. Периферийное оборудование составляет от 70 до 80% стоимости управляющих вычислительных комплексов и существенно влияет на основные технические и эксплуатационные характеристики автоматизированных систем — производительность, надежность и т. п. В целом периферийное оборудование СМ

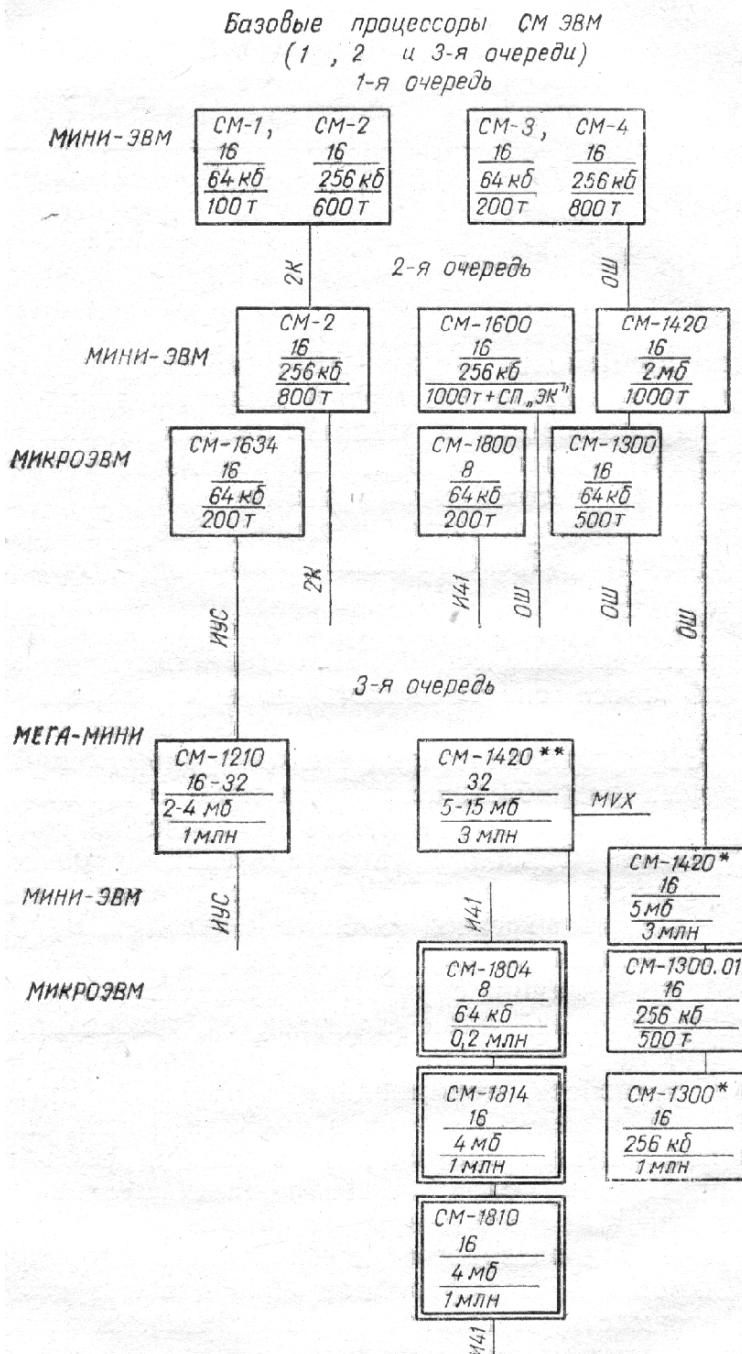


Рис. 1.1. Базовые процессоры СМ ЭВМ

ЭВМ характеризуется очень большой номенклатурой, определяемой широким диапазоном применения СМ ЭВМ, высокими требованиями к компактности (во многих случаях встраиваемые модули), к надежности и эргономическим параметрам из-за массового внедрения и относительно низкой стоимостью, которая должна стимулировать внедрение вычислительной техники во все отрасли народного хозяйства.

Сохранение основных системных интерфейсов, базового набора команд, совместимость с программным обеспечением нижних моделей не только при эволюционном развитии (ОШ: СМ-3 — СМ-4 — СМ-1420 — СМ-1600 — СМ-1300 — СМ-1300.01; И41: СМ-1800 — СМ-1804), но и при качественном изменении архитектуры (создание 32-разрядных мега-мини СМ-1420** и 16-разрядных микроЭВМ СМ-1810, СМ-1814) является одним из важнейших принципов развития СМ ЭВМ. Благодаря этому к настоящему времени номенклатурный перечень периферийного оборудования СМ ЭВМ включает практически все необходимые устройства для создания автоматизированных систем по основным областям применения СМ ЭВМ. Всего в официальную номенклатуру СМ ЭВМ входит более 100 периферийных устройств.

Основные классы периферийных устройств, средств телеобработки и средств комплексирования многомашинных комплексов, а также типы интерфейсных контроллеров, уточняющие ориентацию СМ ЭВМ на области применения, приведены на рис. 1.2.

Накопители на магнитных дисках (кассетные) СМ-5402 (СМ-5400), СМ-5415 (СМ-5408), СМ-5407 в настоящее время имеют емкость от 4,8 до 80 Мбайт. Так как к одному контроллеру можно подключать от 2 до 8 НМД, то серийно поставляемыми накопителями удовлетворяются требования системных НМД и обеспечивается возможность построения высокореактивных баз данных расширенного объема. Задачи повышения надежности, прежде всего для систем типа АСУ ТП, автоматизированных систем контроля и измерений оборудования (АСКИО), систем автоматизации научного эксперимента (САНЭ) и расширения объемов обрабатываемых информационных массивов (системы САПР, диспетчеризация, оперативное планирование, научно-технические, инженерные и экономические расчеты) решаются разработкой винчестерских НМД емкостью от 10 до 160 Мбайт.

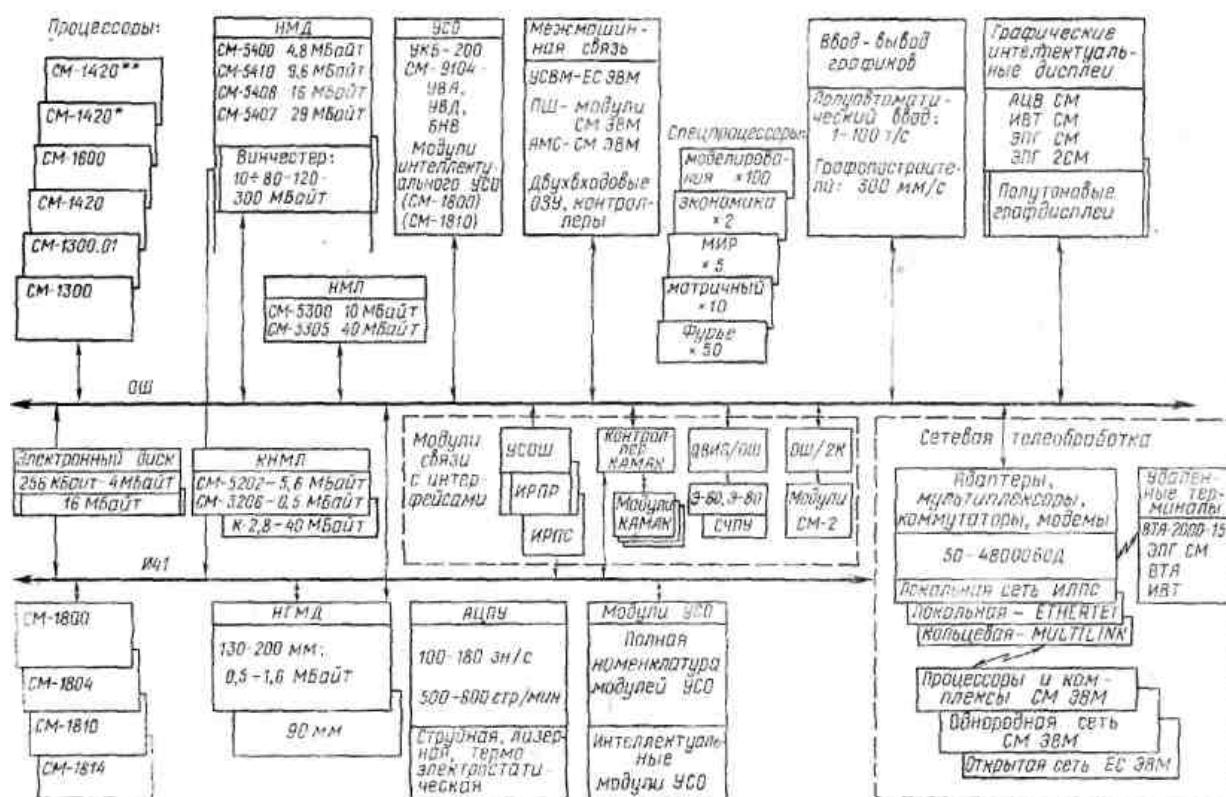


Рис 1.2. Технические средства СМ ЭВМ

Для создания высокореактивных системных устройств, прежде всего на базе процессоров микроЭВМ

** Примечание. СМ-1420** соответствует СМ-1700 [45].

без диспетчеров ОЗУ объемом 2—4 Мбайта, серийно выпускаются «электронные диски» — ВЗУ полупроводниковые (ВЗУП) объемом до 4 Мбайт и с малым временем доступа (ограничивается только реактивность прямого доступа в ОЗУ). Эти устройства имеют файловую организацию памяти, соответствующую НМД, и могут работать со стандартными драйверами НМД без каких-либо переработок системного ПО.

Накопители на гибких магнитных дисках благодаря более низким требованиям к условиям эксплуатации и низкой стоимости используются либо как системные устройства микроЭВМ, либо как устройства, обеспечивающие совместимость по носителям разных комплексов. Наиболее распространенным в настоящее время является устройство НГМД (накопитель) СМ-5631 (ЕС-5074) емкостью 0,5 Мбайта. Перспективными для применения в XII пятилетке будут НГМД увеличенного объема (3,2—12,8 Мбита) и меньших габаритов (диаметром 130 и 90 мм).

Накопители на магнитных лентах служат для построения архивов данных, хранения полупостоянной информации. В зависимости от класса комплекса в СМ ЭВМ могут применяться либо бобинные (СМ-5301 — 20 Мбайт, СМ-5003 — 40 Мбайт), либо кассетные НМЛ (СМ-5208 — 0,8 Мбайта, СМ-5211 — 0,5 Мбайта). Для использования дисков большого объема с увеличенной скоростью доступа (типа винчестерских) необходимо создание так называемых потоковых (стримминговых) КНМЛ объемом не менее 10 Мбайт. Такие накопители должны поставляться прежде всего с комплексами, работающими с несменными винчестерскими НМД, и обеспечивать как загрузку НМД на начальном этапе решения задачи, так и сохранение промежуточных (конечных) массивов в моменты прерывания обработки данной задачи.

Для сокращения затрат времени контроллеры винчестерских дисков должны допускать режим параллельной потоковой записи всей информации на стримминговую ленту при записи информации на НМД.

Производительность комплексов СМ ЭВМ может быть значительно увеличена (в 5—100 раз) благодаря применению спецпроцессоров. При этом на выбранном классе алгоритмов мини-ЭВМ будет обладать производительностью больших ЭВМ. В настоящее время широко используются следующие спецпроцессоры:

процессор быстрых преобразований Фурье (БПФ) для решения задач обработки сигналов, связанных с выполнением большого числа Фурье-преобразований (анализ радиолокационных сигналов и т. д.). Максимальный объем обрабатываемых массивов — 4096 комплексных точек; время выполнения Фурье-преобразования для массива 1024 точек — около 3 мс;

параллельный матричный процессор (ПМП) для решения задач фильтрации, операций с векторами и матрицами, выполнения Фурье-преобразований и т. д.; применяется в топографии, при анализе и преобразовании изображений и т. д. ПМП имеет микропрограммное управление, и путем смены памяти микропрограмм можно изменять выполняемый ПМП набор инструкций. Производительность: умножение векторов размерностью 1000×1000 — 2 мс, выполнение Фурье-преобразования до 1024 комплексных точек — 14 мс;

языковый процессор АНАЛИТИК для интерпретации языка АНАЛИТИК машин семейства «Мир»; применяется для научных и инженерных расчетов. На базе процессора АНАЛИТИК и СМ-4 построен проблемно-ориентированный многопроцессорный комплекс СМ-1410 для научных расчетов;

языковый экономический процессор для решения экономических задач; обеспечивает программную совместимость с ранее выпускавшейся машиной АСВТ М-5000. На базе экономического процессора и СМ-1420 построен проблемно-ориентированный многопроцессорный комплекс СМ-1600 для решения учетно-плановых и экономических задач.

1.2.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ ВИДЕОТЕРМИНАЛЫ СМ ЭВМ

Номенклатура дисплеев СМ ЭВМ должна удовлетворять требованиям широкого круга пользователей. Особенность дисплеев заключается в том, что они устанавливаются непосредственно на рабочем месте пользователя и являются тем инструментом, с помощью которого осуществляется связь с ЭВМ. Поэтому конструкция и технические характеристики дисплеев должны учитывать конкретные условия их применения, характер задач, решаемых пользователем. Это особенно важно для повышения эффективности применения СМ ЭВМ у малоподготовленного пользователя. Вместе с тем при серийном

производстве и с целью упрощения эксплуатации номенклатура дисплеев и их функциональных узлов должна быть ограничена.

Широкая перспектива для совершенствования дисплеев появилась с применением микропроцессоров, а также контроллеров для устройств ввода-вывода информации, клавиатур и формирователей видеосигнала, выполненных в виде БИС К отечественным микропроцессорным дисплеям, разработанным для СМ ЭВМ, относятся ВТА-2000-15, АЦВ СМ, СВТУ СМ, ИВТ СМ.

Все указанные дисплеи построены на единой элементно-конструктивной базе с применением получившего наибольшее признание в дисплейной технике микропроцессорного набора серии К580. В дисплеях АЦВ СМ, СВТУ СМ, ИВТ СМ использованы архитектурные принципы микроЭВМ СМ-1800 и межблочный интерфейс И41, разработанный для этой системы и совместимый с широко распространенным интерфейсом «мультибас». Совместимость по интерфейсу с СМ-1800 позволяет использовать унифицированные модули этой системы.

ВТА-2000-15 является черно-белым алфавитно-цифровым дисплеем с расширенным набором команд редактирования. Выпускается в нескольких модификациях, отличающихся типами интерфейса и количеством знаков на экране.

АЦВ СМ — видеотерминал с программируемым форматом, обеспечивающим отображение алфавитно-цифровых текстов, псевдографической символьной информации типа мнемосхем, гистограмм, графиков, а также растровой полутоновой информации. К устройству могут подключаться цветные ВКУ.

СВТУ СМ предназначен для корректуры текстов в полиграфии. Отличается большим набором программируемых символов и развитой клавиатурой. При разработке СВТУ СМ использовано большое преимущество микропроцессорных систем — программное управление. Этот дисплей полностью построен из модулей видеотерминала АЦВ СМ, но за счет изменения программы получено новое устройство, отличающееся характеристиками и назначением.

Старшей моделью ряда алфавитно-цифровых видеотерминалов является интеллектуальный алфавитно-цифровой видеотерминал ИВТ СМ с расширенными возможностями отображения и обработки информации. Интеллект этого терминала заключается в том, что он обеспечивает выполнение не только тех команд, которые записаны в постоянную память (ПЗУ) при изготовлении, но позволяет пользователю программировать широкий круг задач на языках высокого уровня. ИВТ СМ осуществляет работу как в составе комплексов СМ ЭВМ, так и в автономном режиме.

Широкое распространение в системах автоматизации проектирования в машиностроении, радиоэлектронике, строительстве, диспетчерских системах находят различные электронные построители графиков (ЭПГ).

ЭПГ СМ выполнен на современной элементной базе, имеет в своем наборе 128 символов, осуществляет 128 запросов от функциональной клавиатуры. ЭПГ позволяет отображать на мониторе графическую и алфавитно-цифровую информацию в векторном или точечном режимах. Вывод отображаемой информации осуществляется из оперативной памяти ЭВМ. При помощи светового пера и функциональной клавиатуры можно выполнять редактирование изображений и другие стандартные операции.

На базе ЭПГ СМ и микроЭВМ СМ-1300 разработан графический интеллектуальный видеотерминал ЭПГ-2, который обеспечивает взаимодействие с пользователем в интерактивном режиме. ЭПГ-2 представляет свободно программируемый комплекс на базе операционной системы РАФОС. Он позволяет при помощи имеющегося в нем адаптера связи организовать иерархические системы автоматизации проектирования и исследований.

1.3.

СИСТЕМНЫЕ УСТРОЙСТВА СМ ЭВМ

Парк разработанных и выпускаемых технических средств (ТС) комплексов СМ ЭВМ позволяет создавать на их основе не только однопроцессорные одномашинные вычислительные и управляющие комплексы, но и развитые комплексы повышенной производительности и/или надежности.

Для организации комплексов с расширенными возможностями требуются специальные системные устройства, число которых, к сожалению, пока что невелико. К числу устройств, обеспечивающих обмен или переключение аппаратуры на уровне внутрисистемных связей, относятся:

переключатель шины (ПШ);
двухпортовые оперативная память и накопитель на МД;
адаптер межпроцессорной связи (АМС);
контроллер K5 (адаптер связи типа «Дуплексные регистры»).

Все перечисленные устройства осуществляют связь на уровне пары системных интерфейсов типа «Общая шина».

Кратко охарактеризуем возможности перечисленных выше устройств связи и переключения. Более подробно со всеми этими устройствами можно познакомиться в [16].

Выбор типа устройства для комплексируемого УВК определяется в основном тем, какие системные задачи пытаются решать проектировщик и заказчик.

Переключатель шины (ПШ) — электронный переключатель, позволяющий переключать отдельное периферийное устройство (ПУ) или группу таких устройств с «Общей шины» одного процессора на «Общую шину» другого. При введении переключателей в ВК последние могут быть использованы следующим образом:

для разделения периферийных устройств (их ресурсов) между двумя процессорами;

для доступа к периферийным устройствам и УСО, связанным с объектом управления, резервному (фоновому) процессору в случае отказа основного процессора;

для создания условий выполнения резервным процессором диагностических и тестовых программ отказавших или неправильно функционирующих ПУ;

для отладки различных программ на фоновом вычислительном комплексе;

для отключения участка шины с периферийными устройствами с целью выполнения ремонтных работ, замены без выключения основного процессора.

ПШ обеспечивает возможность работы процессоров обоих комплексов с разделяемыми устройствами, но каждому его переключению с одной шины на другую должна предшествовать процедура его программной настройки. Поэтому его основное назначение — резервирование процессора и устройств при создании комплексов повышенной надежности и живучести.

Двухпортовая оперативная память (ОП). В сложных ВК часто требуется обеспечить быструю связь между несколькими процессорами. Проще всего это можно выполнить, если данные, подготовленные процессором в ОЗУ одной системы, не перемещать в другую, а осуществить к ним непосредственный доступ со стороны процессора другой системы, т. е. там, где эти данные тоже требуются. Подобная схема построения ВК легко реализуется с помощью так называемых многопортовых устройств оперативной памяти. На практике чаще всего используются модули ОП с двумя и четырьмя портами.

В составе технических средств СМ ЭВМ имеется серийно выпускаемый модуль ОП с двухсторонним доступом (СМ-3509).

Достоинством многопортовых устройств ОП является возможность работы в интерливинговом режиме, недостатком — уменьшение общего объема оперативной памяти всей системы в целом на объем общего поля памяти (из-за ограничения адресного пространства процессора).

Двухпортовый диск. Двухпроцессорный ВК с общим полем оперативной памяти (на базе двухпортовых устройств ОП) может иметь большую производительность, надежность и гибкость в управлении, если для организации ВЗУ вместо обычного диска, разделяемого, например, с помощью ПШ, ввести в систему двухпортовый диск (ДД). В этом случае любой из процессоров получает прямой доступ к общим файлам системы. При этом процедура работы с файлами упрощается (по сравнению с использованием однопортовых дисков, принадлежащих каждый своему комплексу).

В СМ ЭВМ устройство внешней памяти СМ-5407 емкостью 29 Мбайт выполнено в двухпортовом исполнении.

Адаптер межпроцессорной связи типа «окно» расширяет концепцию памяти с двухсторонним доступом. Он обеспечивает быстрый доступ процессору одного из комплексов не только к памяти, но и к любому из периферийных устройств другого комплекса. АМС полностью симметричен к обоим «Общим шинам» комплексов. С помощью адаптера межпроцессорной связи обеспечивается обмен между «Общими шинами» как в программном режиме отдельными словами или байтами, так и в мультиплексном режиме прямого доступа к памяти — массивами данных. Задержка на передачу элемента информации (слова, байты) через АМС дополнительно к обычному циклу обмена не превышает 350 нс.

Любая неиспользуемая (физически отсутствующая) в комплексе область адресов интерфейса ОШ (например, размером $\frac{1}{2}$ К, 1К, 2К, 4К, 8К, 16К или 32К адресов) может быть использована в качестве

«окна» для подключения АМС. Обычно эта область адресов размещается за последним физическим модулем ОП. Можно иметь несколько «окон» (АМС) для связи с другими комплексами.

Контроллер К5 представляет собой адаптер связи, обеспечивающий организацию программно-управляемой передачи 16-разрядных данных между ОШ и периферийным устройством. Он может быть использован также в качестве средства межпроцессорной программной связи, позволяющего двум процессорам разных комплексов СМ ЭВМ обмениваться необходимыми данными. Два контроллера К5 (по одному на каждый комплекс), связанные кабелем, осуществляют двухстороннюю связь между комплексами. Скорость обмена, достигаемая с помощью К5, находится на уровне программного канала обмена ВК (что соответствует 10—15 К слов в секунду).

Примеры структур многопроцессорных и многомашинных комплексов с применением ПШ и АМС приведены в [16].

1.4.

СРЕДСТВА ТЕЛЕОБРАБОТКИ СМ ЭВМ

Ориентация СМ ЭВМ на автоматизацию территориально рассредоточенных объектов с взаимоувязанными рабочими процессами требует развитых, высокоэффективных средств телеобработки. Установленные на объектах ЭВМ различных классов терминалы и терминальные комплексы объединяются между собой с помощью средств телеобработки и последовательных каналов связи, что позволяет организовать в реальном масштабе времени взаимную связь задач для выполнения общей цели распределенной системы автоматизации.

Системы телеобработки. В настоящее время в СМ ЭВМ в зависимости от вида решаемых задач и коммуникационного сервиса можно выделить следующие основные виды систем телеобработки: терминальные комплексы; вычислительные сети дальней связи; локальные вычислительные сети.

Терминальный комплекс (рис. 1.3) образует ЭВМ с подсоединенными к ней по каналам последовательной связи терминалами. Для подсоединения терминалов могут использоваться каналы локальной связи — физические цепи разного рода, которые, как правило, не требуют применения модемов, а также каналы дальней связи с использованием соответствующих модемов. В логическом плане коммуникационная задача в терминальном комплексе заключается в удаленном вводе-выводе, т. е.

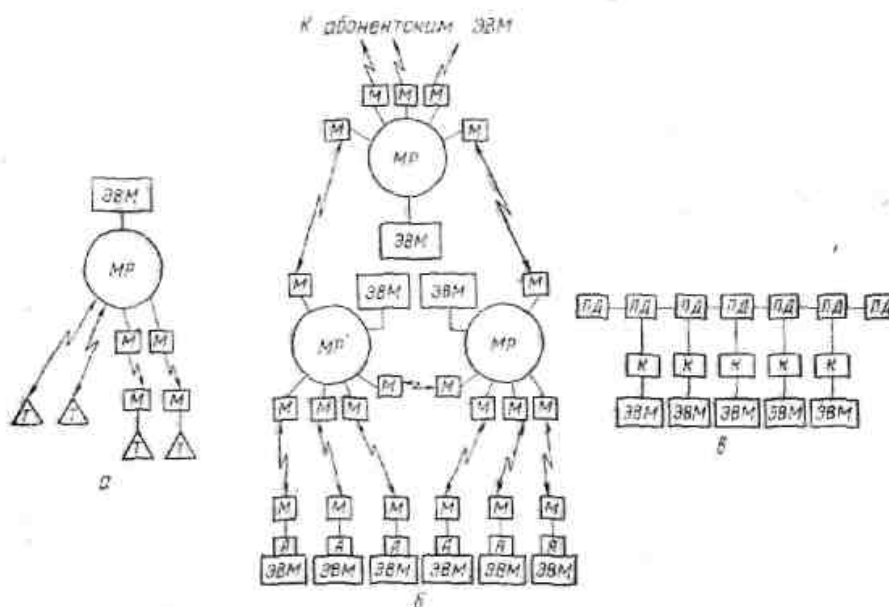


Рис. 1.3. Варианты сетевых структур СМ ЭВМ:

а — терминальный комплекс: Т — терминал; М — модемы; МР — мультиплексор; б — вычислительная сеть; А — адаптер; в — локальная вычислительная сеть; К — контроллер локальной сети; ПД — приемопередатчик.

представляется возможность взаимодействия с операционной системой несколькими удаленными терминалами. Терминальные комплексы используются в качестве многопользовательских инструментальных ЭВМ, информационно-справочных систем, систем удаленного сбора отчетной информации и т. д. Абоненты системы (небуферизированные терминалы) определяют посимвольный,

стартстопный характер обмена информацией по каналам связи, которому соответствует асинхронный метод передачи.

Большинство операционных систем СМ ЭВМ (ОС РВ, РАФОС, ДИАМС, ДОС КП) предоставляют возможность работы с асинхронными коммуникационными устройствами, обеспечивая построение терминальных комплексов без дополнительного программного обеспечения. Стартстопные символьные протоколы обмена терминальных комплексов используют методы повышения достоверности передачи, основанные на посимвольной защите. Передача символа по каналу электросвязи может проверяться паритетным контролем, а также с помощью «эхо-подтверждения». Сущность «эхо» состоит в том, что в качестве квитирующей информации отправителю посылается копия полученного символа. Этот метод повышает достоверность передачи, но снижает эффективность использования канала, так как пересылка одного символа требует передач в обоих направлениях. Для построения терминальных комплексов могут использоваться асинхронные адаптеры БС-АДС, АДС-А, ИРПС-ОШ и мультиплексоры МПД-А, МПД-2, СМ-8521, СМ-8514.

Вычислительная сеть (см. рис. 1.3) представляет собой объединение с помощью последовательных каналов электросвязи территориально рассредоточенных ЭВМ с целью взаимной увязки выполняемых в различных ЭВМ процессов, обмена полученными результатами, совместного использования вычислительных ресурсов. Основная коммуникационная задача вычислительной сети заключается в передаче достоверной информации между ЭВМ, каждая из которых имеет адрес в сети, по каналам с относительно невысокой достоверностью единичной передачи. На основе адресуемого обмена данными в вычислительной сети решаются задачи сетевого логического взаимодействия ЭВМ в виде так называемого «сетевого сервиса»: обмен сообщениями с программами удаленных узлов, инициализация процессов в удаленном узле, обмен файлами между внешними устройствами любых двух узлов сети и другие функции.

В состав вычислительной сети могут входить терминальные комплексы, но не все терминалы центральной ЭВМ будут иметь статус сетевых — сетевой адрес им не присваивается.

По сравнению с терминальными комплексами вычислительные сети характеризуются значительно большими объемами передаваемой информации, большей интенсивностью информационных потоков, что следует из необходимости выполнения таких, например, задач, как обмен файлами. С целью повышения интенсивности информационных потоков обмен данными выполняется пакетами — непрерывными последовательностями байт. Длина пакета ограничивается вероятностью возникновения ошибок в канале электросвязи. При одной и той же вероятности битовой ошибки в канале P_k вероятность ошибки передачи пакета P_n при увеличении количества бит в пакете n возрастает (в соответствии с $P_n = 1 - (1 - P_k)^n$). Разбиение сообщений на пакеты, управление последовательностью передачи пакетов, адресация пакетов при прохождении по узлам вычислительной сети, контроль достоверности передачи и другие функции осуществляются средствами сетевого программного обеспечения при выполнении процедур протоколов соответствующих уровней.

Увеличение сложности коммуникационных задач, значительное расширение предоставляемого сервиса требуют дополнительных программных средств. В СМ ЭВМ для построения вычислительных сетей созданы специальные пакеты прикладных программ, работающие в среде соответствующих операционных систем (см. гл. 4).

На передачу непрерывной последовательности бит информационного пакета ориентированы синхронные методы передачи, которые реализуются в рамках протоколов синхронного обмена, включаемых в качестве протоколов управления информационным каналом (II уровень) в иерархию протоколов вычислительной сети.

Для построения вычислительной сети в качестве коммуникационных устройств в СМ ЭВМ используются синхронный адаптер АДС-С и мультиплексор МПД-ПСА. Мультиплексор применяется преимущественно в коммуникационных ЭВМ, выполняющих функции узлов коммутации пакетов, а адаптер — для подключения абонентских ЭВМ. Оба устройства имеют выход на стык С2 и ориентированы на использование каналов телефонного типа. Здесь следует отметить, что принятый в СМ ЭВМ протокол канального уровня (типа ДДСМР) допускает использование асинхронных методов передачи по каналу. Поэтому при построении вычислительной сети СМ ЭВМ возможно применение асинхронных устройств. Практически могут использоваться все коммуникационные устройства, за исключением асинхронного терминального мультиплексора СМ-8514. Однако при этом необходимо учитывать, что применение асинхронных методов для передачи массивов информации снижает эффективность использования канала связи. Кроме того, асинхронные устройства не имеют аппаратных

средств выполнения протокольных функций, в результате чего увеличивается загрузка центрального процессора при решении сетевых задач. Необходимые для построения вычислительной сети последовательные каналы связи, в зависимости от расположения сопрягаемых ЭВМ, могут иметь длину от нескольких сотен метров до тысяч километров. На малых расстояниях можно ориентироваться на специально проложенные физические цепи либо внутренние производственные сети связи. При расстояниях свыше нескольких десятков километров возникает необходимость обращаться к услугам общегосударственных сетей и каналов связи ЕАСС (единая автоматизированная сеть связи). Для обеспечения приемлемой пропускной способности передача данных между коммуникационными ЭВМ должна выполняться с помощью некоммутируемых дуплексных каналов телефонного типа. Для сопряжения абонентских ЭВМ также необходимы некоммутируемые каналы, так как ограничения на использование коммутируемого канала (не более 6 мин. в течение часа), на количество соединений, налагаемые правилами использования коммутируемых каналов, не соответствуют принципам функционирования вычислительных сетей.

В последнее время в связи с увеличением масштабов применения вычислительной техники во всех сферах производственной деятельности, появлением большого количества ЭВМ (в особенности микроЭВМ) на промышленных и технологических установках, в проектных, научных и административных учреждениях возникла необходимость объединения ЭВМ в пределах ограниченного пространства (локальная вычислительная сеть).

При этом нет необходимости пользоваться каналом ЕАСС и последовательные каналы могут быть выполнены в виде физических цепей: витой телефонной пары, коаксиального кабеля, оптоволоконного кабеля, которые на расстоянии 1—2 км обеспечивают скорость передачи на три порядка выше, чем стандартные телефонные каналы. Высокие скорости передачи данных в физических цепях небольшой протяженности наряду с относительно простой аппаратурой передачи сигналов являются основными предпосылками для создания быстродействующих локальных вычислительных сетей и определяют их преимущества.

В определенной степени решение задач построения локальной вычислительной сети возможно и на созданных к настоящему времени коммуникационных устройствах СМ ЭВМ. Большинство устройств имеет выход на линейный интерфейс ИРПС, который использует в качестве среды передачи физические цепи. Информационные цепи стыка С2-ИС при симметричном включении также обеспечивают дальность передачи по витым парам порядка нескольких сотен метров. Однако при этом скорость передачи будет ограничиваться возможностями коммуникационных устройств, скоростной диапазон которых ориентирован на работу с каналами дальней связи. Сохранится и достаточно сложная структура коммуникационной сети, присущая большим вычислительным сетям.

На рис. 1.3 приведена одна из возможных структур локальной вычислительной сети, в которой для передач между всеми ЭВМ используется один высокоскоростной моноканал со скоростью до 10 Мбит/с. Высокая скорость обмена в канале позволяет удовлетворить потребность в передаче всех узлов сети. Канал используется абонентами сети в режиме разделения времени с выполнением определенных процедур доступа к каналу. Новые принципы, применяемые при построении локальных вычислительных сетей, позволяют существенно сократить затраты на создание коммуникационной подсистемы, увеличить скорость обмена и реактивность сети, а также повысить надежность функционирования.

1.5.

ВОПРОСЫ СОВМЕСТНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СМ ЭВМ И ЕС ЭВМ

Совместное использование ЕС и СМ ЭВМ в системах обработки данных диктуется эффективностью применения в различных областях, сложными режимами работы, специфическими требованиями к надежности и живучести, необходимостью восприятия различных видов представления информации и др.

Особенностью ЕС ЭВМ является ориентация на эффективную универсальную обработку информации при решении комплексных народнохозяйственных задач. Области применения ЕС ЭВМ для решения учетно-плановых задач, в организационных и информационных системах характеризуются вычислительными работами большого объема и работой с различными базами данных. В соответствии с этим средства ЕС ЭВМ устанавливаются в основном на крупных вычислительных центрах и включают

высокопроизводительные и дорогие периферийные устройства. В ЕС ЭВМ и СМ ЭВМ получает распространение архитектура сетей телеобработки, в рамках которой наиболее удобным для пользователя способом сочетаются преимущества централизации вычислительных ресурсов и доступа к этим ресурсам через удаленные абонентские пункты.

Средства СМ ЭВМ нижнего уровня рассчитаны на массовое индивидуальное использование, на локальную обработку информации непосредственно в местах ее возникновения. Применение СМ ЭВМ в управлении различного рода технологическими объектами и процессами, измерительных, испытательных, диспетчерских системах, а также в управлении научным экспериментом характеризуется тем, что многомашинные комплексы СМ ЭВМ (с локально-сетевой структурой) непосредственно или через локальные системы сбора данных и управления связаны с управляемыми объектами. Кроме того, СМ ЭВМ предназначены для использования в качестве офис-компьютеров, лабораторных вычислителей и «интеллектуальных» терминалов, систем автоматизации проектирования, подготовки программы и т. д.

Таблица 1.1

Области применения	Виды систем		
	малые	средние	большие
Управление народным хозяйством;			
учетно-статистические	ЕС, СМ	ЕС	ЕС, ЕС+СМ
планирование	ЕС, СМ	ЕС	ЕС, ЕС+СМ
прогнозирование	ЕС	ЕС	ЕС, ЕС + СМ
Управление производством:			
административно-хозяйственное	СМ	ЕС+СМ	ЕС, ЕС + СМ
диспетчирование	СМ	СМ	ЕС, ЕС+СМ
технологические процессы	СМ+МП	СМ+МП	СМ+МП
автоматизация машин, агрегатов	СМ+МП	СМ+МП	СМ+МП
Автоматизация проектных работ:			
научно-технические расчеты	СМ	СМ	ЕС+СМ
инженерные исследования	СМ	СМ	ЕС+СМ
экономические расчеты.	СМ	СМ	ЕС+СМ
программирование	СМ	СМ	ЕС + СМ
Автоматизация научных исследований:			
научный эксперимент	СМ	СМ + ЕС	СМ+ЕС
исследование моделей	СМ	СМ+ЕС	ЕС + СМ
искусственный интеллект	СМ	СМ	ЕС, ЕС + СМ
Информационные системы:			
запросответные системы	СМ	СМ	ЕС+СМ
архивы знаний и технологий	СМ	СМ	ЕС+СМ
информационное обеспечение	СМ	СМ	ЕС+СМ
подготовка данных	СМ	СМ	ЕС+СМ
Системы обслуживания:			
административное обслуживание	СМ	СМ, ЕС	ЕС+СМ
обучение, тренажеры	СМ+МП	ЕС, СМ+МП	ЕС+СМ+ + МП
медицинское обслуживание	СМ	ЕС, СМ	ЕС ЕС + СМ
торговое обслуживание	СМ	СМ+ЕС	ЕС+СМ
Системы испытания и измерения:			
испытательные	СМ+МП	СМ	ЕС+СМ
измерительные	СМ+МП	СМ	ЕС+СМ
контрольно-измерительные	СМ+МП	СМ	ЕС + СМ

Эти применения определяют основные технико-экономические характеристики процессоров и периферийного оборудования СМ ЭВМ, а также их конструкцию, обеспечивающую высокую надежность и простоту обслуживания. Последнее особенно важно, поскольку машины устанавливаются главным образом не на вычислительных центрах, а непосредственно у пользователя, включая цеховые условия и пониженные требования к системе обслуживания (вплоть до необслуживаемых систем). Расширяется удельный вес сложных интегрированных систем управления и обработки данных, включающих мощные центральные вычислители (обрабатывающие центры) и разветвленную многоуровневую сеть периферийных станций (АРМ). В системах управления производством и научным экспериментом эти периферийные подсистемы решают задачи управления техническими объектами и процессами. В вычислительных системах периферийными станциями являются групповые или

одиночные терминалы, имеющие собственные вычислительные ресурсы.

Совместное использование средств ЕС ЭВМ, СМ ЭВМ и микропроцессорных наборов (МП) позволяет построить систему оптимальным образом, что значительно расширяет возможные области применения данных средств (табл. 1.1). Естественно предположить, что границы сфер применения определены условно, так как развитие принципов интеграции систем расширяет перечень совместного использования средств ЕС и СМ ЭВМ.

Интеграция управления в системах управления технологическими объектами в последнее время привела к созданию нового класса систем — ГАП, в которых объединяются задачи АСУП, АСУ ТП, САПР, АСКИО, управление автоматизированным транспортом и т. д.

Управление агрегатами, технологическим оборудованием, приборными комплексами контроля и измерений во все большей мере требует рационального сочетания в совместной работе микропроцессорных наборов (встраиваемых в оборудование) и комплексов СМ ЭВМ. Необходимость повышения эффективности систем этого класса диктует объединение нижних моделей СМ ЭВМ и микропроцессорных комплексов (типа микроДАТ, микроСЭТ и т. д.) в единую магистрально-модульную структуру.

Общие вопросы развития СМ и ЕС ЭВМ решаются по следующим основным направлениям:

- разработка единых систем стандартов и нормативных материалов;
- создание общего набора периферийных устройств;
- создание общего программного обеспечения (мобильное ПО, кроссистемы);
- расширение набора общих (для ЕС и СМ ЭВМ), более эффективных языков программирования высокого уровня (типа АДА, Пролог, ЛИСП);
- унификация архитектуры и ПО нижних классов ЭВМ (типа персональных ЭВМ);
- разработка общих архитектурных решений для реализации новых принципов использования СВТ (переход от числовой обработки к информатике — ассоциативная обработка информационных потоков, безбумажная технология обработки информации).

1.6.

ПРОБЛЕМНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ КОМПЛЕКСЫ НА БАЗЕ СМ ЭВМ

1.6.1

Измерительно-вычислительные комплексы

Семейство измерительно-вычислительных комплексов (ИВК.) представляет собой развивающийся ряд комплексов, проблемно-ориентированных на автоматизацию технологических процессов, экспериментальных установок, стендов, приборов, информационно-измерительных систем. Разработка ИВК. базируется на использовании в качестве вычислительного ядра серийно выпускаемых ЭВМ серии СМ и программно-управляемых устройств связи с объектом, выполненных в стандарте КАМАК и АСЭТ. Контроллеры сопряжения с приборными интерфейсами реализуются, как правило, в стандарте КАМАК.

ИВК подразделяются на типовые широкого назначения и проблемно-ориентированные. Первые предназначены для решения широкого круга типовых задач автоматизации исследований и испытаний независимо от области использования. Вторые служат для решения широко распространенной, но специфичной задачи автоматизации измерений, исследований или испытаний посредством специально разрабатываемых для этих комплексов технических средств и проблемно-ориентированного ПО.

В состав ИВК входят технические и программные компоненты. К техническим компонентам относятся средства вычислительной техники СМ ЭВМ, средства измерения электрических величин, времязадающие средства, средства вывода управляющих электрических сигналов, средства ввода-вывода цифровых и релейных сигналов, блоки сопряжения измерительных компонентов с вычислительными устройствами, коммутационные устройства, расширители интерфейса, унифицированные типовые конструктивные элементы, источники питания, другие вспомогательные элементы.

Программные компоненты состоят из системного, прикладного, тестового и метрологического ПО.

Системное ПО включает определенную операционную систему с дополнительными программными средствами — драйверами, обеспечивающими ввод и вывод информации от измерительной и

управляющей аппаратуры.

Прикладное ПО разрабатывается на основе системного обеспечения и представляет собой организованную совокупность программных модулей, осуществляющих обработку измерительной информации.

С помощью тестового обеспечения проверяется работоспособность всех технических средств ИВК по отдельности и комплекса в целом.

Метрологическое обеспечение определяет характеристики оборудования и осуществляет его метрологическую аттестацию.

ИВК на базе средств СМ ЭВМ и КАМАК. Широкое применение аппаратуры в стандарте КАМАК при разработке устройств связи с объектом в системах автоматизации научных исследований обусловлено тем, что:

учитываются требования, предъявляемые к лабораторному оборудованию;

Достигается мобильность при смене экспериментальной установки.

Мобильность аппаратуры КАМАК осуществляется за счет малогабаритности функциональных модулей; модульности конструкции и расположения на лицевой панели модуля разъемов для ввода-вывода сигналов с экспериментальной установки.

В зависимости от сложности решения задач измерения, обработки и управления экспериментом в СССР выпускается серия ИВК на базе КАМАК. Состав комплексов приведен в [30].

ИВК-2 — комплекс широкого применения. Предназначен для построения автоматизированных систем управления технологическими процессами и научных исследований, осуществляемых общезначимыми методами. Применяется в различных областях производства, науки и техники.

ИВК-3 является проблемно-ориентированным комплексом и используется для создания систем автоматизации научных экспериментов, проводимых с помощью спектральных приборов, в различных областях наук: физике, химии, биологии, медицине, металлургии и т. д.

ИВК-4 — проблемно-ориентированный комплекс, предназначенный для создания систем автоматизации сложных экспериментов, требующих ввода-вывода графической информации. Комплекс может найти применение в сейсмологии, геофизике и других областях науки.

ИВК-20 — комплекс, ориентированный на автоматизацию научных исследований общезначимыми методами и требующий вывода графической информации. Может использоваться как база для построения многомашинных распределенных систем.

ИВК-6 — иерархический комплекс с применением на нижнем уровне четырех комплексов ИВК-20. Предназначен для автоматизации сложных экспериментов, управления экспериментальными установками большого размера и большой информативности в общезначимых исследованиях.

ИВК-9 предназначен для автоматизации сложных научных экспериментов в машиностроении, механике, металлургии, требующих ввода-вывода и обработки графической информации.

ИВК-10 используется для автоматизации научных исследований, требующих сбора, обработки и выдачи многопараметрической информации.

ИВК-16 предназначен для автоматизации научных исследований, требующих повышенной помехозащищенности измеряемых и управляющих сигналов.

ИВК-15 — иерархический распределенный комплекс, применяемый для автоматизации крупногабаритной экспериментальной установки с большим объемом информации и с устройствами связи с объектом различной архитектуры.

ИВК-14 служит для автоматизации научных исследований с быстропротекающими процессами и большим объемом регистрируемой информации, с возможностью вывода графических результатов.

ИВК на базе средств СМ ЭВМ и АСЭТ. В настоящее время в СССР выпускаются измерительно-вычислительные комплексы, в которых устройства, связывающие экспериментальное оборудование с ЭВМ, выполнены в стандарте агрегатных средств электроизмерительной техники (АСЭТ). Существенной особенностью комплексов на базе АСЭТ является то обстоятельство, что все измерительные средства, а следовательно, и все возможные структуры соединения блоков по измерительным сигналам для комплексов имеют нормированные метрологические характеристики. Это позволяет обеспечивать гарантированные метрологические характеристики в различных структурах комплексов и контролировать индивидуальные метрологические характеристики каждого отдельного канала для любой реализуемой в комплексе структуры [30].

ИВК-7 предназначен для автоматизации научных исследований в различных областях науки и техники (спектроскопии, исследовании физической химии, электрохимии и химической технологии, в

биологии, исследовании механики и прочности материалов, при испытании паровых турбин и автомобильных двигателей, организации метрологических испытаний и т. д.).

ИВК-8 — комплекс повышенной точности измерений электрических сигналов, используемый для коммутации, цифрового измерения, регистрации сигналов постоянного тока и выдачи управляющих аналоговых сигналов.

ИВК-«Гамма» предназначен для автоматизации процессов сбора, хранения, обработки и отображения радиометрической информации, поступающей от гамма-камеры и многоканальных радиодиагностических приборов (МРП). Комплекс используется в автоматизированных системах клинической радиоизотопной диагностики заболеваний при проведении различных медицинских Исследований.

1.7

КОМПЛЕКСЫ АВТОМАТИЗАЦИИ РАБОЧИХ МЕСТ

Системы автоматизированного проектирования (САПР) являются одной из наиболее важных областей применения вычислительной техники. К этому направлению относится и создание автоматизированного рабочего места (АРМ). АРМ обеспечивает диалоговый режим проектирования, ввод, редактирование и вывод графических изображений. Диалоговый режим решения графических задач является наиболее эффективным.

Различают словесный и графический диалог оператора с ЭВМ. Словесный диалог осуществляется средствами алфавитно-цифрового дисплея и полезен при решении задач, где с помощью слов (команд) удастся удобно управлять процессом вычислений. Результаты вычислений могут представляться в виде фрагментов текста или таблиц. Однако существует большой класс задач формирования и анализа графических изображений (таких, как конструирование внешнего вида изделия или чертежа печатной платы), при решении которых словесные указания ЭВМ затруднительны. Более естественным здесь оказывается графический диалог, обеспечиваемый средствами графического дисплея, который резко упрощает процесс редактирования изображения. Автоматизированное рабочее место проектировщика должно удовлетворять следующим требованиям:

- малые размеры и низкая стоимость;
- автономный режим работы и связь с ЭВМ верхнего уровня;
- многопользовательский режим;
- возможность ввода, редактирования и вывода текстовой и графической информации.

В соответствии с этими требованиями типовой комплекс АРМ содержит вычислительное ядро (один из базовых комплексов УВК СМ ЭВМ), кодировщик графической информации и графопостроитель, устройства связи с ЭВМ верхнего уровня.

В развитие данного направления выпускаются комплексы АРМ, состав которых приведен в [30].

АРМ2-01 предназначен для использования в САПР радиоэлектронной аппаратуры, а также в смежных отраслях автоматизированного проектирования и в высших учебных заведениях для организации учебного процесса по данной проблеме. Комплекс обеспечивает одновременную и независимую работу до восьми операторов со своих рабочих мест (пультов) с целью подготовки, ввода, контроля задания на проектирование в режиме диалога, оперативного отображения и редактирования информации (графической, символьной и алфавитно-цифровой) в процессе проектирования, а также взаимодействия с ЭВМ более высокого уровня. Объектами проектирования могут служить:

- печатные платы многослойные произвольной номенклатуры;
- схемы принципиальные, электрические; схемы программ и др.

АРМ-С служит для автоматизации проектирования промышленного и гражданского строительства, обеспечивает одновременную работу до восьми операторов и взаимодействие с другими ЭВМ.

АРМ2-05 применяется для автоматизации программирования и микропрограммирования однокристалльных и многокристалльных микроЭВМ, а также микросекционных комплектов элементов. При этом комплекс в основном предназначен для работы в автономном режиме. При проектировании программ больших объемов комплекс используется в терминальном режиме в составе многоуровневой иерархической САПР с центральной ЕС ЭВМ. Комплекс содержит до четырех терминалов подготовки программ (ТПП) на базе СМ-1800, которые осуществляют первичную обработку и электрическую запись в БИС ПЗУ программ. ТПП включает: базовый комплекс СМ-1803.05; пульт-программатор СМ-

1800.402 и устройство эмуляции и связи с макетом отлаживаемого устройства (УЭСМ).

Для повышения эффективности применения АРМ необходимо снизить приведенные затраты на одно рабочее место и предоставить пользователю возможность компоновки АРМ из набора модулей под конкретный состав задач. Для этого в рамках СМ ЭВМ разрабатываются многотерминальные АРМ.

Многотерминальный АРМ состоит из центральной вычислительной установки (ЦВУ), построенной на одной из старших моделей СМ ЭВМ, с достаточно высоким быстродействием, большим объемом оперативной и внешней памяти на магнитных дисках и лентах и быстродействующими устройствами вывода алфавитно-цифровой и (если надо) графической информации и связанных с ним телефонными каналами «интеллектуальных» терминальных станций на базе микроЭВМ. Каждая терминальная станция, как правило, представляет собой одно рабочее место и ориентирована на выполнение определенного типа проектных работ (подготовки данных, обработки текстовой, графической информации и т. д.). Эта проблемная ориентация терминальных станций осуществляется за счет выбора периферийных устройств и за счет специального программного обеспечения терминальной станции. Для решения особо сложных задач проектирования и для создания комплексных САПР ЦВУ многотерминального АРМ может быть связана (по каналу связи или с помощью адаптера локальной связи) с большой ЭВМ — старшей моделью ЕС ЭВМ, БЭСМ-6, ВК «Эльбрус». При необходимости возможно и прямое подключение терминальных станций к большой ЭВМ. Основные уровни применения АРМ приведены в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Проблемная ориентация СМ ЭВМ по сферам применения

Типовой ВК	Наука	Проектирование	Технология	Диспетчеризация и планирование	Экономика, финансы	Транспорт	Связь
Мега-мини СМ-1420** ЕС ЭВМ	«Академ-сеть»	Комплексные системы проектирования сложных изделий	Локальная сеть управления производством, ГАП	Сеть АСУ предприятия	Сеть ЭВМ управления финансовыми организациям и города	Сеть ЭВМ управления транспортом региона	Сеть ЭВМ управления связью города
Мини СМ-1420** СМ-1420* СМ-1420 СМ-1600	«Локальная сеть НИИ» ИВК-6	Системы проектирования и испытаний новых изделий, АСКИО	Технологическая линия, локальная быстрая сеть	Локальная сеть службы главного специалиста	Сеть для районных сберкасс	Сеть управления дорогой, портом	Сеть справочной службы
Мини СМ-1420* СМ-1420 СМ-1600 СМ-1300.01 СМ-1410 СМ-1810	Лаборатория, ИВК-4, ИВК-6	АРМ-2, многофункциональные АРМ	Автоматизированный участок, УВКС-Н	Управление цехом, КСПД	Многотерминальный АРМ-3, терминальная станция сетевая (ТСС)	ТСС, КСПД, УВКС-Н	ТСС
Микро СМ-1300 СМ-1300.1 СМ-1800 СМ-1810 СМ-1804 СМ-1814	Рабочее место экспериментатора, АРМ «Графика», микроИВК, автоматизация приборов	АРМ-М, АРМ-Р, АРМ-С, АРМ-программиста, АРМ «Графика», АРМ «Текст»	АРМ-оператора, терминальная станция связи с оператором (ТСО), СЧПУ, встраивание в АГРЕГАТ	АРМ-У, АРМ «Экономика», АРМ «Текст»	АРМ «Экономика», АРМ «Текст»	ТСО	ТСС, контроль и диагностика

Рассмотрим теперь более подробно состав и функции технических и программных средств многотерминального АРМ.

Терминальные станции строятся на базе функционального ядра, состоящего из микроЭВМ с оперативной памятью не менее 64 Кбайта, накопителя на магнитных дисках (кассетных, емкостью 5 или 10 Мбайт, либо гибких, емкостью 512 Кбайт) и мультиплексора или адаптера для подключения каналов связи (с пропускной способностью до 9600 бит/с по каждому каналу). В качестве микроЭВМ терминальной станции используются машины СМ-1300, СМ-1300.01 либо СМ-1800, СМ-1810 (для терминальных станций подготовки данных). Такой состав функционального ядра обеспечивает возможность выполнения многих проектных работ средствами терминальной станции, без обращения к ЦВУ. К таким работам относятся: ввод, контроль и корректировка исходных данных (текстовых и графических), обработка изображений, выполнение расчетных работ, подготовка и выпуск текстовой документации и т. д. Большая автономность терминальных станций, которая обеспечивается достаточно высокой вычислительной мощностью их функционального ядра, позволяет эффективно их использовать при связи с ЦВУ по выделенной телефонной линии, что в сочетании с простотой обслуживания, малыми габаритами (письменный стол) и отсутствием специальных требований к помещению дает возможность устанавливать терминальные станции непосредственно на рабочих местах разработчиков в НИИ и КБ.

Рассмотрим основные типы терминальных станций многотерминального АРМ.

Станция ввода графических данных построена на базе микроЭВМ СМ-1800 и устройства ввода данных с чертежа УСПГИ. Позволяет снимать координаты изображений дискретно (по заданным опорным точкам) и непрерывно. Программное обеспечение терминальной станции позволяет проверять ранее введенные данные и при необходимости их корректировать, а также передавать данные по линии связи.

Станция вывода текстовой и графической информации построена на базе микроЭВМ СМ-1800 и растрового устройства печати-черчения. Программное обеспечение станции позволяет принимать данные по линии связи и преобразовывать их в необходимый для вывода формат.

Станция обработки изображений ЭПГ-2 построена на базе микроЭВМ СМ-1300 и графического векторного дисплея ЭПГ. В состав ЭПГ-2 входит 8-канальный мультиплексор, позволяющий подключать до 7 дополнительных устройств (станции ввода графических данных, вывода текстовой и графической информации, малогабаритные планшетные графопостроители и т. д.). Программное обеспечение ЭПГ-2 включает мультипрограммную операционную систему ОС РВ СМ ЭВМ, систему дистанционного ввода заданий в ЦВУ многотерминального АРМ и систему интерактивной машинной графики. Таким образом, ЭПГ-2 может применяться самостоятельно и в качестве основы для построения более мощных терминальных станций, включающих несколько рабочих мест.

Станция подготовки и редактирования текстовой документации построена на базе микроЭВМ СМ-1800 и включает специальный алфавитно-цифровой дисплей, обеспечивающий удобные средства для редактирования текстов. Программное обеспечение станции содержит пакет программ для редактирования и выпуска текстовой информации и для связи с ЦВУ многотерминального АРМ.

Центральная вычислительная установка многотерминального АРМ строится на базе старшей модели СМ ЭВМ (СМ-1420) с оперативной памятью 1 Мбайт, накопителями на сменных магнитных дисках емкостью 29 Мбайт, накопителями на магнитной ленте, быстрыми печатающими устройствами и высокопроизводительными планшетными графопостроителями. ЦВУ включает два 16-канальных мультиплексора для подключения терминальных станций и синхронный адаптер для связи с большой ЭВМ. Программное обеспечение ЦВУ базируется на мультипрограммной операционной системе РОС РВ СМ ЭВМ, включающей средства программирования прикладных задач (языки Фортран-4, Кобол, Паскаль, Бейсик), средства связи с терминальными станциями и большой ЭВМ, средства сетевой телеобработки (при необходимости соединения нескольких ЦВУ в сложных САПР) и систему управления файлами. Под управлением РОС РВ работает также система управления базами данных.

Благодаря тому, что терминальные станции и ИВУ многотерминального АРМ являются самостоятельными вычислительными установками, допускающими автономную работу, а связь между ними осуществляется по стандартной телефонной линии и поддерживается аппаратными и программными средствами телеобработки СМ ЭВМ, выбор необходимого состава терминальных станций и их размещение пользователь многотерминального АРМ может производить самостоятельно, применительно к конкретным условиям использования.

Таким образом, состав технических средств многотерминального АРМ и его базовое программное

обеспечение предоставляют возможность автоматизации большинства проектно-конструкторских работ в различных отраслях машиностроения, радиоэлектроники, строительства и т. д. Его проблемная ориентация в каждой из этих отраслей требует только разработки соответствующих прикладных программ для ЦВУ и некоторых типов терминальных станций.

В настоящее время уже освоен выпуск значительной части технических и базовых программных средств многотерминальных АРМ.

1.8

АНАЛИЗ СИСТЕМОТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СМ ЭВМ

Задача комплексирования вычислительной системы под заданные требования в общем случае относится к классу многокритериальных оптимизационных задач синтеза ВС.

Анализируя основные сферы применения СМ ЭВМ, выделим следующие 6 обобщенных показателей, которые могут служить критериями оптимизации комплексирования ВС:

$K_1 = K_{рв}$ — производительность на заданном классе задач реального времени;

$K_2 = K_{ва}$ — производительность на классе вычислительных задач (научно-технические, инженерные, экономические расчеты);

$K_3 = K_{фв}$ — набор и качество выполнений функций управления (набор модулей УСО, показатели точности, достаточная программная поддержка, возможность работы в цеховых условиях и т. д.);

$K_4 = K_{фп}$ — набор и качество выполнений функций проектирования, АРМ-экономиста, АРМ-диспетчера и т. д. (набор устройств работы с графикой, пакеты прикладных программ для проектирования и моделирования, диалоговые функции и др.);

$K_5 = K_n$ — надежность функционирования;

$K_6 = K_{пс}$ — удельная приведенная стоимость комплекса (или его части). Так, например, если C учитывает стоимость комплекса и приведенные затраты к году эксплуатации, то можно выбрать $K_{пс} = C_{\Sigma}^{-1}$

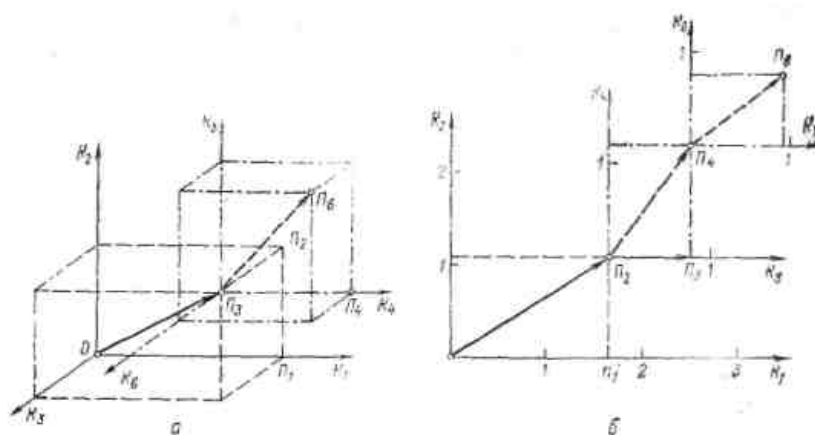


Рис. 1.4. Варианты представления многомерного вектора качества

Рассматривая параметры K_i ($i = \overline{1; 6}$) как координаты вектора $\bar{K}_{\Sigma}(K_i)$, задачу максимизации критерия оптимальности комплексирования ВС сводим к максимизации вектора

$$\bar{K}_{\Sigma}(K_i^*) = \max \bar{K}_{\Sigma}(K_i), \quad (1)$$

$$(A_i, r_{ij}, H_{ijk}, \dots)$$

где A_i — номенклатура модулей технических и программных средств, образующих данную ВС;

r_{ij} — набор структурных связей элементов, модулей ТС и ПО данной ВС;

H_{ijk} — настройки режимов функционирования элементов, модулей в рамках выбранных структурных связей, обеспечивающие работу ВС с заданными параметрами.

Условно вектор $\bar{K}_{\Sigma}$ в 6-мерном гиперпространстве может быть представлен как сумма двух векторов в 2×3 -мерном пространстве (рис. 1.4а) или 3×2 -мерном пространстве (рис. 1.4 б). Для того чтобы образ 6-мерного вектора $\bar{K}_X(\Pi_i) = \bar{K}(\Pi_1, \Pi_2, \Pi_3, \Pi_4, \Pi_5, \Pi_6)$ не терял на плоскости содержательности, необходимо сохранить масштаб (размерность) координат K_i ($i = \overline{1; 6}$). С этой целью за единицы отсчета

6-мерного вектора выбираем следующие значения проекций:

- $\tilde{\Pi}_1$ — производительность в реальном времени центральной части (процессор + ОЗУ + НМД) комплекса СМ-1420 на операционной системе ОС РВ 3.0;
- $\tilde{\Pi}_2$ — производительность решения типовых научно-технических задач комплекса класса СМ-1420**;
- $\tilde{\Pi}_3$ — функциональные возможности комплекса СМ-1814;
- $\tilde{\Pi}_4$ — функциональные возможности комплекса СМ-1420**;
- $\tilde{\Pi}_5$ — показатели надежности комплекса СМ-1814;
- $\tilde{\Pi}_6$ — удельная стоимость комплекса СМ-1420.

Предельные (максимально возможные) значения многопараметрических показателей качества основных моделей СМ ЭВМ (СМ-1800, СМ-1804, СМ-1814, СМ-4, СМ-1300, СМ-1300.01, СМ-1420,

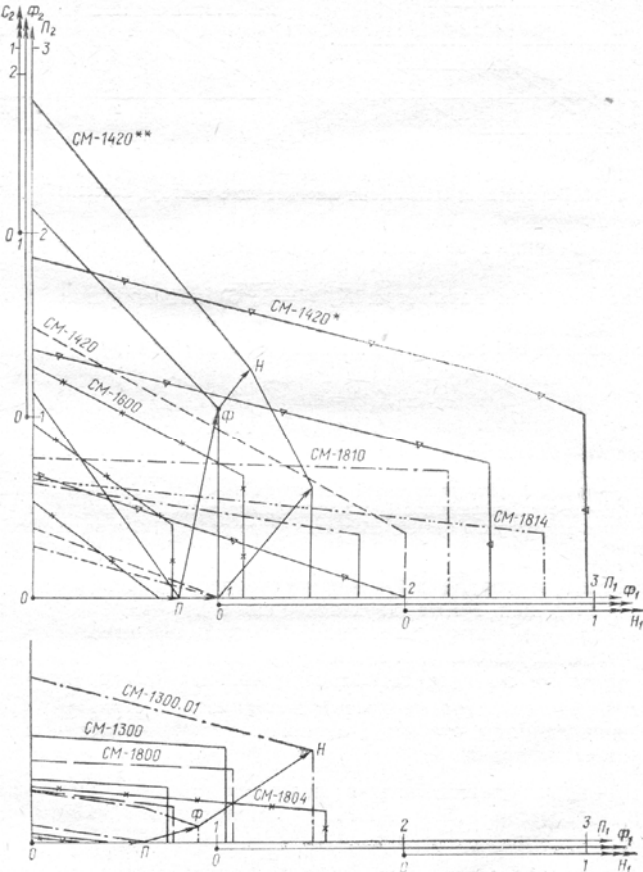


Таблица 1.3

Модели СМ ЭВМ	Π_1	Π_2	Π_3	Π_4	Π_5	Π_6
СМ-1420	1	0,27	0,4	0,6	0,1–0,5	0,33
СМ-1420*	2	0,6	0,5	0,7	0,5–1,4	1
СМ-1420**	0,8	1	0,2	1	0,4–1	0,25–0,6
СМ-1600	0,7	0,47	0,1	0,4	0,1–0,4	0,33
СМ-4	0,81	0,224	0,2	0,3	0,2	0,28
СМ-1300.01	0,6	0,18	0,3	0,4	0,2–0,6	0,5
СМ-1300	0,41	–	0,25	0,3	0,3–0,5	0,7
СМ-1800	0,13	–	0,6	0,2	0,3–0,5	0,4
СМ-1804	0,13	–	0,6	–	0,7	0,2
СМ-1810	0,9	0,24	0,8	0,2	0,6	0,7
СМ-1814	0,9	0,24	1	0,1	1	0,35

Рис. 1.5. Диаграмма сравнительных показателей качества моделей СМ ЭВМ

СМ-1600, СМ-1420*, СМ-1420**) приведены на рис. 1.5 и в табл. 1.3.

Например, можно рассмотреть следующие коэффициенты множественной парной корреляции параметров комплексов:

- $\{\text{СМ-1420/СМ-1420**}\} \rightarrow \{1,25; 0,312; 1,5; 0,5; 0,6; 1,32\}$
- $\{\text{СМ-1420/СМ-1420*}\} \rightarrow \{0,33; 0,53; 1; 0,7; 0,35; 0,23\}$
- $\{\text{СМ-1420**/СМ-1420*}\} \rightarrow \{0,4; 1,7; 0,4; 1,43; 0,7; 0,4\}$

Анализ приведенных коэффициентов свидетельствует о том, что комплекс СМ-1420 сохраняет преимущества перед СМ-1420** для систем управления в реальном времени (в 1,3 раза коэффициенты $\Pi_1, \Pi_3, \Pi_5, \Pi_6$ СМ-1420 в среднем выше этих же коэффициентов для СМ-1420**) и значительно уступает СМ-1420** в области решения научно-технических задач, САПР и т. п. (в 2–3 раза коэффициенты Π_2, Π_4 СМ-1420 в среднем ниже соответствующих коэффициентов для СМ-1420**). Таким образом, области эффективного применения СМ-1420 и СМ-1420** довольно резко разграничиваются и совместное применение этих комплексов целесообразно в интегрированных системах управления.

С созданием комплекса СМ-1420* применение СМ-1420 в 2—2,5 раза станет менее эффективным (в таком соотношении находятся средние коэффициенты комплексного показателя качества для СМ-1420* и СМ-1420). Вместе с тем комплекс СМ-1420* значительно (в среднем в 2,5 раза) превосходит комплекс СМ-1420** по показателям, определяющим эффективность применения для систем реального времени. В области решения научно-технических задач и САПР СМ-1420** лишь несущественно (в среднем в 1,3 раза) превосходит СМ-1420*. Таким образом, с созданием СМ-1420* необходимо в семействе СМ ЭВМ разработать модель (или обеспечить комплексирование двух СМ-1420**) с показателями эффективности, в 2—3 раза превышающими уровни СМ-1420*.

Границами предельных характеристик ВС, т. е. границами максимально достижимых уровней показателей качества, могут служить поверхности, описываемые концом вектора $\bar{K}_\Sigma$. Для случая 3×2 -мерного разложения многопараметрического показателя качества образами границ предельных показателей качества служат кривые, изображающие траектории движения точек $P_6 (P_4, P_2)$.

На предварительном этапе выбора ЭВМ, сужающем область поиска уточненного оптимального варианта структуры ЭВМ, можно воспользоваться сравнительными характеристиками осредненных показателей качества для типовых областей применения. Эти данные приводятся на рис. 1.6 для моделей основных классов (мега-мини-, мини-, микроЭВМ), применяемых для следующих целей:

- научно-технических и инженерных расчетов (I);
- экономических расчетов (II);
- сетевых конфигураций и многомашинных систем для АСУ ТП (III);
- локальной сети предприятия, организации (IV);
- интеллектуальной периферии, однопультного АРМ (V);
- многофункционального терминала (VI);
- обработки текстов (VII);
- работы с графикой (VIII);
- многофункционального УСО (IX);
- встроенного применения (X);
- реального времени (XI);
- обработки информации с измерительных систем (XII).

Анализируя приведенные на рис. 1.6 данные, сформулируем следующие выводы.

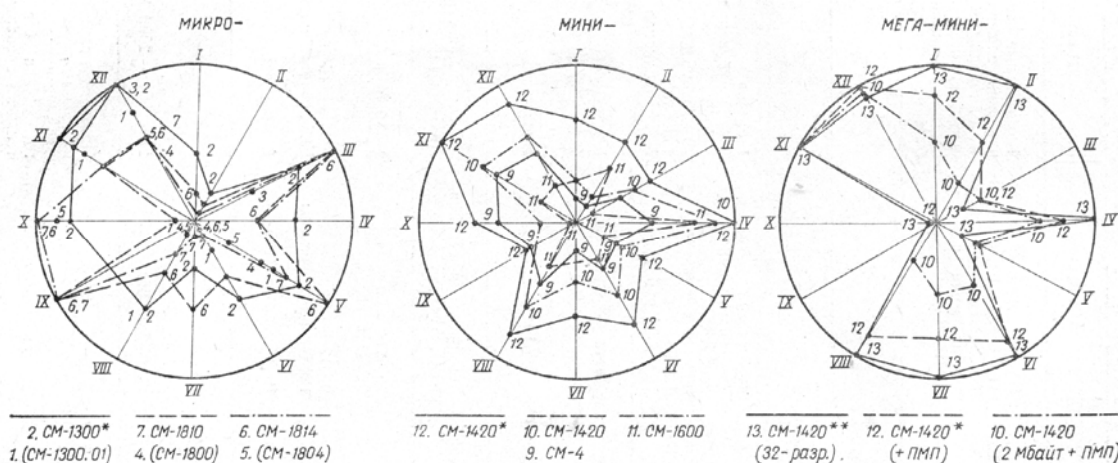


Рис. 1.6. Системотехнические характеристики моделей СМ ЭВМ:

I — научно-технические инженерные расчеты; II — экономические расчеты; III — сетевые конфигурации и многомашинные системы для АСУТП; IV — локальная сеть предприятия, организации; V — интеллектуальная периферия, однопультный АРМ; VI — многофункциональный терминал, многопультный АРМ; VII — обработка текстов; VIII — работа с графикой; IX — многофункциональное УСО; X — встраиваемые применения; XI — реальное время, XII — обработка информации с измерительных систем, САНЭ

1. Наибольшее число предельных оценок (7 из 12) имеют комплексы класса мега-мини. Причем это оценки, определяющие максимальную эффективность выполнения сложных научно-технических и экономических расчетов, обработку информации в реальном времени, сложную обработку информации в измерительных системах, выполнение заданий, характерных для многофункциональных систем автоматизации проектирования, работы в локальных сетях предприятий, организаций. Одновременно эти комплексы имеют самые низкие оценки эффективности применения в таких сферах, как работа с

многофункциональным УСО, встроенное применение, управление технологическими объектами (цеховые условия эксплуатации, «детерминированные» режимы обслуживания заявок).

2. «Обратные» характеристики имеют микроЭВМ и прежде всего: модели СМ-1810, СМ-1814, ориентированные на применение в системах реального времени. Уровень системотехнических характеристик СМ ЭВМ при обработке информации в реальном времени приведен в табл. 1.4.

Таблица 1.4

Системотехнические характеристики	II очередь	III очередь
Тип систем	Интегрированные, многоуровневые распределенные системы управления на базе мини- и микро-ЭВМ	Комплексные системы управления с неоднородными и однородными сетевыми структурами, с возможностью реализации сверхбыстрой связи
Индекс предельной эффективности системы	81—2	2—10
Набор модулей для реализации локальной системы: 2000—5000 каналов	4—5 стоек 75—100 руб./канал	1 стойка 15—25 руб./канал
64—256 каналов	2—3 АКБ 300—80 руб./канал	1 АКБ 20—75 руб./канал
8—32 канала	1 АКБ 700—350 руб./канал	1 плата 7—25 руб./канал
Модульность УСО	Плата ~ 8 каналов	БИС, СБИС ~8—32 канала
Конструктивный уровень компоновки	АКБ	Платы
Законченный продукт для пользователя	Терминальная станция с УСО, АКБ	Терминальная станция, АКБ, плата
Быстродействие	50—200 кГц	1—10 МГц
Точность	0,2—1 класса	0,2 класса во всем диапазоне
Разрядность	9—12	16
Помехозащищенность	Резисторные фильтры	Цифровая фильтрация в модуле УСО
Линеаризация, масштабирование	В процессоре ТСО	В модуле БИС платы
Связь с удаленным модулем УСО: дальность	0,5—5 км	0,5—5 км
скорость	9600—200 бод	200—500 — 2000 Кбод
Дополнительные функциональные возможности	—	Прямое управление исполнительными механизмами. Ввод сигналов расширенного состава без предварительного преобразования
Исполнение	Обычные (АКБ, терминал, стойка)	Стойка — обычное; терминал, АКБ, плата — специальное исполнение для цех. условий
Новые периферийные устройства	Графопостроитель, термopечать, интеллектуальная периферия	«Электронный» диск. Внешняя память на ЦМД
Достижимый уровень надежности комплекса АСУ ТП	2—5 тыс. ч	5—20 тыс. ч, «Безотказные» комплексы
Спецпроцессоры	1. Параллельный матричный 2. Спецпроцессор Фурье 3. «Мир» 4. «Экономика»	5. СП базы данных 6. Сигнал-процессор 7. СП решения диф. уравнения 8. СП библиотек подпрогр. Фортрана

3. Модели СМ ЭВМ класса мини-ЭВМ имеют средние уровни оценок эффективности интегрально по всем сферам применения I—XII. Это свидетельствует о предпочтительном применении СМ-1420, СМ-1600, СМ-1420* в «многофункциональных системах», где одновременно необходимо решать разнородные задачи, например управление с использованием оптимизационных, адаптивных алгоритмов управления, обмен информацией с АРМ по локальным сетевым связям и т. п. При этом,

рассматривая, например, соответствие требованиям эффективного выполнения экономических расчетов, можно отметить, что СМ-1600 имеет преимущества перед СМ-1420 благодаря использованию спецпроцессора десятичной арифметики с системой команд ЭВМ М5100.

С другой стороны, по оценкам эффективности реализации локальных сетевых конфигураций, СМ-1420 имеет преимущества благодаря тому, что больший набор сетевых адаптеров и мультиплексоров поставляется в составе УВКС СМ-1420.

4. Обобщая данные приведенного краткого анализа, можно подчеркнуть, что микроЭВМ семейства СМ ЭВМ прежде всего ориентированы на применение на нижних уровнях иерархических систем управления различных классов, мини-ЭВМ — на средних уровнях иерархии, а мега-мини семейства СМ ЭВМ эффективно решают задачи верхнего уровня управления сложных интегрированных систем управления.

Необходимо подчеркнуть, что приведенные оценки отражают имеющийся опыт использования, существующее состояние разработки технических и программных средств.

Конкретная реализация планов развития отдельных моделей, практический опыт работы с новыми моделями, расширение наработок пользовательских программ могут в существенной мере уточнить соотношение оценок эффективного применения моделей СМ ЭВМ в современных и перспективных системах управления. С другой стороны, для уточнения указанных оценок, а по существу ускорения обоснованного выбора сложных технико-программных комплексов вычислительной техники необходима разработка более точных методик расчета таких комплексных параметров УВК, как производительность и надежность.

Более детально вопросы применения различных моделей СМ ЭВМ рассматриваются в п. 1.9 на примере структурной схемы многомашинной ВС для комплексной интегрированной системы управления типа ГАП.

1.9

ПОСТРОЕНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ ИНТЕГРИРОВАННЫХ АСУ (ТИПА ГАП) НА БАЗЕ СМ ЭВМ

Комплексная автоматизация управления и обработки информации на всех основных этапах жизненного цикла изделий (научные исследования — проектирование — изготовление — эксплуатация) является одним из главных направлений обеспечения эффективности работы ЭВМ.

В настоящее время комплексно-автоматизированные системы управления сложными технологическими объектами объединяют под единым координированным управлением решение задач следующих уровней:

- автоматизацию проектирования новых видов продукции, информационных и программных комплексов (САПР);

- разработку документации, создание рабочих программ управления оборудованием в рамках технической и конструкторской подготовки производства АСПП;

- функционирование системы автоматизированного контроля и измерения, лабораторных исследований, управления качеством конечных объектов производства (АСКИО);

- автоматизированное управление технологическими агрегатами, группами технологических агрегатов, сложными многофункциональными технологическими процессами (АСУ ТП);

- диспетчерское управление, оперативное планирование, технико-экономические расчеты, выработка управленческих решений в рамках управления участками, цехами, предприятиями (АСУП).

При этом для уточнения требований к СВТ необходимо отметить, что под комплексностью автоматизации подразумевается обеспечение решения полного набора задач обработки информации как с точки зрения соответствия общему перечню основных функций управления объектом, так и с точки зрения «глубины» автоматизации обработки информации. Последнее подразумевает решение достаточно сложных алгоритмов в классе оптимизационных, адаптивных и ситуационных задач управления в режимах, соответствующих реальным процессам функционирования объекта (в реальном времени). Вместе с этим операторам и диспетчерам должна предоставляться информация в полном объеме и в форме, обеспечивающей достаточно быструю реакцию, когда требуется вмешательство человека.

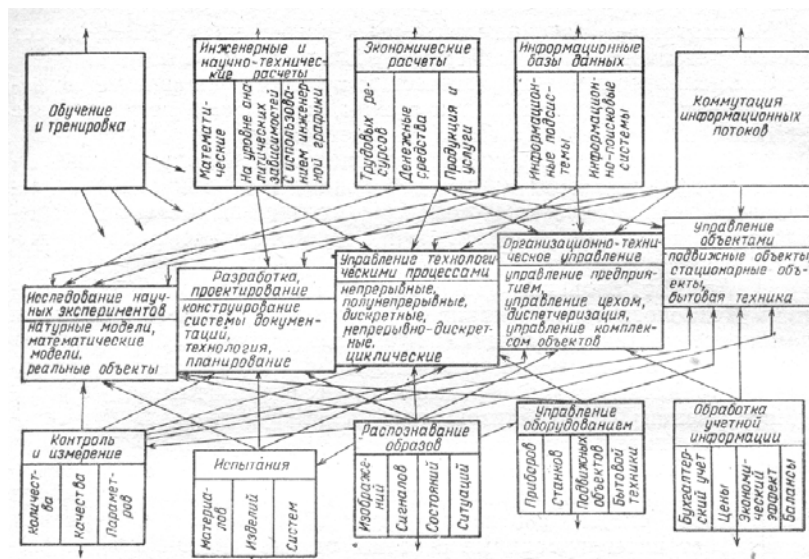


Рис. 1.7. Применение СМ ЭВМ в комплексных АСУ

Сложность взаимоувязки систем различных классов при комплексной автоматизации иллюстрируется рис. 1.7. В центральной части схемы показаны классы систем, соответствующие основным этапам цикла: научные исследования, проектирование, изготовление (технологические процессы, организационно-техническая деятельность), эксплуатация готовых изделий. Для обеспечения работы этих систем нужен широкий набор функциональных систем автоматизации многопрофильного применения, которые должны входить как составные элементы в более сложные системы. Связи между отдельными видами систем показаны на рис. 1.7 стрелками. Причем на этом рисунке условно показана взаимоувязка как систем различных уровней, так и систем на одном уровне. Например, задачи распознавания образов включаются в системы контроля и измерений, испытаний, управления оборудованием и т. д. Кроме того, большинство указанных систем может применяться и автономно.

Рассматривая основные сферы применения ЭВМ, имеет смысл детализировать масштабы объекта автоматизации.

0. Элементарный технологический процесс (управление исполнительными механизмами, двигателем, заслонкой, регулирование относительно небольшого числа параметров).

I. Комплекс технологических процессов, технологический агрегат— управление отдельным небольшим (64—512 каналов) локальным технологическим объектом (станки, штабелеры, гальванические ванны, термические печи, однопультные рабочие места).

II. Агрегат большой единичной мощности, комплекс агрегатов, технологическая линия, управление взаимоувязанными комплексами технологических процессов, системы управления гибкими автоматизированными модулями, многомашинное групповое управление технологическими агрегатами (типа DNC в машиностроении), централизованные многофункциональные автоматизированные рабочие места (типа KAD).

III. Комплекс технологических линий, система технологических процессов, например, объединенных управлением на уровне цеха. Класс систем, соответствующих объектам данного уровня, охватывает интегрированные системы от типа KAD-KAM до гибких производственных систем управления цехом.

IV. Сложный производственный объект, комплекс цехов, предприятие.

На следующих уровнях усложнения объектов автоматизации (подотрасль, отрасль народного хозяйства и т. д.) на современные малые ЭВМ возлагаются вспомогательные функции обработки информации (одно- и многофункциональные АРМ, интеллектуальные периферийные устройства, средства коммутации в сетевых и терминальных системах связи и т. д.). Так как эти же функции должны решаться и на IV, а частично уже и на III уровнях, то с точки зрения уточнения требований системы управления достаточно рассмотрения I—IV уровней.

При определении основных особенностей электронных вычислительных машин, обеспечивающих их широкое и эффективное использование в различных сферах хозяйственной деятельности, часто прежде всего называют высокую скорость выполнения вычислений (сотни тысяч — сотни миллионов операций в секунду) и большие массивы хранимой информации (сотни миллионов — миллиарды слов). Однако опыт свидетельствует о том, что только там может быть получен реальный эффект от использования

средств вычислительной техники (СВТ), где благодаря внедрению ЭВМ применяются новейшие достижения науки (математики, кибернетики, теории оптимального управления и т. д.) для решения конкретных задач.

Здесь важно подчеркнуть, что применение современных ЭВМ позволяет оператору-технологу при выборе управляющих воздействий свое знание объекта управления, определения ситуации дополнить использованием опыта большого коллектива математиков, результаты деятельности которых реализованы в конкретных программах, заложенных в вычислительной технике. При этом оператор может глубоко не знать особенности алгоритма, методов вычислений, способов организации информационных массивов. При высоком уровне развития вычислительной техники ему достаточно в определенной форме в интерактивном режиме ввести задание в ЭВМ.

Классы задач, решаемых на каждом из рассмотренных выше объектов автоматизации, в зависимости от их предельного вклада в реализуемый уровень эффективности автоматизации условно сводятся к следующим четырем группам:

- а) контроль и регулирование по заданной программе;
- б) управление с оптимизацией и использованием моделей объекта управления;
- в) анализ ситуаций с учетом большого числа факторов, коррекция модели управления по результатам прогнозирования состояния системы;
- г) комплексное управление, осуществление связей с другими уровнями управления.

Переход с одного уровня автоматизации на другой приводит к необходимости решать новые задачи по обработке информации, использовать существенно более сложные алгоритмы. Вместе с этим требуется и более сложная вычислительная техника, более широкий набор функциональных устройств. Но, что самое важное, усложнение структур управления приводит к увеличению эффективности, которая может быть достигнута при рациональном применении вычислительной техники (рис. 1.8, табл. 1.5).

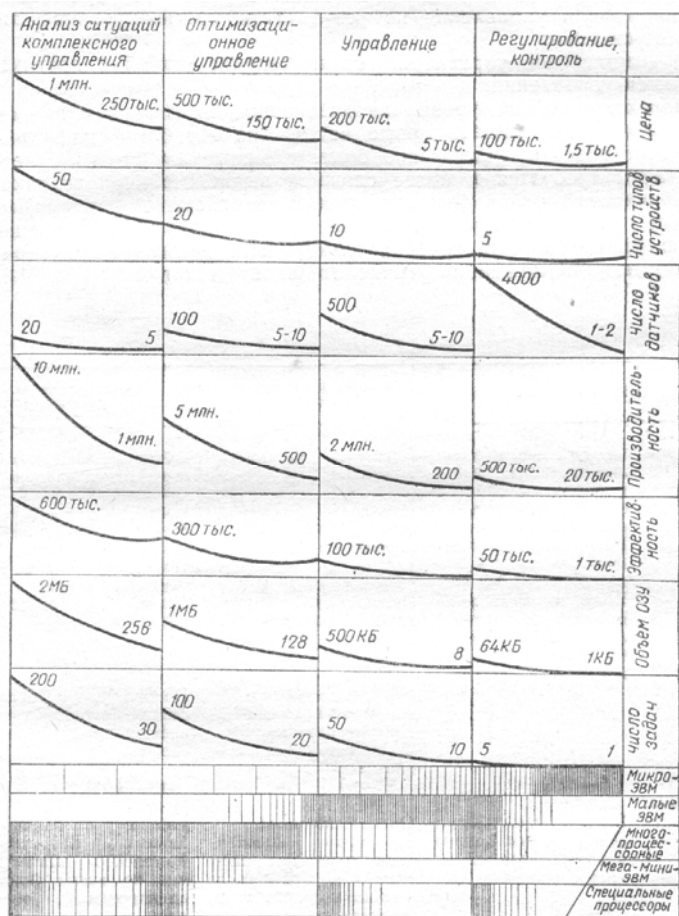


Рис. 1.8. Показатели эффективности применения ЭВМ в системах управления

На рис. 1.8 показаны основные характеристики малых ЭВМ и их подклассов. Так, микроЭВМ в настоящее время применяются на нижних уровнях автоматизации (контроль, регулирование и управление). В более сложных системах микроЭВМ — это вычислительные блоки отдельных устройств управления, терминальных станций, т. е. элементы интеллектуальной периферии, коммутационных узлов и т. д. На базе малых ЭВМ строится средний уровень автоматизации (управление, оптимизационное управление). На верхнем уровне автоматизации (оптимизационное, ситуационное управление) основой являются мега-мини-и многопроцессорные системы повышенной производительности. Важным компонентом систем на верхних границах эффективности каждого уровня управления являются спецпроцессоры, аппаратно реализующие определенные функции или алгоритмы обработки информации.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что при создании комплексных систем управления необходима интеграция большого числа совместимых вычислительных систем различного класса (от микроЭВМ до мега-мини-ЭВМ). Невозможность использования какого-либо подкласса ЭВМ в системе управления в значительной мере снижает эффективность, не обеспечивает комплексности автоматизации управления.

Таблица 1.5

Характеристики	Контроль и управление	Управление с оптимизацией	Ситуационное управление
Функции	Сбор информации, линеаризация, фильтрация, повышение достоверности первичной информации. Избирательный контроль по вызову оператора. Контроль выхода параметров за установленные нормы, выдача управляющих воздействий	Пуск и остановка агрегатов. Изменение режимов работы, установки. Непосредственное цифровое управление регуляторами. Оптимизация управляющих программ на основе модели объекта. Управление качеством продукта. Диспетчеризация вспомогательных механизмов	Обнаружение и анализ предаварийных ситуаций. Коррекция моделей объектов управления. Прогнозирование технико-экономических показателей. Оценка деятельности персонала. Накопление и обработка статистической информации о работе системы
Эффективность	5-10%	20—80%	40—200%
Алгоритмы	Элементарные вычисления, расчет полиномов. Высокое постоянство программ	Оптимизационные алгоритмы, высокая доля логических операций, вычислений с матрицами, обработка статистической информации	Работа с банками данных. Коррекция комплексов алгоритмов во время функционирования системы

Совместная работа большого числа процессоров обеспечивается в результате оперативного анализа состояния сложной системы, решения задач перераспределения ресурсов, организации потоков заданий и данных, синхронизации режимов обмена информацией и заданиями, эффективного согласования рабочих циклов отдельных элементов системы. Большое значение имеет проблема обмена информацией. Предположим, что в системе, включающей n процессоров, необходимо организовать связь процессоров по схеме «каждый с каждым». В этом случае число двухнаправленных связей Q может определяться произведением

$$Q=(n-1)!$$

Для пяти процессоров число связей $Q=120$, для десяти оно приближается к 400000 ($Q = 362880$). Ясно, что и большая часть времени должна тратиться на обмен информацией при таком большом числе связей. Предположим, что в подобной системе в каждом из процессоров на обмен информацией с другим процессором тратится доля времени K . Если учесть, что при этом может осуществляться обмен информацией с остальными $(n - 1)$ процессорами, то на обработку информации в процессоре останется доля времени $\Delta q = 1 - K(n-1)$ от общего времени его работы. Следовательно, на всех n процессорах можно обрабатывать информацию в течение $\Delta q_{\Sigma} = n\Delta q = n[1 - K(n-1)] = n(K + 1) - Kn^2$. Из анализа этой зависимости следует, что для каждого параметра K существует предельное число процессоров n^* , превышение которого уже не приводит к увеличению вычислительной мощности системы.

Так, при $K=0,05$, $n^*=10$, при $K = 0,01$, $n^* = 50$. Если только один процент времени тратится на обмен информацией между каждой парой процессоров, то включать в систему более 50 процессоров не имеет смысла, а на 50 процессорах можно обрабатывать информацию (проводить вычисления), затрачивая только примерно 50% времени. Поэтому необходимо совершенствовать структуру мультипроцессорных и мультимашинных систем для повышения эффективности их функционирования. Необходимо достаточно полно учитывать конкретные задачи, стоящие перед разработчиками таких систем. Применение иерархических структур на несколько порядков уменьшает число связей, сокращает затраты времени на передачу информации между элементами системы. Для синхронизации работы элементов системы целесообразно применение буферных устройств памяти, разделение каналов управления заданиями и передачи информации. Большой эффект дает специализация комплексов ЭВМ.

Причем подключение функционально и проблемно-ориентированных групп периферийного оборудования и спецпроцессоров к универсальным процессорам, поддержанное соответствующим ПО, обеспечивают создание вычислительных комплексов с принципиально новыми свойствами.

СМ-1800 — практически только для доступа к периферийным устройствам (видеотерминалам, интеллектуальным терминалам, устройствам печати) и каналам связи с III уровнем.

СМ-1300 — дополнительно может обеспечить хранение программ управления (для базы данных до 10—30 Мбайт) и выполнение ограниченных задач координации работы отдельных ЭВМ нижнего уровня.

Модели СМ-1300.01 и СМ-1810 удовлетворяют всем основным требованиям средних систем управления II уровня ГАП. При этом СМ-1810 имеет преимущества по производительности, а СМ-1300.01 — по объему системного и прикладного программного обеспечения и совместимости с ЭВМ верхних уровней АСУ.

Соответствие характеристик ПО СМ ЭВМ спектру требований основных уровней интегрированных АСУ детализируется в табл. 1.6.

Наиболее полно требованиям II уровня ГАП удовлетворяет перспективная модель СМ-1420*. В подсистемах обработки информации сложных измерительных и информационно-измерительных комплексов, в системах конструкторской и технологической подготовки производства целесообразно применение ИВК и АРМ, построенных на базе СМ-1420 (СМ-1420*) или 32-разрядной мега-мини-СМ-1420**. При этом в качестве расширения периферийных устройств наряду с увеличением ВЗУ до 100—300 Мбайт необходимо использование полуавтоматического ввода графической информации, графических терминалов, графопостроителей, сопрягаемых с СМ ЭВМ, резервирование основных системных устройств. Машины II уровня должны объединяться техническими и программными средствами СМ ЭВМ в однородную локальную сеть предприятия с выходом на III уровень управления.

III уровень (цех) характеризуется необходимостью решения нового класса задач (оперативное планирование и диспетчирование), которые решались на уровне АСУП в централизованном

Таблица 1.6

Класс	Название	Функции	Уровни ГАП			
			I	II	III	IV
ОС	РАФОС, МИОС РВ	Реальное время, предельная реактивность	+	×		
	ОС РВ, МОС, МИКРОС РОС	Виртуальность, резервирование, ОЗУ 2—4 Мбайта, многозадачность	×	+	×	×
	РВ, МИКРОН-16	Коллективное пользование		×	+	+
	ДОС КП, ДИАМС, МИКРОМ-16					
	ИНМОС	Переносимость ПО	×	×	+	+
	ТМОС-3, ЭКСПЕРТ	Расширенная диагностика	+	+	+	+
	ОС В	Виртуальность, 32-разрядность, ОЗУ до 15 Мбайт		×	+	+
БПО	СУБД (БАРС, СЕТОР, РИБД), ФОБРИН-2, МИРИС	Реляционные, иерархические, распределенные базы данных	×	+	+	+
	СУД	Управление файлами с последовательной, индексной, относительной организацией	+	×		
	ПП СЕТЬ СМ ТОДАС, ПП СЕТЬ МИКРО	Однородные локальные сети СМ ЭВМ		+	+	+
	ММК/Л, ММК/Р, СПО	Работа с ЕС ЭВМ в качестве локального или удаленного терминала		×	+	+
	ОБМЕН-2					
	ППП СЕТЬ ЕС ЭВМ	Работа в качестве узла открытой сети ЕС ЭВМ		×	×	+
	Инструментальные средства	Автоматизация проектирования ПО	×	+	+	+
	ПО резервируемых УВК	Резервирование комплекса, распределение функций		×	+	+
ППП	Многоканальное управление	Системно и объектно ориентированные пакеты	+	×		
	графика			+	+	×
	научные, инженерные			×	+	+
	экономические расчеты			×	+	+
	моделирование			+	+	+
	статистическая обработка		×	×	+	+
	работа со спецпроцессорами		×	+	+	+

ВЦ предприятия. Решение этих задач на уровне цеха обеспечивает оптимизацию управления ресурсами цеха как единого организационно-технологического объекта. При этом оперативно учитываются задания верхнего уровня и текущее состояние объекта управления. Квант времени, в течение которого целесообразно проводить коррекцию прогнозной модели и уточнять загрузку оборудования, обычно составляет от 0,5 до 2 ч. Эти характеристики совместно с требованиями ведения цеховых баз

Таблица 1.7

Наименование (шифр, марка)	Сопрягаемые интерфейсы	Скорость передачи	Биториенти- руемые протоколы	Байториенти- руемые протоколы	Терминальный режим	Локальная сеть	Локальная сеть	Открытая сеть	Число каналов	Аппаратный контроль	Доступности	Расстояние без модемов	Возможность подключения модемов	Реализация	Операционные системы	Пакеты сетевой телеобработки	Уровни ГАП				
																	I	II	III	IV	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
Двухвходовое ОЗУ(СМ-3509)	ОШ/ОШ	12,8 Мбод							1		15м				РАФОС, ОС РВ		×	+	+	+	
Адаптер межпроцессорной связи («окно») (АМС)	ОШ/ОШ	12,8 Мбод							1		15м				РАФОС			+	+	+	
Дуплексный регистр СМ-1420.4105 (ДР)	ИРПР/ИРПР	9600 бод							1		15м				РАФОС, ОС РВ		×	+	+	+	
Переключатель шины (СМ-4501) (ПШ)	ОШ/ОШ	12,8 Мбод			+				2		15м				ОС РВ, РАФОС		+	+	+	+	
Устройство связи вычислительных машин (УСВМ)	A2/ОШ	0,32—12,8 Мбод	HDLC	BSC	+				1		50м				СМ ЭВМ: ОС РВ, РАФОС	ММК/Л (СМ-ЕС ЭВМ)		×	+	+	
Контроллер ИРПР-ОШ (СМ-1420.6009)	ОШ/ИРПР	40 Кбод			+				1		15м				ОС РВ, МИОС, РАФОС, ДОС КП		+	+	+	+	
Контроллер ИРПС-ОШ (СМ-1420.6010)	ОШ/ИРПС	50—19 200 бод			+				2		0,5км				ОС РВ, МИОС, РАФОС, ДОС КП		+	+	+	+	
Адаптер дистанционной связи синхронный (АДС-С)	ОШ/С2	200—9600 бод	SDLC HDLC X.25	BSC	+		+		1			+			ОС РВ, РАФОС МИОС РВ	ПП СЕТЬ СМ ММК/Р (ЕС ЭВМ) ПП СЕТЬ МИКРО		×	+	+	
Адаптер дистанционной связи асинхронный (СМ-8502) (БС-АДС, АДС-А)	ОШ/С2 ОШ/ИРПС	50—9600 бод			+	+			2		1—2 км		+		ОС РВ, МИОС РВ, РАФОС ОС РВ РАФОС ДОС КП	ПП СЕТЬ СМ ПП СЕТЬ МИКРО ОБМЕН-2 (ЕС ЭВМ) ТОДАС	+	+	+	+	
Мультиплексор передачи данных терминальный (СМ8514) (МПД-А16)	ОШ/С2, ОШ/ИРПС	50—19200 бод		DDCMP	+				16		1—2 км	+			ДОС КП, МИОС РВ, ДИАМС, РОС РВ, РАФОС, ОС РВ ОС РВ, ДОС КП			+	+	+	
Мультиплексор передачи данных асинхронный (СМ-8521) (МПД-А8)	ОШ/С1,ФЛ ОШ/ИРПС	50—9600 бод		DDCMP			+		8						ОС РВ ОС РВ ОС РВ, ДОС КП	ПП СЕТЬ СМ		+	+	+	
Мультиплексор передачи* дачных, программируемый синхронно-асинхронный (СМ-8513) (МПД-ПСА)	ОШ/С2 ОШ/ИРПС	50—9600 бод		DDCMP BSC			+	+	16	+		+			ОС РВ	ПП СЕТЬ СМ		×	+	+	
Устройство связи (СМ-1800. 4501) (УС)	И41/И41	200 Кбайт/с		DDCMP							10 м						Пользоват ельские пакеты	+	+	+	×
Устройство связи с общей шиной (СМ-1800.4502) (УСОШ)	И41/ОШ	200 Кбайт/с			+				1		10 м							+	+	+	×
Модуль связи с интерфейсом ИРПР (СМ-1800. 7001) (МИРПР)	И41/ИРПР			DDCMP	+				1		15 м				МОС РВ, ОС СФП		+	+	×	×	
Модуль связи с интерфейсом ИРПС (СМ-1800.7002) (МИРПС)	И41/ИРПС	500—9600 бод		DDCMP	+				2		500 м			Две 2- про- водные линии 20 МА	МОС РВ, ОС СФП		+	+	×	×	
Модуль сопряжения с ИРПС многоканальный (СМ-1800.4106) (МСИРПС)	И41/ИРПС	50—9600 бод		DDCMP					4								+	+	×	×	
Модуль связи с модемом (СМ-1800.8501) (МСМ)	И41/С2	50—(с) 19200 50— (а) 9600 бод												Синхрон ный асинхрон ный				+	+	+	
Модуль сопряжения с телетайпом		9600 бод												40 МА 20 МА	ОС СФП, МОС РВ			+	+		
Контроллер выхода на интерфейс с линейной последовательностью (СМ-1800.4506) (КИЛПС)	И41/ИЛПС	500 Кбод			+				16						ОС СФП						

* Аппаратная реализация проверки данных по CRC-16 для протокола управления информационным каналом.

данных объемом до 100—500 Мбайт, обеспечением параллельной работы до 4—8 интеллектуальных терминалов или АРМ-У двух комплексов с распределением и резервированием основных функций управления (см., например, п. 1.12) наиболее полно удовлетворяются СМ-1620, СМ-1420, СМ-1420* или СМ-1420**.

Следует подчеркнуть, что с появлением в составе СМ ЭВМ 32-разрядных моделей класса мега-мини-СМ-1420** эффективность обработки информации на верхних уровнях ГАП значительно возрастает. Это определяется новыми архитектурными решениями, более эффективной системой команд, учитывающей особенности системного программирования и реализующей ряд операторов языков высокого уровня, наличием скоростных каналов связи с системными периферийными устройствами.

Со II уровнем и машинами СМ ЭВМ верхнего уровня управления связь осуществляется по протоколам однородной сети СМ ЭВМ под управлением пакета ППП СТО и с использованием адаптеров и мультиплексоров, которые поддерживаются данным пакетом сетевой телеобработки (табл. 1.7).

Для связи с IV уровнем, где возможно использование машин ЕС ЭВМ, необходимо применение средств сопряжения СМ ЭВМ—ЕС ЭВМ (в режимах удаленных терминалов ЕС-7920 или узлов открытой сети ЕС ЭВМ, работающих по протоколам X25, реализуемым синхронными адаптерами АДС-С).

В табл. 1.7 приводятся данные, уточняющие системотехнические характеристики средств комплексирования многомашинных ВК, многотерминальных и сетевых вычислительных систем. Причем для основных модулей и устройств указываются сопрягаемые интерфейсы, скорость передачи, характер протоколов, класс сети, число каналов связи, удаленность, поддержка системным и прикладным программным обеспечением и т. п.

Сопоставление указанных характеристик с требованиями интегрированных АСУ дает основание уточнить рациональные уровни применения средств телеобработки СМ ЭВМ на I—IV уровнях ГАП. Рекомендации по применению конкретных средств комплексирования многомашинных вычислительных систем на I—IV уровнях интегрированных АСУ типа ГАП приведены в указанной таблице. Здесь знаком «+» отмечены устройства, которые удовлетворяют общему набору требований, а знаком «X» — только ряду характерных требований для построения определенных подсистем.

В связи с тем, что задачи, решаемые на верхнем IV уровне (предприятие), с точки зрения требований к СВТ отличаются в основном увеличенным масштабом (например, ведение единой интегрированной централизованной или распределенной, однородной или неоднородной базы данных), планированием и диспетчированием на уровне предприятия в целом, автоматизацией обработки информации в основных и вспомогательных административно-хозяйственных подразделениях, основными моделями данного уровня должны быть ЭВМ класса ЕС ЭВМ. Только для сравнительно небольших предприятий возможно применение в качестве базовых многомашинных комплексов СМ-1420 (СМ-1420*, СМ-1420**).

Вопросы комплексирования СМ ЭВМ с ЕС ЭВМ в значительной мере определяются системотехническими характеристиками, указанными в табл. 1.7. Основные аспекты совместного использования ЕС ЭВМ и СМ ЭВМ анализируются в п. 1.5 и уточняются в гл. 3.4.

Положительный отечественный опыт создания ГАП на средствах СМ ЭВМ свидетельствует о том, что принципиальные вопросы построения многомашинных комплексов вычислительной техники для систем типа ГАП решаются в рамках серийно выпускаемых и разрабатываемых СМ ЭВМ. Это является одним из важнейших факторов, определявшим выбор СМ ЭВМ как основы для построения различных классов интегрированных АСУ и ГАП в основных отраслях народного хозяйства нашей страны.

1.10

КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ СМ ЭВМ ПО КРИТЕРИЮ НАДЕЖНОСТИ

Расширение сфер применения СМ ЭВМ, увеличение масштабов объектов автоматизации приводят к значительному росту потерь из-за отказа в СМ ЭВМ. Причем там, где ЭВМ становится непосредственным производителем продукции, частичный или полный отказ ЭВМ может вызвать отключение и простой технологического оборудования, снижение его производительности, качественных показателей технологического процесса. Возможность аварии технологического оборудования мы здесь не рассматриваем, так как считаем достаточной аварийную защиту системы. С

другой стороны, значительное повышение надежности необходимо для снижения приведенных затрат на эксплуатацию СВТ и в массовом применении ЭВМ. На практике зачастую наблюдаются на первый взгляд необъяснимые ситуации: использование серийно выпускаемых устройств, соответствующих ТУ, применение комплексов СВТ, прошедших полный цикл заводских испытаний на надежность, не обеспечивают ожидаемых (расчетных) показателей надежности. Это объясняется прежде всего ошибками в комплексировании УВК расширенного состава, которые вызываются неучетом основных особенностей модели функционирования УВК как сложной большой системы. Указанные особенности, наиболее ярко проявляющиеся только в режимах, близких к предельным, могут коренным образом изменить саму структуру модели. Ниже рассмотрим примеры, когда резервирование системы с целью значительного повышения ее надежности приводит к обратному эффекту — резкому повышению вероятности отказа (см. п. 1.12).

Большие трудности в запуске и обеспечении нормального функционирования расширенных комплексов СВТ испытывают достаточно часто и ведущие научно-исследовательские организации из-за отмеченных общих проблем повышения надежности СВТ, недостаточного отражения их в методических рекомендациях и специальной литературе. В ряде случаев аналогичные ошибки допускались и разработчиками СМ ЭВМ. Так, на последних стадиях разработки отказались от попытки «значительного улучшения» двух разрабатываемых контроллеров НМД. В одном из вариантов разработки (A_1) предполагалось в 2 раза увеличить скорость обмена информацией между контроллером диска и процессором, в другом (A_2) — в 2 раза увеличить размер буферной памяти контроллера диска по сравнению с существующими уровнями (A). Разработчики предлагали такие контроллеры для повышения скорости обмена между системным устройством и процессором, что должно было положительно сказаться на работе комплекса в целом. Снижение затрат системных ресурсов на обмен информации заданного объема должно было бы привести к возможности подключения к «Общей шине» (ОШ) дополнительных устройств. На самом деле при испытании макетов устройств была выяснена обратная картина. Из-за нарушения соответствия скорости работы электромагнитного тракта диск — головка — контроллер со скоростью работы электронного тракта контроллер — процессор в случае A_1 достаточно быстро возникал аварийный режим работы — потери информации при записи/считывании. В примере A_2 в среднем скорость обмена с диском увеличивается, однако не за счет более быстрой (в каждом обращении) работы канала НМД-ПР, а за счет более длительного использования системного канала ОШ в течение одного обращения $\Delta t_{A_2} = 2\Delta t_A$. Но в эти отрезки времени запрещается обращение всех других устройств. Как известно, каждый элементарный сбой в обращении к НМД потребует повторения обращения НМД к ОШ. Во-первых, вероятность сбоев в $2\Delta t_A$ возрастает, во-вторых, в эти периоды НМД забирает учетверенные системные ресурсы, что является уже перегрузкой ОШ.

Таким образом происходит качественное изменение модели функционирования УВКС.

Необходимо учитывать, что обычно интенсивность потока отказов устройства A примерно на порядок ниже интенсивности потока сбоев

$$\lambda_i = 0,1\lambda_{сб_i}. \quad (2)$$

Поэтому при экспоненциальном законе распределения среднее время наработки на отказ НМД для контроллера с нормальным буфером равно

$$T_{ср_A} = \frac{1}{\lambda_A}, \quad (3)$$

а для модифицированного устройства A_2 оно составит

$$T_{ср_{A_2}} \geq \frac{1}{\lambda_{сб_A}} = 0,1 T_{ср_A} \quad (4)$$

Следовательно, улучшение в два раза параметра работы автономно функционирующего устройства без должного учета ограничений, накладываемых совместной работой с другими устройствами, может вызвать снижение на порядок общесистемного показателя надежности комплексированной системы.

Учитывая, что на практике довольно часто отождествляют понятие времени безотказной работы $t(P)$ со средним временем наработки на отказ, уточним соотношение между этими параметрами. Так как для экспоненциального закона

$$P(t) = e^{-\frac{t}{T_{\text{cp}}}} \quad (5)$$

то при $t^* = T_{\text{cp}}$

$$P(t = T_{\text{cp}}) = e^{-1} \quad (6)$$

Другими словами, к моменту достижения $t^* = T_{\text{cp}}$ в среднем два из каждых трех устройств уже откажут.

В области больших значений вероятности безотказной работы $P(t) \approx 1 - 0,95$ (малых вероятностей отказа $q(t) = 1 - P(t)$) при экспоненциальном законе (5) среднее время наработки на отказ $T_{\text{cp}}(t^*_{\text{зад}}, P^*)$ определяется следующей приближенной зависимостью:

$$T_{\text{cp}} = \frac{t^*_{\text{зад}}}{1 - P^*} \quad (7)$$

Здесь $t^*_{\text{зад}}$ — заданное время, в течение которого вероятность безотказной работы не ниже P^* .

Значит, для достижения $t^*_{\text{зад}}$ порядка 100 ч с вероятностью $P^* = 0,99$ необходимо иметь систему со средней наработкой на отказ

$$T_{\text{cp}}(t^* = 100, P^* = 0,99) = 10\,000 \text{ ч.}$$

1.11

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ КОМПЛЕКСИРОВАНИЯ ВЫСОКОНАДЕЖНЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ СМ ЭВМ

1. Комплексирование ВС как сложной большой системы.

1.1.—оптимизация по вектору общесистемных показателей качества функционирования, включая параметры надежности, производительности, реактивности, стоимости, функциональной полноты и т.д.

1.2.—учет взаимного влияния всех элементов системы на показатели качества работы комплекса в целом.

1.3.—определение и учет бифуркационных границ параметров устройств и модулей, переход через которые принципиально изменяет режимы работы ВС.

1.4.—контроль и обеспечение заданной надежности выполнения функций, а не резервирование работы отдельных устройств или системы в целом.

2. Синтез рациональной системы резервирования по уровням заданных параметров надежности.

2.1.—из ненадежных элементов невозможно создать сколь угодно надежную систему.

2.2.—учет относительного снижения эффективности затрат на резервирование с ростом надежности систем.

2.3.—предельно высокая надежность жизненно важных элементов и систем обеспечивается при минимальном резервировании — прежде всего за счет минимизации выполняемых функций, аппаратуры, сложности ПО.

2.4.—контроль за работоспособностью и реакция (переключения на резервную схему) должны осуществляться непосредственно на каждом уровне резервирования автономно и с привлечением ресурсов других уровней.

3. Строгий учет характера отказов элементов и подсистем.

3.1.—типа «короткое замыкание» и «обрыв».

3.2.—применять рациональную схему резервирования для каждого набора типов отказов.

3.3.—учитывать возможность перехода одного типа отказов в другой и сбоев в отказы при изменении структуры и уменьшении запасов устойчивой работы ВС.

4. Отражать в модели надежности ВС реальную систему приоритетов, значительно отличающуюся от идеальной «абсолютной и относительной».

4.1.—недостаточно только «в среднем» удовлетворять требования пропускной способности каналов.

4.2.—при оценке надежности выполнения основных системных функций нельзя игнорировать ресурсы, затрачиваемые на работу медленных и несистемных периферийных устройств.

4.3.—необходимо достаточно точно учитывать потери на надежность $\nabla_{\text{н}}$.

Практические аспекты применения принципа 1.1. рассматривались в п. 1.10.

Принципы 1.2—1.4, как обобщающие более детальные подходы к комплексированию ВС, целесообразно рассмотреть на заключительных этапах.

В связи с этим перейдем к вопросам обоснования принципов синтеза рациональной системы резервирования (2.1—2.4).

Простейшей схемой резервирования обычно считается схема параллельного включения «я» элементов. Действительно, для цепочки из « n » параллельно работающих элементов вероятность безотказного функционирования P_n^Σ определяется зависимостью

$$P_n^\Sigma = 1 - q^n = 1 - (1 - P)^n, \quad (8)$$

где q и P — вероятность отказа и вероятность безотказной работы одного элемента.

Формально из (8) следует, что для любого заданного P_n^Σ можно выбрать соответствующее n , т. е. из ненадежных элементов ($P < 1$) можно создать сколь угодно надежную систему. При этом, однако, не учитывается фактор сложности и изменения масштаба системы. Мы уже отмечали, что в ряде реальных систем «улучшение» характеристик только в 2 раза приводит к резкому ($\sim$ на порядок) снижению надежности системы. Ниже покажем, что при нарушении принципов 3.1, 3.2 дублирование также приводит к снижению надежности. Сейчас же более детально рассмотрим идеальную схему резервирования.

Во-первых, необходимо учитывать, что при нагруженном (горячем) резерве резервные устройства работают параллельно с основным. Поэтому к отказу первого, например, в момент $t = T_{cp} = 1/\lambda$, остальные в среднем вырабатывают половину своего ресурса. Таким образом, каждое последующее резервное устройство добавляет к T_n^Σ все меньшую долю, равную в пределе

$$T_n^\Sigma = T_1 \left(1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \dots + \frac{1}{n} \right) = T_1 \sum_{i=1}^n \frac{1}{i} = T_1 \left(\ln n + C + \frac{1}{2n} \right) \quad (9)$$

где $T_1 = \frac{1}{\lambda_1}$ — среднее время наработки на отказ одного устройства;

$C = 0,57712\dots$ — постоянная Эйлера.

Во-вторых, показатель эффективности резервирования Q_n^Σ , определяемый как отношение среднего времени наработки на отказ резервируемой системы T_n^Σ к ее стоимости $C_n^\Sigma = nC_1$, резко уменьшается и при $n \rightarrow \infty$ стремится к нулю (рис. 1.11)

$$Q_n^\Sigma = \frac{T_n^\Sigma}{C_n^\Sigma} \cong \frac{T_1}{C_1} \left(\frac{\ln n}{n} + \frac{C}{n} + \frac{1}{2n^2} \right); \quad (10)$$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} Q_n^\Sigma = 0 \quad (11)$$

где C_1 — стоимость одного элемента. Следовательно:

из ненадежных элементов невозможно создать сколь угодно надежную систему (требуются бесконечно большие затраты);

максимальная эффективность резервирования Q_n^Σ соответствует случаю $n=1$, т. е. нерезервируемой системе.

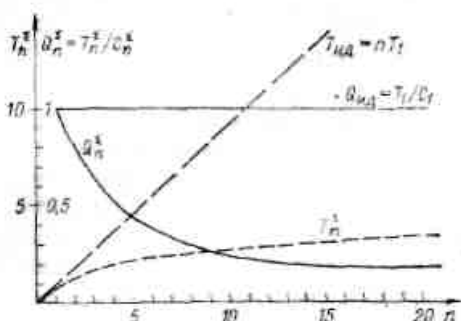


Рис. 1.11 Зависимость T_n^Σ и Q_n^Σ от уровня резервирования n

Таким образом, для обеспечения предельно достижимых уровней надежности (жизненно важные функции) ресурсы целесообразно вкладывать в создание максимально надежных нерезервируемых подсистем (принцип 2.3).

Эти выводы могут проиллюстрироваться и аналогами диалектического развития живого мира:

природа не смогла создать бесконечно надежные (бессмертные) организмы;

природа не резервирует жизненно важные органы (сердце, голову и т. п.), а рационально резервирует отдельные функции (кровообращения, центральной нервной системы и т. п.).

Мы видим, что принципы создания высоконадежных вычислительных систем сейчас соотносятся уже с основными направлениями обеспечения надежности биологических систем. Само по себе это свидетельствует о высокой сложности ВС и достаточно высоких предельных уровнях надежности, которые требуется реализовать в вычислительных комплексах.

Автономность (в смысле поуровневой привязки) системы контроля работоспособности и реакции на отказы (сбои) элементов определяется тем, что время реакции и надежность элементов ВС, как известно, тесно коррелируются с уровнем системы управления, на котором находится данный элемент. Поэтому реактивность уровня и время прохождения сигналов на более низкий уровень оказываются (структурно) недостаточными. Полностью же контролировать верхние уровни со стороны более низкого невозможно из-за их функционального несоответствия. При этом режимы межуровневого обмена контролируются наиболее сложно (с точки зрения реактивности — удовлетворяя требованиям более скоростного, нижнего уровня, по обеспечению полноты выполняемых функций — по требованиям верхнего уровня (принцип 2.4)).

Проанализируем ряд аспектов, уточняющих использование принципов 3.1—3.2.

Обычно на практике ограничиваются рассмотрением только самого факта отказа (или сбоя) в элементе, игнорируя как природу каждого конкретного отказа, так и те воздействия на другие элементы и систему в целом, которые вызываются данным отказом. Если речь идет о несвязанных и нерезервируемых системах, а следовательно, достаточно простых (функционально и структурно) и с относительно низкими уровнями надежности, то природа отказа не влияет на надежность схему системы.

В тех же случаях, когда применяется резервирование или имеются каналы связи между отдельными элементами другого типа, необходимо достаточно строго идентифицировать воздействие отказа на систему. Подтверждением этому может служить такой простой пример. Предположим, что необходимо повысить надежность обычного диода, имеющего вероятность безотказной работы P_1 . Формально следует параллельно одному диоду включить 2-й (рис. 1.12 а, б). Однако на практике наиболее часто диод отказывает по причине пробоя. Такой отказ, когда вход напрямую соединяется с выходом, относится к классу «короткое замыкание» (КЗ). Так как короткое замыкание любого элемента приводит при этом к отказу системы всех параллельных элементов, то с точки зрения надежности схема соответствует последовательному включению элементов (рис. 1.12 з) и вместо повышения надежности «параллельное» дублирование (рис. 1.12 б) приводит к снижению надежности до уровня

$$P_{\Sigma} = P_k^2. \quad (12)$$

Для повышения надежности элементы необходимо включить последовательно (рис. 1.12 в), тогда надежность схема будет соответствовать рис. 1.12 д. Для учета типа отказа каждый элемент A_i , имеющий надежность P_i , будем характеризовать вероятностью отказа на обрыв P_{oi} и вероятностью отказа по причине короткого замыкания P_{ki}

$$P_i = P_{oi} \cdot P_{ki}. \quad (13)$$

Тогда параллельное соединение элементов (рис. 1.12 б) будет соответствовать параллельно-последовательной надежности схеме (рис. 1.12 е) с надежностью

$$P_{\text{пар}} = P_e = P_k^2 (1 - (0.1 - P_o)^2), \quad (14)$$

а последовательное (рис. 1.12 в)—параллельно-последовательной схеме (рис. 1.12 ж)

$$P_{\text{пос}} = P_{\text{жс}} = P_o^2 (1 - (0.1 - P_k)^2), \quad (15)$$

т.е. для случая $P_o = P_k$ резервирование не может привести к положительным результатам. Действительно, при $P_o = P_k$ в соответствии с (13) $P = P_o^2 = P_k^2$. По формуле (14) или (15) второй сомножитель меньше единицы и

$$\frac{P_e}{P} = \frac{P_{\text{жс}}}{P} = 1 - (1 - P_o^2) < 1. \quad (16)$$

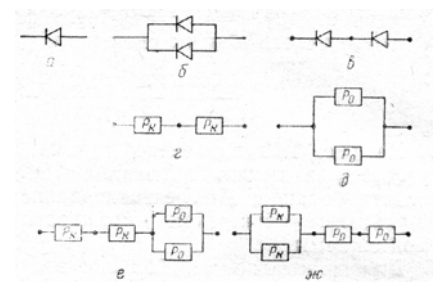


Рис.1.12. Надежные схемы резервирования с учетом вида отказа

На рис. 1.13 приведено параметрическое семейство кривых $P_e(P_o, P_k)$ и показана граница «ОАВСД», правее которой (в области больших P_o) резервирование приводит к отрицательным результатам — снижению надежности ниже уровня нерезервируемой системы.

Для практики имеет большое значение анализ влияния характера отказа в области больших значений P . На рис. 1.14 а показаны зависимости $P_e(P_n, \alpha)$, где α определяет отношение вероятности отказа по причине короткого замыкания (q_k) к вероятности отказа по обрыву

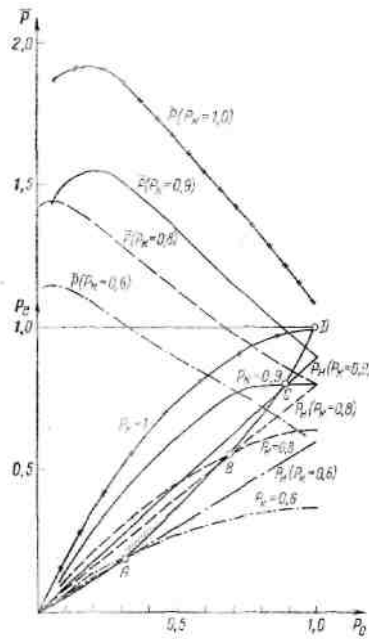


Рис. 1.13. Влияние вида отказа на надежность резервированной системы $P_e(P_o, P_k)$

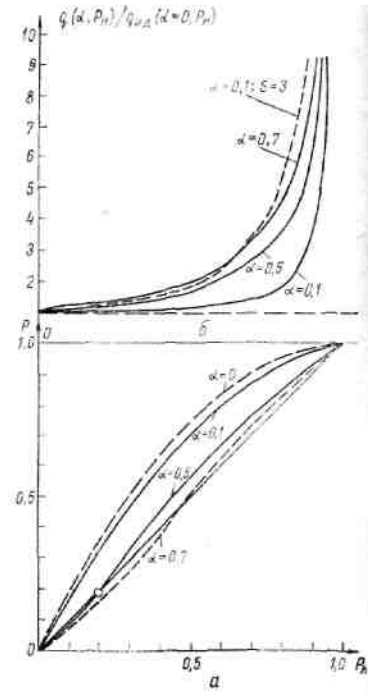


Рис. 1.14. Зависимость $P_e(\alpha, P_n)$ и $q(\alpha, P_n)/q_{ид}(\alpha=0, P_n)$

$$\alpha = \frac{1 - P_k}{1 - P_o} = \frac{q_k}{q_o}. \quad (17)$$

При $\alpha=0,7$ резервируемая система практически имеет характеристики нерезервируемой системы. Таким образом, при $\alpha \geq 0,7$ резервирование ухудшает характеристики системы. Приведенные на рис. 1.14 зависимости

$$K_{отн} = \frac{q_p(\alpha, q_n)}{q_{ид}(\alpha=0, q_n)} = f(\alpha, P_n = 1 - q_n) \quad (18)$$

показывают, что учет относительно небольших уровней ($\alpha \approx 0,1—0,5$) уже качественно меняет эффективность резервирования. Так, при $\alpha=0,1$ коэффициент $K_{отн}$ при $P=0,9$ достигает уровня 3—10,75. Следовательно, зависимость резервирования в реальных условиях ($\alpha \approx 0,1 \neq 0$) в 3—10 раз (20) меньше, чем по идеальной модели, — при игнорировании природы (взаимовлияния) отказов (19).

Используя (14), (13), (17), (8), получим

$$P_{пар}(\alpha, q) = 1 - 2\alpha q + (\alpha^2 - 1)q^2 \dots \quad (19)$$

$$K = (1 - \alpha^2) + \frac{2\alpha}{q} - 2\alpha q + \alpha^2 q^2 = \frac{1 - P_{пар}(\alpha, q)}{1 - P_{ид}(\alpha=0; q)}; \quad (20)$$

$$P_{ид}(\alpha=0; q) = 1 - q^2; \quad (21)$$

$$P_n = 1 - (1 + \alpha)q + \alpha q^2; \quad (22)$$

$$\chi = \frac{P_{пар}}{P_n} = \frac{1 - 2\alpha q + (\alpha^2 - 1)q^2}{1 - (1 + \alpha)q + \alpha q^2} \cong 1 + (1 - \alpha)q - (\alpha - 2)q^2 + \dots \quad (23)$$

$q \leq 0,1$

Сравнение приведенных зависимостей указывает на то, что учет природы отказов необходим. Меняется вид зависимости $P_p(q)$. Так, если в идеальном случае резервирование качественно меняет

проявление отказов отдельных элементов (линейная составляющая q в (22) заменяется па квадратичную q^2 (21)), то в реальном случае (19) сохраняется линейная составляющая— $2\alpha q$. Это обстоятельство необходимо учитывать в практике комплексирования ВС.

В качестве примеров отказов из-за короткого замыкания (КЗ) в элементах ВС (а точнее —в ВС, так как природа отказов элементов проявляется только при их совместной работе в системе) можно назвать следующие отказы:

отказы, приводящие к невозможности восстановления искажению (потери) информации, без которой невозможно обеспечить заданное качество функционирования ВС, развалу системной или объектной базы данных;

ошибки дешифратора адреса интерфейсного каскада любого контроллера, вызывающие «замыкание» (отключение) участка ОШ за данным устройством;

ошибки в формировании (тракте передачи, арбитраже шины) адреса вектора прерывания устройством (система не может идентифицировать и отключить неправильно работающее устройство, а отключает нормально функционирующее);

ошибки (отказы) в работе диагностической системы (несвоевременное отключение тракта с искаженной информацией; подключение к резервному комплексу устройства, вызвавшего отказ основного комплекса);

отказ сравнивающего и переключающего устройств в каскаде резервирования;

отказ блока (блоков) питания, приводящий к отключению питания (неработоспособности) контроллеров (интерфейсных модулей), подключенных к ОШ;

отказ блока питания интерфейсных модулей контроллера устройства, подключаемого к ОШ основного и резервного комплексов.

Принципы 3.1, 3.2 на практике целесообразно применять на следующих этапах:

идентификации видов отказов элементов с учетом особенностей работы в ВС (например, для всех событий, являющихся отказами элементов Q_{inj} в системе « k », определяется, что

$$\{Q_{i,n,l=1,j}\} \in \text{„КЗ“}, \{Q_{i,n,l=2,j}\} \in \text{„О“};$$

распределения общей вероятности безотказной работы P_i с учетом всех возможных видов отказов:

$$P_i(l) = \prod_l P_{il} \text{ (например, в форме (13))};$$

определения коэффициентов $\alpha_i = \frac{q_l}{q_l^*}$, где q_l^* — вероятность для отказа вида, принятого за базовый.

Теперь $P_i(l)$ задается следующим множеством параметров $P_i(l) \rightarrow \{q_l^*, \alpha_i\}$, так как

$$P_i(l) = \prod_l (1 - \alpha_l q_l^*); \quad (24)$$

коррекции структурной схемы надежности отдельных элементов и ВС в целом с учетом вида отказов (например, в виде рис. 1.12; 1.12 $\epsilon \rightarrow$ 1.12 $\delta \rightarrow$ 1.12 $\ж$);

уточнения рациональной схемы резервирования из условия $\max P_{i,p}(l)$ при одних и тех же затратах на резервирование (например, параллельном или последовательном соответственно для $\alpha < 1$ или $\alpha > 1$);

выбора рационального уровня резервирования (числа элементов в цепочке резервирования), например, с использованием параметрических зависимостей, определенных соотношением вида (14), (15) и на рис. 1.13, 1.14;

введения коррекции в формулу надежности $P(q) = P(\alpha, q)$, например, в виде (19) или с помощью коэффициента K (20).

Уточним аспекты реализации принципа 3.3. Уровень запасов устойчивости и управляемости является одним из важнейших системных параметров ВС как большой сложной системы. Система структурно и параметрически задается вектором

$$\overline{M}(A_i, B_{ij}, R_{ijm}, \dots),$$

где A_i — множество устройств;

B_{ij} — структурные связи;

R_{ijm} — режимы функционирования;

b_{ijm} — настройки параметров, характеристики структурных связей.

За запасы устойчивости и управляемости $\Delta y = \{\Delta A_i, \Delta B_{ij}, \Delta R_{ijm}, \Delta R_{ijm}\}$ будем принимать предельные

отклонения от невозмущенных значений A_{ij}^H , B_{ij}^H , b_{ijm}^H , R_{ijm}^H параметров, при которых система из области допустимого переходит в область недопустимого качества функционирования.

Если в модели ВС $M_{ид}$ неправильно учитываются существенные связи между элементами, то запасы устойчивости $\Delta u_{ид}$, определенные по такой модели, могут качественно отличаться от реальных (например, полученных в результате опытной эксплуатации Δu_0). Изменение запасов устойчивости приводит к тому, что в идентичных (по всем другим показателям) режимах функционирования может измениться характер проявления видов отказа (один вид отказа переходит в другой, и даже сбойная ситуация может перейти в ситуацию отказа ВС). Такие критические уровни запасов устойчивости $\Delta_\Phi = \{\Delta A_{ij\Phi}, \Delta B_{ij\Phi}, \Delta R_{ijm\Phi}, \Delta b_{ijm\Phi}\}$ по аналогии с теорией автоматического регулирования (ТАР) будем называть бифуркационными.

Определение запасов устойчивости требует достаточно тонкого учета в динамической модели ВС всех основных особенностей системы. Уровень детализации связей и точность учета параметров в динамике ВС коррелируются с точностью определения запасов устойчивости. Как отмечалось выше, наиболее сложным возмущением системы является потеря (или неисправимое искажение) информации.

Рассмотрим следующую модель бифуркации параметров системы на примере потери информации системы. Выделим множество устройств, для которых задана интенсивность входного информационного потока $\bar{u}_{вхi}(t)$. Этот поток после обработки в устройстве A_i^* (без использования системных ресурсов) трансформируется в выходной поток $\bar{u}_{выхi}(t) = \eta_i(t) \bar{u}_{вхi}(t)$. С использованием системных ресурсов (типа АРБИТР ОШ, ОШ, ОЗУ, Процессор) $\bar{u}_{выхi}(t)$ из буфера объемом N_i интерфейсного модуля (контроллера) A_i передается в приемник информации $A_{п}$.

Примечание 1. В качестве приемника можно рассмотреть ОЗУ. Обратный процесс $ОЗУ \rightarrow A_i = A_{п}$ в принципе описывается аналогичной моделью.

Примечание 2. Потерю информации в устройстве, которая происходит не из-за недостаточности системных ресурсов, здесь не рассматриваем, так как она не зависит от запасов устойчивости в целом.

Расчетным режимом является обеспечение V_i — средней скорости работы устройств A_i , под управлением системных устройств без задержки любого из обращений на время $\Delta t_i < T_{допim}$ (здесь i, j, m — номера устройства, обращения и состояния системы соответственно). Другими словами, в течение времени

$$\Delta t_i = \frac{N_i}{V_i} \quad (25)$$

должны закончиться все циклы, и устройство получит в этот период объем информации, не забивающей буфер N_i . Таким образом, если в момент $t_{пi}$ устройство выставит запрос на прерывание и в течение отрезка времени

$$\Delta T = \Delta t_i - (n_i + 1) \Delta t_{иц} \cong \frac{N_i}{V_{срi}} - (\Delta t_{иц} + n_i \Delta t_{ппi}) \quad (26)$$

не получит доступ к ОШ (системным ресурсам), то для системы произойдет потеря информации. Здесь $\Delta t_{иц}$ — системный цикл (время, необходимое на передачу объема информации N_i); n_i — кратность запросов системных циклов при обнаруженных сбоях в сеансах передачи (анализ достоверности приема совмещен с циклом передачи); Δt_i — определяется (25). Например, для НМД $n_i=8$; $\Delta t_{ппi}$ — затраты на единичную повторную передачу при сбоях.

Характеристики контроллеров (V_i , N_i , Δt_i) основных типов устройств, используемых в СМ ЭВМ, приведены в табл. 1.8.

Таблица 1.8

Параметры контроллеров	Контрольные устройства					
	НМД	НМЛ	КНМЛ	НГМД	АЦПУ	ДР
V_i [Кслов/с]	78	32	10	10	20–40	15
N_i [слово]	2–4–8–16	1	1	1	3К	1
Δt [мкс]	25–50–100–200	35	100	100	7500	65
n_i	8	2	2	2	2	2

Возвращаясь к соотношению (26), можно отметить, что для сохранения устойчивости информационного процесса ВС необходимо, чтобы гарантировалось неравенство

$$\Delta t_{\text{зад}i} \leq \Delta T_{\text{доп}}(i); \quad (27)$$

где $\Delta t_{\text{зад}i}$ — задержки в предоставлении системных ресурсов на прерывание от устройства A_i .

Анализ выполнения ограничения (27) требует достаточно точного учета основных особенностей системного интерфейса ВС. В связи с этим целесообразно перейти к рассмотрению практических вопросов применения принципов 4.1, 4.2.

Как известно, в системах автоматического управления наибольшее запаздывание вносит элемент, управляющий основным потоком мощности (каскад усиления привода в исполнительном механизме, руле). По аналогии следует ожидать, что наиболее важные структурные аспекты устойчивой работы ВС определяются системным устройством, которое управляет основным системным ресурсом — общесистемным интерфейсом. Таким устройством в СМ ЭВМ линии ОШ является арбитр «Общей шины». Как показывает практика, часто небольшие упрощения в системе реализации приоритетов, неучет зависимости работы приоритетной системы от конкретной структуры ВС приводят к потере адекватности модели ВС реальным условиям функционирования.

Высокое быстродействие и реактивность, возможность параллельной работы относительно большого числа скоростных устройств в современных ВС в значительной мере определяются гибкостью и быстродействием системы прерываний.

Приоритетная система обслуживания в СМ ЭВМ в значительной мере строится на аппаратных средствах. Так, в интерфейсах ОШ и И41 система абсолютных и относительных приоритетов* практически определяется компоновкой устройств на общей магистрали**. Подробно особенности реализации интерфейсов рассматриваются в гл. 2 и [20].

Рассмотрим некоторые ограничения, накладываемые на производительность и устойчивость работы ВС с интерфейсом ОШ.

В классических системах абсолютных и относительных приоритетов для компоновки комплексов по критериям максимальной производительности и устойчивости достаточно воспользоваться следующим правилом: абсолютные приоритеты распределяются между группами оборудования в соответствии с важностью их для поддержания работоспособности комплекса, относительные приоритеты внутри групп оборудования назначаются с учетом скорости работы устройств.

Высокая эффективность работы подобной системы практически гарантируется при выполнении только одного дополнительного условия: в среднем пропускной способности системы достаточно, чтобы обработать поступающие потоки заявок. Однако практически реализовать идеальную абсолютную систему приоритетов невозможно. Прерывание заявки, уже принятой к обслуживанию, допускается только в определенных фазах обслуживания.

Для формализации модели функционирования введем запаздывание в срабатывании абсолютной системы приоритетов $\nabla \tau_i$. Оно определяется как время высвобождения системных ресурсов заявкой $L_i p_1$ с более низким абсолютным приоритетом, но принятой уже к обслуживанию к моменту поступления заявки L_{j+1}, p_2 с более высоким абсолютным приоритетом ($p_2 > p_1$).

Здесь p — уровень абсолютного приоритета заявки. Наибольшая величина запаздывания $\nabla \tau_i$ определяется как максимальное (по $j, i, p_1/p_2$) время, прошедшее с момента t_{jp_1} [РП] предоставления запросу на прерывания типа РП от заявки $L_j p_1$ системных ресурсов (выдача арбитром сигнала РП, см. гл. 2) до окончания цикла передачи адреса вектора прерывания в процессор (снятие сигнала ЗАН заявкой $L_j p_1$)

$$\nabla \tau = \max_{i, j, p_1/p_2} \tau_{ij} p_1/p_2. \quad (28)$$

Будем рассматривать конфликтные ситуации, когда задержка в предоставлении ресурсов затрагивает заявки системных устройств, точнее (см. п. 1.12) устройств внепроцессорного обмена с уровнем прерывания ЗПД ($p_2 = \text{ЗПД}$) по отношению к программным уровням прерывания ($p_1 = \text{РП7—РП4}$). В этих условиях $\nabla \tau$ имеет две составляющие

$$\nabla \tau = \tau_{\text{РП} \rightarrow A_i} + \tau_{\text{цнОШ}}; \quad (29)$$

* Если приоритет P_i выше приоритета P_j в относительной системе приоритетов, то устройство A_i не может прервать обслуживание устройства A_j . В абсолютной системе приоритетов устройство A_i прерывает обслуживание A_j и получает доступ к системным ресурсам.

** Только программы во время работы системы могут менять уровни своих приоритетов в соответствии с заданием, заложенным программистом.

где $\tau_{\text{РП} \rightarrow A_i}$; — время передачи сигнала на разрешение прерывания от арбитра к устройству A_i

$\tau_{\text{ЦПОШ}} = 1 \text{ мкс}$ — цикл передачи одного слова (адреса вектора прерывания) от A_i в ОЗУ.

В свою очередь, задержка $\tau_{\text{РП} \rightarrow A_i}$ определяется особенностями прохождения по кабелям ОШ (задержка $\sim 3,5 \text{ нс/м}$), дешифратором адресов интерфейсных модулей устройств (300 нс на каждое устройство), расширителем интерфейса РИФ (400 нс) и переключателем ОШ (800 нс в пассивном состоянии ПШ и плюс 500 нс непосредственно после переключения ПШ).

Таким образом, в достаточно общем случае реализуемых структур ВС величину $\tau_{\text{РП} \rightarrow A_i}$ определяет уравнение

$$\tau_{\text{РП} \rightarrow A_{i^*}} = 0,0035 l_{i^*} + 0,3 n_{P_{i^*}} + 0,4 n_{\text{РИФ} < i^*} + 0,8 n_{\text{ПШ} < i^*}. \quad (30)$$

Здесь l_{i^*} — длина ОШ от процессора до места установки A_{i^*} ; $n_{P_{i^*}}$ — число всех устройств, подключенных к уровню прерывания p_{i^*} , для которых $i \leq i^*$.

Так, если рассмотрим одну из конфигураций комплекса, предложенную к практической реализации, где было подключено к одному уровню РП7 до 30 периферийных устройств ($i^* \approx 30$) на 4 отрезках ОШ ($l_{i^*} = 60 \text{ м}$) с тремя РИФ ($n_{\text{РИФ} i^*} = 3$) и с тремя ПШ ($n_{\text{ПШ} i^*} = 3$), то получим

$$\tau_{\text{РП} \rightarrow A_{i^*}} = 0,0035 \cdot 60 + 0,3 \cdot 30 + 0,4 \cdot 3 + 0,8 \cdot 3 = 14,2 \text{ мкс}.$$

Другими словами, в течение $\nabla \tau \approx 15 \text{ мкс}$ (см. (29)) по системному интерфейсу не будет передаваться никакая информация и вместе с тем системное устройство не сможет получить ресурсов для связи с ОЗУ. После уточнения структуры системного запаздывания $\nabla \tau$ для большей надежности предлагаемых оценок вместо формулы (29) целесообразно использовать следующую зависимость:

$$\nabla \tau \leq \max \{ 2 \nabla \tau_{(29)}; \nabla \tau_{(29)} + \nabla_{\text{ОШ}}^{\text{СВ}} \}, \quad (31)$$

где $\nabla \tau_{(29)}$ — запаздывание $\nabla \tau$, рассчитанное по (29) и (30); $\nabla_{\text{ОШ}}^{\text{СВ}} = 10\text{—}15 \text{ мкс}$ — максимальный тайм-аут, в течение которого арбитр ждет сигнал от устройства, после чего выполняет операции по обслуживанию следующей заявки.

Формула (31) учитывает возможность одного сбоя в системе обслуживания устройства A_i или дообслуживание устройства, принятого к обслуживанию до момента передачи ресурсов заявке A_i . График изменения $\nabla \tau(l, i^*, n_{\text{РИФ} i^*}, n_{\text{ПШ} i^*})$ приведен на рис. 1.15, где показана аналогичная зависимость и для $\nabla \tau^*$.

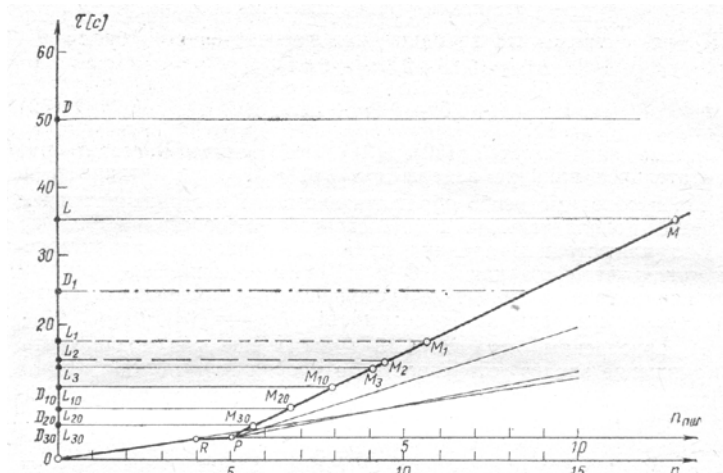


Рис. 1.15. Определение бифуркационных параметров ВС

системного устройства можно принять $l \leq 10 \text{ м}$, $n_{\text{РИФ}} = 0$ и записать, учтя синхронизирующие задержки $\sim 150 \text{ нс}$, а также что за один цикл передается весь буфер

$$\Delta t_{\text{иц}} = 0,35 + 0,3 n_{i_c} + 0,4 n_{\text{РИФ} < i_c} + 0,8 n_{\text{ПШ} < i_c} + 1,0 N. \quad (32)$$

Анализ зависимостей (30), (31), (32) свидетельствует, что отрицательное влияние задержек $\tau_{\text{РИФ}}$, $\tau_{\text{ПШ}}$ может утраиваться. На это необходимо особо обращать внимание и ограничивать количество дополнительных компоновочных устройств.

Приведенные материалы свидетельствуют, что для ряда конфигураций комплексов запаздывание в срабатывании абсолютной системы приоритетов может достигать значений, соизмеримых и даже превосходящих допустимые уровни Δt_i , приведенные в табл. 1.7. В связи с чем система переходит в неустойчивый режим работы.

Необходимо учесть, что для большого числа ПШ значительно увеличивается и само значение $\Delta t_{\text{иц}}$ в уравнении (26), что также снижает ΔT .

Значение $\Delta t_{\text{иц}}$ может быть рассчитано с учетом зависимости (30). Однако в случае

Для иллюстрации влияния ряда компоновочных характеристик таких устройств, как РИФ и ПШ, на уровень бифуркационных параметров, а значит, на устойчивость и надежность системы рассмотрим график зависимости $\Delta\tau_{уст}=f(A_i, n_{риф}, n_{пш}, l, \dots)$, приведенный на рис. 1.15 (можно еще раз подчеркнуть, что снижение запаса устойчивости до уровня $\Delta\tau_{уст\phi}(n_\phi) < \tau_{сб}(n_\phi)$ приводит к качественному изменению динамики процесса — сбойная ситуация в обычных условиях при параметрах n_ϕ вызывает отказ).

На рисунке ломаная линия $ORPM$ отражает уровень $\nabla t = \nabla \tau + \Delta\tau_{ис}$ для ВС, включающий 5 РИФ ($i_{риф} = \overline{1;5}$), при варьированном числе ПШ (ось $n_{пш}$ смещена в точку P ; здесь $i_{пш} = \overline{1; n_{пш}}$).

Горизонтальные прямые D и L определяют Δt_i для контроллеров НМД и НМЛ, т. е. отрезки OD и OL равны периоду времени обмена с ОЗУ — соответственно 50 или 35 мкс, в течение которого должен обслужиться запрос на прерывание НМД и НМЛ (при выдерживании средней скорости обмена V_i).

Как видно из приведенных графиков, когда не учитывается влияние других устройств, даже при таком большом количестве ПШ, как $n_{пш}=6$, запаздывание в срабатывании системы абсолютных приоритетов качественно не изменяет запасов устойчивости. Например, в ВС для случая обращения НМЛ допускается задержка, эквивалентная подключению более 30 устройств код-ному уровню РП (всего более 120 устройств к РП4—РП7).

Рассмотрим теперь сбойную ситуацию. Для упрощения расчетной схемы примем, что при коррекции сбоя требуется повторение всех системных затрат. В связи с этим для сбойных ситуаций граница D трансформируется в D_1 а L — в L_1 ($OD_1=0,5OD=25$ мкс; $OL_1=0,5OL=17,5$ мкс). Уровень L_1L_2 учитывает дополнительное снижение на 3 мкс (3 передачи слова в ОЗУ — 2 вектора прерывания и один регистр НМЛ), а уровень D_1D_2 — на 6 мкс (принимая буфер НМД = 4 словам). Точки L_3 и D_3 отражают учет запаздывания, вносимого физической длиной ОШ (так как этот параметр несуществен, принимаем $l \approx 30$ м). Уровни L_{10} , L_{20} и L_{30} (практически совпадающие с уровнями D_{10} , D_{20} и D_{30}) соответствуют дополнительному учету задержек, вносимых дешифраторами адреса отдельных устройств i , подключенных к одному РП ($j \in \overline{4;7}$). Этим уровням соответствуют точки $M_{10}(n_{пш_\phi} [i=10]=3)$; $M_{10}(n_{пш_\phi} [i=19]<2)$ и $M_{30}(n_{пш_\phi} [i=26]<1)$.

При рассмотренных допущениях и принятых параметрах сбойная ситуация при обращении НМД или НМЛ с большой вероятностью приводит к отказу системы, если в структуре ВС используются 5 РИФ: 4 ПШ и 10 устройств, 2 ПШ и 19 устройств, 1 ПШ и 26 устройств на одном уровне РП.

Перенос точек M_{10} , M_{20} и M_{30} в плоскость параметров ($n_{пш_\phi}$, i) дает возможность определить границы бифуркации «сбой→отказ» (рис. 1.16).

С учетом относительного влияния РИФ и ПШ (дополнительная задержка от РИФ составляет 0,5—0,33 задержки от ПШ) перестраиваем указанную границу для случая $n_{риф_\phi} = 2$ и $n_{риф_\phi} = 8$.

Замечание 1. Реальная граница бифуркации отличается от линейной, так как с изменением числа устройств изменяется и вероятность появления сбойных ситуаций. Мы же здесь рассматриваем качественную картину изменения реакции на сбойные ситуации, поэтому ограничимся приближенными границами.

Замечание 2. Основной для практики вывод состоит в том, что природа резкого увеличения отказов при снижении запасов устойчивости по системным ресурсам определяется критическим уровнем запаздывания в срабатывании абсолютной системы приоритетов ∇t . Особенно важно подчеркнуть, что при оценке реактивности системы прерываний типа РПД (НМД, НМЛ и т. д.) необходимо рассматривать 2—3 последовательных цикла (из них: 1 цикл РПД и 2 цикла РП) прохождения сигнала по всей длине ОШ в нормальной и до 6 — в сбойных ситуациях. Дополнительно отметим на первый взгляд парадоксальный факт — на реактивность в критической ситуации, а, следовательно, и на уровень надежности существенное влияние оказывают все устройства

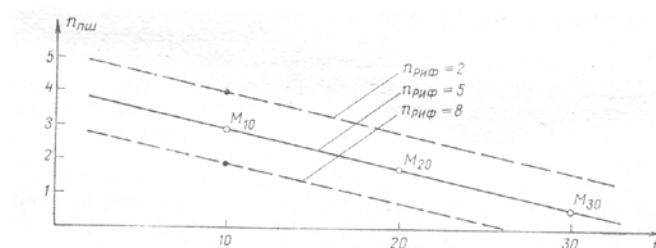


Рис. 1.16. Граница бифуркации (сбой→отказ) в параметрах $n_{пш}$, $n_{риф}$, i

(в основном РИФ и ПШ), даже стоящие по шине за рассматриваемым устройством прямого доступа (например, НМЛ, системным НМД). Однако эти факты пока не нашли должного отражения в рекомендациях по построению УВК повышенной надежности.

Замечание 3. Обеспечить устойчивую работу комплекса, включающего более одного ПШ, чрезвычайно сложно.

1.12

РАСЧЕТ ОЦЕНОК «ПОТЕРИ НА НАДЕЖНОСТЬ»

Как известно, для качественной оценки в ТАР используются понятия типа «потери на самонастройку». Они учитывают дополнительные возмущения координат в районе оптимальной точки, вызываемые самим режимом самонастройки. Такие возмущения относятся к методическим ошибкам, порождаемым новым качеством системы — режимом самонастройки. Взаимный учет положительного и отрицательного влияния самонастройки позволяет оценить «коэффициент полезного действия» введения нового качества в систему.

По аналогии будем рассматривать оценки потери на надежность (ПН) как вектор абсолютного

$$\bar{\Delta}_{\text{ПН}}(\Delta_i) = \bar{\Delta}_{\text{ПН}}(\Delta_{\text{ПН}}^{\text{Н}} + \text{Н} - \text{Н}^*, \Delta_{\text{ПН}}^{\text{П}} = \text{П} - \text{П}^*, \Delta_{\text{ПН}}^{\text{С}} = \text{С} - \text{С}^*, \Delta_{\text{ПН}}^{\text{Ф}} = \text{Ф} - \text{Ф}^* \dots); \quad (33)$$

и вектор относительного изменения параметров качества

$$\bar{\nabla}_{\text{ПН}}(\Delta_i) = \bar{\nabla}_{\text{ПН}}(\nabla_{\text{ПН}}^{\text{Н}} = 1 - \frac{\text{Н}^*}{\text{Н}}, \nabla_{\text{ПН}}^{\text{П}} = 1 - \frac{\text{П}^*}{\text{П}}, \nabla_{\text{ПН}}^{\text{С}} = 1 - \frac{\text{С}^*}{\text{С}}, \nabla_{\text{ПН}}^{\text{Ф}} = 1 - \frac{\text{Ф}^*}{\text{Ф}}, \dots). \quad (34)$$

Абсолютные и относительные оценки для показателя надежности связаны следующим соотношением:

$$\Delta_{\text{ПН}}^{\text{Н}} = \nabla_{\text{ПН}}^{\text{Н}} \cdot \text{Н}. \quad (35)$$

Здесь Н, П, С, Ф, Н*, П*, С*, Ф* — соответственно показатели надежности, производительности, стоимости, функциональных возможностей в базовой системе и в системе с измененными на уровень Δ_i параметрами.

Например, для повышения надежности, а точнее таких ее функциональных возможностей, как ремонтпригодность, обеспечение непрерывности работы при отказах отдельных устройств, вводятся дополнительные компоновочные устройства (типа ПШ). Не будем останавливаться на соответствующих этому тривиальных для настоящего примера способах определения оценок $\Delta_{\text{ПН}}^{\text{С}}$,

Таблица 1.9

Δ_i	$\nabla_{\text{ПН}}^{\text{Н}}$	$\nabla_{\text{ПН}}^{\text{Н}}$	
		Устройство включено на ОШ	
		после НМД, НМЛ	до НМД, НМЛ
РИФ	0,04	0,06	0,09
ПШ	0,08	0,12	0,18
$A_i \in \text{РП}$	0,03	0,05	0,05
$A_i \in \text{РПД}$	0,03	0,025	0,05
$l_{\text{ОШ}}=15 \text{ м}$	0,005	0,009	0,015

$\nabla_{\text{ПН}}^{\text{Ф}}$ или $\nabla_{\text{ПН}}^{\text{С}}$, $\nabla_{\text{ПН}}^{\text{Ф}}$. В соответствии с [16] можем, например, отметить, что одно устройство ПШ снижает пропускную способность канала ОШ примерно на 8% (табл. 1.9). Значит, соответствующий показатель потери реактивности работы ОШ для всех устройств, стоящих за данным ПШ, $\Delta_{\text{ПН}}^{\text{П}} = 0,08 V_{\text{ОШ}}$, а $\nabla_{\text{ПН}}^{\text{П}} = 0,08$, где $V_{\text{ОШ}} = 1$ Мслов/с — номинальная скорость обмена по ОШ. Можно считать, что в соответствии с этими потерями увеличатся и затраты системных ресурсов ВС в целом.

Значения параметра $\nabla_{\text{ПН}}^{\text{П}}$ и $\nabla_{\text{ПН}}^{\text{Н}}$, т. е. относительные потери производительности (скорости обмена по ОШ) и надежности ВС для изменений структуры ВС, соответствующих «элементарным» вариациям структуры — дополнительному включению одного РИФ, ПШ, отрезка ОШ длиной $l=15$ м, одного устройства A_i (на уровень РП или РПД), приведены в табл. 1.9.

Принятая аппроксимация изменения интенсивности отказов $\lambda(\bar{\Delta})$ в районе бифуркационных параметров системы, вызванных задержками в срабатывании абсолютной системы приоритетов, показана на рис. 1.17.

На участке $\bar{\Delta} < 0,9$ (где $\bar{\Delta} = \frac{\Delta}{\Delta_{\phi}}$ и Δ_{ϕ} — бифуркационные значения параметра Δ)

$$\lambda(\bar{\Delta}) = \lambda_0 + \lambda_0 \bar{\Delta} \quad (36)$$

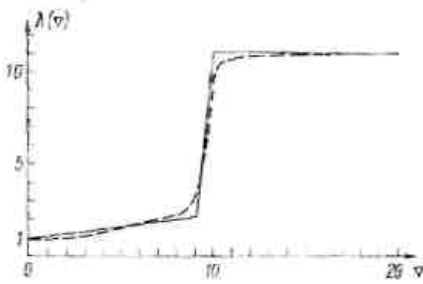


Рис. 1.17. Зависимость интенсивности отказов λ от вариации параметров в области бифуркации ($\nabla = 10 \bar{\Delta}$)

(λ_0 — расчетная интенсивность отказов в системе без учета потери на надежность). При $\bar{\Delta} > 0,9—1,0$, т. е. при переходе через бифуркационные границы, значение λ возрастает на порядок (сбои вызывают отказы в системе)

$$\lambda(\bar{\Delta} > 1) \cong 11 \lambda_0. \quad (37)$$

Интуитивно ясно, что резервирование может дать положительный результат только в тех случаях, когда резервируются относительно ненадежные элементы (устройства, связи). Причем относительный уровень надежности элемента $\bar{q}_i$ определяется

$$\bar{q}_i^H = q_i^H / q_{\Sigma}^H, \quad (38)$$

где q_i^H, q_{Σ}^H — вероятность отказа нерезервируемого элемента и вероятность отказа нерезервируемой системы соответственно.

Если воспользоваться оценками потери на надежность (35) и учесть (19,36), можно определить, что

$$(\bar{q}_{i^*}^H)_{\text{пред}} = \frac{\lambda_{i^*}}{\sum_i \lambda_i} = \frac{\nabla_{A_i}}{(1-2\alpha)(1+\nabla_{A_i})}, \quad (39)$$

где $(\bar{q}_{i^*}^H)_{\text{пред}}$ — предельный уровень относительной надежности резервируемого элемента, при котором положительный эффект от дублирования полностью компенсируется потерями на надежность.

Фактически коэффициент α также отражает потери на надежность, так как разная природа отказов «К» и «О» проявляется только при резервировании.

Результаты расчета $(\bar{q}_{i^*}^H)_{\text{пред}}$ для ряда характерных случаев приведены в табл. 1.10.

Другими словами, для $\alpha = 0,1$ дублирование одного устройства целесообразно только для тех устройств, для которых вероятность отказа составляет более 0,06 от вероятности отказа всей нерезервируемой системы (т. е. более чем 1/15 часть):

- для $A_i + \text{РИФ}$ — более чем 1/7 часть;
- для $A_i + \text{ПШ}$ — более чем 1/5 часть;
- для $A_i + \text{РИФ} + \text{ПШ}$ — более чем 1/3 часть;
- для $A_i + 3\text{ПШ} + \text{РИФ}$ — более чем 1/2 часть.

Если для резервирования одного устройства (A_i) дополнительно в структуре ВС необходимо

Таблица 1.10

Дополнительные элементы для резервирования устройства	$\alpha=0,1$	
	$(\bar{q}_{i^*}^H)_{\text{пред}}$	$\eta_{\text{пред}}$
$\left. \begin{array}{l} A_i > j \in \text{РПД} \\ A_i < j \in \text{РПД, РП} \\ A_i > j \in \text{РГ} \end{array} \right\}$	0,3	0,97
	0,06	0,94
$A_i + \text{РИФ}$	0,16	0,84
$A_i + \text{ПШ}$	0,19	0,81
$A_i + \text{ПШ} + \text{РИФ}$	0,31.5	0,685
$A_i + \text{ПШ}_{>j} + 2\text{ПШ}_{i < j} + \text{РИФ}$	0,48	0,52

использовать 1 РИФ и 1 ПШ, то такое дублирование может быть относительно малоэффективным. В идеальном случае можно повысить вероятность отказа системы только на 1/3 (полностью исключить отказ A_i), имеющей $\lambda_i = 1/3 \lambda_{\Sigma}^H$. Необходимо подчеркнуть, что вероятность отказа РИФ и ПШ — $q_{\text{риф}}$ и $q_{\text{пш}}$ как устройств не учитывается (т. е. принимается $q_{\text{риф}} = q_{\text{пш}} = \lambda_{\text{риф}} = \lambda_{\text{пш}} < \lambda_i$).

Рассмотрим случай дублирования с восстановлением при учете вида отказов. Структурная схема

надежности для такой системы изображена на рис. 1.12ж. Дополнительно нужно подчеркнуть, что элементы, отказавшие по причине обрыва (О), восстанавливаются с интенсивностью μ . Так как отказ элемента по причине К может вызывать отказ либо подсистемы, либо всей системы (в зависимости от структуры ВС), то будем считать, что восстановление с интенсивностью μ возможно только в случае отказа резервируемой подсистемы.

Пусть в ВС дублируется группа элементов (подсистема), имеющая параметры λ_K , λ_O , λ (интенсивность отказов по причине К, О и суммарная)

$$\lambda = \lambda_O + \lambda_K = \lambda_O(1 + \alpha).$$

В результате этого в системе с восстановлением:

интенсивность отказов в дублированной системе λ_O^D по причине обрывов значительно уменьшится (пропорционально $2\lambda_O/\mu$)

$$\lambda_O^D = \frac{2\lambda_O^2}{\mu},$$

интенсивность отказов по причине К удвоится

$$\lambda_K^D = 2\lambda_K,$$

суммарная интенсивность отказов λ_Σ^D достигнет уровня

$$\lambda_\Sigma^D = \lambda_O^D + \lambda_K^D = \frac{2\lambda_O^2}{\mu} + 2\lambda_K = \frac{2\lambda^2}{(1+\alpha)^2\mu} + \frac{2\alpha\lambda}{1+\alpha} = \frac{2\lambda}{1+\alpha} \left[\frac{\lambda}{(1+\alpha)\mu} + \alpha \right].$$

Учтем теперь потери на резервирование. Во-первых, это потери, определяемые коэффициентом $(1+\nabla)$, — задержка из-за срабатывания системы абсолютных приоритетов. Во-вторых, это потери из-за необходимости подключения последовательно дополнительных элементов (например, $n_{\text{кан}}$ каналов связи между процессорами — $n_{\text{кан}}\lambda^{\text{кан}}$ или $n_{\text{ПШ}}$ переключателей шины — $n_{\text{ПШ}}\lambda^{\text{ПШ}}$; РИФ — $n_{\text{РИФ}}\lambda^{\text{РИФ}}$). Увеличение интенсивности отказов подсистемы λ за счет этих дополнительных элементов может быть определено

$$\lambda = \lambda^H (1 + \chi) = \lambda^H \left(1 + n_{\text{ПШ}} \frac{\lambda^{\text{ПШ}}}{\lambda^H} + n_{\text{кан}} \frac{\lambda^{\text{кан}}}{\lambda^H} + n_{\text{РИФ}} \frac{\lambda^{\text{РИФ}}}{\lambda^H} \right) = \lambda^H \left(1 + \sum_j n_j \frac{\lambda^j}{\lambda^H} \right);$$

где $j = \text{ПШ, кан, РИФ}$.

С учетом этих коэффициентов потерь на надежность общая интенсивность отказов дублированной системы определяется зависимостью

$$\lambda_\Sigma = \frac{2\lambda^2 (1+\nabla)^2}{(1+\alpha)^2\mu} + \frac{2\alpha\lambda}{1+\alpha} (1+\nabla) = \frac{2\alpha^2 (1+\chi)^2 (1+\nabla)^2}{(1+\alpha)^2\mu} + \frac{2\alpha\lambda^H (1+\nabla)(1+\chi)}{1+\alpha}.$$

Для иллюстрации учета особенностей резервирования ВС как сложной системы и уточнения рекомендаций по построению высоконадежных вычислительных систем на базе СМ ЭВМ рассмотрим ряд примеров расчета $\lambda_\Sigma^{\text{рез}}$ для ряда характерных структур. Для наглядности расчеты будем выполнять на гипотетических данных, примерно учитывающих только отношение показателей надежности для трех групп оборудования: электронных блоков, силовых блоков питания, электромеханических устройств. Принятые условные параметры интенсивностей отказа для основных групп оборудования ВС приведены в табл. 1.11.

Так как реальные параметры надежности в настоящее время резко изменяются даже в течение одного года, то качественные оценки, сделанные на таких условных параметрах, требуют непрерывной коррекции для соотнесения общих предложений о конкретных условиях применения ВС.

Типовой вариант структуры двухмашинного комплекса показан на рис. 1.18.

Вначале в качестве базы для сравнения рассмотрим нерезервируемый однопроцессорный комплекс ВС-1, включающий: процессор (ПР), таймер (Т), контроллер дисков (КД) и НМД (МД), последовательную печать (П), терминал (В), мультиплексор передачи данных (М), АЦПУ (П,ПП), контроллер УСО и набор модулей устройств связи с объектом (КУ и У), контроллер и накопитель на магнитной ленте (КЛ и Л), накопитель на гибких магнитных дисках (Г).

Таблица 1.11

Наименование устройства	Обозначение	λ_i	Наименование устройства	Обозначение	λ_i
1. Процессор	ПР	100	11. Печать последовательная	П	250
2. Таймер	Т	5	12. Печать параллельная	ПП	500
3. Видеотерминал	В	110	13. Контроллер НМЛ	КЛ	50
4. Источник питания	С	160	14. НМЛ	Л	250
5. Модуль связи (дуплексный регистр)	ДР	4	15. КНМЛ	КНМЛ	120
6. Контроллер диска	КД	25	16. ГНМД	Г	420
7. Сменный диск	Д	250	17. Контроллер УСО	КУ	50
8. Переключатель шины	ПШ	85	18. УСО	У	200
9. Мультиплексор передачи данных	М	160			
10. ВЗУП полупроводниковое (полупроводниковый диск)	ПД	25			

Учитывая, что надежностьная схема для такого комплекса соответствует последовательному включению n элементов, интенсивность отказов для системы λ_{Σ_1} определим как сумму интенсивности отказов всех входящих элементов [24] и для данных табл. 1.11 получим

$$\lambda_{\Sigma_1}^H = \sum_i \lambda_i^H = 2085 \cdot 10^{-6}.$$

В табл. 1.12 приведены еще три варианта с исключением из режима последовательной работы инструментальных устройств типа печать, НМЛ, НГМД и дублированием устройств: диск, сетевое питание и УСО (ВС-II).

В комплексе ВС-III дополнительно

Таблица 1.12

резервируется видеотерминал. Резервирование данных устройств (трех-четырёх) обеспечивает снижение потока отказов системы в 3,6—4,3 раза (с учетом КЗ инструментальных устройств в 3,3—3,6 раза). Надежностьная схема резервирования элемента соответствует рис. 1.12 ж, расчетная схема отражена в табл. 1.12.

Дальнейшее резервирование устройств, кроме НМД и МПД, уже малоэффективно, поэтому в варианте ВС-IV заменяется НМД на ВЗУП и резервируется МПД. Так как в структуре ВС-IV практически все элементы имеют один уровень надежности, кроме ПР, то целесообразно перейти на другой принцип резервирования, обеспечивающий резервирование процессора.

Создание двухпроцессорных (двухмашинных) комплексов в архитектуре линии СМ-1420 возможно с использованием следующих системных устройств: АМС; двухвходовой оперативной памяти; дуплексного регистра (ДР); двухвходовых контроллеров ВЗУ; ПШ.

Устройства	ВС-I	ВС-II	ВС-III	ВС-IV
	λ	λ	λ	λ
ПР	100	100	100	100
Т	5	5	5	5
В	110	110	22*	22*
КД	25	25	25	—
Д	250	50*	50*	25
П	250	—	—	—
М	160	160	160	30*
С	160	30*	30*	30*
КУ	50	50	50	50
У	200	40*	40*	40*
КЛ	50	—	—	—
Л	250	—	—	—
Г	425	—	—	—
$\lambda_{\Sigma}^{ИД}$	2085	570	480	300
$\lambda_{\Sigma} = \lambda_{\Sigma}^{ИД} + \frac{\alpha \lambda_{\Sigma_{инст}}}{1 + \alpha}$		670	580	400

*Интенсивность отказа с учетом дублирования устройства

АМС и двухвходовую память мы не рассматриваем, так как эти устройства запрашиваются от источника питания одного комплекса и отказ этого источника приводит к отказу всего двухмашинного комплекса. Двухвходовые контроллеры ВЗУ имеют, например, НМД СМ-5407. Но так как в этом

кассетном накопителе объемом 29 Мбайт применяется пакет дисков, то обеспечить высокий уровень надежности для него не представляется возможным. Поэтому более подробно рассмотрим возможности резервирования ВС на базе дуплексного регистра и переключателя шины.

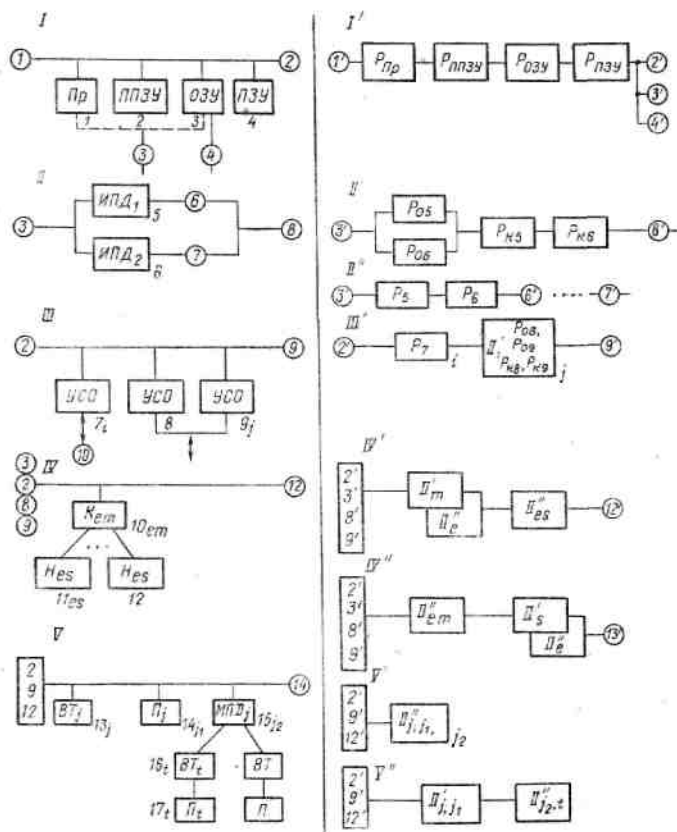


Рис. 1.18. Структуры надежности с учетом видов отказов для типовых модулей ВС

Основные требования к резервированному комплексу — безотказная работа ВС в течение заданного отрезка времени T_3 с заданной вероятностью $P_{\text{ВСЗ}}$

$$P_{\text{рез}}(T_3) > P_{\text{ВСЗ}}. \quad (40)$$

Естественно, что отказы отдельных устройств в течение T_3 не должны вызывать отказы всей резервируемой ВС. Поэтому требование (40) логически трансформируется в условие: отказы любого устройства в течение $t \leq T_3$ не должны приводить к отказу всей системы (условие 1).

Второе требование к резервированию ВС может быть сформулировано следующим образом: в течение T_3 с вероятностью не ниже P_n ВС должна обеспечить непрерывность работы системы управления. Другими словами, допустимые перерывы в функционировании $\text{ВС} \Delta t_n$ (например, для обеспечения «безударного» переключения на резервную часть комплекса при отказе основных устройств) не должны превышать уровень Δt_3 (условие 2)

$$P(\Delta t_n \leq \Delta t_3) > P_n.$$

Третье требование — обеспечение заданного уровня ремонтнопригодности ВС. Для восстановительного ремонта в период эксплуатации ВС необходимо отключить питание (остановку) части комплекса (отрезка ОШ), к которому подключается отказавшее устройство (условие 3). Данное условие формально не относится к таким внешним устройствам, которые подключаются к ОШ через контроллер или через модуль интерфейса типа ИРПС, ИРПР (НМД, НМЛ, ВТА, АЦПУ и др.). Однако следует учесть, что перед запуском части ВС в отремонтированном (или замененном) устройстве необходимо выполнить вспомогательные контрольные операции, а для НМД — осуществить загрузку информации. Поэтому можно считать, что на время ремонта у таких устройств должно допускаться отключение основной (или резервируемой) части комплекса на время $t_{\text{рем}}$ без нарушения условия непрерывности работы.

Тривиальный путь реализации условий 1—3 сводится к формальному резервированию всех отдельных устройств, входящих в основную часть УВК, т. е. без резервирования инструментальных периферийных

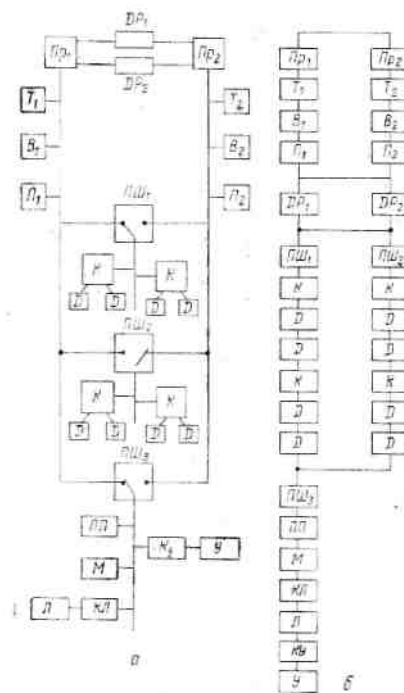


Рис. 1.19. Схема ВС с резервированием каждого элемента

устройств (например, параллельного АЦПУ, КНМЛ, НГМД и др.). Один из вариантов подобной схемы резервирования с использованием трех ПШ и двух ДР показан на рис. 1.19 (*а*—схема ВС, *б* — надежность структура ВС). Действительно, отказ любого из устройств комплекса не приведет к отказу ВС. В табл. 1.13 приведены основные данные по результатам расчета интенсивности отказов нерезервируемой системы $BC_1(\lambda_{\Sigma_1}(\alpha, \nabla) = \lambda_{\Sigma_1}(\alpha = 0, \nabla = 0) = 2480 \cdot 10^{-6})$ и той же ВС с выделенной инструментальной частью (устройства печати, НМЛ, НГМД) $BC_2(\lambda_{\Sigma_2}^I(\alpha = \nabla = 0) = 1060 \cdot 10^{-6}; \lambda_{\Sigma_2}^K(\alpha) = \lambda_{\Sigma_2}^S(\alpha = 0, 1; \nabla \neq 0) = 1180 \cdot 10^{-6})$.

Здесь $\lambda_{\Sigma_2}^I$ — без учета видов отказа и потерь на надежность;

$\lambda_{\Sigma_2}^K$ — без учета потерь на надежность;

$\lambda_{\Sigma_2}^S$ — с учетом видов отказов и потерь на надежность.

Таблица 1.13

Надежностная схема ВС		$\lambda_{\Sigma}^I \cdot 10^6$	$\lambda_{\Sigma}^K(\alpha = 0, 1) \cdot 10^6$	$\lambda_{\Sigma}^S(\alpha = 0, 1; \nabla \neq 0) \cdot 10^6$
BC ₁ , {ПР, Т, В, С, М, КД, Д, КУ, У, П, ПП, КЛ, Л, Г}		2480	2 480	2 480
BC ₂ {ПР, Т, В, С, М, КД, Д, КУ, У, $\frac{\alpha}{1+\alpha}$ (П, ПП, КЛ, Л, Г)}		1060	1180	1180
BC ₂₁ выделение инструментальной части	{(ПР, Т, В, С, КУ, У, М) ² , ДР ² , (ПШ, КД, Д) ² , $\frac{2\alpha}{1+\alpha}$ (ПР, Т, В, С, КУ, У, М, ДР, ПШ, КД, Д), $\frac{\alpha}{1+\alpha}$ (ПШ, П, ПП, КЛ, Л, Г)}	705	1018	1850
	BC ₂₁ μ. резервирование элементов с восстановлением			
BC ₃ 1 уровень резервирования элементов	{(ПР, Т, В, С, КУ, У, М) ² μ, ДР ² μ, (ПШ, КД, Д) ² μ, $\frac{2\alpha}{1+\alpha}$ (ПР, Т, В, С, КУ, У, М, ДР, ПШ, КД, Д), $\frac{\alpha}{1+\alpha}$ (ПШ, П, ПП, КЛ, Л, Г)}	0,212	313	570
	BC ₃₁ резервирование функций подсистем			
BC ₃₁ μ то же, с восстановлением	{(ПР, Т, В ² , С ² , КУ, У, М, КД, Д ²), $\frac{2\alpha}{1+\alpha}$ (В, С, Д), $\frac{\alpha}{1+\alpha}$ (П, ПП, КЛ, Л, Г)}	565	660	670
	{(ПР, Т, В ² , С ² , КУ, У, М, КД, Д ²) ² , (ПШ, КД, Д ² , ДР ²), $\frac{2\alpha}{1+\alpha}$ (В, С, Д, ПР, Т, КУ, У, М, ПШ, КД, Д)}			
BC ₃₁ μ то же, с восстановлением	{(ПР, Т, В ² , С ² , КУ, У, М, КД, Д ²) ² μ (ПШ, КД, Д ² , ДР ²) μ, $\frac{2\alpha}{1+\alpha}$ (В, С, Д)}	370	480	570
Примечание. Последовательное соединение элементов (группы элементов) обозначается запятой; дублирование — степень ² , восстановление с интенсивностью μ — знаком μ		0,06	45	55

Резервирование по формальной схеме, когда резервируется каждый элемент отдельно, соответствует рис. 1.19 и системе BC₂₁ в табл. 1.13. Необходимо отметить, что учет вида отказов $\lambda_{\Sigma}^K(\alpha = 0, 1)$ и дополнительных загрузок ОШ системными элементами для реализации схемы резервирования $\lambda_{\Sigma}^S(\alpha = 0, 1; \nabla \neq 0)$ качественно изменяет оценку эффективности резервирования. Так, если в идеальной расчетной схеме резервирование может привести к снижению потока отказов при $t = T_{cp}$ в 1,5 раза (9),

т. е. $\lambda_{21}^I = 705 \cdot 10^{-6} = \frac{1}{1,5} \lambda_2^I (\alpha=0, \nabla = 0)$, то в реальной расчетной модели $\lambda_{21}^S (\alpha = 0,1, \nabla = 0,82) = 1850 \cdot 10^{-6}$, что, наоборот, почти в 1,5 раза больше $\lambda_{\Sigma_2}^S$.

Формальный подход к резервированию почти в 1,5 раза снизил показатели надежности по сравнению с нерезервируемой ВС. Учет режима восстановления отказавших элементов с интенсивностью μ в той же схеме с резервированием (ВС_{21μ}) отражен в табл. 1.13.

Как следует из приведенных результатов реальной расчетной модели ($\alpha = 0,1; \nabla=0,82$), поэлементное резервирование с восстановлением примерно только в 2 раза улучшает показатели надежности.

Необходимо подчеркнуть основные недостатки формального поэлементного резервирования (ВС₂): отказ практически любого устройства требует переключения на резервную систему путем реконфигурации комплекса, вследствие чего приходится резервировать и дополнительные системные устройства, что влечет за собой дополнительные затраты системных ресурсов.

Рассмотрим резервирование по другому принципу — резервирование подсистем при максимальном снижении отрицательных воздействий отказов вида КЗ.

Вариант структуры такой ВС соответствует строчке ВС₃ в табл. 1.13.

Из приведенных данных следует, что ВС₃ можно рассматривать как первый уровень резервирования самых ненадежных элементов ВС₂ (видеотерминал, источник питания, магнитный диск). Однако это обеспечивает в автономной подсистеме вида ВС₃ надежность на уровне, близком к системе ВС_{21μ} (т. е. для поэлементного резервирования с восстановлением). Необходимо подчеркнуть, что ВС₃, как и ВС₂, вместе с этим имеет более низкие характеристики ремонтпригодности по отношению к ВС_{21μ}: ремонт ряда основных элементов (процессора, контроллера, сетевого источника питания и т. д.) требует перерыва в работе ВС₃ и отключения ее на время ремонта.

Введение в структуру только двух дополнительных системных устройств (ДР и ПШ) в системе ВС₃₁ позволяет удовлетворять требованиям непрерывности работы и ремонтпригодности.

Качественное улучшение уровня резервирования в системе ВС₃₁ с резервированием подсистем и с восстановлением соответствует 20-кратному увеличению надежности по сравнению с базовой системой ВС₂.

Принцип резервирования подсистем можно развить, построив ряд типовых по функциям подсистем с высокими показателями надежности, непрерывности работы и ремонтпригодности. Так, на нижнем уровне регулирования и управления целесообразно построение беспериферийных комплексов ВС_{нв1}, включающих процессор, ОЗУ, ППЗУ, модули связи с УВК II уровня (ИРПС) и с УСО (ИЛПС), а также модули УСО (рис. 1.20). Загрузка системного и пользовательского ПО в такие системы осуществляется с ЭВМ II уровня. Для расширения функциональных возможностей и повышения автономности таких комплексов целесообразно подключение к ним модулей ВЗУП.

На следующем уровне целесообразно построение комплексов по структуре ВС₃₁ (с резервированием подсистем и восстановлением отказавших элементов, см. рис. 1.20). Подобная модульная многоуровневая система резервирования ВС обеспечит создание на базе СМ ЭВМ комплексов с требуемыми показателями непрерывности работы, ремонтпригодности и с надежностью комплекса на уровне надежности основного технологического оборудования.

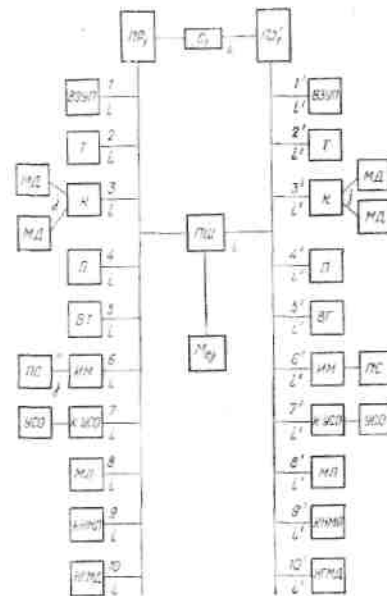


Рис. 1. 20 Типовая структура резервирования комплекса СМ ЭВМ

1.13

ПОКАЗАТЕЛИ ПРЕДЕЛЬНОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СМ ЭВМ

Области применения ЭВМ в значительной степени определяются теми потенциальными возможностями, которые заложены в вычислительных машинах. В предыдущих разделах

рассматривались некоторые структурные особенности СМ ЭВМ, определяющие эффективность их применения. Перейдем к анализу одного из интегральных показателей эффективности — производительности ЭВМ.

Часто производительность вычислительной машины определяется как число заявок (или осредненных операций), выполняемых за единицу времени в заданных условиях эксплуатации.

Исходными данными для такого анализа могут служить 3 вида элементарных показателей производительности, приведенных в табл. 1.14: время выполнения отдельных операций (базовых и арифметических с плавающей запятой — с одинарной и двойной точностью); производительность на смеси алгоритмических действий— MIX реального времени, MIX научно-технических и MIX экономических расчетов; производительность на типовых задачах для научно-технических расчетов типа GAMM и Wehts-tone. Причем программа GAMM включает набор операций над векторами. Производительность при этом измеряется величиной необходимого времени выполнения 10⁶ циклов. Программа Wehtstone включает модули вычислительных алгоритмов и операций над матрицами. Так как производительность в этом случае определяется в условных показателях KIPS (соответствующих тыс. осредненных операций в секунду), то этот показатель может применяться в качестве уточненного MIX для НТР,

Приведенные данные производительности иллюстрируют основные особенности архитектуры процессорной части сравниваемых мини- и микроЭВМ. Так, микроЭВМ СМ-1800 и СМ-1300 не содержат процессоры плавающей запятой, поэтому они имеют самые низкие показатели производительности (СМ-1800, кроме этого, является 8-разрядной микроЭВМ).

Архитектурные преимущества 32-разрядной СМ-1420** обеспечивают при этом же уровне выполнения базовых операций 3—5-кратное повышение производительности сложных расчетов (соответственно на задачах типа Wehtstone и GAMM).

Показатель производительности зависит от большого числа факторов — конфигурации вычислительного комплекса, структуры и настроек операционной системы, присвоенных приоритетов устройствам и заявкам, характеристик решаемых алгоритмов, выбранных дисциплин обслуживания и т. д. Для учета всех факторов приходится проводить многопараметрический анализ сложных систем. Результаты таких анализов достаточно трудно сопоставить, так как при этом необходимо обеспечивать совпадение очень большого числа параметров. Для оценки возможностей вычислительных комплексов

Таблица 1.14

Процессор	Базовые операции, мкс				Операции с плавающей запятой, мкс			Производительность на смеси алгоритмических действий, тыс. оп./с			Производительность на типовых задачах GAMM(G), C и Wehtstone(W), KIPS	
	R-R/R-M/M/M	+	×	:	+	×	:	РВ	НТР	Э	G	W
СМ-1800 (СМ-1804)	2/4/8,5	/52	/1250	/1340	-	-	-	47				
СМ-1810 (СМ-1814)	0,4/1,0/1,3	0,6	30,6	37,8	18	28,0	40	277,5	163	117,0		
СМ-4	1,2/3,0/4,0	4,7	10,6	12,7	20,3	34,0	52,7	244	124	118	305	49/29
СМ-1300	2,0/4,5/5,5	5,5	180	230	—	-	-	124,5	17,0	9,1		
СМ-1300.01	2,0/4,5/5,5	2,0	5,5	15	30,2	51	60	180	34	20		
СМ-1420	1,0/3,1/3,8	2,7	8,6	9,8	10/11	17/27	17/27	300/134	180/41	130/30	197	93/76
СМ-1600	2,4/4,0/5,4	12,6	19,3	19,3	12,6/13,3	19,3/30,6	19,3/30,6	214/	126/	93/		
Спецпроцессор десятичной арифметики					22	160	220		310	215		
СМ-1420**		2,7			4,8/9,8	9,8/23	9,8/23	238	580	375	42	302/222
Примечание. R-R — регистр-регистр; R-M — регистр-память; M-M — память-память; + — сложение; × — умножение; : — деление. В знаменателе указана производительность с 2-й точностью. Для СМ-1420** — 64 разряда; СМ-1800—16 разрядов. Для остальных — 32 разряда. РВ — реальное время; НТР — научно-технические и Э — экономические расчеты.												

целесообразно решать обратную задачу — строить так называемые поверхности максимальной (предельной) производительности [33].

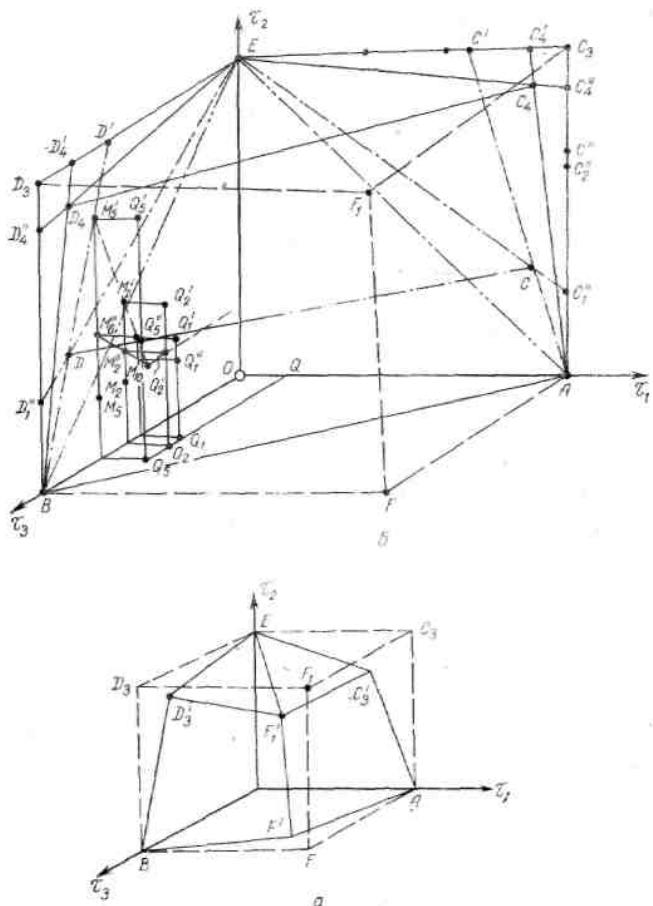


Рис. 1.21. Границы предельной производительности ВС

функционирования, идеальная поверхность куба $O \dots F_1$ трансформируется в поверхность, образованную тремя координатными плоскостями ($\tau_1 O \tau_2$, $\tau_1 O \tau_3$, $\tau_2 O \tau_3$) и одной (ВЕА), двумя (ВД₄С₄А и ЕД₄С₄) или четырьмя (рис. 1.21а) дополнительными плоскостями. Так, граница на рис. 1.21б соответствует учету потерь на прерывание при идеальном совмещении операций (системные потери). Можно отметить, что они будут минимальными для ОЗУ резидентных ОС типа МИОС РВ (см. гл. 4). Граница предельной производительности, соответствующая треугольной пирамиде ОВАЕ, отражает такие конфигурации ВС и режимы ее работы, когда устройства, подключенные к программному каналу и к каналу прямого доступа, могут полностью загрузить системные ресурсы ОШ или процессор и ОШ. Вопросы загрузки ОШ отражены в п. 1.11. Усеченная пирамида ОЕDCAB соответствует случаю, когда в ВС используется 1 системный диск (~30% загрузки ОШ); ОЕД₁С₁АВ отражает дополнительное подключение устройства типа ЭПГ СМ (в сумме ~65% загрузки ОШ); ОЕД₂С₂АВ соответствует подключению с НМД вместо ЭПГ СМ интеллектуального графического терминала ЭПГ-2 СМ (35% загрузки ОШ).

Качественное изменение загрузки ВС в районе предельной производительности можно продемонстрировать на примере замены электромеханического системного устройства типа НМД электронным типа ВЗУП. В этом случае поверхность предельной производительности ОЕDCAB трансформируется в ОЕД₄С₄АВ. Пусть точка М₁ соответствует загрузке программного канала группой устройств, включающих один пользовательский видеотерминал, с которого осуществляется работа с базой данных, хранимой в ВЗУ(НМД — в первом случае и ВЗУП — во втором). Соответствующая загрузка канала прямого доступа изображается отрезками М₁М₁' и М₁М₁'', а полная суммарная загрузка ВС с учетом загрузки процессора на уровень Q — векторами Q₁Q₁' и Q₁Q₁''. Пусть теперь векторы Q₂Q₂', Q₅Q₅' и Q₂Q₂'', Q₅Q₅' изображают суммарную загрузку ВС при одновременной работе с НМД или ВЗУП 2—5 ВТА на фоне загрузки процессора Q. Как свидетельствует практика, замена НМД на ВЗУП в 2—3 раза увеличивает максимально допустимое число ВТА в справочных системах. Действительно, если точка Q₂' практически лежит на границе предельной производительности ВС с НМД, то точка Q₅' из-за одновременного снижения системных затрат (расширение границы до уровня ОЕД₄С₄АВ) и уменьшения времени на работу с базой данных (снижение точки М₅' до уровня точки М₅'')

На рис. 1.21 показана поверхность предельной производительности для ЭВМ с архитектурой СМ-1420. Для наглядности возьмем пример, когда анализируются три параметра: τ_1 — число осредненных операций вычислений в единицу времени; τ_2 — скорость обмена по каналам прямого доступа в память; τ_3 — скорость обмена по программному каналу. Если рассмотреть однопрограммную ЭВМ, которая в каждый момент времени может обрабатывать только одну программу (одно задание), то уравнение поверхности предельной производительности записывается простым соотношением

$$\alpha_1 \tau_1 + \alpha_2 \tau_2 + \alpha_3 \tau_3 - 1 = 0,$$

где α_i — нормирующие коэффициенты.

Если структура ЭВМ такая, что допускается «идеальное» совмещение выполнения программ, т.е. одна программа не использует ресурсы, необходимые другим программам, то поверхностью предельной производительности будет куб со стороной, равной 1

$$\alpha_i \tau_i = 1, \quad i = 1, 3.$$

На рис. 1.21 — куб ОАС₃ЕД₃ВFF₁. В реальных условиях, в зависимости от структуры ВС и режимов ее

перемещается внутрь допустимого уровня предельной производительности ВС с ВЗУП.

Приведенные материалы иллюстрируют эффективность комплексного учета архитектурных особенностей ВС, характеристик ее ПО и показателей производительности в рамках комплексирования ВС с использованием показателей предельной производительности СМ ЭВМ.

Под архитектурой ЭВМ понимаются все те аппаратные структуры, которые доступны программисту, работающему на уровне машинных команд: оперативная память, механизмы адресации, функциональная структура центрального процессора, форматы команд, средства управления внешними устройствами, система прерываний и т. п. [16]. От конкретных архитектурных свойств ЭВМ зависит эффективность выполнения различных задач.

Рассматриваемая в этой главе архитектура комплексов СМ ЭВМ с интерфейсом «Общая шина» (СМ-3, СМ-1300, СМ-4, СМ-1600, СМ-1420) обеспечивает наибольшую эффективность при решении задач обработки больших массивов информации, структурно организованных в виде стеков, таблиц и очередей; сбора, обработки информации и управления в режиме реального времени с обеспечением быстрой реакции системы на прерывания от внешних устройств; побайтной обработки и передачи информации. Эти задачи характерны для многих областей применения вычислительной техники и в первую очередь для систем автоматизации научных экспериментов и технологических процессов, для автоматизированных систем управления производством и информационно-измерительных систем.

2.1

ВВЕДЕНИЕ В АРХИТЕКТУРУ

Комплексы СМ ЭВМ включают младшие модели (СМ-3, СМ-1300) и старшие модели (СМ-4, СМ-1420, СМ-1600), которые имеют единую архитектуру и совместимы «снизу вверх». Такая совместимость означает, что произвольная программа в машинном коде, выполняемая на младших моделях, выполняема также на старших моделях, поскольку они сохраняют все архитектурные особенности. Старшие модели имеют более высокую производительность, достигаемую как за счет большего быстродействия команд базового набора (реализованных и в младших моделях), так и дополнительных архитектурных возможностей, не реализованных в младших моделях. В дальнейшем при описании архитектурных свойств младших моделей будем подразумевать, что эти же свойства относятся и к старшим моделям. Дополнительные возможности старших моделей будут оговариваться особо.

Модель СМ-4 отличается от СМ-1600 и СМ-1420 реализацией плавающей арифметики. В СМ-4 имеются только 4 команды, которые выполняют сложение, вычитание, умножение и деление чисел с плавающей запятой. Модели СМ-1420 и СМ-1600 содержат специальный процессор обработки чисел с плавающей запятой, который позволяет (кроме указанных выше действий) производить пересылку, загрузку, сравнение, нормализацию чисел с плавающей запятой, а также преобразование из одного формата в другой.

Во всех моделях минимальной адресуемой единицей информации является байт. В СМ-3 и СМ-1300 обеспечивается возможность адресации до 64 Кбайт, в СМ-4 — до 256 Кбайт, а в моделях СМ-1420 и СМ-1600 — до 2 Мбайт. Адресация производится через один из регистров общего назначения (РОН) процессора. Номер этого регистра указывается в формате команды, и на обращение к нему при исполнении команды практически не затрачивается время. Содержимое регистра интерпретируется в зависимости от режима адресации, который также задается в формате команды. Общее количество регистров, так же как и режимов адресации, восемь, т. е. для спецификатора адреса требуется всего 6 разрядов.

Важной особенностью всех моделей является использование магистрального интерфейса «Общая шина», в котором обмен информацией (адресами, данными и управляющими сигналами) между процессором и памятью осуществляется по тому же принципу, что и между процессором и внешними устройствами (ВУ). Благодаря применению такого интерфейса отпадает необходимость в специальных командах ввода-вывода процессора; повышается гибкость работы процессора с ВУ, поскольку все адресные команды могут использоваться для передачи и обработки информации в регистрах ВУ. Для адресации регистров ВУ, адресуемых так же, как и ячейки ОЗУ, отводится 4К старших слов адресного

пространства.

Таким образом, число устройств, которое может быть подключено, ограничивается только физическими характеристиками линий «Общей шины».

2.1.1

Регистры процессора

В состав процессора входят 8 регистров общего назначения, которые используются как для запоминания промежуточных результатов, так и в процессе вычисления адресов операндов при различных режимах адресации.

Шесть регистров (R0—R5) являются общими, т. е. используются для разнообразных целей, а два регистра (R6 и R7) выполняют специальные функции. Регистр R7 является счетчиком команд (PC), который всегда содержит адрес очередного слова, выбираемого из потока команд. Всякий раз, когда из оперативной памяти выбирается слово, содержащее команду или часть команды, регистр PC получает приращение, равное 2.

Регистр R6 является указателем стека (SP). Стек — это организация памяти по принципу — «последним пришел, первым вышел», т. е. стековая память обеспечивает запоминание элементов данных в порядке их поступлений и выдачу их в обратном порядке,

В программе стек организуется следующим образом. Засылая в указатель SP то или иное начальное значение, можно располагать стек в произвольно выбранной области оперативной памяти. Стек «растет» в сторону младших адресов. При этом при каждой загрузке очередного слова данных в стек сначала указатель SP уменьшается на 2 (т. е. формируется адрес первого незанятого слова), а затем по полученному адресу записываются поступающие данные и это слово становится вершиной стека. При извлечении элемента данных из стека слово считывается (согласно содержимому SP) из вершины стека, а затем SP увеличивается на 2, т. е. прежняя вершина становится первым незанятым словом. Таким образом, указатель стека SP всегда содержит адрес текущей вершины стека.

Поскольку операции загрузки данных в стек и извлечения из стека будут часто встречаться в дальнейшем, введем для них условные обозначения: «Загрузка»:— (SP) ← данные

«Извлечение»: (SP) + → данные

Следует иметь в виду, что элементами стека, использующего указатель SP, могут быть только 16-разрядные слова. Это объясняется тем, что данный стек используется аппаратными средствами процессора для сохранения и восстановления текущего состояния программы при обработке прерываний. Вообще же в оперативной памяти можно организовать любой стек (пословный или побайтный), если в качестве указателя использовать любой из общих регистров R0—R5 (эта возможность определяется наличием режимов адресации с автоувеличением и автоуменьшением).

При программировании регистры задаются своими номерами непосредственно в машинных командах (0—7). Кроме того, каждый регистр имеет свой адрес на ОШ в диапазоне 777700—777707.

2.1.2

Регистр слова состояния процессора

Важным элементом аппаратуры центрального процессора является регистр слова состояния процессора (PSW), имеющий следующий формат:

CM		PM						PP		T	N	Z	V	C
15	14	13	12	11			8	7	5	4	3	2	1	0

Биты N, Z, V, C (биты условий) устанавливаются аппаратурой процессора после выполнения очередной машинной команды: C — перенос; V — переполнение; Z — нулевой результат; N — отрицательный результат.

T — бит трассировки. Если установлен в 1, то после выполнения каждой команды происходит прерывание основной программы и управление передается программе-отладчику. Устанавливается и сбрасывается программно.

PP — приоритет процессора: от 0 до 7—8 уровней приоритета. Приоритет определяет возможность

прерывания работы процессора по запросам от внешних устройств. Устанавливается и сбрасывается программно.

PM — предыдущий режим работы процессора.

CM — текущий режим работы процессора.

В процессорах (CM-4, CM-1600, CM-1420) предусмотрены два режима работы: системный и пользовательский. Режим, в котором в текущий момент находится процессор, определяется битами CM в регистре PSW: 00 — система, 11 — пользователь, 01 и 10 — не используются. Изменение бит CM происходит, как правило, при прерываниях. При этом биты CM аппаратно загружаются в биты PM, а в CM загружается информация из вектора прерывания. Необходимость бит PM диктуется тем, что при смене режима (с «системы» на «пользователь» или наоборот) может возникнуть необходимость в обмене информацией между текущей программой и программой, которая выполнялась до смены режима.

В процессорах CM-3, CM-1300 разряды 12—15 PSW не используются.

2.1.3

Система прерываний

Имеются два основных вида обмена данными между ВУ и оперативной памятью: по каналу прямого доступа (КПД) и по программному каналу. Обмен по КПД (иначе называемый непроцессорным обменом) осуществляется без участия центрального процессора и управляется самим ВУ. Обмен по программному каналу производится центральным процессором, который по запросу ВУ может прервать выполнение текущей программы и передать управление специальной программе обработки прерывания.

Имеются четыре уровня запросов на прерывание. Каждому уровню соответствует по две линии в интерфейсе «Общая шина»: линия запроса на прерывание (ЗП4 — ЗП7) и линия разрешения прерывания (РП4 — РП7). При получении запроса по одной из линий ЗП4 — ЗП7 процессор сравнивает приоритет линии (линия ЗП7 имеет наивысший приоритет) с текущим приоритетом процессора (см. раздел «Регистр слова состояния процессора»). Если приоритет линии выше, то процессор выдает сигнал по соответствующей линии РП после окончания исполнения текущей команды. Если приоритет линии ЗП равен или ниже приоритета процессора, то прерывание не происходит. Каждая линия РП проходит последовательно через все устройства, находящиеся на этом уровне. Если ВУ не выставило запрос, то оно пропускает сигнал разрешения дальше по линии к следующему устройству. В противном случае ВУ блокирует дальнейшее прохождение сигнала по линии. Таким образом, устройство, которое первым подключено к линии РП, имеет наибольший относительный приоритет среди устройств данного уровня.

Каждому источнику прерывания в оперативной памяти по строго фиксированному адресу W отводится «вектор прерывания», состоящий из двух слов. Первое слово (W) содержит адрес запуска программы обработки прерывания, т. е. новое значение PC; второе слово (W+2) — исходное состояние процессора для этой программы, т. е. новое значение PSW. Для размещения векторов прерываний отводятся младшие адреса оперативной памяти, начиная с нулевого.

Независимо от причины прерывания обработка прерываний осуществляется идентичным образом по следующему алгоритму:

- 1) одновременно с сигналом прерывания процессору сообщается адрес W вектора прерывания;
- 2) аппаратными средствами процессора выполняются действия:
сохранение текущих PSW и PC: $-(SP) \leftarrow PSW$;
 $-(SP) \leftarrow PC$;
загрузка новых PSW и PC: $PC \leftarrow (W)$; $PSW \leftarrow (W+2)$;
- 3) в соответствии с новыми PSW и PC производится запуск программы обработки прерывания;
- 4) программа обработки прерывания должна завершиться машинной командой RTI — «Возврат из прерывания», выполнение которой состоит в восстановлении старых значений PSW и PC:

$$PC \leftarrow (SP)+; \quad PSW \leftarrow (SP)+;$$

- 5) в соответствии с восстановленными значениями PSW и PC возобновляется работа ранее прерванной программы.

Следует отметить, что в комплексе аппаратно фиксированы только адреса векторов, а занесение

соответствующих значений PSW и PC в вектора прерываний осуществляется программным образом. Обычно это делается операционной системой.

Различают три вида прерываний: внутренние, внешние и программные.

Внутренние прерывания инициируются аппаратными средствами процессора при возникновении ошибочных ситуаций (в программе или аппаратуре), которые приводят к невозможности дальнейшего выполнения текущей программы. К таким ситуациям в порядке убывания их приоритетности относятся:

ошибка шины ($W=4$)—попытка обратиться к несуществующему адресу ОШ либо к слову памяти по нечетному адресу;

переполнение стека ($W=4$)—обычно рост стека ограничивается началом области векторов прерываний;

ошибка диспетчера памяти ($W=250$);

схемный контроль оперативной памяти ($W=114$);

недопустимая команда ($W=10$)—попытка выполнить команду с несуществующим кодом операции либо существующую команду с недопустимым режимом адресации;

ошибка арифметики с плавающей запятой ($W=244$);

сбой питания ($W=24$).

Внешние прерывания, инициируются аппаратурой внешних устройств (по признакам «готовность/выполнено» или «ошибка»).

При получении запросов на прерывание процессор выделяет среди них наиболее приоритетный, сравнивает его приоритет с приоритетом процессора, и если, как указывалось ранее, приоритет устройства строго выше приоритета процессора, то после завершения выполнения текущей машинной команды устройству разрешается выполнить операцию прерывания. Эта операция заключается в том, что устройство посылает по ОШ в процессор сигнал «прерывание» и адрес вектора прерывания W . Далее аппаратными средствами процессора сохраняются текущие PSW и PC и загружаются их новые значения, как это было описано ранее.

Адрес вектора и уровень приоритета в устройстве жестко фиксируются аппаратными средствами. Напомним, что приоритет процессора устанавливается программно.

Основное отличие между внутренними и внешними прерываниями (оба они относятся к классу аппаратных прерываний) заключается в том, что программист не может заблокировать внутренние прерывания, а внешними прерываниями он может управлять с помощью приоритета процессора в PSW и бита «разрешение прерывания», который имеется в регистре управления и состояния каждого UBB.

Под программными прерываниями понимаются команды смены состояния процессора, приведенные в табл. 2. 4. Эти прерывания инициируются программистом.

Заметим, что в интерфейсе ОШ имеется также «запрос прямого доступа» (ЗПД) на передачу данных по ОШ. Этот запрос не имеет ничего общего с ранее описанными запросами на прерывание, поскольку переключение процессора на новую программу не происходит. Выполняется лишь пересылка одного слова или байта данных, инициированная устройством внешней памяти (магнитным диском, магнитной лентой и пр.) без какого-либо нарушения текущего состояния процессора.

Запрос прямого доступа имеет наивысший приоритет и удовлетворяется всегда, в том числе и в процессе выполнения текущей команды процессора.

2.1.4

Представление данных

Машинное слово в процессоре и в оперативной памяти имеет длину 16 разрядов и состоит из двух байт по 8 разрядов каждый. В процессоре предусмотрены команды, рассчитанные на работу, как со словами, так и с байтами. Таким образом, байт является минимально адресуемой единицей памяти. С точки зрения программиста адресное пространство можно представить либо в виде массива байт с адресами от 0 до 177777, либо в виде массива слов с адресами от 0 до 177776.

Адреса слов всегда четные. Каждое слово (или байт) может представлять собой:

целое со знаком в диапазоне от -2^{15} до $2^{15}-1$ либо от -2^7 до 2^7-1 ;

целое без знака в диапазоне от 0 до $2^{16}-1$ или от 0 до 2^8-1 ;

логическую переменную.

Арифметико-логическое устройство (АЛУ) процессора выполняет операции в соответствии с правилами двоичной арифметики независимо от типа данных. Наряду с самим результатом АЛУ формирует также признаки нулевого (ALU Z) и отрицательного (ALUN) результата, переполнения (ALU V) и переноса (ALU C). Отметим, что эти признаки еще не являются кодами условий, а только используются процессором для их установки в зависимости от типа операции. Можно выделить четыре основных типа операций и соответственно четыре типа установки кодов условий:

1) операция типа **сложения**. Признаки ALUN, ALUZ, ALUV, ALU C непосредственно заносятся в соответствующие разряды слова состояния процессора;

2) операция типа **вычитания**. В слово состояния процессора заносятся ALU N, ALU Z, ALU V и инверсия ALU C;

3) операция типа **сдвига**. В разряды N и Z заносятся признаки ALU N и ALU Z, $V = (ALU N) \odot (ALU C)$ (где $\odot$ —операция «исключающее или»), а в разряд C заносится разряд, выдвигаемый из младшего или старшего (в зависимости от направления сдвига) разряда операнда;

4) **логическая** операция. В разряды N и Z заносятся признаки ALU N и ALU Z, разряд V сбрасывается в нуль, а содержимое разряда C остается без изменения.

При выполнении операций типа сложения или вычитания значение разряда C является индикатором **переполнения для целых чисел без знака**. Чтобы убедиться в этом, рассмотрим 4-разрядную ЭВМ, для которой будем иметь следующее представление чисел:

Код	Число со знаком	Число без знака	Код.	Число со знаком	Число без знака
0000	0	0	1000	-8	8
0001	1	1	1001	-7	9
0010	2	2	1010	-6	10
0011	3	3	1011	-5	11
0100	4	4	1100	-4	12
0101	5	5	1101	-3	13
0110	6	6	1110	-2	14
0111	7	7	1111	-1	15

Рассмотрим пример сложения двух чисел $N_1 = +6$ и $N_2 = +5$:

$$\begin{array}{rcl}
 & & \text{ALU N} = 1 \quad \text{N} = 1 \\
 + & 0110 & \text{ALU Z} = 0 \quad \text{Z} = 0 \\
 & 0101 & \text{ALU V} = 1 \quad \text{V} = 1 \\
 \hline
 & 1011 & \text{ALU C} = 0 \quad \text{C} = 0
 \end{array} \rightarrow$$

Здесь была попытка получить число $S = N_1 + N_2 = +11$, которое выходит за пределы диапазона представления чисел со знаком в 4-разрядной ЭВМ. С другой стороны, для беззнакового диапазона мы получили правильный результат. Поэтому разряд $V=1$, а разряд $C=0$.

Рассмотрим другой пример — сложение чисел $N_1 = +6$ и $N_2 =$

$$\begin{array}{rcl}
 & & \text{ALU N} = 0 \quad \text{N} = 0 \\
 + & 0110 & \text{ALU Z} = 0 \quad \text{Z} = 0 \\
 & 0101 & \text{ALU V} = 0 \quad \text{V} = 0 \\
 \hline
 1 & 0001 & \text{ALU C} = 1 \quad \text{C} = 1 \\
 \uparrow & \text{перенос} &
 \end{array} \rightarrow$$

В этом случае результат равен +1, который является верным в случае представления чисел со знаком. Если N_1 и N_2 являются числами без знака (т. е. $N_1 = 6$, а $N_2 = 11$), то их сумма ($S = 17$) будет выходить за допустимый предел диапазона.

И наконец, рассмотрим сложение двух отрицательных чисел $N_1 = -6$ и $N_2 = -5$:

$$\begin{array}{rcl}
 & & \text{ALU N} = 0 \quad \text{N} = 0 \\
 + & 0110 & \text{ALU Z} = 0 \quad \text{Z} = 0 \\
 & 0101 & \text{ALU V} = 1 \quad \text{V} = 1 \\
 \hline
 1 & 0101 & \text{ALU C} = 1 \quad \text{C} = 1 \\
 \uparrow & \text{перенос} &
 \end{array} \rightarrow$$

Здесь мы получили переполнение как в случае представления N_1 и N_2 в виде чисел со знаком, так и при представлении без знака. Действительно, была попытка получить число $S = -11$ (если N_1 и N_2 — числа со знаком) или $S = 10 + 11 = 21$ (если N_1 и N_2 — числа без знака).

При выполнении операций типа вычитания способ установки кодов условий отличается тем, что разряд C устанавливается в 1 при отсутствии переноса. Рассмотрим теперь операцию $S = N_1 - N_2$ для тех же значений операндов. Отметим, что вычитание производится путем преобразования второго операнда (вычитаемого) в его дополнительный код и последующего сложения:

$$\begin{array}{rcl}
 \begin{array}{r}
 -0110 \\
 -0101 \\
 \hline
 1\ 1011 \\
 \uparrow \text{перенос}
 \end{array}
 & \rightarrow &
 \begin{array}{r}
 +0110 \\
 +0101 \\
 \hline
 1011
 \end{array}
 \end{array}
 \begin{array}{l}
 \text{ALU } N = 0 \quad N = 0 \\
 \text{ALU } Z = 0 \quad Z = 0 \\
 \text{ALU } V = 0 \quad V = 0 \\
 \text{ALU } C = 1 \quad C = 0
 \end{array}
 \rightarrow
 \begin{array}{l}
 N = 0 \\
 Z = 0 \\
 V = 0 \\
 C = 0
 \end{array}$$

Результат верен как для представления чисел со знаком, так и чисел без знака.

Теперь, пусть $N_1 = 6$, а $N_2 = -5$:

$$\begin{array}{rcl}
 \begin{array}{r}
 -0110 \\
 -0101 \\
 \hline
 1\ 1011 \\
 \uparrow \text{перенос}
 \end{array}
 & \rightarrow &
 \begin{array}{r}
 +0110 \\
 +0101 \\
 \hline
 1011
 \end{array}
 \end{array}
 \begin{array}{l}
 \text{ALU } N = 1 \quad N = 1 \\
 \text{ALU } Z = 0 \quad Z = 0 \\
 \text{ALU } V = 1 \quad V = 1 \\
 \text{ALU } C = 0 \quad C = 1
 \end{array}
 \rightarrow
 \begin{array}{l}
 N = 1 \\
 Z = 0 \\
 V = 1 \\
 C = 1
 \end{array}$$

При представлении чисел со знаком $S = +11$, а при знаковом представлении была попытка получить отрицательное число $S = 6 - 11 = -5$, т. е. в обоих случаях имеет место переполнение.

Если $N_1 = -6$ и $N_2 = -5$, то:

$$\begin{array}{rcl}
 \begin{array}{r}
 -0110 \\
 -0101 \\
 \hline
 1\ 1111 \\
 \uparrow \text{перенос}
 \end{array}
 & \rightarrow &
 \begin{array}{r}
 +0110 \\
 +0101 \\
 \hline
 1111
 \end{array}
 \end{array}
 \begin{array}{l}
 \text{ALU } N = 1 \quad N = 1 \\
 \text{ALU } Z = 0 \quad Z = 0 \\
 \text{ALU } V = 0 \quad V = 0 \\
 \text{ALU } C = 0 \quad C = 1
 \end{array}
 \rightarrow
 \begin{array}{l}
 N = 1 \\
 Z = 0 \\
 V = 0 \\
 C = 1
 \end{array}$$

При беззнаковом представлении здесь была попытка получить отрицательное число ($S = 11 - 12 = -1$), а в случае представления чисел со знаком ответ правильный ($S = -6 - (-5) = -1$).

Таким образом мы убедились, что при выполнении операций типа сложения или вычитания разряд C слова состояния процессора является индикатором переполнения для чисел без знака.

Следует отметить, что в общем случае каждая команда имеет свой собственный способ установки кодов условий. Перечисленные выше способы являются наиболее типичными.

2.1.5

Режимы адресации

В формате адресных команд, кроме кода операции, отводится место под один или два спецификатора операнда.

Содержимое регистра в зависимости от режима адресации может быть использовано в качестве операнда, базового адреса массива или, наоборот, индексного смещения относительно базового адреса и т. п.

Ниже подробно рассмотрим все режимы адресации. В примерах будем использовать двухадресную команду MOV, которая выполняет пересылку содержимого первого операнда (источника) по адресу второго операнда (приемника). Команда MOV имеет следующий формат:



Здесь M — код режима адресации;

R — номер регистра.

Если производится пересылка байта, то мнемоника команды — MOVB и в 15-м разряде

устанавливается единица, которая служит признаком того, что команда байтная.

В примерах будет приводиться отображение команды в памяти, а также содержимое используемых регистров и ячеек памяти до и после операции. Все численные значения приводятся в восьмеричном виде. Для отображения 16-разрядного слова используется 6 цифр, а для байта — 3 цифры.

Регистровый режим ($M=0$). В этом режиме операндом является содержимое регистра. Для примера рассмотрим команду MOV R2, R3, которая пересылает содержимое регистра R2 в регистр R3. Сама команда хранится по адресу 1000, а содержимое регистров R2 и R3 до выполнения команды равно 100 и 350 соответственно:

Представление команды в памяти		Содержимое регистров	
		До операции	После операции
001000	010203	R2 000100	000100
		R3 000350	000100

Косвенно-регистровый режим ($M=1$). Теперь содержимое регистра является уже **адресом** операнда. Обозначение на Ассемблере (R_n) или @ R_n . Пример. MOV R2, (R3).

Представление команды в памяти		Содержимое регистров и ячеек памяти	
		До операции	После операции
1000	010213	R2 000100	000100
		R3 000350	000350
		350 000400	000100

Режим с автоувеличением ($M=2$). Этот режим аналогичен предыдущему, но после выполнения операции содержимое регистра увеличивается на размер операнда δ ($\delta=1$, если операнд представлен в виде байта, $\delta=2$, если в виде слова), где δ — размер операнда.

Пример 1. MOV R2, (R3) +

Представление команды в памяти		Содержимое регистров и ячеек памяти	
		До операции	После операции
1000	010223	R2 000100	000100
		R3 000350	000352
		350 000400	000100

Пример 2. MOVB R2, (R3) +

Представление команды в памяти		Содержимое регистров и ячеек памяти	
		До операции	После операции
1000	010223	R2 000100	000100
		R3 000350	000351
		350 000400	000100

Косвенный режим с автоувеличением ($M=3$). В этом режиме содержимое регистра является адресом адреса операнда. Затем содержимое регистра увеличивается на 2 независимо от размера операнда. Это определяется тем, что регистр содержит адрес адреса (операнда), а адрес всегда занимает слово. Мнемоника режима на Ассемблере: @(R_n) +

Пример. MOV R2, @. (R3) +

Представление команды в памяти		Содержимое регистров и ячеек памяти	
		До операции	После операции
01000	010233	R2 000100	000100
		R3 000350	000352
		350 000400	000400
		400 000000	000100

*Режим с автоуменьшением ($M = 4$). Этот режим является обратным по отношению к режиму с автоувеличением. Здесь содержимое регистра **сначала** уменьшается на размер операнда, а затем используется в качестве **адреса** операнда. Мнемоника на Ассемблере: — (R_n).*

Пример 1. MOV R2, — (R3)

Представление команды в памяти		Содержимое регистров и ячеек памяти	
		До операции	После операции
001000	010243	R2 000100	000100
		R3 000350	000346
		346 000400	000100

Пример 2. MOVB R2, — (R3)

Представление команды в памяти		Содержимое регистров и ячеек памяти	
		До операции	После операции
001000	110243	R2 000100	000100
		R3 000350	000347
		347 000	100

Косвенный режим с автоуменьшением ($M = 5$). Этот режим аналогичен предыдущему, но содержимое регистра является адресом адреса операнда и уменьшается всегда на 2 независимо от размера операнда. Мнемоника на Ассемблере: @—(R_n).

Пример. MOV R2,@—(R3)

Представление команды в памяти		Содержимое регистров и ячеек памяти	
		До операции	После операции
01000	010253	R2 000100	000100
		R3 000350	000346
		346 000400	000400
		400 000000	000100

Режим смещения ($M = 6$). В этом режиме содержимое выбранного регистра складывается с содержимым слова, следующим непосредственно за командой. Полученная сумма является адресом операнда. Обозначение на Ассемблере: X(R_n), где X — содержимое слова, следующего непосредственно за командой.

Обычно содержимое регистра используется в качестве базового адреса массива, а смещение указывает на конкретный элемент этого массива.

Пример 1. MOV R2, 2(R3) — переслать содержимое регистра R2 во второй элемент массива слов с базовым адресом 350.

Представление команды в памяти		Содержимое регистров и ячеек памяти	
		До операции	После операции
001000	010263	R2 000100	000100
001002	000002	R3 000350	000350
		PC 001000	001004
		350 000400	000400
		352 000000	000100

Пример 2. MOV B R2, 1 (R3) — переслать содержимое младшего байта регистра R2 во второй элемент массива с базовым адресом 350.

Представление команды в памяти		Содержимое регистров и ячеек памяти	
		До операции	После операции
001000	110263	R2 000100	000100
001002	000001	R3 000350	000347
		PC 001000	001004
		350 120	120
		351 000	100

Отметим, что смещение может быть отрицательным. В этом случае оно представляется в дополнительном коде. Например, команда `MOVB R2, —2 (R3)` будет отображаться в памяти следующим образом:

001000	010263
001002	177776

Косвенный режим смещения ($M = 7$). Этот режим аналогичен предыдущему, но сумма, полученная в результате сложения содержимого регистра и смещения, является адресом адреса операнда. Поэтому смещение всегда должно быть четным независимо от размера операнда. Обозначение на Ассемблере: `@X(Rn)`.

Пример. `MOV R2,@ 2(R3)`

Представление команды в памяти		Содержимое регистров и ячеек памяти	
		До операции	После операции
001000	010273	R2 000100	000100
001002	000002	R3 000350	000350
		PC 001000	001004
		350 000120	000120
		352 000400	000400
		400 000000	000100

Режимы адресации с использованием счетчика команд. Одной из основных особенностей рассмотренных выше способов адресации является то, что во всех из них требуется предварительная загрузка одного из регистров общего назначения. После того, как регистр загружен, его содержимое может быть использовано в качестве указателя текущего адреса массива, базового адреса начала массива, индексного смещения к конкретному элементу массива и т. п. При однократном обращении к произвольной ячейке памяти такой способ оказывается неудобным, так как требует выполнения сразу двух операций: предварительной загрузки адреса ячейки в регистр и собственно обращения к ячейке через регистр с помощью одного из режимов адресации. В действительности эту операцию можно осуществить гораздо проще, если учесть, что счетчик команд R7 (PC) является регистром общего назначения и может быть использован в любом из режимов адресации. Однако не для всех режимов адресации это имеет смысл. Так, если использовать счетчик команд в качестве регистра в режиме с автоуменьшением, то это может привести к непредсказуемому результату. Фактически со счетчиком команд используются только четыре режима адресации: с автоувеличением, косвенный с автоувеличением, режим смещения и косвенный режим смещения. Такие комбинации дают (с точки зрения программиста, но не аппаратно) четыре дополнительных режима адресации: непосредственный, абсолютный, относительный и косвенно-относительный.

Рассмотрим алгоритм выполнения режима с автоувеличением при применении счетчика команд в качестве регистра общего назначения. По определению режима операция производится над операндом, адрес которого находится в выбранном регистре. Если таким регистром является счетчик команд, то он в этот момент будет указывать на ячейку, непосредственно следующую за спецификатором операнда. Таким образом, операнд оказывается сразу после команды. После выборки операнда в отличие от обычного режима с автоувеличением содержимое счетчика команд увеличится на 2 независимо от размера операндов.

Пример. MOVB#20, (R2)

Представление команды в памяти		Содержимое регистров и ячеек памяти	
		До операции	После операции
001000	112712	R2 000100	000100
001002	000020	PC 001000	001004
		100 000	020

Если использовать косвенный режим с автоувеличением, то по определению режима содержимое счетчика команд является не адресом операнда, а адресом адреса операнда. Таким образом, получаем возможность задать непосредственно в команде абсолютный адрес операнда. Если в предыдущем примере использовать этот режим, то по адресу 001000 занесется не число 20, а содержимое ячейки 20. На Ассемблере такая команда будет иметь мнемонику: MOVB @ #20, (R2).

Представление команды в памяти		Содержимое регистров и ячеек памяти	
		До операции	После операции
001000	113712	R2 000100	000100
001002	000020	PC 001000	001004
		020 050	050
		100 000	050

Есть определенный класс программ, которые называются позиционно-независимыми. Это означает, что они могут быть загружены и запущены в любой области памяти без перетрансляции или перекомпоновки.

При перемещении программы в памяти адрес ячейки, заданной косвенно-регистровым режимом, остается неизменным. Это удобно при адресации общих ресурсов системы, к которым разрешен доступ программе. Если адресуемые данные перемещаются вместе с программой, то использование этого режима адресации приведет к неверному результату. Что сделать в этом случае? Для ответа на этот вопрос рассмотрим применение счетчика команд в режиме со смещением.

В этом режиме содержимое выбранного регистра (в нашем случае—счетчика команд) складывается со смещением, которое расположено непосредственно в команде. Полученная сумма является адресом операнда. Очевидно, что если смещение подобрать таким образом, чтобы оно было равно разности между текущим положением команды (точнее, самого кода смещения) и адресом операнда, то сумма будет равна адресу операнда. Теперь при любом перемещении программы операнд будет адресоваться верно. Этот режим называется относительным. Рассмотрим пример, аналогичный предыдущему, т. е. пересылку содержимого ячейки 20 по адресу, который хранится в регистре R2: MOVB 20, (R2)

Представление команды в памяти		Содержимое регистров и ячеек памяти	
		До операции	После операции
001000	116712	R2 000100	000100
001002	177014	PC 001000	001004
		020 050	050
		100 000	050

Отметим, что величина смещения в данном примере отрицательна и представляется в виде слова в дополнительном коде. Величина смещения соответственно определяется автоматически на этапе ассемблирования.

И наконец, если использовать счетчик команд в косвенном режиме со смещением, то получим еще один способ адресации, который называется косвенно-относительным. Здесь сумма содержимого продвинутого счетчика команд и смещения служит адресом адреса операнда. Для программиста этот способ является просто косвенной адресацией с использованием произвольной ячейки для хранения адреса операнда. Как и в предыдущем режиме, смещение должно соответствовать разности между

адресом этой ячейки и значением счетчика команд MOV B @20, (R2)

Представление команды в памяти		Содержимое регистров и ячеек памяти	
		До операции	После операции
001000	117712	R2 000100	000100
001002	177014	PC 001000	001004
		20 000050	000050
		50 035	035
		100 000	035

2.1.6

Система команд

Все команды, входящие в систему команд УВК СМ-3, СМ-4, СМ-1300, СМ-1600, СМ-1420, разделены на группы (одноадресные, двухадресные, команды перехода и т. д.) и на подгруппы. Такое разделение в некоторых случаях чисто условно и сделано в целях удобства изложения. Формальное описание базового набора* команд дано в табл. 2.1—2.4, в которых приводятся название, mnemonic обозначение (используемое при написании программ на Ассемблере), формальный алгоритм и словесное описание. При формальном описании команд даны следующие обозначения:

(XXX)	— содержимое XXX	←	— присваивание
ист	— адрес источника	Z	— разряд признака нуля в слове состояния
прм	— адрес приемника	N	— разряд признака минуса в слове состояния
&	— функция «И» (логическое умножение)	C	— разряд признака переноса в слове состояния
!	— функция «ИЛИ» (логическое сложение)	V	— разряд признака переполнения в слове состояния
⊙	— функция «ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ» (сложение по модулю 2)		
—	— черта сверху—функция «НЕ» (инверсия)		

Если одно- или двухадресная команда предназначена для работы с байтами, то в 15-м разряде кода операции устанавливается 1 и мнемоника оканчивается буквой B(CLRB,MOV B и т. д.).

2.2

ОБЩИЙ АЛГОРИТМ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОРА

По количеству явно заданных адресов операндов все машинные команды делятся на три класса: двухадресные, одноадресные и нулеадресные. В зависимости от использованных режимов адресации операндов команда может иметь длину в одно, два или три слова памяти. Первое слово команды содержит код операции и режимы адресации операндов, а второе и третье слова — это либо непосредственно операнды, либо значения, используемые при определении действительных адресов операндов. После каждой выборки из оперативной памяти очередного слова команды счетчик команд PC автоматически модифицируется ($PC \leftarrow PC + 2$), чтобы указывать на следующее слово в потоке команд.

При своем выполнении каждая команда проходит через ряд этапов, которые показаны на рис. 2.1, изображающем общий алгоритм функционирования любого процессора.

* Базовый набор содержит команды, которые реализованы во всех моделях.

Таблица 2.1

Одноадресные команды

п/п	Команды	Мнемо-ника	Код операции	Алгоритм	Описание
1	Очистка	CLR	0050	$(\text{прм}) \leftarrow 0$	Все разряды приемника сбрасываются в нуль
2	Инкремент	INC	0052	$(\text{прм}) \leftarrow (\text{прм}) + 1$	К содержимому приемника прибавляется единица
3	Декремент	DEC	0053	$(\text{прм}) \leftarrow (\text{прм}) - 1$	Из содержимого приемника вычитается единица
4	Инверсия	COM	0051	$(\text{прм}) \leftarrow (\text{прм})$	Все разряды приемника инвертируются
5	Проверка	TST	0057	—	Устанавливаются разряды кодов условий. Содержимое приемника не изменяется
6	Отрицание	NEG	0054	$(\text{прм}) \leftarrow (\text{прм}) + 1$	Знак содержимого приемника меняется на противоположный
7	Арифметический сдвиг вправо	ASR	0062		Все разряды содержимого приемника сдвигаются вправо на один разряд. Значение разряда 0 приемника заносится в разряд С. Разряд 15 (или 7) не изменяется
8	Арифметический сдвиг влево	ASL	0063	$[C] \leftarrow [\text{прм}] \leftarrow 0$	Все разряды содержимого приемника сдвигаются влево на один разряд. Значение разряда 15 (или 7) приемника заносится в разряд С. В разряд 0 приемника заносится нуль
9	Циклический сдвиг вправо	ROR	0060		Все разряды содержимого приемника сдвигаются вправо на один разряд. Значение разряда С заносится в разряд 15 (или 7) приемника. Значение разряда 0 приемника заносится в разряд С
10	Циклический сдвиг влево	ROL	0061		Все разряды содержимого приёмника сдвигаются влево на один разряд. Значение разряда С заносится в разряд 0 приемника. Значение разряда 15 (или 7) заносится в разряд С
11	Сложение с переносом	ADC	0055	$(\text{прм}) \leftarrow (\text{прм}) + (C)$	Значение разряда С прибавляется к содержимому приемника
12	Вычитание переноса	SBC	0056	$(\text{прм}) \leftarrow (\text{прм}) - (C)$	Из содержимого приемника вычитается значение разряда С
13	Перестановка байт	SWAB	0003		Старший и младший байты содержимого приемника меняются местами. Коды условий устанавливаются по результату в младшем байте

Таблица 2.2

Двухадресные арифметико-логические команды

№ п/п	Команды	Мнемо-ника	Код операции	Алгоритм	Описание
1	Пересылка	MOV	01	$(\text{прм}) \leftarrow (\text{ист})$	Содержимое источника пересылается по адресу приемника
2	Сравнение	CMP	02	$(\text{ист}) \text{ — } (\text{прм})$	Из содержимого источника вычитается содержимое приемника. Оба операнда не изменяются
3	Проверка разрядов	BIT	03	$(\text{ист}) \& (\text{прм})$	Выполняется операция логического умножения над содержимым источника и приемника. Оба операнда не изменяются
4	Очистка разрядов	BIC	04	$(\text{прм}) \leftarrow (\text{прм}) \& (\text{ист})$	Разряды содержимого источника, равные 1, сбрасывают соответствующие разряды содержимого приемника
5	Установка разрядов	BIS	05	$(\text{прм}) \leftarrow (\text{прм})! (\text{ист})$	Разряды содержимого источника, равные 1, устанавливают соответствующие разряды содержимого приемника
6	Сложение	ADD	06	$(\text{прм}) \leftarrow (\text{прм}) + (\text{ист})$	Содержимое источника и приемника суммируется
7	Вычитание	SUB	16	$(\text{прм}) \leftarrow (\text{прм}) \text{ — } (\text{ист})$	Содержимое источника вычитается из содержимого приемника

Команды перехода

№ п/п	Название перехода	Мнемоника	Код операции	Условие перехода
1	Безусловный	BR	0004	–
2	По неравенству нулю	BNE	0010	$Z = 0$
3	По равенству нулю	BEQ	0014	$Z = 1$
4	По плюсу	BPL	1000	$N = 0$
5	По минусу	BMI	1004	$N = 1$
6	По отсутствию переполнения	BVC	1020	$V = 0$
7	По переполнению	BVS	1024	$V = 1$
8	По отсутствию переноса	вес	1030	$C = 0$
9	По переносу	BCS	1034	$C = 1$
10	По «больше или равно нулю»	BGE	0020	$N \odot V = 0$
11	По «меньше нуля»	BLT	0024	$N \odot V = 1$
12	По «больше нуля»	BGT	0030	$Z!(N \odot V) = 0$
13	По «меньше или равно нулю»	BLE	0034	$Z!(N \odot V) = 1$
14	Беззнаковый по «больше нуля»	BHI	1010	$C!Z = 0$
15	Беззнаковый по «меньше или равно нулю»	BLOS	1014	$C!Z = 1$
16	Беззнаковый по «больше или равно нулю»	BHIS	1030	$C = 0$
17	Беззнаковый по «меньше нуля»	BLO	1034	$C = 1$

На этапе ВБК, из памяти выбирается первое слово команды и помещается в специальный аппаратный регистр команд (РК). Содержимое этого регистра определяет алгоритм поведения процессора на всех этапах выполнения текущей команды. На этапе выборки всегда осуществляется увеличение РС.

На этапе ДШК осуществляется дешифрация кода операции для определения класса команды: нульадресной, одноадресной или двухадресной.

На этапе ИСТ вычисляется действительный адрес операнда-источника, и операнд загружается в один из внутренних регистров процессора. Для некоторых режимов адресации требуется второе слово команды, в этом случае после извлечения его из памяти выполняется увеличение РС.

Таблица 2.4

Остальные команды

№ п/п	Команды	Мнемоника	Код операции	Алгоритм	Описание
1	Абсолютный безусловный переход	JMP	0001	$PC \leftarrow (\text{прм})$	Передается управление по адресу приемника
2	Переход к подпрограмме	JSR	004	$-(SP) \leftarrow (R_n)$ $R_n \leftarrow (PC)$ $PC \leftarrow (\text{прм})$	Передается управление по адресу приемника. Содержимое регистра R_n записывается в стек. Адрес возврата запоминается в регистре R_n
3	Возврат из подпрограммы	RTSR _n	0002	$PC \leftarrow (R_n)$ $R \leftarrow (SP) +$	Передается управление по адресу, запомненному в регистре R_n . Содержимое регистра восстанавливается из стека
4	Смена состояния процессора	EMT TRAP IOT BPT	104 1044 000004 000003	$-(SP) \leftarrow (PSW)$ $-(SP) \leftarrow (PC)$ $PC \leftarrow (N)$ $PSW \leftarrow (N+2)$	Выполняется процедура прерывания по вектору N. N=30 (EMT), 34 (TRAP), 20 (IOT), 14 (BPT)
5	Возврат из прерывания	RTI RTT	000002 000006	$PC \leftarrow (SP) +$ $PSW \leftarrow (SP) +$	Значения PC и PSW восстанавливаются из стека
6	Сброс	RESET	000005	–	Формируется сигнал INIT
7	Ожидание прерывания	WAIT	000001	–	Прекращаются все операции. Выход из этого состояния только по внешнему прерыванию.
8	Останов		000000	–	Прекращаются все операции. Выход из этого состояния только при нажатии клавиши «Продолжение»

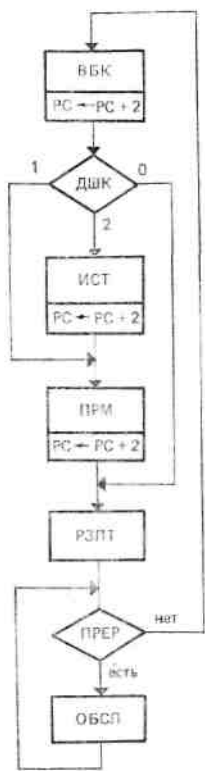


Рис.2.1. Этапы
исполнения команд

На этапе ПРМ вычисляется действительный адрес операнда-приемника, и операнд загружается в один из внутренних регистров процессора. Для некоторых режимов адресации требуется дополнительное слово команды, в этом случае после извлечения его из памяти выполняется увеличение PC.

На этапе РЗЛТ выполняется действие, заданное кодом операции команды. На этом же этапе результат операции записывается на место операнда-приемника, если выполнялась одно- или двухадресная команда. По полученному результату в регистре состояния процессора PSW аппаратно устанавливаются биты условий NZVC.

На этапе ПРЕР определяется наличие каких-либо источников аппаратных прерываний (внутренних или внешних).

На этапе ОБСЛ выполняется обслуживание запросов прерываний, т. е. сохранение текущих PSW и PC и загрузка их новыми значениями из вектора прерывания. Пультовые запросы оператора также обслуживаются на этом этапе соответствующей микропрограммой. На этап ОБСЛ процессор автоматически попадает при включении питания.

2.3

АРХИТЕКТУРА МИКРОПРОГРАММНОГО УРОВНЯ

Под архитектурой микропрограммного уровня понимается формат микрокоманд и структура путей данных центрального процессора. Каждый из центральных процессоров СМ ЭВМ имеет единую архитектуру программного уровня и уникальную архитектуру микропрограммного уровня.

Процессор СМ-3 имеет простую структуру путей данных, обеспечивающую при минимальных аппаратных затратах реализацию базового набора команд СМ ЭВМ. Объем памяти микрокоманд (ПМК) составляет 256 слов по 40 разрядов. ПМК реализована в виде блока постоянной памяти трансформаторного типа на ферритовых сердечниках. Цикл микрокоманды равен 320 нс. Процессор СМ-3 в данной работе детально не рассматривается, подробные сведения могут быть найдены в [35].

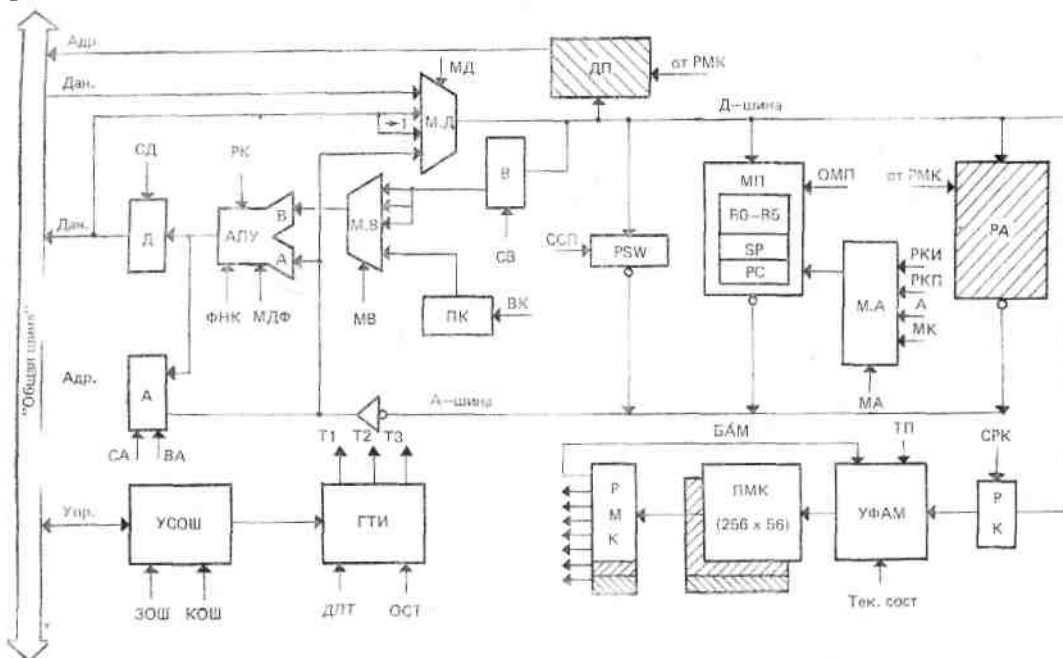


Рис. 2.2. Структура процессора СМ-4

Процессор СМ-4 имеет более сложную внутреннюю организацию. Структурная схема центрального процессора СМ-4 приведена на рис. 2.2. По существу, процессор состоит из следующих основных узлов: обрабатывающего блока (верхняя часть рисунка), устройства управления (нижняя часть рисунка), расширителя арифметики (РА) и диспетчера памяти (ДП). На приведенном рисунке во всех

условных обозначениях используются буквы русского алфавита, за исключением регистров PSW (состояние процессора), SP (указатель стека), PC (счетчик команд) и R0—R5 (общие регистры), где используются обозначения, принятые в архитектуре программного уровня [16].

Все информационные пути обрабатывающего блока имеют ширину, равную 16 разрядам, за исключением 18-разрядного адреса «Общей шины». В обрабатывающем блоке на микропрограммном уровне производится интерпретация машинных команд архитектуры программного уровня. Устройство управления схемно-микропрограммное: схемная часть управляет синхронизацией и обменом с «Общей шиной», а микропрограммная часть вырабатывает микрооперации, управляющие всеми вентильными схемами процессора.

Микропрограммное устройство управления состоит из регистра команд, узла формирования адреса микрокоманд (УФАМ), памяти микрокоманд и регистра микрокоманд (РМК). Сразу после загрузки в РК кода машинной команды в УФАМ формируется начальный адрес микропрограммы, интерпретирующей данную команду. Содержимое адресуемой микрокоманды выбирается из ПМК и загружается в РМК. Выходы РМК в течение текущей микрокоманды управляют аппаратурой процессора. В зависимости от состояния полей БАМ (базовый адрес микрокоманды) и ТП (тип перехода) текущей микрокоманды, а также в зависимости от текущего состояния аппаратуры процессора в УФАМ формируется адрес следующей микрокоманды.

Для повышения быстродействия внутренний цикл процессора (время выполнения одной микрокоманды) сделан динамически перестраиваемым. Каждая микрокоманда в специальном поле управления циклом (поле ДЛТ) указывает необходимую ей длительность: 180, 240 и 340 нс. На рис. 2.3 приведено соответствие между длительностью микрокоманды и типом тактового импульса (длительность тактового импульса равна 50 нс).

Возможность регулировки паузы между тактовыми импульсами позволяет просто и эффективно осуществить синхронизацию процессора с асинхронно работающим узлом связи с «Общей шиной» (УСОШ). Для этого в генераторе тактовых импульсов (ГТИ) предусмотрена возможность останова по микрооперации ОСТ и асинхронного запуска по получении сигнала СХИ (синхронизация исполнителя) с «Общей шиной».

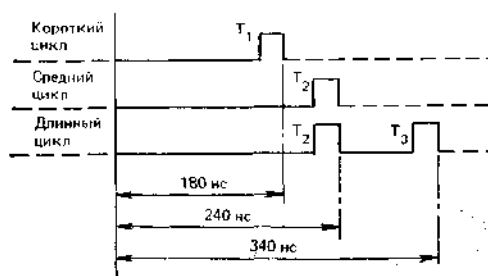


Рис. 2.3. Переменный цикл процессора СМ-4

Основным элементом блока обработки является арифметико-логическое устройство (АЛУ), способное выполнять 16 арифметических и 16 логических операций. Состав операций АЛУ определяется возможностями микросхемы К155ИПЗ. АЛУ управляется двумя полями микрокоманды: ФНК — функция и МДФ — модификация функции. Основная операция задается полем ФНК и может быть модифицирована в зависимости от содержимого РК. Такой способ управления АЛУ позволяет минимизировать объем памяти микрокоманд. Например, для реализации всех арифметических и логических команд базового набора используется единая микропрограмма, а микрооперации, выполняемые в АЛУ, задаются фактически кодом машинной команды в РК.

Результат АЛУ может быть записан в регистры Д или А. Записью в регистр Д управляет поле СД (стробирование регистра Д), а записью в регистр А — два поля: СА (стробирование регистра А) и ВА (вход регистра А), так как регистр А является двухвходовым и может принимать информацию как с выхода АЛУ, так и с А-шины. Выходы регистров А и Д связаны с линиями адреса и данных «Общей шины». Управляет операциями «Общей шины» УСОШ, который, в свою очередь, управляется полями микрокоманды ЗОШ (запуск ОШ) и КОШ (код операции ОШ).

На мультиплексор МВ информация поступает либо из памяти констант (ПК), либо из регистра временного хранения В; причем над данными регистра В мультиплексор МВ может выполнять операции прямой пересылки, перестановки байт и расширения знака младшего байта.

Мультиплексор МД помимо прямых пересылок способен выполнять арифметический сдвиг вправо

содержимого регистра Д.

Местная память (МП) содержит 16 регистров, причем 8 из них являются общими регистрами—R0—R7, на два из которых возложены специальные функции: R6 — указатель стека (SP) и R7— счетчик команд (PC). Остальные 8 регистров доступны только на микропрограммном уровне и предназначены для самых разнообразных целей. Адрес регистра МП формируется мультиплексором адреса (МА) из следующих четырех возможностей: РКИ — поле источника в регистре команд, РКП — поле приемника в регистре команд, А — младшие разряды регистра А (при адресации через ОШ), МК— непосредственно из микрокоманды. Операции местной памяти задаются полем ОМП и определяются возможностями микросхемы K155PY2.

Результатами АЛУ являются также коды условий, которые аппаратно записываются в регистр состояния процессора. В процессоре СМ-4 принято сбалансированное разделение функций управления между микропрограммами и аппаратурой. В частности, дешифрация очередной команды выполняется аппаратно. При этом в зависимости от кода команды, вида адресации, а также ряда внешних условий (например, запросов на прерывание) осуществляется микропереход на одну из 60 различных микропрограмм, интерпретирующих систему команд. Чисто микропрограммная дешифрация потребовала бы как дополнительного времени, так и дополнительного объема ПМК.

Для облегчения подключения необязательных узлов (диспетчера памяти и расширителя арифметики) структура процессора базируется на двух магистралях: А-шине и Д-шине. Логической единице на А-шине соответствует низкий уровень сигнала. Помимо данных на А-шине все управляющие сигналы из расширителей в процессор также выдаются низкими уровнями, а на входах процессора осуществляется их привязка к уровню +5В через резистор 1 кОм. Поэтому подключение или отключение расширителей не требует каких-либо коммутаций в процессоре: при отсутствии расширителя соответствующие ему сигналы автоматически воспринимаются логическими нулями и не мешают работе процессора.

Процессор СМ-1300 имеет структуру, приведенную на рис. 2.4, где показаны основные логические блоки процессора, их взаимосвязь, а также распределение основных информационных, управляющих и синхронизирующих сигналов. В процессоре СМ-1300 используется микропроцессорный комплект КР1802 [8].

Структурную схему процессора можно условно разбить на следующие функциональные части:

операционную часть процессора для преобразования адресов, данных и формирования кодов условий;

интерфейсную часть для связи процессора с оперативной памятью и устройствами ввода-вывода через стандартную магистраль «Общая шина»;

систему синхронизации для формирования тактовых импульсов процессора;

устройство микропрограммного управления для хранения и генерации микрокоманд управления работой процессора.

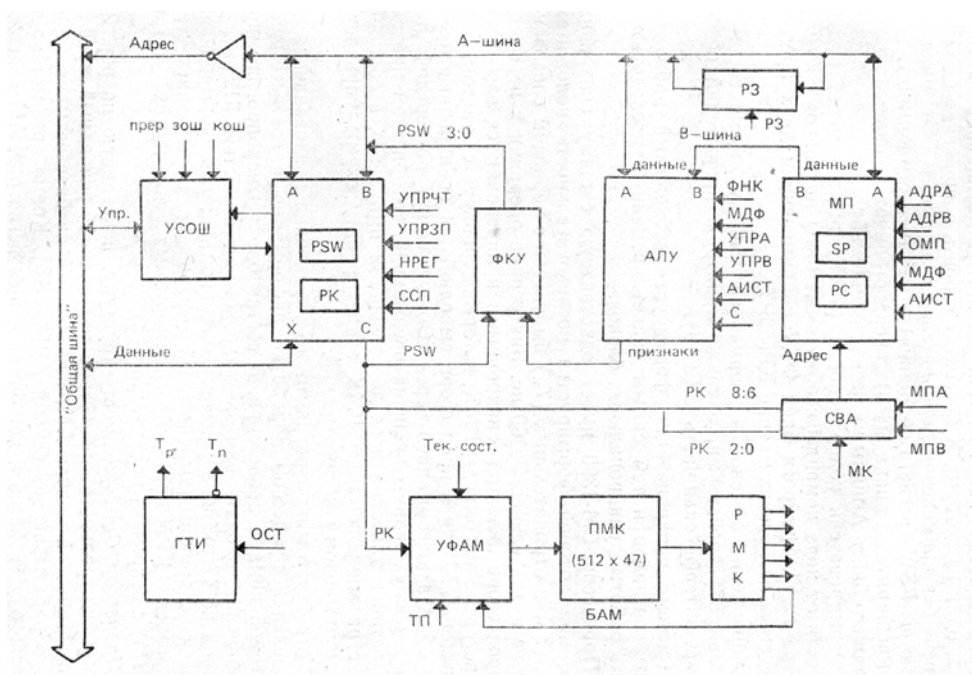


Рис. 2.4. Структура процессора СМ-1300

Основным узлом операционной части служит арифметико-логическое устройство, построенное на двух микросхемах КР1802ВС1. АЛУ выполняет до шестнадцати логических и арифметических операций и четыре их модификации. Входные операнды для АЛУ задаются по шинам А и В; результат операции АЛУ выдается и используется также через шину А. Отметим, что шины А и В являются двунаправленными с тремя состояниями. Фазы приема и выдачи информации разделяются сигналами микропрограммного управления.

Другим составным узлом операционной части является местная память (МП), состоящая из шестнадцати шестнадцатиразрядных регистров, построенных на четырех микросхемах КР1802ИР1. МП является двухканальной, а также двухадресной, что позволяет выдавать на магистрали процессора А и В одновременно содержимое двух регистров.

Распределение регистров МП такое же, как в процессоре СМ-4. Управление режимами работы МП осуществляется микропрограммно. Формирование адреса МП по шинам А и В происходит на схеме выбора адреса (СВА), которая также управляется микропрограммно.

В состав операционной части процессора входит блок обмена информацией (БОИ), который построен с применением четырех микросхем КР1802ВВ1. БОИ имеет четыре двунаправленных канала, один из которых Х позволяет строить сопряжение с «Общей шиной» без применения дополнительной логики. В БОИ находятся регистры PSW (регистр состояния) и РК (регистр команд).

Расширитель знака (РЗ) распространяет знаковый разряд младшего байта А-шины на весь старший байт.

Формирователь кодов условий (ФКУ) вырабатывает в зависимости от кода команды необходимые биты признаков NZVC регистра PSW. Построен блок ФКУ с применением двух программируемых логических матриц КР556РТ1.

Управление обменом информацией между процессором и внешними устройствами, а также арбитраж прерываний обеспечивает интерфейсная часть (УСОШ).

Система синхронизации формирует необходимый набор тактовых сигналов и тем самым задает временную последовательность работы функциональных блоков.

Процессор СМ-1300 имеет одноктактную систему синхронизации, при которой формируется последовательность положительных (T_p) и отрицательных (T_n) импульсов с периодом следования 240 нс и длительностью 60 нс. Внутренние операции и пересылки в процессоре являются синхронными и определяются состоянием регистра микрокоманды РМК, который стробируется тактовым импульсом T_n . Если в процессоре выполняются асинхронные операции обмена информацией через «Общую шину» по передаче данных и обслуживанию внешних прерываний, то при этом происходит останов тактовой последовательности импульсов, а состояние регистра микрокоманды РМК задает работу схемы управления вводом-выводом или прерываний.

Устройство микропрограммного управления предназначено для управления процессом обработки информации в соответствии с системой команд процессора. В состав блока микропрограммного управления входят: память микрокоманд емкостью 512 микрокоманд по 47 разрядов; регистр микрокоманд; узел формирования адреса микрокоманды, который построен с применением трех микросхем КР556РТ1 — программируемых логических матриц (ПЛИМ) с открытым коллектором.

Процессор СМ-1420 имеет структуру, показанную на рис. 2.5. Ядром центрального процессора является 16-разрядный арифметико-логический модуль АМ, построенный на базе четырехразрядных обрабатывающих секций КР1804 [8]. Кроме арифметико-логического устройства и вспомогательных регистров, АМ содержит: местную память на 16 ячеек с возможностью чтения по двум независимым адресам (адрес А и адрес В) и записи в этом же цикле результата арифметико-логических действий (по адресу В).

Дополнительный внутренний регистр сдвига позволяет выполнять в одном цикле сдвиг операнда двойной длины.

Информация на выход АМ выдается через выходной мультиплексор У либо с выходом АЛУ, либо с выходного регистра местной памяти (результат чтения по адресу А).

Информация на вход АМ может поступить через мультиплексор МД либо со сдвигателя МС, либо из буферного регистра (БР). Кроме прямой передачи, из БР предусмотрена передача шести или восьми младших разрядов со сдвигом влево и одновременным формированием старших разрядов для смещения в командах переходов.

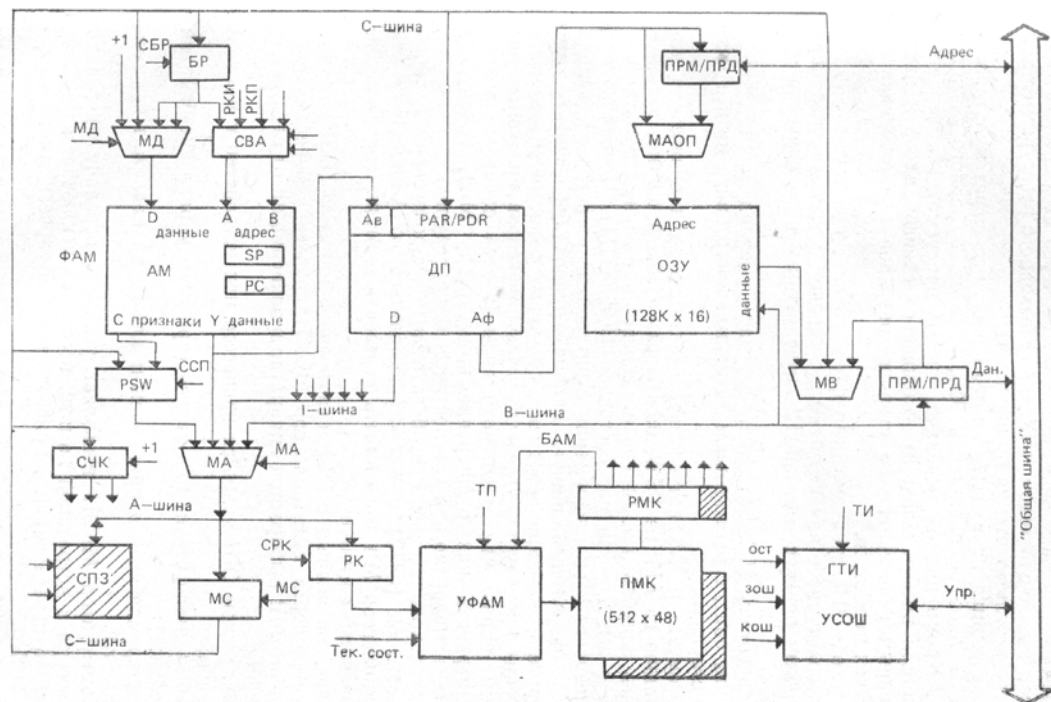


Рис. 2.5. Структура процессора SM-1420

В входе МД предусмотрено формирование константы +1, которая совместно с задаваемыми в микрокоманде микрооперацией и входным переносом для АЛУ позволяет изменить адрес на ± 1 или ± 2 .

Сдвигатель МС позволяет передать операнд прямо или с обменом байт, с расширением знака младшего байта на все разряды старшего.

Коммутатор МА позволяет передать на вход сдвигателя информацию из АМ, из PSW, из ОП или «Общей шины», а также с шины индикации I. 1-шина объединяет две группы мультиплексоров с выходом на три состояния (K555КШ1). Первая группа обеспечивает съем информации с внутренних регистров, имеющих адреса на «Общей шине». Вторая группа обеспечивает съем информации в микропрограммах пультовых режимов и в диагностических процедурах. Для этих мультиплексоров предусмотрены режимы управления от микрокоманды (в этом случае их можно рассматривать как расширение коммутатора МА), вручную с пульта и аппаратно при диагностических процедурах.

Двусторонняя связь с необязательным сопроцессором плавающей запятой (СПЗ) может осуществляться по А-шине, так как мультиплексор МА может быть переведен в отключенное состояние внешним сигналом.

Связь по данным с ОШ и встроенной памятью (ОЗУ) осуществляется через мультиплексор МВ. Направление передачи данных через МВ выбирается аппаратно в зависимости от следующих условий:

- задатчиком ОШ является процессор или устройство с прямым доступом;
- выполняется чтение или запись (при ЗПБ управление байтами раздельное);
- адресуемая ячейка принадлежит или не принадлежит встроенной памяти.

Коммутатор МАОП позволяет ускорить передачу адреса от процессора к встроенной памяти, поскольку исключает задержки, вносимые передатчиками, приемниками и физическими процессами в ОШ.

Регистр команд принимает информацию прямо с выхода коммутатора МА.

В процессоре SM-1420 принята однофазная система синхронизации с управляемой длиной цикла, кратной 100 нс. При этом минимальный цикл равен 200 нс, длительность тактового импульса (ТИ) равна 50 нс.

Микропрограммное устройство управления имеет традиционную схему. Предусмотрен контроль содержимого микрокоманды по нечетности.

2.4

ФУНКЦИИ ДИСПЕТЧЕРА ПАМЯТИ

Для расширения объема оперативной памяти и обеспечения функций ее защиты в процессорах SM-4

и СМ-1420 имеется специальное устройство—диспетчер памяти. Причем в СМ-4 диспетчер памяти выполнен в виде отдельного необязательного модуля, а в СМ-1420 он является неотъемлемой частью базового процессора.

Расширение памяти предназначено в основном для оперативного хранения и выполнения нескольких программ. При этом важно обеспечить защиту программ от несанкционированного влияния друг на друга; особенно существенно оградить программы операционной системы от влияния программ пользователей.

Диспетчер памяти осуществляет два режима работы процессора: системный и пользовательский (рис. 2.6). Режим, в котором в текущий момент находится процессор, определяется разрядами PSW (15—14): 00 — система, 11—пользователь, 01 и 10 — резервные комбинации. Разряды PSW (13—12) определяют предыдущий режим работы процессора: 00 — система, 11—пользователь, 01 и 10 — резерв.

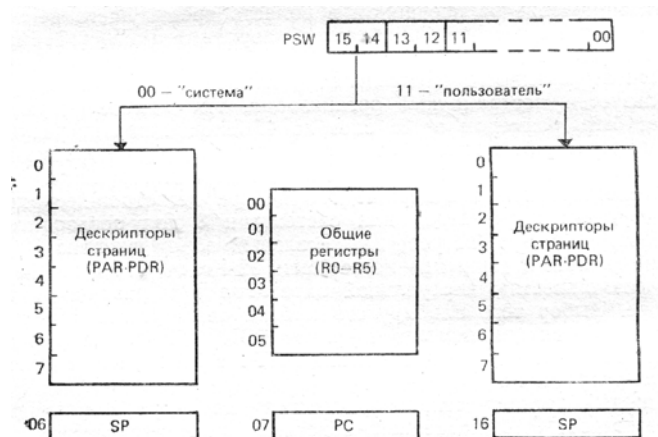


Рис. 2.6. Организация двух режимов работы процессора

Изменение режима работы процессора происходит, как правило, при прерываниях. При этом разряды PSW (15—14) помещаются на место PSW (13—12), а в PSW (15—14) загружается информация из вектора прерывания.

В процессе работы может возникнуть необходимость в обмене информацией между текущей программой и программой, которая выполнялась до смены режима (как правило, такая необходимость бывает, когда текущий режим — «система», а предыдущий — «пользователь»). Такой обмен удобно осуществлять через область стека. В процессорах СМ-4 и СМ-1420 имеются два указателя стека: один для системного режима, другой — для пользовательского. Причем как в системных, так и в пользовательских программах указатель стека на Ассемблере обозначается одинаково — SP или R6, а аппаратура диспетчера памяти в зависимости от текущего режима адресуется в местную память процессора либо к регистру 06 (системный стек), либо к регистру 16 (пользовательский стек).

Разделение памяти на системную и пользовательскую области вызывает необходимость введения двух специальных команд:

МТРП — пересылка данных из стека текущего режима по адресу операнда-приемника, находящегося в области предыдущего режима;

МФРП — пересылка операнда-источника, находящегося в области предыдущего режима, в стек текущего режима.

Следует заметить, что микропрограммы, реализующие эти команды, почти целиком выполняются в текущем режиме процессора и лишь на время выполнения той микрокоманды, где происходит обращение за операндом в область предыдущего режима, аппаратура процессора управляется разрядами PSW (13:12), а не PSW (15:14).

Для эффективного распределения памяти в СМ-4 и СМ-1420 используется постраничная организация, где каждая страница может быть размером от 32 слов до 4 Кслов и характеризуется своим регистром-дескриптором, содержащим всю информацию, необходимую для размещения и защиты данной страницы.

Диспетчер памяти содержит два набора регистров-дескрипторов страниц: 8 регистров для системы и 8 для пользователя. Используя все 8 регистров, максимальный объем активной программы (вместе с данными) может быть 32 Кслов, что и соответствует возможностям виртуальной адресации в 16-разрядном процессоре. Выбор того или другого набора регистров-дескрипторов осуществляется при

помощи разрядов PSW (15—14), кроме оговоренного выше случая для команд МТPI и MFPI, когда используются разряды PSW (13—12).

Каждый регистр-дескриптор состоит из двух 16-разрядных подрегистров: PAR (содержит константу смещения страницы) и PDR (содержит описание страницы), имеющих конкретные адреса на «Общей шине» (табл. 2.5).

Таблица 2.5

Номер дескриптора	„Система“		„Пользователь“	
	PAR	PDR	PAR	PDR
0	772340	772300	777640	777600
1	2	2	2	2
2	4	4	4	4
3	6	6	6	6
4	50	10	50	10
5	2	2	2	2
6	4	4	4	4
7	6	6	6	6

Каждый регистр-дескриптор включает следующую информацию (рис. 2.7):

КСС— константа смещения страницы, т. е. величина, на которую изменяется виртуальный адрес программы при отображении его на физическое пространство адресов памяти;

ДС — длина страницы в блоках; один блок содержит 32 слова;

М—признак модификации страницы; аппаратно устанавливается при любой записи в область памяти, занимаемой данной страницей; очищается программно при загрузке регистров-дескрипторов в момент выделения странице места в оперативной памяти;

Р — направление роста страницы; 0 — страница растет в сторону увеличения адресов памяти; 1 — в сторону уменьшения адресов памяти;

Д — доступ к странице: x0 — страница недоступна; 01 — доступна только для чтения; 11—доступна для чтения и записи. Любая попытка недоступного обращения вызывает прерывание по адресу вектора 250.

Интерфейс «Общая шина» имеет 18 адресных линий, что позволяет адресовать 128 Кслов. Отображение 16-разрядного программного (виртуального) адреса Ав на 18-разрядный физический (фактический) адрес Аф выполняется аппаратурой диспетчера памяти. При этом три старших разряда виртуального адреса Ав (15:13) интерпретируются как номер регистра-дескриптора; остальной процесс преобразования виртуального адреса в физический иллюстрируется рис. 2.8.

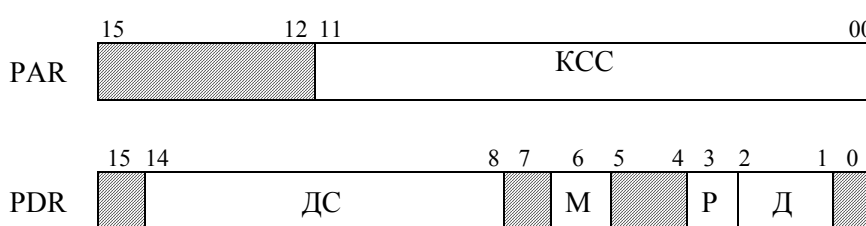


Рис. 2.7. Структура дескриптора страницы

Преобразование 16-разрядного виртуального адреса в 22-разрядный физический в СМ-1420 с объемом памяти 2 Мбайт осуществляется аналогично; в этом случае константа смещения занимает весь регистр PAR.

Таким образом, несколько программ, оттранслированных на одни и те же виртуальные адреса, могут одновременно находиться в оперативной памяти на различных физических адресах благодаря различным константам смещения КСС. Во время работы программы любой виртуальный адрес сначала подается в диспетчер памяти, где он преобразуется в физический адрес на ОШ.

Диспетчер памяти содержит также два дополнительных регистра: SR0 (адрес 777572) и SR2 (адрес 777576). Эти регистры позволяют подпрограмме обработки ошибок определить причины, приведшие к этой ситуации.

Регистр SR0 содержит различную информацию состояния и управления диспетчера памяти:

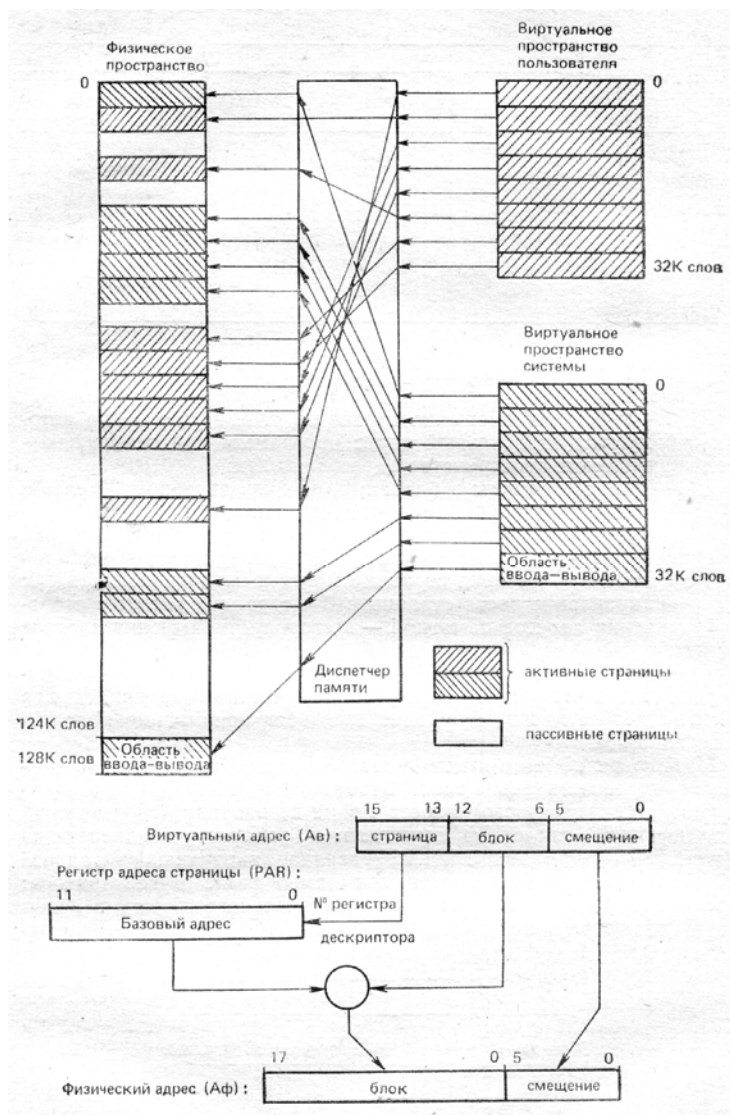


Рис. 2.8. Преобразование виртуальных адресов в физические

сопровождается соответствующим программным обеспечением. С помощью таких сетевых комплектов пользователь может дооснащать имеющиеся в его распоряжении ЭВМ с целью построения вычислительной сети или терминального комплекса. Сетевые компоненты могут содержать в своем составе микроЭВМ и в этом случае поставляются в виде готового элемента сети, ориентированного главным образом на решение коммуникационных задач.

Коммуникационные устройства имеют статус периферийных устройств на «Общей шине», наборы адресуемых регистров для управления работой с помощью программных средств поддержки и векторы прерывания для идентификации программ обслуживания.

2.5.1

Асинхронные адаптеры СМ ЭВМ

Асинхронные адаптеры представляют собой наиболее простые коммуникационные устройства, ориентированные на посимвольную передачу данных, и предназначены в основном для использования в локальных терминальных комплексах и терминальных комплексах дальней связи. Следует отметить, что в силу независимости сетевого протокола СМ ЭВМ канального уровня от способа передачи (синхронный или асинхронный) эти адаптеры могут применяться также в вычислительных сетях для построения информационных каналов между ЭВМ. Соответствующая программная поддержка асинхронных адаптеров имеется в пакетах программ сетевой телеобработки. Однако не следует забывать, что применение асинхронных адаптеров в вычислительных сетях для

разрешение/запрет работы диспетчера памяти;

номер страницы, обращение к которой вызвало ошибку;

режим работы процессора, при котором возникла ошибка;

характер ошибки (нарушение доступа, нарушение длины страницы и др.).

Регистр SR2 включает виртуальный адрес, загружаемый при выборке каждой команды программы, т. е. содержимое счетчика команд PC. Виртуальный адрес в регистре SR2 блокируется при возникновении любой ошибки диспетчера памяти.

2.5

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ТЕЛЕОБРАБОТКИ СМ ЭВМ

В состав средств телеобработки СМ ЭВМ входят синхронные и асинхронные адаптеры и мультиплексоры, аппаратура передачи данных — модемы и устройства преобразования сигналов, а также комплексные сетевые компоненты. Последняя группа устройств является наиболее удобной для потребителя формой поставки комплексного

специфицированного набора коммуникационных устройств, который конструктивно оформляется в виде автономных комплектных блоков и

передачи информационных пакетов приводит к снижению эффективности использования канала электросвязи.

Двухканальный асинхронный адаптер БС-АДС был первым коммуникационным устройством, освоением в производстве для ЭВМ архитектурной линии СМ-4. Линейный интерфейс каналов может модифицироваться, поэтому это устройство может быть предназначено для локальной связи по интерфейсу ИРПС и для сопряжения с каналами дальней связи по стыку С2. Конструктивно БС-АДС оформлен в виде автономного комплектного блока со встроенными вторичными источниками питания.

В настоящее время взамен БС-АДС разработаны одноплатные асинхронные адаптеры: двухканальный асинхронный адаптер для локальной связи «контроллер ИРПС» и одноканальный для каналов дальней связи АДС-А с выходом на стык с аппаратурой передачи данных С2. Все асинхронные адаптеры имеют одинаковую логическую организацию.

При этом двухканальные адаптеры БСАДС и ИРПС-ОШ представляются программе как два отдельных устройства, имеющих свой набор адресуемых регистров.

Будем рассматривать для определенности одноканальный асинхронный адаптер АДС-А и все сказанное распространим далее на другие адаптеры с соответствующими уточнениями.

АДС-А служит для удаленного подключения терминалов в терминальных комплексах и объединения ЭВМ в вычислительных сетях. Сопряжение с каналом связи осуществляется с помощью устройства преобразования сигналов либо асинхронного модема. В случае необходимости с помощью адаптеров АДС-А можно реализовать локальное сопряжение с терминалом либо другой ЭВМ без посредства асинхронных модемов по информационным цепям стыка С2, выполнив необходимые межсоединения управляющих цепей стыка у сопрягаемых адаптеров.

В зависимости от типа используемого модема АДС-А обеспечивает передачу данных по телеграфному каналу (С1-ТГ), телефонному каналу (С1-ТЧ) или неуплотненной физической линии (С1-ФЛ), а также и другим каналам связи, для которых имеется устройство преобразования сигналов со стыком С2.

Адаптер АДС-А реализует стандартный ряд скоростей, рекомендуемых для каналов телеграфного типа 50, 100 (150), 200 бит/с и телефонного типа 200, 600, (800), 1200, 2400, 4800, 9600 бит/с. Скорость передачи адаптера изменяется с помощью перепайки перемычек на плате.

В зависимости от типа канала связи АДС-А может работать в дуплексном или полудуплексном режиме, который задается программно при генерации коммуникационного узла.

Аппаратура АДС-А обеспечивает работу со вторичным (вспомогательным) каналом и имеет цепи 118, 119 стыка С2 передаваемых и принимаемых данных вторичного канала. Вторичный канал работает со скоростью 75 бит/с и используется в полудуплексном канале главным образом для передачи квитирующей информации (подтверждения приема). В этом случае модем также должен иметь возможность работать по вторичному каналу, для которого обычно отводится узкая полоса в нижней части общей полосы пропускания канала.

Цепи серии 200 стыка С2 для автоматического соединения абонентов по коммутируемой сети в АДС-С отсутствуют. Поэтому он может использоваться для работы по некоммутируемым каналам связи. При работе по коммутируемым каналам требуется ручное установление соединения либо применение дополнительного устройства автовызова, которое реализует управление цепями 200 стыка С2 и процедуры установления соединения абонентов.

Из функций сопряжения с каналом связи АДС-А выполняет следующие: электрическое согласование сигналов, битовую синхронизацию, байтовую синхронизацию, управление каналом связи по управляющим цепям С2. В связи с тем, что адаптер ориентирован на работу в составе терминальных комплексов, но может применяться и в вычислительных сетях, функции, связанные с обработкой информационных кадров, которые в терминальных комплексах и вычислительных сетях имеют существенные отличия, в аппаратуре адаптера не выполняются и перенесены на программное обеспечение. Сюда относятся расчет контрольных последовательностей кадров, кадровая синхронизация и др.

АДС-А выполняет также следующие функции:

контроль по паритету символов, передаваемых по каналу электросвязи. Контроль по четности и нечетности или отсутствие контроля задается перепайкой перемычек;

изменение разрядности передаваемого/принимаемого символа — 5, 6, 7, 8 бит. Задается перемычками;

изменение длины стоп-бита 1; 1,5; 2 бита. Задается перемычками.

На рис. 2.9 показана структурная схема адаптера АДС-А. Основным узлом устройства является универсальный асинхронный приемопередатчик УАПП, реализованный в виде БИС КР581ВА1 (аналог UART). УАПП содержит отдельные схемы асинхронного приема и передачи в последовательный канал связи, которые работают независимо, обеспечивая дуплексный режим работы.

УАПП выполняет следующие операции:

параллельно-последовательное преобразование принимаемых/ передаваемых символов с двойной буферизацией символа;

битовую синхронизацию принимаемых символов за счет включения тактового сигнала приемника при поступлении стартового бита;

символьную синхронизацию и анализ формата принимаемого символа с выдачей ошибки формата;

форматирование символа при передаче и в том числе формирование стартового и стопового битов;

контроль по паритету принимаемых и передаваемых символов.

АДС-А включает также (см. рис. 2.9) следующие узлы:

схему управления прерываниями (СУП) для выдачи векторов прерывания по принятому символу и вектора прерывания передатчика;

дешифратор адреса (ДА) для адресации четырех программно-доступных регистров устройства;

схему приема и передачи данных «Общей шины» (ДОШ), с помощью которой процессор читает и записывает регистры;

генератор скоростей (ГС), содержащий счетчик с переменным коэффициентом деления, который изменяется с помощью перестановки перемычек. ГС подает на тактовые входы УАПП частоту, в 16 раз превышающую требуемую скорость приема/передачи, что необходимо для повышения помехоустойчивости приема;

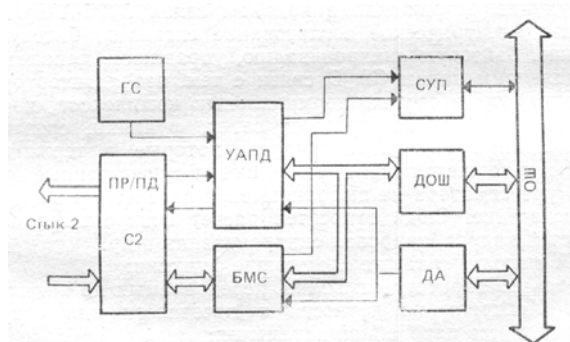


Рис. 2.9. Структурная схема адаптера АДС-А

блок мониторинга цепей оповещения и управления стыка С2 (БМС), который анализирует состояние цепей и представляет значение сигналов «Общей шине» в разрядах программно-доступных регистров, а также инициализирует программное прерывание.

АДС-А имеет полный набор цепей для управления асинхронным каналом по стыку С2: цепи 102, 103, 104, 105, 107, 108, 109, 118, 119, 125. БМС выставляет прерывание по «Общей шине» по вектору прерывания приемника. Схемы приема передачи сигналов стыка С2 (ПР/ПДС2) преобразуют ТТЛ-уровни адаптера в соответствии с требованиями электрической реализации стыка С2.

Работа АДС-А производится под управлением программного драйвера, входящего в состав операционной системы в случае использования устройства в терминальном комплексе или в составе сетевого программного пакета при работе в вычислительной сети. Для управления устройством драйвер пользуется четырьмя регистрами:

RCSR, адрес 77XXX0 — регистр управления и состояния приемника;

RBUF, адрес 77XXX2 — регистр данных приемника;

XCSR, адрес 77XXX4 — регистр управления и состояния приемника;

XBUF, адрес 77XXX6 — регистр данных передатчика.

Разряды адреса, отмеченные знаком X, пользователь должен выбирать, имея в виду и другие коммуникационные устройства, входящие в комплекс. Выбранное значение адреса устанавливается путем распайки соответствующих перемычек на плате. Вектор прерывания может занимать адресное пространство от 300 до 776, устанавливается также с помощью распайки перемычек, после чего устройство будет выдавать векторы прерывания и приемника XX0 и передатчика XX4. Отметим, что при изменении состояния цепей оповещения стыка С2 выставляется вектор прерывания XX0, т. е. приемника. Однако при этом в регистре RCSR не устанавливается бит 02 (RDONE), чтобы отличить от

действительного прерывания приемника.

2.5.2.

Асинхронные мультиплексоры

Мультиплексоры обеспечивают сопряжение ЭВМ с несколькими каналами электросвязи и обмен данными с группой терминалов или ЭВМ. Используются в узлах концентрации иерархических терминальных комплексов и в узлах коммутации пакетов сетей ЭВМ. В СМ ЭВМ к настоящему времени освоено производство нескольких асинхронных мультиплексоров: МПД-А, СМ-8521, МПД-2 и СМ-8514. Первые три имеют аналогичную логическую организацию. Отличия состоят в том, что МПД-А имеет выходы только на линейный интерфейс ИРПС (8 каналов), а СМ-8521 — модифицируемые линейные интерфейсы в каждом из восьми каналов — ИРПС или стык С2. МПД-2 представляет собой два 8-канальных мультиплексора, размещенных в одном автономном комплектном блоке. Предусматривается также модификация линейных интерфейсов для локальной и дальней связи.

Рассмотрим логическую организацию и принципы работы асинхронных мультиплексоров МПД-А, СМ-8521, МПД-2 на примере СМ-8521.

Асинхронный мультиплексор СМ-8521 является наиболее простым мультиплексором, осуществляющим подключение до 8 асинхронных каналов к ЭВМ архитектурной линии СМ-4 с интерфейсом «Общая шина».

СМ-8521 обеспечивает:

прием-передачу символов в группу каналов последовательной связи в формате асинхронного способа передачи;

контроль символов по паритету при передаче по каналу;

обнаружение ошибок формата символов при передаче;

управление асинхронными модемами по стыку С2, обеспечивающее дуплексный режим работы.

Обмен символами между мультиплексором и оперативной памятью ЭВМ выполняется по «Общей шине» программно драйвером устройства.

СМ-8521 ориентирован на применения, которые требуют низкостоимостных методов подключения нескольких локальных или удаленных терминалов при умеренной производительности. Работа мультиплексора в терминальных комплексах по удаленному вводу-выводу данных имеет программную поддержку в основных операционных системах СМ ЭВМ — ОС РВ, РАФОС, ДИАМС и не требует специальных программных пакетов. Так же как асинхронные адаптеры АДС-А, мультиплексоры типа СМ-8521 могут использоваться для построения однородных вычислительных сетей СМ ЭВМ на основе асинхронных информационных каналов. В этом случае к операционным системам ЭВМ добавляются специальные пакеты сетевой телеобработки: ПП СТО РВ, СЕТЬ СМ и др. При работе в однородной вычислительной сети СМ ЭВМ функции протокола канального уровня, связанные с форматированием кадра, подсчетом контрольных сумм и т. д., выполняются программно.

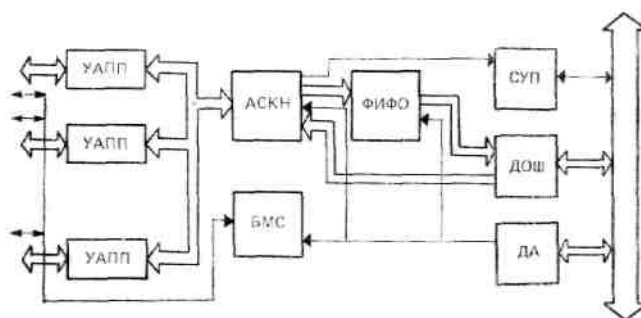


Рис. 2.10. Структурная схема СМ-8521

На рис. 2.10 приведена структурная схема СМ-8521, отражающая логическую организацию. В качестве основных узлов форматирования и приема/передачи символов используются восемь универсальных асинхронных приемопередатчиков УАПП (такие же, как в АДС-А). УАПП выставляет флаги по приему символа DRDY и флаг готовности к передаче символа TRDY.

Аппаратный сканер АСКН с циклом 4 мкс опрашивает последовательно состояние флагов УАПП каждой линии. При обнаружении флага DRDY сканер перегружает принятый по данной линии символ в буфер, организованный по принципу «первый вошел — первый вышел» (ФИФО), общий для всех

линий. Этот буфер используется только для принимаемых символов и имеет емкость 64 шестнадцатиразрядных слова. Символ загружается в ФИФО вместе с трехбитным номером канала LNUM и тремя флагами ошибок: OVR — переполнение, FRE — ошибка формата, PERR — ошибка паритета. Символ опускается на дно буфера ФИФО и вызывает программное прерывание по приему символа с помощью схемы управления прерываниями (СУП). Одновременно выходной регистр буфера ФИФО представляется на «Общей шине» как адресуемый регистр RBUF (адрес 76XXX2), показанный на рис. 2.11. Адреса регистров распознаются с помощью дешифратора ДА. Программный драйвер, обслуживающий прерывание, читает регистр RBUF, т. е. символ вместе со статусной информацией. Операция чтения выходного регистра RBUF вызывает автоматическое передвижение очереди символов, находящихся в буфере. При этом прочитанный символ выталкивается из буфера, и его место в выходном регистре занимает следующий в очереди. Наличие символа в выходном регистре автоматически вызывает следующее программное прерывание. Буфер ФИФО служит для временной развязки процессов приема символов по линиям и программного обслуживания прерываний по приему. Высокая частота опроса линий и достаточная емкость буфера практически исключают ошибки переполнения в УАПП.

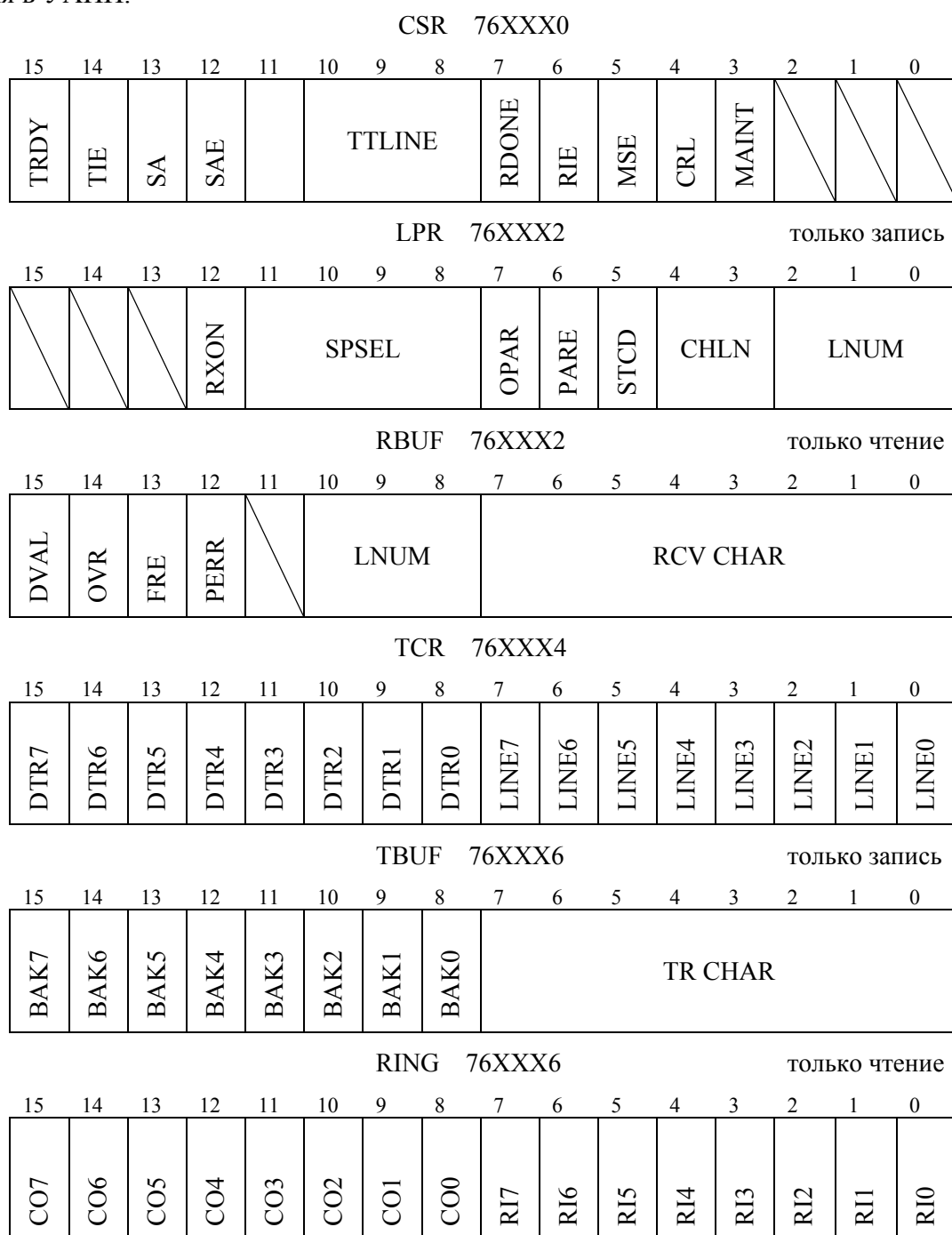


Рис. 2.11. Регистры асинхронного мультиплексора СИ-8521

Передача символов также управляется с помощью сканера. Перед началом передачи линия должна

быть включена на передачу путем записи 1 в соответствующий разряд LINEX регистра TCR (76XXX4). Включение линии на передачу означает подключение цепей флагов TRDY к сканеру. Перейдя на линию с определенным номером (увеличивается значение счетчика линий), сканер проверяет состояние флага TRDY. Если флаг выставлен, то вместе с номером линии он записывается в специальный регистр запросов передачи, в котором флаг TRDY хранится до тех пор, пока не будет выполнено прерывание по его обслуживанию. Этот регистр является буфером запросов на передачу, который разделяет во времени процессы передачи по линии и программную обработку прерываний. Из регистра сигналы запроса поступают на приоритетный шифратор, который из имеющихся выбирает запрос от линии со старшим номером и посылает сигнал в схему управления прерываниями СУП. Это, в свою очередь, вызывает прерывание по передаче символа. При этом в регистре CSR (76XXX0) выставляются биты 15 TRDY и трехразрядный номер линии TLINE, поступающий с приоритетного шифратора.

При выполнении программы обслуживания драйвер, опросив регистр CSR, определяет номер вызывающей линии, выбирает в буфере данной линии требуемый символ и записывает его в регистр TBUF (76XXX6), разряды 00-05. Схемы управления передачей, используя номер линии, выставленный в приоритетном шифраторе, заносят символ во входной буфер передатчика, соответствующего УАПП. После обслуживания прерывания запрос от данной линии исключается из регистра запросов, и в приоритетном шифраторе выставляется запрос на прерывание от следующей линии со старшим номером, при условии, конечно, наличия запросов.

Управляющие цепи стыков С2 в мультиплексоре СМ-8521 обеспечивают сопряжение с асинхронными модемами для работы только в дуплексном режиме и включают цепи 101, 102, 103, 104, 108.2, 125, 109. Цепи управления передатчиком отсутствуют. Такое решение обусловлено низкой эффективностью полудуплексного режима, связанной с большими временными задержками коммутации и программной сложностью отработки процедур переключения. Мультиплексор такого класса с программным обменом по ОШ и с программной отработкой процедур переключения каналов отнимал бы значительную долю ресурсов процессора на выполнение коммуникационных задач и не обеспечивал бы достаточную эффективность.

Управляющие цепи стыков С2 представляются в регистрах 76XXX4, разряды 8—15, цепь 108.2 (DTR) (76XXX6), разряды 00—07, цепь 125 (RI), и разряды 08—15, цепь 109 (CO). Цепи оповещения 125 и 109 не вызывают программного прерывания и могут опрашиваться только по инициативе программы. В СМ-8521 предусмотрена также возможность переводить линии в пассивное, обесточенное состояние. Это достигается путем записи 1 в разряды 08—15 регистра TBUF (76XXX6) для соответствующей линии.

В СМ-8521 предусматривается программное установление параметров передачи по каждой линии с помощью регистра LPR (76XXX2): скорость передачи — 50, 75, 100, 150, 200, 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19 200 бит/с, длина символа — 5, 6, 7, 8 бит, длина стоп-бита — 1,2 и 1,5 битового интервала (только для 5-разрядного символа); контроль передаваемых символов по паритету — четность, нечетность, отсутствие контроля.

Программирование СМ-8521. Мультиплексор имеет адресуемые регистры (см. рис. 2.11), приведенные в табл. 2.6.

Адреса регистров назначаются из адресного пространства 760010—73776, выделенного для устройств телеобработки. Адреса векторов прерывания (отдельные для приема и передачи) назначаются аналогично из адресного пространства 300—777. Конкретный выбор адресов зависит от общего количества и типа устройств ТО в системе.

Таблица 2.6

Наименование регистров	Адрес	Разрядность
Состояния и управления CSR	76XXX0	16
Параметров линии LPR (только записывается)	76XXX2	16
Приема RBUF (только читается)	76XXX2	16
Управления передачей TCR	76XXX4	8
Передачи TBUF (только записывается)	76XXX5	8
Отключения линий BRK. (только записывается)	76XXX7	8
Индикаторов вызова RING (только читается)	76XXX6	8
Детекторов принимаемых СО сигналов СО	76XXX7	8

Мультиплексор имеет шесть регистров при четырех адресах. Это достигается тем, что регистр RBUF

можно только читать (RO), а регистр LPR только писать (WO), регистр TBUF только записывается, регистр RING только читается. Кроме того, эти регистры позволяют использовать только двухбайтные команды. RO биты регистров не меняются при попытке записи. WO биты при попытке их прочитать представляются как нули.

Регистр состояния и управления CSR содержит биты состояния и биты разрешения для сканирования, выдачи запросов на прерывание, очистки и тестирования.

Регистр буфера приемника RBUF содержит принятый символ вместе с номером канала, битами ошибок и битом наличия данных. Регистр доступен, когда выполняется операция чтения (операция записи воздействует на LPR). Программные ограничения для RBUF следующие:

- байтовые команды использоваться не могут;

- это только читаемый регистр;

- инструкции TST и BIT использоваться не могут, так как они вызывают утрату символа;

- при работе с регистром необходимо, чтобы бит разрешения главного сканера (CSR бит 5) был установлен. Если этот бит сброшен, биты 00—14 CSR и RBUF становятся недействительны независимо от состояния бита 15 CSR (данные действительны).

Каждая операция чтения регистра RBUF сдвигает FIFO и выдает программе следующий символ. После операций CLR и BUSINIT биты 00—14 недействительны, и FIFO становится пустым. Бит 15 равен 0.

Регистр параметров канала LPR—16-разрядный, в котором устанавливаются параметры для каждого канала, количество стоповых бит, количество бит в символе, паритет, скорость приема и передачи. Параметры канала должны быть перезагружены после CLR или BUSINIT.

Программные ограничения для LPR следующие:

- в регистр можно только писать;

- инструкции BIS и BIC допускаются;

- байтовые операции не разрешены.

Регистр управления передачей TCR — 16-разрядный. Старший байт DTRX используется для подачи на стык C2 соответствующей линии сигнала 108.2 «ООД Готово». Младший байт содержит R/W биты. Эти биты разрешают передачу по соответствующему каналу. Младший байт очищается сигналами CLR и BUS INIT.

Регистр состояния модема RING—16-разрядный, только читаемый. Старший байт содержит состояние 109 цепи (CO) по каждой из восьми линий, а младший байт—цепи 125 (RING). При работе мультиплексора по интерфейсу ИРПС состояние всех разрядов регистра равно 0.

Регистр TBUF—16-разрядный, только записывается. В младший байт TBUF записывается символ, который должен быть передан по линии, номер которой указан в разрядах 08—10 (TLINE) регистра CSR. Запись 1 в старший байт BRK устанавливает соответствующую линию в пассивное состояние и передачу по линии уровня «SPASE» — логического 0.

Регистр разрыва канала BRK (старший байт TBUF) предназначен для передачи непрерывного нулевого сигнала по каналу. Для доступа к регистру BRK программа должна использовать инструкцию MOVB. Если программа продолжает загружать символы для канала после установки бита разрыва, работа на передачу будет представляться программе как нормальная.

Необходимо помнить, что каждый канал в мультиплексоре имеет двойное буферирование, поэтому программа не должна слишком быстро устанавливать бит BRK.

Конструктивно CM-8521 выполнен в виде двух узлов: каркаса (блока частичного монтажа), содержащего четыре платы типа E2, и панели распределительной, на которой размещаются разъемы для подключения модемов через стык C2 или физических цепей для связи с терминалами. Электропитание от вторичных стабилизированных источников питания: +5 В, 3,0 А; +12 В, 0,3 А; —12 В, 0,6 А. Конструктивное исполнение CM-8521 предполагает его использование главным образом в комплектных сетевых блоках, рассмотренных ниже.

МПД-А имеет такую же конструкцию. Отличия по электропитанию заключаются в том, что для МПД-А не требуется номинал электропитания +12 В.

Шестнадцатиканальный мультиплексор МПД-2 выполнен в автономном комплектном блоке, который содержит два четырехместных каркаса с платами типа E2 (для двух мультиплексоров) и вторичные источники питания. В состав мультиплексора входит также распределительная панель на шестнадцать каналов.

Мультиплексор CM-8514. Мультиплексор предназначен для построения терминальных комплексов

большой размерности. Допускается подключение к «Общей шине» до 16 устройств и сопряжение с ЭВМ до 256 терминалов. Для обеспечения работы с таким количеством терминалов в мультиплексоре предусмотрены специальные меры уменьшения программной нагрузки процессора:

- использование канала прямого доступа при передаче символов;
- аппаратный эхо-контроль при приеме символов;
- гибкое управление приемным буфером SILO.

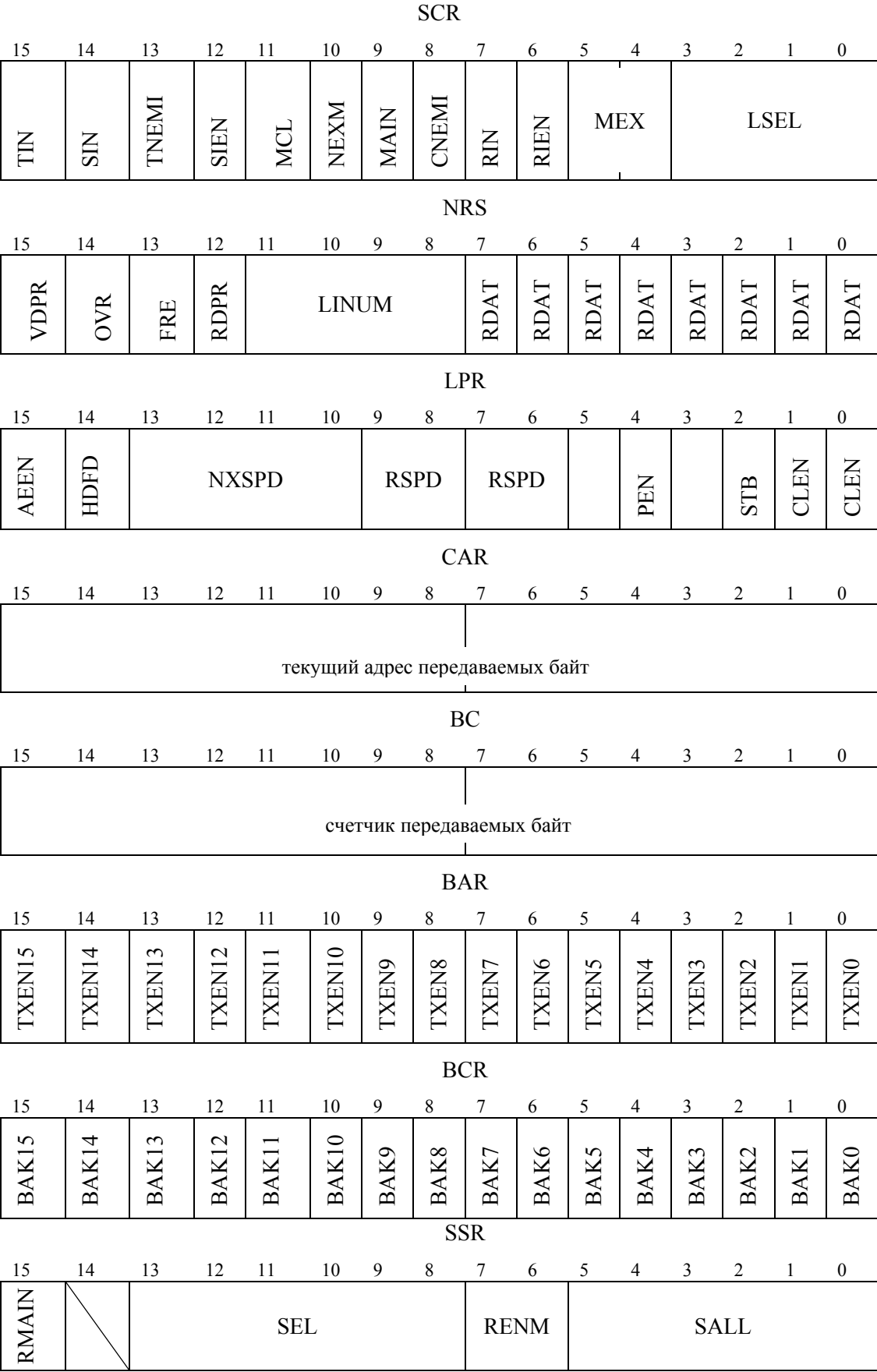


Рис. 2.12. Регистры CM-85I4 (DCU)

СМ-8514 поддерживается операционными системами ОС РВ, РАФОС, ДИАМС, МИОС. Ввиду ориентации мультимплексора на работу с терминалами в вычислительных сетях он использоваться не может и не имеет программной поддержки в пакетах сетевой телеобработки.

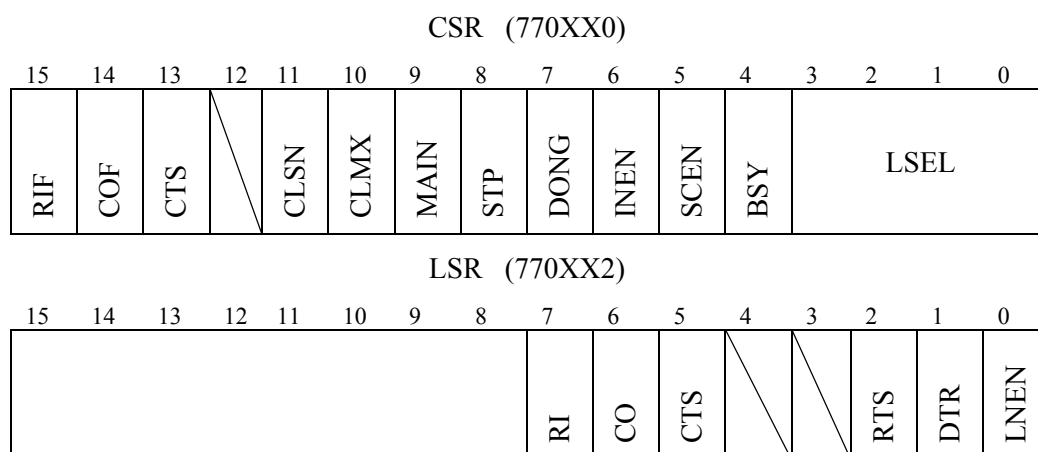


Рис. 2.13. Регистры СМ-8514 (MCU)

Для сопряжения с каналами связи СМ-8514 имеет выходы на интерфейсы: ИРПС для локального подключения терминалов, стык С2 для сопряжения с каналами дальней связи и стык С1-ФЛ-НУ. Последний стык может обеспечивать по физическим цепям дальность передачи в основной полосе частот до 30 км.

Программно задаются следующие параметры информационного канала: скорость передачи — 50, 75, 100, 150, 200, 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19 200 бит/с; разрядность символа — 5, 6, 7, 8 бит; контроль символа по паритету при передаче по каналу связи — четность, нечетность, отсутствие контроля; способ обмена — дуплекс, полудуплекс; выполнение режима — «авто-эхо».

Стык С2 мультимплексора ориентирован на работу с асинхронными модемами и содержит следующий набор цепей: 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 111, 125. Отметим, что в отличие от программно-совместимого устройства ДН-11 в стыке СМ-8514 нет цепей работы по вторичному каналу 118 (передаваемые данные обратного канала) и 119 (принимаемые данные обратного канала).

Функционально мультимплексор СМ-8514 состоит из двух отдельных узлов: блока управления данными DCU и блока управления модемами MCU, каждый из которых имеет свой набор программируемых регистров и представляется одной стандартной единицей нагрузки на «Общей шине». DCU имеет 8 программно-адресуемых регистров (см. рис. 2.12) и два вектора прерываний: по приему и по передаче. MCU включает два регистра и один вектор прерывания (рис. 2.13).

Основные функции по приему/передаче символов, форматированию и паритетному контролю выполняют шестнадцать БИС УСАПП — универсальные синхронно-асинхронные приемопередатчики КР580ИК51 (USART). В состав приемной части мультимплексора входят также аппаратный сканер состояния флагов УСАПП, буфер SILO для принимаемых символов емкостью 64 шестнадцатиразрядных символов и схема управления прерываниями. К передающей части устройства можно отнести канал прямого доступа, который используется только при передаче символов, и схему выдачи программных прерываний по окончании передачи посылки.

Управление работой DCU производится драйвером с помощью, упомянутых программно-адресуемых регистров, которые выполняют следующие функции.

Регистр управления данными SCR:

инициализацию DCU (бит 11);

выбор номера линии, адресуемого программой (00—03);

управление прерываниями при вводе-выводе (15, 14, 13, 12, 10, 7, 6);

расширение адресу памяти для канала прямого доступа (5, 4);

установку режима тестирования (9).

Регистр адресуется побайтно.

Регистр принимаемых данных NRC содержит код принятого символа (00—07), номер линии (08—11), коды ошибок (12, 13, 14) и признак действительности данных (15).

Регистр параметров линии LPR служит для задания параметров работы линии, под которой

предварительно загружен в SCR (00—03):

- формата символа (00—01);
- разрешения контроля по паритету (04);
- вида контроля чет/нечет;
- скорости приема (06—09);
- скорости передачи (10—13);
- дуплекса/полудуплекса (14);
- разрешения «авто-эхо» (15).

Регистр адреса передаваемых данных CAR содержит адрес текущего адреса передаваемого символа для канала прямого доступа. Перед началом передачи по линии драйвер должен загрузить в CAR адрес первого слова массива. Символ, находящийся в младшем байте, передается первым. Номер линии, к которой относится адрес, должен быть загружен в SCR, (00—03).

Регистр счетчика передаваемых данных BС. В этот регистр драйвер должен загрузить в дополнительном коде количество подлежащих передаче символов и номер линии в SCR, (00—03). При передаче каждого символа значение уменьшается на единицу, и при обнулении регистра выставляется прерывание передатчика SCR, (15). Одновременно сбрасывается соответствующий разряд регистра BAR.

Регистр разрешения передачи BAR. Установка бита регистра в «1» означает разрешение передачи в соответствующей линии.

Регистр разрыва линии BCR. Установка бита регистра в «1» переводит передатчик соответствующей линии в состояние непрерывной передачи по линии уровня лог. 0, что соответствует разрыву линии.

Регистр состояния буфера принимаемых данных SSR служит для сигнализации о состоянии и задания режимов работы буфера:

уровень заполнения буфера, при котором должно вызываться прерывание по разгрузке буфера (00—05);

отражает количество символов, находящихся в буфере (08—13);

управление режимом тестирования (15);

биты расширения памяти для регистра CAR.

Регистры блока управления модемами. Регистр управления модемами CSR выполняет следующие функции:

инициализацию MCU (11);

задает номер линии (00—03) при шаговом опросе состояния управляющих цепей стыка C2;

управление прерываниями по состоянию цепей стыка C2 (06-07);

сигнализацию изменения состояния цепей 106, 109, 125 (13, 14, 15);

управление режимом опроса цепей (05, 08);

задание режима тестирования (09).

Регистр состояния модемов LSR отражает состояние цепей стыка C2 для линии, номер которой указывается с CSR (00—03).

2.5.3

Синхронный адаптер АДС-С

АДС-С предназначается для организации удаленной пакетной передачи данных синхронным способом по каналам последовательной связи в вычислительных сетях. Интерфейс сопряжения с ЭВМ— «Общая шина» и с каналом связи — стык C2. В отдельных случаях адаптер может использоваться для локальной связи без модема по стыку C2 (с применением нуль-модема), а также для передачи данных по всем видам каналов, для которых имеются устройства преобразования сигналов или модемы, реализующие синхронный способ передачи. Автоматическое установление соединения по коммутируемым каналам не обеспечивается, цепей серии 200 нет. Требуется ручное установление соединения либо работа по некоммутируемым каналам.

Ориентация АДС-С на работу в вычислительных сетях потребовала включения в аппаратуру средств выполнения наиболее часто повторяющихся функций протоколов канального уровня как для байт-ориентированных (BSC и DDCMP), так и для бит-ориентированных протоколов (HDLC, SDLC, ADCCP).

Скорость приема/передачи адаптера определяется цепями синхронизации, идущими от модема по стыку С2: цепь 114 — «Синхронизация элементов передаваемого сигнала» и цепь 115 — «Синхронизация элементов принимаемого сигнала». Максимальная скорость передачи — 9600 бит/с. АДС-С имеет полный набор цепей для синхронного стыка С2 и в том числе для обеспечения полудуплексного режима и работы с обратным (вторичным) каналом: цепи 101, 102, 103, 104, 105, 106, 1*07, 108, 109, 114, 115, 118, 119, 125. Передача по обратному каналу с использованием соответствующих модемов позволяет избежать излишних переключений канала в полудуплексном режиме и, в частности, наиболее удобна для посылки в обратном направлении квитирующей информации.

При работе по выделенным каналам АДС-С может использоваться для организации работы по схеме «многоточки» с циклическим опросом вторичных станций. Пакеты сетевой телеобработки поддерживают работу этого устройства в режиме первичной и вторичных станций. Физическая организация режима «многоточки» обеспечивается с помощью размножителя линий.

АДС-С вычисляет для блока данных двухбайтный код циклического контроля и посылает его в канал. Для байт-ориентированных операций АДС-С использует полином $X^{16} + X^{15} + X^2 + 1$; для бит-ориентированных операций АДС-С — полином $X^{16} + X^{12} + X^5 + 1$.

Для бит-ориентированных протоколов АДС-С реализует процедуру бит-стаффинга, позволяющую автоматически различать управляющие последовательности бит от текстовых. Код флага кадра 01111 ПО, код прекращения передачи 1111111.

При работе по схеме «многоточки» вторичные станции различаются своими адресами. В этом случае первый символ кадра воспринимается АДС-С как адрес станции.

АДС-С не имеет средств прямого доступа в память, организация обмена осуществляется на базе посимвольного прерывания,

С целью повышения надежности и легкости обслуживания в АДС-С предусмотрены режимы профилактики, выполняемые с помощью тестовых программ.

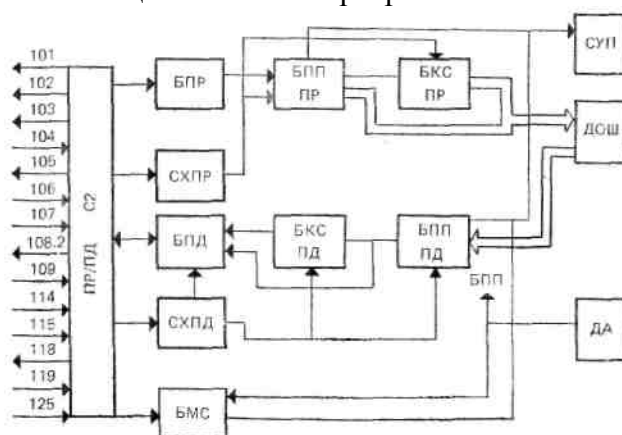


Рис. 2.14. Структурная схема АДС-С

На рис. 2.14 показана структурная схема АДС-С. Основной узел приема/передачи символов в последовательный канал реализован на микросхемах средней степени интеграции, так как предусматривает выполнение разнородных протокольных функций протоколов различного типа. Сюда входят битовые процессоры приемника БПр и передатчика БПД, предназначенные для выполнения операций бит-стриппинга, анализа управляющих кодов, бит-стаффинга, генерации кодов флагов и окончания передачи. К узлу приема/передачи относятся также схемы синхронизации приемника СХПР и передатчика СХПД, схемы формирования контрольных кодов БКС ПР и БКС ПД, а также блока последовательного параллельного преобразования БПП ПР и БПП ПД. Связь с системным интерфейсом «Общая шина» выполняется с помощью управления прерываниями СУП, цепей данных «Общей шины» ДОШ и дешифратора адреса ДА.

Работа с цепями управления и оповещения стыка С2 осуществляется блоком мониторинга цепей БМС.

Принцип работы. Функционирование адаптера зависит от используемых типов протоколов: байт-ориентированных (таких, как DDCMP или BISYNC) или бит-ориентированных (таких, как SDLC, HDLC, ADCCP).

Характер протокола определяется битом 15 (DEC MODE) регистра контроля состояния параметров

PAR CSR (см. рис. 2.15).

Работа в бит-ориентированных протоколах. В бит-ориентированных протоколах кадр начинается восьмибитной флаговой последовательностью, за которой следует адресная, управляющая, информационная (может отсутствовать) последовательности и последовательность циклической защиты кадра. Конец кадра также ограничивается флагом.

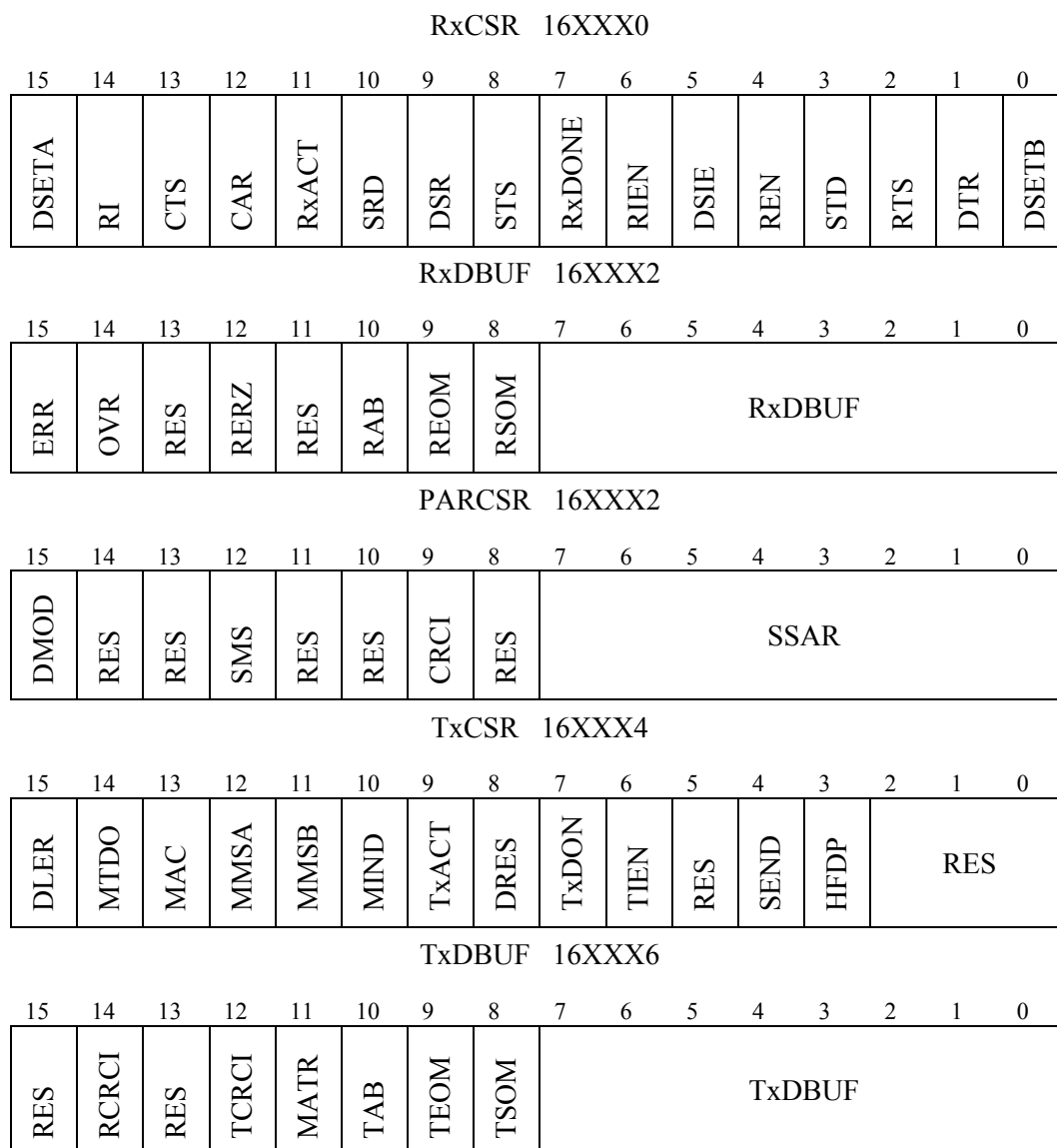


Рис. 2.15. Регистры синхронного адаптера АДС-С

Флаговые символы предназначены для обозначения границ кадра и могут использоваться для заполнения промежутков между сообщениями, но не как заполнители внутри сообщений.

Если программа разрешила работу логики приемника (установлен бит RCVEN, (04) регистра RxCSR), приемник начинает поиск флаговых символов. После приема флагового символа приемник принимает кадр установленного формата.

В формате SDLC и режиме вторичной станции (установлен бит SMS, (12) регистра PAR CSR) будут выполняться следующие действия:

восемь бит, следующие за флаговым символом, сравниваются с адресом вторичной станции (адрес вторичной станции устанавливается программой в разрядах 07—00 регистра PAR CSR); если адреса не эквивалентны, приемник продолжает поиск флага; когда будет обнаружен следующий флаговый символ, снова будет выполнено сравнение адресов;

если символ, принятый после флагового символа, совпадает с адресом вторичной станции, то символы, следующие за адресным символом, вызывают установку адаптером бита 07.RxCSR. Первый символ кадра сопровождается также битом R SOM, (08) регистра RxDBUF. Вместе с битом RxDONE приемник всегда выставляет прерывание, в результате обработки которого должен быть прочитан

буферный регистр приемника RxDBUF. Если драйвер не сможет прочитать символ до того, как будет собран следующий, то выставляется сообщение об ошибке переполнения OVR, (14) регистра RxDBUF, что означает ошибку приема кадра. Приемник устанавливает окончание кадра при получении замыкающего флага.

Информационное поле кадра может содержать произвольное количество символов. На коды символов не налагаются какие-либо ограничения. Это свойство «прозрачности» передачи обеспечивается операциями бит-стаффинга и бит-стриппинга, которые, как отмечено выше, выполняются битовыми процессорами приемника и передатчика. При бит-стаффинге во время передачи символа внутри кадра после пяти последовательных единиц вставляется нуль, что исключает появление кода, совпадающего с флагом. При приеме символа нуль, следующий после пяти единиц, автоматически удаляется, что составляет операцию бит-стриппинга.

Передача кадра. Передающий узел АДС-С при работе в бит-ориентированных протоколах генерирует открывающий и закрывающий флаги, посылает символ прекращения передачи «ABORT», автоматически генерирует и посылает контрольный символ (CRC/CCITT), а также выполняет операцию бит-стаффинга.

Перед передачей кадра необходимо выполнить процедуры установления канала с помощью цепей управления стыка C2, как это было рассмотрено на примере АДС-А. После этого может быть включен передатчик установкой бита SEND, (04) регистра TxCSR.

Загрузка символа в буфер передатчика по флагу TxDONE должна быть выполнена за время передачи предыдущего символа. Если к моменту окончания передачи следующий символ не будет загружен, то выставляется признак ошибки передачи кадра DLER, (15) регистра TxCSR и в линию передается символ окончания передачи ABORT, пока не будет установлен бит TSOM для передачи нового кадра или не будет сброшен бит SEND, включающий передатчик.

Окончание передачи кадра осуществляется путем установки бита TEOM, (09) регистра TxDBUF.

Работа в байт-ориентированных протоколах. АДС-С имеет возможность работать в байт-ориентированных протоколах двух типов: BSC и DDCMP, которые отличаются форматом кадра и способами обработки кадров. В BSC конец кадра определяется с помощью специального управляющего символа ETX и, кроме того, прозрачность обеспечивается также с помощью управляющих символов (байт-стаффинг). Это приводит к необходимости анализировать каждый принимаемый символ. В АДС-С все управляющие символы протокола BSC, кроме символа кадровой синхронизации SYN, анализируются программно. Программно осуществляется также подсчет контрольного символа CRC-16 (образующий полином $X^{16} + X^{15} + X^2 + 1$).

В протоколе DDCMP конец кадра определяется путем подсчета количества символов в информационном поле (до 16 383 байт), которое указывается в заголовке кадра. Этот метод обеспечивает также и прозрачность. Проверяется только количество символов, коды не анализируются, поэтому внутри информационного поля они могут иметь любое значение. АДС-С производит аппаратный подсчет контрольного символа для протокола DDCMP ($X^{16} + X^{15} + X^2 + 1$), так как этот протокол предусматривает включение в CRC всех символов внутри кадра.

Для перевода в режим работы с байт-ориентированными протоколами должен быть установлен бит DMOD, (15) PAR CSR. Кроме того, для протокола BSC должен быть установлен бит «Запрет подсчета CRC» CRCI, (09) PAR CSR. Кадр передается следующим образом.

После выполнения процедур установления канала на стыке C2, рассмотренных выше, устанавливается бит включения передатчика SEND. Далее устанавливается бит «Старт кадра» TSOM и в буфер передатчика загружается первый символ кадра — символ синхронизации SYN. Все требуемое для синхронизации количество синхросимволов должно быть последовательно загружено в буфер передатчика и сопровождаться битом TSOM. После передачи последнего синхросимвола необходимо очистить бит TSOM и загрузить первый символ кадра (в данном случае — заголовок).

АДС-С не обеспечивает вставку холостых символов SYN в случае запаздывания загрузки буфера передатчика в ответ на установку TxDONE. При этом линия переводится в холостое состояние и выставляется бит ошибки кадра DLER, (15) регистра TxCSR.

Прием кадра. Кадровая и байтовая синхронизация в байт-ориентированных протоколах обоих типов осуществляется единым образом: с помощью синхросимволов SYN. Приемный узел АДС-С автоматически выполняет эту операцию. Аппаратно подсчитывается также CRC-16 для протокола DDCMP. Остальные функции байт-ориентированных протоколов по приему кадра выполняются программно. Работа драйвера по приему должна осуществляться следующим образом. После

инициализации необходимо установить бит DMOD и бит CRCI для протокола BSC (для DDCMP этот бит должен быть очищен). Действие этого бита распространяется на приемник и передатчик. Далее должен быть загружен требуемый код SYN в 00—07 регистра PAR CSR. Непосредственное включение приемника производится битом REN, (04) регистра RxCSR, который переводит его в режим «установка синхронизации». В этом режиме поступающий по цепи 104 последовательный поток бит непрерывно сравнивается с заданным кодом SYN. При совпадении устанавливается граница между символами, которая будет началом следующего за SYN символа, а также точкой отсчета для деления всего последующего потока бит на восьмиразрядные символы. АДС-С оперирует только с восьмиразрядными символами. С целью повышения помехоустойчивости форматы кадров BSC и DDCMP предусматривают синхронизацию по двум синхросимволам. Синхросимволы не представляются программе, т. е. не вызывают установку бита «Приемник принял» RxDONE, (07) регистра RxCSR и программное прерывание. В некоторых случаях для более успешной синхронизации в начале кадра посылают больше двух синхросимволов. Эти излишние синхросимволы также могут быть отброшены путем установки бита «Сбросить SYN» STS, (08) регистра RxCSR. Первый символ, отличный от кода SYN, передается в буфер приемника RxDBUF, (00—07), сопровождается битами RxDONE, RxACT и программным прерыванием. Этот символ и все последующие включаются в расчет CRC. Прием кадра в протоколе DDCMP завершается проверкой контрольной последовательности CRC, которая производится следующим образом.

В кадре DDCMP после последнего информационного символа, как известно, следуют два байта CRC, которые логикой приемника также направляются в узел расчета CRC. При успешном приеме кадра содержимое регистра CRC должно принять значение 0, о чем сигнализирует бит RERZ, (12) регистра RxDBUF. Это значение CRC может возникнуть и в середине информационного поля при случайном совпадении кодов, однако в этом случае бит RERZ программой игнорируется.

Конец кадра и его успешный прием в протоколе BSC определяются программно при получении управляющего символа «Конец кадра» ETX и при анализе контрольного символа. Драйвер может выключить приемник путем очистки бита REN. При этом очищаются биты RxDONE, RxACT, буфер приемника, регистр CRC и приводятся в исходное состояние все цепи приемника. Сброс и установка REN используются драйвером для ресинхронизации.

Отметим также, что при приеме кадра драйвер должен своевременно прочитать символ из буфера приемника по прерыванию. Если это не происходит, то символ замещается следующим принятым, т. е. теряется и происходит ошибка приема кадра OVR, (14) регистра RxDBUF,

Цепи оповещения стыка C2—109 (CAR), 107 (DSR) и 119 (SRD) выводятся в регистр RxCSR и вызывают установку бита «Изменение состояния цепей C2» DSETA, (15), а также программное прерывание в случае установки бита разрешения прерывания от этих цепей DSIE, (05). Выставляется вектор прерывания приемника.

АДС-С может использоваться для удаленной связи с комплексами ЕС ЭВМ по протоколу типа BSC.

Конструктивно АДС-С выполнен в виде четырехместного каркаса, в котором размещены три платы типа E2. На свободное место в каркасе заведены цепи «Общей шины», поэтому в него может быть установлен одноплатный контроллер. Обычно устанавливается двухканальный контроллер ОШ ИППС. Требуется электропитание от вторичных стабилизированных источников питания + 5В, 3А; +12В, 0,5А; —12В; 0,7А.

2.5.4

Синхронно-асинхронный мультиплексор МПД-ПСА

МПД-ПСА представляет собой препроцессор передачи данных, через который от 8 до 16 синхронных или асинхронных линий связи могут подключаться к интерфейсу «Общая шина» процессора СМ ЭВМ. Он освобождает центральный процессор СМ ЭВМ от выполнения целого ряда процедур, связанных с выполнением протоколов обмена и управлением прерываниями.

МПД-ПСА предусматривает режимы функционирования с двумя типами протоколов обмена данными:

- ориентированных на использование специальных управляющих символов (character — oriented), например протокол BSC;

- ориентированных на использование счетчика байт (bytecount — oriented), например DDCMP.

МПД-ПСА предназначен для применения в сложных иерархических системах телеобработки и

вычислительных сетях ЭВМ. Он позволяет подключать к СМ ЭВМ несколько удаленных терминальных станций (или терминалов), соединять между собой локальные или удаленные субкомплексы одного или разных уровней иерархии.

До 4 МПД-ПСА могут устанавливаться в комплексе СМ ЭВМ в зависимости от требуемого числа каналов связи и производительности системы. Для «Общей шины» МПД-ПСА представляется двумя стандартными единицами нагрузки.

Функциональные возможности. МПД-ПСА обеспечивает высокую производительность (до 38400 байт/с) для 16 линий и эффективную обработку управляющих символов для протокола BSC. Высокая производительность достигается использованием механизма прямого доступа в память при приеме и передаче. Гибкость осуществляется за счет использования таблиц управляющих байт, располагаемых в оперативной памяти ЭВМ. Программа может специфицировать параметры каждого управляющего байта, обеспечивая, таким образом, настройку на конкретный протокол.

Для протоколов первого типа МПД-ПСА выполняет функционирование в нескольких режимах приема (например, в режиме прозрачного и нормального текстового приема). Действия, производимые в каждом режиме, и переход из одного режима в другой осуществляются с помощью управляющих таблиц. Управляющие таблицы для каждого режима имеют объем 256 байт.

Обычно управляющие байты используются для указания способа обработки полученного символа. Например, должен ли символ включаться в расчет контрольного кода, должен ли он вызывать прерывание и т. д.

Аппаратура МПД-ПСА может вычислять коды продольного контроля (LRC) или коды циклического контроля (CRC-16 и CRC/CCITT).

Размер символа (5, 6, 7 или 8 бит) и контроль символа (четный, нечетный или отсутствует бит паритетного контроля) для синхронных линий устанавливается монтажными перемычками.

Размер символа (5, 6, 7 или 8 бит), контроль символа (четный, нечетный или отсутствует бит паритетного контроля), длина стоповых бит и скорость передачи (от 50 до 9600 бит/с) асинхронных линий устанавливаются программно для каждой линии.

Код LRC может вычисляться для любых размеров символов, а код CRC — только для восьмибитных символов.

Два кода синхросимвола могут быть заданы монтажными перемычками для каждой четырехлинейной группы. Программа может выбирать один из них для каждой линии.

МПД-ПСА содержит микропроцессор, который управляет всеми пересылками (не связанными с «Общей шиной») данных внутри устройства и продвижением сканера. За исключением случаев, когда производится обращение к устройству процессора СМ ЭВМ по программному каналу или каналу прямого доступа, микропроцессор никогда не останавливается.

МПД-ПСА имеет собственную оперативную память, в которой хранятся текущие адреса ОЗУ ЭВМ и счетчики байт (в дополнительных кодах), используемые при передачах прямого доступа. Первоначальные величины последовательно корректируются микропроцессором при передачах прямого доступа. Кроме того, эта память содержит для каждой линии слово параметров протокола линии, с помощью которого ЭВМ может указывать, какие действия должны приниматься, когда счетчик байт достигает нуля и какой тип защитного полинома должен использоваться. Дополнительно к этому для каждой линии запоминается слово состояния, указывающее микропроцессору режим работы конкретной линии.

Для обмена информацией с «Общей шиной» предназначен в основном механизм прямого доступа в память: при приеме данных из линий связи, для передачи данных, а также для получения информации из управляющих таблиц, которые определяют действия микропроцессора в протоколе.

Приемная часть устройства включает также буфер типа SILO («первый пришел—первый обслужен») на 128 шестнадцатиразрядных символов.

Функции приема/передачи символов в последовательный канал связи выполняют БИС: синхронные приемопередатчики KP580ИК51 (USART) и асинхронные KP581BA1.

2.5.5

Комплексные сетевые компоненты

Устройства телеобработки СМ ЭВМ в зависимости от сложности имеют широкий спектр

конструктивных реализаций — от одной платы Е2 до автономного комплектного блока. Поэтому в большинстве случаев создание у пользователя вычислительного комплекса, используемого в качестве компонента сети, требует доработок и в том числе конструктивных. Для одноплатных устройств и устройств, выполненных в виде каркасов, необходимо доукомплектование вторичными стабилизированными источниками питания и размещение в АКБ для установки в стойку или тумбу. Устройства, встраиваемые в стойку, т. е. выполненные в виде АКБ, могут потребовать модемов, что также может быть связано с конструктивными доработками.

В СМ ЭВМ разработан ряд сетевых комплексов и комплектов, содержащих специфицированный набор коммуникационных устройств, аппаратуры передачи данных и терминалов. Цель этих разработок состоит в том, чтобы наиболее полно удовлетворить требованиям потребителей в создании систем телеобработки и сетей ЭВМ, по возможности исключить дополнительные работы и ускорить внедрение.

Сетевой комплект СК-1. Этот комплект предназначен для построения терминальных концентраторов и узлов коммутации нижнего уровня для сетей ЭВМ. СК-1 строится на основе мультиплексора передачи данных МПД СМ-8521 и адаптера дистанционной связи АДС-С. В зависимости от их состава имеется три модификации:

СК-1-00, состоит из двух адаптеров дистанционной связи АДС-С;

СК-1 -01, включает два мультиплексора передачи данных СМ-8521;

СК-1-02, содержит один адаптер дистанционной связи АДС-С и один мультиплексор передачи данных СМ-8521.

СК-1 выполняется в конструктивах 2-й очереди СМ ЭВМ, включает блок питания соответствующей мощности и представляет собой автономный комплектный блок, встраиваемый в стойку СМ ЭВМ. Программная поддержка работы СК-1 в системе должна обеспечиваться пакетом программ ПП СТО РВ, работающих под управлением ОС РВ 2.1, а также пакетом программ СЕТЬ СМ ЭВМ, работающих под управлением ОС РВ 3.0.

Терминальный сетевой комплект ТСК-1. На основе сетевого комплекта СК-1 создан терминальный сетевой комплект ТСК-1, который включает модемы, УЛС и терминалы, использующие проводные линии связи. В зависимости от модификации базового комплекта СК-1 имеются три варианта ТСК-1:

ТСК-1-00, содержащий СК-1-00 (АДС-С—2 шт.)—от 1 до 2 шт.; модем синхронный — до 4 шт.; ТСК-1-02, включающий СК-1-01 (МПД СМ-8521 —2 шт.) — 1 шт.; видеотерминал ВТА-2000-15 —до 16 шт. и модемы — 32 шт.; ТСК-1-02, состоящий из СК-1-02 (АДС-С — 1 шт. и МПД СМ-8521 — 1 шт.),— 1 шт.; видеотерминала ВТА-2000-15 —до 8 шт.; модемов — до 17 шт.

Тип и количество модемов определяются исполнением ТСК-1, выбираемым заказчиком в зависимости от используемых каналов:

УПС 50/200 (устройство преобразования сигналов) предназначено для каналов телеграфного типа;

модем 1200 КН или 2400 КН используется для каналов телефонного типа;

модемы 600/19200 БН-01 и 600/19200 НУ-03 —для физических цепей по стыку С1-ФЛ.

ТСК-1 имеет исполнение в конструктивах СМ ЭВМ 2-й очереди. Функциональные устройства ТСК-1 (СК-1 и модемы) размещаются в стойках СМ ЭВМ.

Управляющий сетевой комплекс УСК-2. Управляющий сетевой комплекс предназначен для построения узлов коммутации на средних и верхних уровнях иерархических распределенных систем управления и сетей ЭВМ. УСК-2 строится на основе мультиплексора передачи данных МПД-ПСА, который содержит средства поддержки сетевых протоколов и позволяет строить эффективные системы телеобработки высокой пропускной способности.

В состав УСК-2 входят:

микроЭВМ СМ-1300.01;

контроллер накопителя на магнитном диске — КНМД;

контроллер ИРПС — 2 шт. для подключения видеотерминала ВТА-2000-10 и печатающего устройства DZM-180;

накопитель на магнитном диске СМ-5400 — 2 шт.;

мультиплексор передачи данных синхронно-асинхронный (МПД-ПСА);

модемы и УПС;

видеотерминал ВТА-2000-10 и печатающее устройство DZM-180 (DARO).

УСК-2 выполнен в конструктивах СМ ЭВМ 2-й очереди. Входящие в его состав функциональные устройства располагаются в автономных комплектных блоках. УСК-2 размещается в двух стойках СМ

ЭВМ, имеет объем оперативной памяти 256 Кбайт и внешней памяти на магнитных дисках — 9,6 Мбайт, что позволяет включить в комплекс развитое программное обеспечение.

Программное обеспечение УСК-2 состоит из базового программного обеспечения (БПО) и тестового программного обеспечения (ТПО). БПО включает сгенерированные версии ОС РВ 2.1 и ПП СТО РВ со средством их модификации. ТПО обеспечивает автономную проверку работоспособности всех устройств, входящих в комплекс под управлением системы ТМОС-2. В ТПО включен также специально сгенерированный тест мультипрограммной проверки комплекса.

Терминальный сетевой комплекс ТСК-3. ТСК-3 предназначен для создания распределенных систем сбора и обработки информации, построения развитых терминальных станций.

В состав ТСК-3 входят;
микроЭВМ СМ-1300.01;
контроллер накопителя на магнитных дисках;
контроллер ИРПР — 2 шт. для подключения к СМ-1300.01 печатающего устройства и системного терминала;
накопитель на магнитном диске СМ-5400;
мультиплексор передачи данных СМ-8521;
адаптер дистанционной связи АДС-С;
модемы и УПС;
видеотерминалы ВТА-2000-15;
печатающее устройство DZM-180 (СМ-6317).

ТСК-3 выполняется в конструктивах СМ ЭВМ 2-й очереди, включает центральную часть и удаленные терминальные комплекты, состоящие из видеотерминалов ВТА-2000-15 и модемов. Центральная часть ТСК-3 (кроме устройства печати и системного терминала) размещается в стойке СМ ЭВМ. Удаленные терминальные комплекты располагаются на специальной подставке, имеющей место для установки модема. Встраиваемые в стойку функциональные устройства ТСК-3 выполняются в виде автономных комплектных блоков.

Объем оперативной памяти равен 256 Кбайтам, внешней памяти на магнитных дисках — 4,8 Мбайта. Количество подключаемых терминалов — 8. Скорости и режимы работы по каналам связи определяются параметрами используемых модемов и УПС.

2.6

УСТРОЙСТВА СВЯЗИ С ОБЪЕКТОМ С ВЫХОДОМ НА ИНТЕРФЕЙС «ОБЩАЯ ШИНА»

2.6.1

Устройство связи с объектом СМ-9104

Устройства связи с объектом СМ-9104 представляют собой совокупность технических средств, осуществляющих сбор, преобразование данных с датчиков технологического процесса, выдачу управляющих воздействий на исполнительные механизмы в составе управляющих вычислительных комплексов СМ-3 и СМ-4.

СМ-9104 выполняют следующие функции:

нормализацию сигналов с термометров сопротивлений всех стандартных градуировок;
компенсацию температуры свободных концов термометров термоэлектрических;
ввод и преобразование в двоичные коды аналоговых сигналов низкого и среднего уровней;
подавление помех общего и нормального видов в измерительном тракте ввода аналоговых сигналов;
ввод дискретных сигналов;
ввод инициативных сигналов;
ввод-вывод число-импульсных сигналов;
вывод дискретных сигналов;
вывод аналоговых сигналов;
автономный поиск адреса инициативного канала;
обмен информацией с процессорами СМ-3 и СМ-4 по интерфейсу «Общая шина».

СМ-9104 имеет 35 модификаций, которые подразделяются на три группы:
СМ-9104.01—СМ-9104.06 — устройства ввода аналоговых сигналов (УВА);

СМ-9104.07 — СМ-9104.18 — устройства ввода-вывода дискретных сигналов (УВД);

СМ-9104.19 — СМ-9104.35 — блоки нормализации выносные (БНВ).

Программное и тестовое обеспечение СМ-9104 позволяет управляющему вычислительному комплексу на базе СМ-3 или СМ-4 выполнять следующие функции оперативного контроля за протеканием технологического или производственного процесса и контроля исправности СМ-9104:

сравнение текущих значений измеряемых параметров с предельно допустимыми значениями (уставками);

регистрацию параметров, вышедших за заданные пределы;

регистрацию текущих значений измеряемых параметров;

вывод информации на экран видеотерминального устройства;

первичную обработку информации — линейаризацию характеристик аналоговых датчиков, масштабирование и усреднение;

статистическую оценку метрологических характеристик по каждому измерительному каналу.

Программное обеспечение УСО (ПО УСО) работает под управлением дисковой операционной системы реального времени. Данная операционная система предназначена для решения широкого класса задач, характерных для АСУ ТП и САНЭ.

В состав ПО УСО входят следующие программы:

драйвер устройства ввода аналоговых сигналов. Наличие драйвера УВА в составе ДООС РВ позволяет в удобной форме программировать ввод любого количества (максимум 1024) аналоговых сигналов, адреса которых последовательны или произвольны. Драйвер УВА поставляется пользователю в составе носителей ОС и включается в генерируемую версию ОС путем задания в файле пользователя количества аналоговых каналов, которые будут использоваться в системе;

драйвер устройства ввода-вывода дискретных сигналов (драйвер УВД) предназначен для выполнения обмена информацией между задачей пользователя и УВД. Наличие этого драйвера в составе ОС позволяет в удобной форме программировать ввод-вывод информации для любого количества (максимум 251) функциональных модулей.

Драйвер УВД поставляется пользователю в составе носителей ОС и включается в генерируемую версию ОС путем задания количества дискретных модулей и модулей, создающих прерывания, в файле параметров пользователя;

программа линейаризации и масштабирования для определения значения в физических единицах косвенно измеренных параметров от следующих типов датчиков: термодатчик ХК, ХА ПП, ТПР, ТВР, ТПП; термометров сопротивления: ТСП-20, ТСП-21, ТСП-22, ТСМ-23, ТСМ-24; аналоговых датчиков с линейной характеристикой и унифицированными выходными сигналами: 0 ± 10 ; 0 ± 35 ; 0 ± 100 мВ; 0 ± 1 В; 0 ± 5 В (0 ± 5 мА);

программа для сравнения величины параметра с верхней и нижней уставками и записи состояния («норма», «не норма») в соответствующий массив данных;

программа усреднения технологических параметров для определения среднего значения параметра за заданный период;

программа опроса и первичной обработки аналоговых параметров для опроса и обработки по алгоритму линейаризации и масштабирования — сравнения с уставками, усреднения любого числа аналоговых датчиков, характеристики которых заданы пользователем в специальных массивах;

программа вывода на индикацию (экран видеотерминала или устройство печати) данных о значениях параметров, усредненных параметрах, уставках для любого числа аналоговых параметров;

вспомогательные программы для выполнения простейших арифметических операций над числами, заданными в принятом в ПО УСО формате;

контрольные задачи драйверов УВА и УВД для проверки функционирования с генерированной версии ОС в составе УВК;

тест «Метрология УВА» для проверки метрологических характеристик УВА при нормальных условиях и влиянии дестабилизирующих факторов;

тест контроллера УВД для проверки работоспособности и наладки функциональных модулей УВД.

Все программы ПО УСО реализованы на языке Ассемблера СМ-3.

Устройства ввода аналоговых сигналов (УВА). Устройства ввода аналоговых сигналов (СМ-9104.01—СМ-9104.06) предназначены для ввода и преобразования в параллельный двоичный код напряжений постоянного тока с датчиков объекта, приема управляющих сигналов с интерфейса ОШ и передачи результатов преобразования на ОШ.

Базовыми модификациями УВА, реализующими упомянутые выше функции в полном объеме, являются СМ-9104.01 и СМ-9104.02. Каждая из них рассчитана на 64 входных канала, причем СМ-9104.01 имеет контактный коммутатор (БКК1) для возможности работы при наличии помех общего вида с амплитудой до 100 В. СМ-9104.02 имеет быстродействующий бесконтактный коммутатор (БКК2), функционирующий при наличии помех общего вида с амплитудой до 5 В. В состав базовых модификаций входят также блоки группового усилителя с программируемым коэффициентом усиления (БКР-АВ) и управляющая часть с аналого-цифровым преобразователем (БКУ-АВ).

В зависимости от использования аппарата привязки к ОШ (наличия БКИ-АВ) и управления измерительным трактом УВА (наличие БКУ-АВ), а также использования контактного (БКК1) или бесконтактного (БКК2) коммутатора имеется ряд вариантов исполнения УВА СМ ЭВМ.

Структурная схема устройства УВА приведена на рис. 2.16. Сигналы от датчиков в виде постоянных напряжений и токов поступают на входы кроссовой панели.

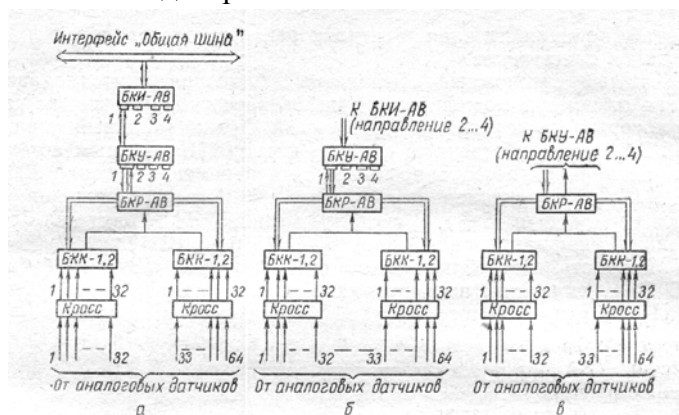


Рис. 2.16. Структурная схема устройства УВА

Кроссовая панель обеспечивает подключение 64 двухпроводных источников аналоговых сигналов. Количество входных каналов в каждом из исполнений УВА-64.

Сигналы с выхода кроссовой панели поступают на входы двух кассетных блоков коммутации (БКК1 или БКК2). В БКК осуществляются фильтрация входных сигналов с помощью несимметричных RC-фильтров, двухпроводная двухступенчатая коммутация их на реле РЭС43 (БКК1) или бесконтактных переключателях серии К190 (БКК2).

Сигнал с выхода БКК поступает на вход масштабирующего усилителя, включенного в виде блока кассетного расширения (БКР). Масштабирующий усилитель усиливает входные аналоговые сигналы и обеспечивает на своем выходе стандартный сигнал (в диапазоне минус 5—0 плюс 5 В) независимо от диапазона входных сигналов, так как его коэффициент усиления задается программным способом по сигналам, поступающим из блока БКУ-АВ.

Помимо выдачи управляющих сигналов, блок БКУ-АВ осуществляет прием формата управляющего слова с БКИ-АВ; дешифрацию номера канала, группы, блока и коэффициента усиления усилителя; аналого-цифровое преобразование постоянных напряжений в диапазоне 0—5 В.

Обмен управляющими сигналами, адресами и данными с процессором по ОШ выполняет кассетный интерфейсный блок (БКИ-АВ). Одновременно (см. рис. 2.16) один блок БКИ-АВ обеспечивает возможность работы с комплектами УВА по четырем направлениям, допуская тем самым работу процессора с 1024 каналами аналогового ввода.

Особенностью УВА-1 по сравнению с УВА-0 является использование бесконтактных коммутаторов БКК2 вместо контактных БКК1. В бесконтактный коммутатор введены элементы защиты МОП-ключей, выполненные на стабилитронах.

Основой конструкции УВА является автономный комплектный блок высотой 6 U ($U=44,45$ см). Указанный комплектный блок имеет источники питания, вентиляторы, кроссы для подключения проводов от датчиков.

Каждый автономный комплектный блок содержит (в зависимости от номера модификации) набор кассетных блоков, каждый из которых представляет законченный функциональный узел.

УВА имеет собственную систему питания. Первичным источником питания является однофазная сеть переменного тока (220 В, 50+1,0 Гц с отклонениями от номинального напряжения на плюс 10 %, минус 15 %). В систему питания УВА входят два блока питания: унифицированный блок БП113 и блок БП123.

Мощность, потребляемая от сети каждым УВА, — не более 150 В·А, включая питание кассетного интерфейсного блока БКИ-АВ, размещаемого в одной из процессорных стоек.

Технические данные

Количество входных каналов аналогового ввода в каждой модификации.	64
Основная погрешность преобразования по диапазонам, %. ...	$-10-0 +10 \text{ мВ} \pm 1,0$ $-20-0 +20 \text{ мВ} \pm 0,5$ $-35-0 +35 \text{ мВ} \pm 0,4$ $-50-0 +50 \text{ мВ} \pm 0,4$ $-100-0 +100 \text{ мВ} \pm 0,4$ $-1-0 +1 \text{ В} \pm 0,4$ $-5-0 +5 \text{ В} \pm 0,4$ $-5-0 +5 \text{ мА} \pm 0,1$
Скорость опроса входных каналов, каналов/с:	
при использовании релейного коммутатора.	200
при использовании бесконтактного коммутатора.	2000
Частота обращения к одному и тому же каналу, Гц.	Не более 2
Коэффициент подавления помех нормального вида на частоте 50 Гц, дБ.	40
Коэффициент подавления помех общего вида при небалансном сопротивлении 1 КОм на постоянном и переменном токе частотой 50 Гц, дБ:	
для сигналов до 100 мВ.	Не менее 80
для сигналов 1 В, 5 В, 5 мА.	Не менее 60
Максимальное количество каналов ввода с одним БКИ-АВ. ...	1024

Устройства ввода-вывода дискретных сигналов (УВД). Устройства ввода-вывода дискретных сигналов типа СМ-9104.07 — СМ-9104.18 осуществляют прием сигналов с дискретных датчиков и вывод дискретных и аналоговых управляющих воздействий на различные механизмы и оконечные устройства.

По исполнению УВД имеет двенадцать модификаций.

Функции дискретного ввода-вывода, а также аналогового вывода реализует набор функциональных модулей: модуль ввода дискретных сигналов (МВД), модуль ввода инициативных сигналов (МВИ), модуль ввода-вывода импульсных сигналов (МВВИ), модуль дискретного вывода (МВД), модуль аналогового вывода (МАН).

Каждый из этих модулей при установке в кассетный блок управления (БКУ) имеет выход на внутриблочный интерфейс УВД, который обеспечивает работоспособность модулей в произвольном наборе в каждом БКУ.

УВД имеет следующие технические характеристики.

По каналам ввода дискретных сигналов (МВД):

максимальное количество каналов дискретного ввода в одном автономном комплектном блоке — 256;
 входной сигнал — двухпозиционный положительной или отрицательной полярности;
 оптронная гальваническая развязка — по каждому каналу;
 уровни входного сигнала (логический «0»/логическая «1»), В; от 0 до $1,2/6 + 1,2$; от 0 до $2,4/12 \pm 2,4$; от 0 до $4,8/24 \pm 4,8$;
 от 0 до $9,6/48 \pm 9,6$;
 максимальная величина помехи общего вида — 100 В.

По каналам ввода инициативных сигналов (МВИ):

максимальное количество каналов ввода инициативных сигналов в одном автономном комплектном блоке—128;
 тип входного сигнала — двухпозиционный инициативный положительной или отрицательной полярности (выдача сигнала прерывания при состоянии датчика из «0» в «1» или из «1» в «0»);
 поиск адреса модуля, вызвавшего прерывание, — автономный;
 максимальное время поиска — 20 мкс;
 оптронная гальваническая развязка — по каждому каналу;
 уровни входного сигнала — те же, что и по каналам ввода дискретных сигналов;
 максимальная величина помехи общего вида — 100 В.

По каналам ввода-вывода число-импульсных сигналов (МВВИ):

максимальное количество каналов ввода-вывода в одном автономном комплектном блоке—16;
 максимальная частота входных импульсов — 15 кГц;
 длительность входных импульсов — не менее 10 мкс;
 длительность выходных импульсов — регулируется в пределах от 50 мкс до 1 с при скажности 2;
 максимальное напряжение вывода — 48 В;
 максимальный ток в нагрузке — 0,2 А;

емкость счетчика— 16 разрядов (15 разрядов+знак);

режимы работы ввода-вывода задаются специальными перемычками.

По каналам вывода дискретных сигналов (МДВ):

максимальное количество каналов дискретного вывода в одном автономном комплектном блоке — 256;

максимальное напряжение вывода — 48 В;

максимальный ток в нагрузке — 0,2 А.

По каналам вывода аналоговых сигналов (МАН):

максимальное количество каналов вывода аналоговых сигналов в одном автономном комплектном блоке— 16;

диапазоны выходного канала — 0—5 В, 0—5 мА;

время установления выходного сигнала с погрешностью 0,1%—не более 1 мс;

погрешность нелинейности — не более 0,2%.

Имеется ряд модификаций БКУ с различным составом функциональных модулей:

БКУ-ДВ-0 — четыре функциональных модуля ввода дискретных сигналов обеспечивают ввод 64 параметров;

БКУ-ДВ-1 — четыре функциональных модуля ввода инициативных сигналов. Общее количество каналов ввода — 32;

БКУ-ДВ-2 — четыре функциональных модуля ввода-вывода импульсных сигналов. Общее количество каналов ввода-вывода—4;

БКУ-ДВ-3— четыре функциональных модуля вывода дискретных сигналов. Общее количество каналов вывода — 64;

БКУ-ДВ-4 — четыре функциональных модуля вывода аналоговых сигналов. Общее количество каналов вывода — 4;

БКУ-ДВ-5 — два функциональных модуля вывода аналоговых сигналов и два функциональных модуля ввода-вывода импульсных сигналов.

Дополнительно в состав УВД входят два кассетных блока: БКИ-ДВ и БКР-ДВ. БКИ-ДВ обеспечивает обмен информацией между УВД и процессором по ОШ, а также автоматический поиск адреса инициативного канала (канала, требующего обслуживания); БКР-ДВ реализует возможности наращивания каналов дискретного ввода-вывода в системе.

В БКР установлены разъемы связи, которые могут быть использованы для подключения расширяющей модификации УВД (УВД-6 :УВД-11) с помощью полутораметрового кабеля связи, находящегося в комплекте монтажных принадлежностей УВД. Дальнейшее расширение системы ввода-вывода осуществляется подключением ко второму третьему устройства УВД (в модификации исполнения УВД-6, УВД-11) аналогичным плоским кабелем через те же разъемы связи.

Помимо двух разъемов для внешних связей, в БКР имеются четыре разъема связи «БКР-БКУ», с помощью которых шина УВД разводится в блоки БКУ.

Питание устройства осуществляется от однофазной сети переменного тока напряжением 220 В и частотой 50 Гц. В устройстве используются два блока питания БП113 и БП123. Потребление тока по уровню 5 В всеми кассетными блоками устройства не превышает 15 А для всех вариантов исполнения устройства.

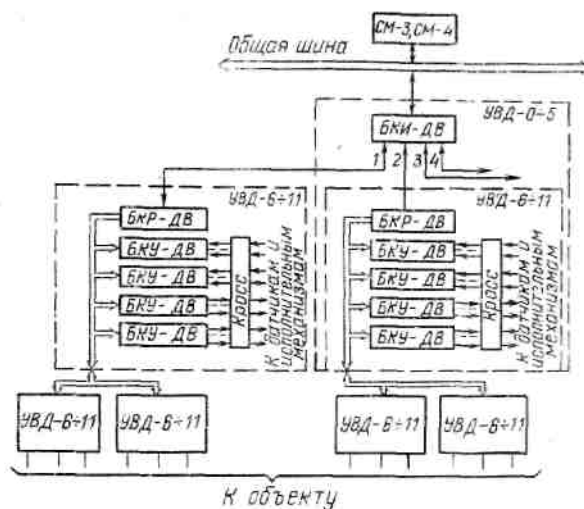


Рис. 2.17. Структурная схема УВД

Основой конструкции УВД являются автономный комплектный блок и кроссовая панель.

В состав автономного комплектного блока входят:

источники питания БП113 и БП123, блоки вентиляторов, пакет шин и сетевой фильтр.

Кроссовые панели соединяются плоскими кабелями с блоками БКУ-ДВ (каждая плата с одним блоком БКУ).

Структурная схема УВД показана на рис. 2.17.

Блоки нормализации выносные (БНВ). БНВ предназначены для совместной работы с устройством ввода аналоговых сигналов УВА в составе УВК СМ-3 и СМ-4.

Блоки функционируют при температуре окружающего воздуха 5—50 °С, относительной влажности воздуха до 90% при температуре 50 °С и атмосферном давлении 630—800 мм рт. ст.

БНВ осуществляют нормализацию сигналов термометров сопротивления стандартных градуировок и диапазонов измерения, автоматическую компенсацию термо-Э.Д.С. свободных концов термометров термоэлектрических.

Максимальное число датчиков, подключаемых к одному БНВ, равно 16. Линия связи БНВ с термометрами сопротивления — трехпроводная. Максимальное сечение жил вводимых кабелей — 2,5 мм². Линия связи БНВ с термометрами термоэлектрическими — двухпроводная. Диапазон выходного нормализованного сигнала термометров сопротивления — от 0 до 35 мВ.

Питание БНВ осуществляется от сети переменного тока напряжением 220 В, частотой 50 Гц. Потребляемая мощность — не более 50 ВА.

Блок функционирует следующим образом. Сигналы от термоэлектрических термометров поступают в БНВ, где осуществляется компенсация (и, если нужно, смещение диапазона) термо-Э.Д.С. их свободных концов. Компенсирующее напряжение формируется с помощью моста, в одно из плеч которого включено термoneзависимое сопротивление. Это сопротивление и свободные концы термоэлектрического термометра находятся в изолированном от окружающего воздуха объеме, так называемом пассивном термостате. Остальные элементы моста расположены вне термостата. Набор элементов моста зависит от градуировки термоэлектрического термометра.

Сигналы от термометров сопротивления поступают в блок и подключаются к мостовой схеме по трехпроводной схеме. При этом в каждый провод линии связи с термометром сопротивления ставится подгоночный резистор, сумма сопротивлений провода и подгоночного резистора должна быть равная величине, указанной на этикетке резистора. С помощью мостовой схемы нормализуются сигналы термометров сопротивления. Набор элементов моста обусловлен градуировкой и диапазоном измерения термометра сопротивления. Питание мостовых схем — индивидуальное. Для этого в блоке питания БП121 предусмотрено 16 изолированных схем однокаскадного параметрического стабилизатора постоянного тока, размещенных группами по четыре на отдельных печатных платах.

Блок выполнен в виде специальной конструкции для навесного монтажа и заключен в кожух, в боковых стенках которого имеются отверстия для входных и выходных кабелей. Отверстия в задней стенке кожуха предназначены для навесного монтажа.

Индивидуальные компенсационные провода от термоэлектрических термометров вводятся в БНВ снизу через центральное отверстие в кожухе. Для их фиксации предусмотрены колодки типа КПК5-11. БНВ могут располагаться на расстоянии до 300 м от УВА.

2.6.2

Устройство комбинированное быстродействующее типа УКБ-200

Устройство предназначено для использования в системах автоматизации научных экспериментов, контроля и управления сложными объектами, опытно-промышленных установок, а также в других системах автоматизации, характеризующихся быстропротекающими процессами и повышенными требованиями к снижению динамических погрешностей контроля и управления.

Устройство обеспечивает ввод в УВК информации с датчиков объекта и вывод на объект управляющей информации в реальном масштабе времени с минимальными погрешностями за счет синхронизации работы устройства от внутреннего программируемого таймера и режима работы по прямому доступу в память.

Устройство осуществляет: ввод и вывод аналоговых сигналов; ввод значений частоты или периода; ввод двухпозиционных сигналов напряжения постоянного тока и вывод двухпозиционных сигналов.

Структурная схема УКБ-200 показана на рис. 2.18. Устройство состоит из контроллера (К) и следующих функциональных модулей: модуля ввода аналоговых сигналов (преобразователь

напряжение-код— ПНК); модуля вывода аналоговых сигналов (преобразователь код-напряжение — ПКН); модуля ввода дискретных сигналов (ВВДС), модуля вывода дискретных сигналов (ВДС); модуля ввода частотно-временных сигналов (ЧВС); программируемого таймера (ТМ); пульта оператора,

Контроллер подключается к интерфейсу ОШ и формирует внутренний интерфейс, на который подключаются все перечисленные выше модули. Модули ввода-вывода аналоговых сигналов имеют гальваническую развязку с остальной частью устройства с допустимым напряжением до 100 В.

Модуль ПНК. В режиме последовательной выборки модуль производит аналоговое запоминание и преобразование сигналов по адресам каналов, записанных в РКС, причем во время запоминания по одному устройству выборки и запоминания (УВЗ) осуществляется преобразование с другого УВЗ, затем наоборот. В этом режиме преобразование идет непрерывно с частотой 200 кГц до снятия разрешения запуска. Использование данного режима возможно только в режиме прямого доступа.

В режиме синхронной выборки после запуска одновременно запоминаются два аналоговых сигнала на двух УВЗ, затем поочередно эти сигналы преобразовываются в код.

Модули ПКН и ВДС работают в режиме пассивного вывода или по прерываниям. В режиме пассивного вывода происходит вывод по инициативе программы. В режиме прерываний запросы на вывод вырабатываются по инициативе модуля при поступлении тактовых импульсов от таймера при соответствующей настройке.

Модуль ВВДС работает в режиме пассивного ввода (при отсутствии разрешения прерывания) или по прерываниям.

В режиме прерываний запросы вырабатываются при поступлении тактовых импульсов от таймера или при переключении инициативных входов. Инициативный фронт сигнала для каждого входа задается переключкой.

Модуль ЧВС. При преобразовании частоты входного сигнала за один период базовой частоты подсчитывается количество импульсов входного сигнала.

При преобразовании периода входного сигнала подсчитывается количество импульсов базовой частоты за один период входного сигнала. Объем счетчика— 16 двоичных разрядов.

Таймер (ТМ). При способе задания интервала по количеству импульсов базовой частоты каждый тактовый импульс будет вырабатываться при поступлении последнего из заданного в РД количества импульсов базовой частоты.

После каждого тактового импульса таймер выставляет запрос на прерывание для получения новых данных.

Длительность измеряется путем подсчета импульсов заданной базовой частоты за время между двумя импульсами внешнего запуска. Такой режим дает возможность вести контроль или управление процессом по внешним импульсам с одновременной регистрацией процесса во времени.

Пульт оператора. В режиме «комплекс» ввод выполняется по прерываниям. Вывод данных возможен на регистр двоичной индикации или на 4-декадную десятичную индикацию. При выводе на десятичную индикацию в пульте осуществляется масштабирование. В автономном режиме имеется доступ ко всем адресуемым регистрам модулей для ввода информации с клавиатуры и вывода на 16-разрядную двоичную или 2-разрядную десятичную индикацию.

Контроллер (К). При работе устройства в режиме программных прерываний программирование контроллера не требуется, все обращения происходят непосредственно к регистрам модулей.

Для работы в режиме прямого доступа необходима соответствующая загрузка регистров контроллера. На прямой доступ могут быть скоммутированы только модули ПНК, ПКН, ЧВС, ТМ,

Во время работы скоммутированных модулей в режиме прямого доступа остальные модули могут обслуживаться в режиме программных прерываний.

Устройство выполнено на унифицированных конструктивах второй очереди СМ ЭВМ в виде автономного комплектного блока высотой 8U с панелью оператора на лицевой стороне блока. Блок должен устанавливаться в стандартную стойку. В комплекте монтажных частей устройства имеются

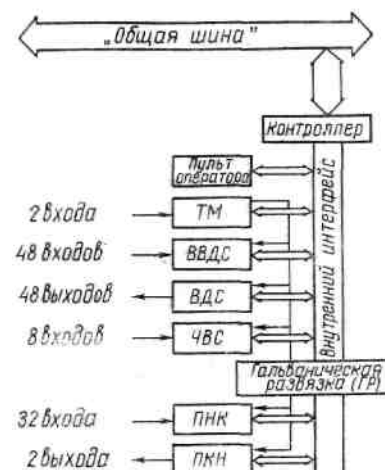


Рис. 2.18. Структурная схема УКБ-200

две кроссовые панели, устанавливаемые в нижней части стойки. Кроссовые панели позволяют подключать объектовые кабели и производить необходимые кроссировки.

Технические характеристики

Модуль ввода аналоговых сигналов:

Диапазоны входного сигнала, В:

основные	0—10; —5—±5
дополнительные	1—+1; —0,1—+10,1
количество каналов	32 (из них до 8 каналов могут быть подключены на дополнительные диапазоны перестановкой перемычек)

основная приведенная погрешность ввода, %:

на основных диапазонах	0,25
на дополнительных диапазонах	0,4
количество усилителей выборки и запоминания	2
количество разрядов выходного кода	12
быстродействие модуля, преобразований/С:	
в режиме последовательной выборки	200 000
в режиме синхронной выборки	не менее 50 000

Модуль вывода аналоговых сигналов:

количество каналов	2
диапазоны выходных сигналов, В	0—10; —5 —+5
основная приведенная погрешность вывода, %	0,2
быстродействие, преобразований /С	до 200 000
количество разрядов входного кода	12
цена младшего разряда, МВ	4,883

Модуль ввода дискретных сигналов:

количество каналов	48 (3 группы по 16)
количество инициативных входов	3 (нулевой канал каждой группы)
уровни входного сигнала, В:	
логического «0»	0—6
логической «1»	8—16,5

Модуль вывода дискретных сигналов:

количество каналов	48 (3 группы по 16)
напряжение на закрытом ключе, В	не более 24
ток открытого ключа, нА	не более 100
остаточное напряжение при 100 мА, В	не более 1,5

Модуль ввода частотно-временных сигналов:

количество каналов	8
уровни входного канала	Уровни схемы ТТЛ
вид преобразования	Частота, период
максимальная входная частота:	
при преобразовании частоты, МГц	1
при преобразовании периода, кГц	100.

Программируемый таймер:

период следования тактовых импульсов по линиям тактовой частоты:	
при работе от внутреннего генератора	От 2 мкс до 2^{12} С
при работе от внешнего генератора	От Т до T^{12} (Т — период следования внешнего генератора)
количество разрядов счетчика контроллера	12
максимальное количество модулей, программно-коммутируемых на прямой доступ	4
максимальное количество модулей, одновременно работающих в режиме прямого доступа	2
потребляемая мощность, ВА	500
размеры, мм	483×353×801

3.1

АРХИТЕКТУРА СМ-1800

СМ-1800 является 8-разрядной модульной микроЭВМ [13]. Применение модульного принципа в СМ-1800 имеет ряд особенностей, в первую очередь это исполнение модулей в виде 1 или 2 плат. Платы объединяются с помощью системного интерфейса (магистрали) И41, соответствующего международным стандартам. Благодаря универсальности и гибкости интерфейса, модульности микроЭВМ можно легко комплексовать микропроцессорные системы в соответствии с требованиями пользователей. Архитектура СМ-1800 является открытой, позволяющей наращивать микроЭВМ, а также создавать новые модули (в том числе и центральные процессоры), отвечающие более современному уровню развития микропроцессорной техники.

Еще одной особенностью СМ-1800 является практическая реализация в серийном производстве средств для построения мульти-микропроцессорных систем. Конструктивная реализация СМ-1800 и свойства интерфейса И41 позволяют осуществлять одновременную работу от 1 до 8 модулей центрального процессора.

МикроЭВМ СМ-1800 получила широкое распространение в следующих основных областях применения:

- приборах и устройствах;
 - АСУ ТП (локальных и децентрализованных иерархических системах);
 - САНЭ (лаборатории ЭВМ и информационно-измерительных комплексах);
 - локальных и открытых сетях ЭВМ;
 - информационных и справочных системах в АСУИ;
 - системах автоматизации проектирования;
 - системах автоматизации программирования и отладки микропроцессорной техники.
- В микроЭВМ СМ-1800 реализуется ряд международных интерфейсов:
- внутрисистемный интерфейс И41 (типа *Multibus*);
 - интерфейс параллельный ИРПР;
 - последовательные интерфейсы ИРПС, стык С2, ИЛПС-2 (типа *Proway*).

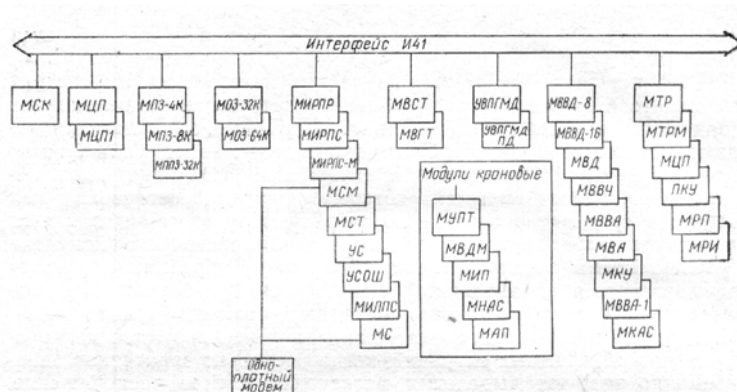


Рис. 3.1. Структура СМ-1800

Параллельные и последовательные интерфейсы используются для подключения периферийных устройств (например, видеотерминалов, печатающих устройств) и для связи между ЭВМ в многомашинных комплексах.

СМ-1800 имеет следующие архитектурные особенности:

- единый внутрисистемный интерфейс И41;
- наличие локальной памяти в модуле центрального процессора и свойств интерфейса И41,

направленных на построение мульти-микропроцессорных систем;

возможность применения режима прямого доступа к памяти для организации обслуживания быстрых процессов;

возможность программной реализации режимов резервирования, дублирования и мажоритирования;

открытость и расширяемость, в том числе и применение 16-разрядных микропроцессоров.

Основой построения СМ-1800 (рис. 3.1) являются функционально законченные модули, поэтому ее развитие идет в направлении создания модулей, реализующих новые функции, повышения производительности, «интеллектуальности» и надежности модулей, внедрения перспективных методов связи с оператором, новых принципов построения локальных и открытых сетей, расширения условий эксплуатации.

Рассмотрим кратко интерфейс И41, свойства которого во многом определяют свойства всей микроЭВМ СМ-1800. Интерфейс И41 представляет собой унифицированную магистраль, по линиям которой передаются данные, управляющие сигналы и подводится электропитание к модулям. И41 является внутриблочным асинхронным параллельным полудуплексным магистральным интерфейсом [13]. Обмен данными ведется байтами или двухбайтными словами.

Принцип взаимодействия модулей на интерфейсе И41 состоит в том, что в любой операции обмена участвуют активный модуль (задатчик) и пассивный (исполнитель). Примером задатчика являются процессоры, примером исполнителя — память, большинство модулей связи с объектом. На интерфейсе И41 может быть несколько активных модулей, которые получают магистраль как ресурс в свое распоряжение по очереди. Для этого выполняется процедура арбитража с помощью модуля системного контроля (МСК). Схема арбитража построена таким образом, что может осуществляться параллельный и циклический арбитраж запросов на интерфейсе от нескольких активных модулей (задатчиков). Имеющиеся в И41 сигналы синхронизации используются для разрешения конфликтных ситуаций, когда несколько задатчиков одновременно требуют выделения магистрали в свое распоряжение. Это позволяет разным по скорости задатчикам сосуществовать на одной магистрали, т. е. включать в состав комплекса различные процессоры, в том числе 8-разрядные и 16-разрядные. Общее число задатчиков в СМ-1800 — до 8.

Интерфейс И41 выполняет следующие основные функции:

арбитраж запросов задатчиков на выделение в их распоряжение интерфейса как ресурса;

смену задатчика;

обмен данными (чтение и запись);

операции запрета обращения к различным видам памяти;

операции прерывания;

Таблица 3.1

Название сигнала	Назначение
INIT	Установ системы в начальное состояние
ADRO/÷ADR13/	Линия адреса (в СМ-1800—от ADRO/ до ADRF/)
DAT0/÷DATF/	Линия данных (в СМ-1800 от DAT0/ до DAT7/)
MRDC/	Сигнал чтения из памяти
MWTC/	Сигнал записи в память
IORC/	Сигнал чтения из порта
IOWC/	Сигнал записи в порт
XACK/	Сигнал подтверждения передачи
INTO/÷INT7/	Линия запроса прерывания
INT A/	Сигнал подтверждения прерывания
INH1/ и INH2/	Сигнал запрета оперативной и постоянной памяти соответственно
BCLK/	Линия синхронизации магистрали
CCLK/	Линия постоянной частоты
BPRN/	Входной сигнал приоритетного разрешения доступа к магистрали
BPRO/	Выходной сигнал приоритетного разрешения доступа к магистрали
BUSY/	Сигнал занятости магистрали
BREQ/	Сигнал запроса магистрали
CBRQ/	Сигнал общего запроса магистрали

обработку аварий в системе электропитания.

Основные системы интерфейса И41 приведены в табл. 3.1.

Для большинства линий активным состоянием является низкий уровень (в табл. 3.1 обозначено «/»). Номера сигналов (например, линий данных)—в шестнадцатеричной системе счисления.

Конструктивная реализация интерфейса И41 показана на рис. 3.2. В качестве разъема используется трехрядный разъем типа СНП59.

Более подробное описание назначения и использования сигналов интерфейса И41, их распределение по контактам разъема, алгоритмы работы приводятся в [13].

Следует иметь в виду, что архитектура СМ-1800 предполагает наличие двух адресных пространств: памяти (в СМ-1800 — до 1 Мбайта, в большинстве комплексов — до 64 Кбайт) и ввода-вывода (до 256 портов ввода и 256 портов вывода). Это и объясняет наличие независимых сигналов управления обменом с памятью (MRDC/ и MWTC/) и с портами ввода-вывода.

3.2

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА СМ-1800

Рассмотрим назначение и основные характеристики модулей СМ-1800 (более подробно см. в [13]).

Модуль центрального процессора (МЦП) предназначен для логической и арифметической обработки информации и управления интерфейсом И41. Система команд определяется типом используемого микропроцессора (КР580ИК80А). Тактовая частота — 2 МГц, разрядность — 8 бит. На МЦП находятся 2 Кбайта постоянной памяти и 1 Кбайт оперативной памяти. Время выполнения команд — от 2 до 8,5 мкс, количество уровней прерываний — 8.

Модуль центрального процессора с повышенным объемом памяти (МЦП1) применяется в СМ-1804 и является развитием МЦП.

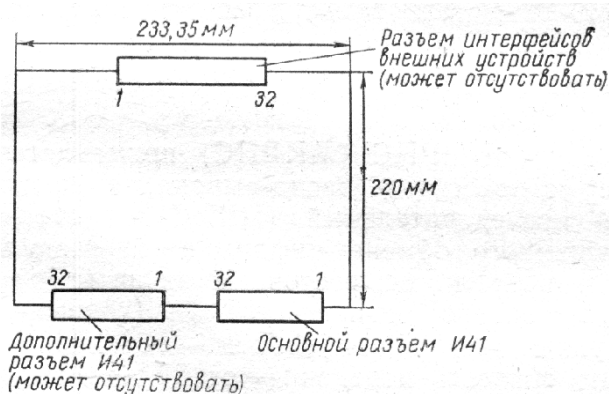


Рис. 3.2. Конструктивная реализация интерфейса И41

Отличается объемом локальной памяти (что крайне важно в мультимикропроцессорных системах): 8 Кбайт постоянной памяти и 8 Кбайт оперативной памяти. Адресное пространство памяти увеличено до 1 Мбайта. Локальная оперативная память — двухвходовая, т. е. доступ к ней возможен как по локальной шине от микропроцессора, так и со стороны интерфейса И41. Имеются аппаратные средства для организации программно-управляемых межпроцессорных прерываний в мультимикропроцессорных системах.

Модули оперативные запоминающие (МОЗ) выпускаются в двух вариантах: емкостью 32 и 64 Кбайта.

Существует несколько видов модулей постоянных запоминающих (МПЗ) с емкостью 4, 8 и 32 Кбайта (последний содержит микросхемы полупостоянной памяти с ультрафиолетовым стиранием).

Модуль таймера (МТР) предназначен для выдачи временных меток и отсчета программируемых интервалов времени. Имеет один 16-разрядный счетчик, на вход которого подается частота 1 МГц или 1 кГц.

Модуль таймера многорежимный (МТМР) является развитием МТР. Предназначен для выдачи временных меток, генерирования прямоугольных импульсов (длительность и частота их программируются), деления входной частоты, формирования одиночных импульсов, измерения длительности входных импульсов и ввода число-импульсных сигналов. Количество 16-разрядных счетчиков — 3. Может использоваться не только для организации работы СМ-1800 в реальном

масштабе времени, но и как дискретный модуль связи с объектом.

Модуль системного контроля (МСК) выполняет арбитраж запросов к магистрали И41 и управление сохранением/восстановлением информации при сбоях электропитания сети. Содержит нагрузочные сопротивления линий интерфейса.

Модуль связи с ИРПР (МИРПР) предназначен для сопряжения И41 с устройствами ввода-вывода, имеющими интерфейс радиальный параллельный (ИРПР). Может использоваться для межмашинного обмена информацией. Обмен ведется байтами на расстояние до 15 м.

Модуль связи с ИРПС (МИРПС) применяется для сопряжения И41 с устройствами ввода-вывода, имеющими интерфейс радиальный последовательный (ИРПС). Может использоваться для межмашинного обмена информацией. Модуль обеспечивает обмен данными по линии, состоящей из витых пар, в последовательном коде токовым сигналом 20 мА (токовая петля). Способ обмена — дуплексный; режим работы — асинхронный; формат данных — 8 бит; скорость передачи — от 50 до 9600 бод. На максимальной скорости длина линии связи составляет до 500 м.

Модуль сопряжения с ИРПС многоканальный (МИРПС-М) является усовершенствованием МИРПС и имеет 4 канала, программируемые формат передаваемых данных (от 5 до 8 бит) и скорость передачи. Режим работы — асинхронный.

Модуль сопряжения с телетайпом (МСТ) позволяет обеспечить сопряжение И41 с одним из следующих устройств:

- удаленным телетайпом, работающим однополярными токовыми посылками с номинальным линейным током 40 мА (Т-63, РТ-80 и др.);

- удаленным дисплеем типа ЕС-7168 (VT340) или другим аналогичным, использующим двухполярный токовый интерфейс 20 мА;

- устройством, имеющим интерфейс радиальный последовательный (ИРПС).

Этот модуль характеризуется программируемой разрядностью обмениваемой информации (от 5 до 8 бит), числом стоповых разрядов (от 1 до 2) и т. д.

Модуль связи с модемом (МСМ) выполняет сопряжение интерфейса И41 с устройствами, имеющими стык С2 по ГОСТ 18145—72. Позволяет связываться с коммутируемыми и некоммутируемыми телефонными и выделенными каналами. Обеспечивает стыковку с модемами типа ЕС-8001, ЕС-8002, ЕС-8005, СМ-8101, СМ-8102, СМ-8103 и др. Предназначен для межмашинного обмена информацией и связи с периферийными устройствами. Способ обмена данными — дуплексный и полудуплексный; режим работы — асинхронный (скорость до 9600 бод) и синхронный (до 19 200 бод); длина информационного слова — от 5 до 8 бит; число стоповых бит — от 1 до 2; количество знаков синхронизации в синхронном режиме — 1 или 2.

Модуль сопряжения с интерфейсом линейной связи с последовательной передачей информации (МИЛПС) предназначен для построения локальных сетей. Реализует принятый в странах СЭВ протокол обмена ИЛПС-2, который позволяет иметь в сети до 63 станций. Данный модуль имеет два варианта исполнения (разница состоит только во внутренних программах этого микропроцессорного модуля):

- диспетчер сети (активный режим работы) и для подключения терминальных станций сети (пассивный режим работы). В сети может быть только один диспетчер. Скорость обмена — 500 Кбод; максимальная длина линии связи — 3 км; формат сообщения — 34 бита.

Модуль сетевого микропроцессорного адаптера (МС) позволяет использовать СМ-1800 в качестве интеллектуального терминала сети ЭВМ, программируемого абонентского пункта, концентраторов и мультиплексоров. Обмен данными осуществляется в соответствии с рекомендациями МКТТ Х.21 и Х.25 и «Протокола Академсети» [44]. Режимы работы — асинхронный и синхронный; скорость обмена — до 9600 бод. Модуль является микропроцессорным по реализации и использует прямой доступ к памяти СМ-1800.

Устройство связи (УС) предназначено для быстрого обмена данными между двумя СМ-1800. Обмен ведется массивами от 1 до 256 двухбайтных слов. Скорость передачи составляет до 200 Кбайт/с; максимальное расстояние между СМ-1800 — 10 м.

Устройство связи с «Общей шиной» (УСОШ) аналогично УС, но позволяет связать СМ-1800 с СМ-4 или СМ-1420. Обмен осуществляется также двухбайтными словами, но длина массива — до 2^{15} слов.

Модуль вывода символьной информации на телеэкран (МВСТ) применяется для преобразования символьной информации в видеосигнал для отображения на стандартных видеоконтрольных устройствах. Количество символов на экране — до 2048; количество уровней яркости (цветов)

символов и фона — 8. Имеется программируемый знакогенератор на 256 символов. Возможно выделение символов с помощью подчеркивания. Аппаратно поддерживается режим «свитка».

Модуль вывода растровой графической информации на телеэкран (МВГТ) преобразует графическую информацию в видеосигнал для отображения на стандартных видеоконтрольных устройствах. Формат экрана — 256×256 точек, количество уровней яркости (цветов) — 8.

В составе СМ-1800 имеется ряд внешних устройств: видеотерминалы алфавитно-цифровые (подключение с помощью модулей МИРПР, МИРПС, МИРПС-М, МСТ или МСМ в зависимости от типа интерфейса), печатающие устройства (подключение с помощью МИРПР) и перфоленточные станции (подключение с помощью МИРПР). В качестве видеотерминалов чаще всего используются ВТА-2000-30, ВТА-2000-15, VDT52129, печатающих устройств — DZM180 и DAR01156, перфоленточной станции — СПТП-3.

Особое место в СМ-1800 занимают два устройства внешней памяти, которые в качестве накопителей используют гибкие магнитные диски. Диаметр дискет равен 203 мм; плотность записи — одинарная, емкость дискет составляет 256 Кбайт.

Первое из устройств — устройство внешней памяти на гибких магнитных дисках (УВП ГМД), содержит контроллер и сдвоенный (т. е. головки с общим приводом) механизм на базе накопителя PLX45D5. Контроллер работает с использованием центрального процессора СМ-1800 в качестве «канального» процессора, т. е. при выполнении дисковых операций все вычислительные ресурсы процессора заняты обслуживанием УВП ГМД. Это не позволяет использовать такое устройство в системах реального времени и ограничивает его область применения инструментальными системами и системами общего назначения.

Второе устройство — устройство внешней памяти на гибких магнитных дисках с прямым доступом (УВП ГМД ПД), содержит микропрограммный контроллер и два накопителя ЕС-5074. Контроллер работает как обычный задатчик интерфейса И41, иницируемый программой процессора. Весь обмен информацией совершается под управлением контроллера, что позволяет освободить центральный процессор от рутинной работы и дает возможность применять СМ-1800 в системах реального времени.

Вспомогательную роль играют входящие в СМ-1800:

пульт контроля и управления (ПКУ), являющийся инженерным пультом микроЭВМ, используемый в режимах ремонта, отладки и профилактики;

пульта программаторов, используемые для «прожига» информации в микросхемы постоянной памяти, применяемые в МПЗ из состава СМ-1800.

Модули связи с объектом, входящие в состав СМ-1800, описываются в п. 3.4.

МикроЭВМ СМ-1800 имеет несколько исполнений: каркасное для встраивания в приборы и устройства (СМ-1801), приборное (СМ-1802) и основное (СМ-1803 и СМ-1804). МикроЭВМ СМ-1803 и СМ-1804, представляющие собой тумбу или шкаф (шкафы), содержат ряд комплексов (см. также [13]), которые могут расширяться по требованиям пользователей. Кроме поставки отдельных модулей и типовых комплексов, выпускаются также специфицированные заказчиком комплексы, включающие самые разные сочетания модулей.

Комплексы СМ-1804.02 и СМ-1804.04 могут работать в помещениях с повышенной запыленностью и ограниченным доступом обслуживающего персонала, что позволяет применять их в качестве основы для построения децентрализованных (рассредоточенных) систем сбора, первичной обработки информации, контроля и управления в различных отраслях народного хозяйства. Программное обеспечение комплексов от СМ-1804.01 до СМ-1804.04 основывается на операционной системе ОС СФП, в постоянной памяти содержатся средства для начальной загрузки прикладных систем реального времени на основе ОС СФП.

Загрузка по линии связи осуществляется с помощью драйвера управления информационным каналом. Загрузка выполняется от «верхней» ЭВМ, в качестве которой может использоваться другая СМ-1800 (имеющая в своем составе УВП ГМД ПД), или от ЭВМ типа СМ-4.

СМ-1804 обеспечивает возможность построения подсистем сбора, первичной обработки информации, контроля и управления локальными объектами в системах управления технологическими процессами территориально рассредоточенных производств в автомобильной, нефтедобывающей промышленности, подъемно-транспортном машиностроении, черной металлургии, энергетике и других отраслях промышленности на базе управляющих вычислительных комплексов СМ ЭВМ. Разработка СМ-1804 предусматривает возможность размещения комплексов СМ-1804 в производственных помещениях предприятий и круглосуточную эксплуатацию без постоянного

оперативного технического персонала при централизованной системе обслуживания и компоновке подсистем в соответствии с требуемым для задачи управления набором функций.

3.3

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ АРХИТЕКТУРЕ МИКРОЭВМ СМ-1810

При разработке микроЭВМ СМ-1800, выборе системного интерфейса И41 была предусмотрена возможность применения 16-разрядных микропроцессоров. С появлением отечественного микропроцессора К1810ВМ86 стало возможным создание микроЭВМ СМ-1810. СМ-1810 имеет высокую степень преемственности с СМ-1800, что определяется следующими факторами:

- использованием в качестве внутрисистемного интерфейса интерфейса И41;
- возможностью построения неоднородных систем на основе интерфейса И41 с применением 16-разрядных и 8-разрядных центральных процессоров;
- возможностью заимствования большинства модулей из состава СМ-1800;
- преемственностью программного обеспечения.

Применение микропроцессора К1810ВМ86 позволяет повысить производительность системы в несколько раз. Адресное пространство памяти СМ-1810 равно 16 Мбайтам.

В основу СМ-1810 положен модуль центрального процессора МЦП16. Этот модуль, помимо вычислительной части, содержит систему управления прерываниями, таймер (трехканальный), последовательный (стык С2) и параллельный (ИРПР-М) интерфейсы. Объем локальной постоянной памяти зависит от типа применяемых микросхем перепрограммируемой постоянной памяти (с ультрафиолетовым стиранием) и колеблется от 8 до 32 Кбайт. Объем двухвходовой локальной оперативной памяти — 256 Кбайт; тактовая частота МЦП16 — 5 МГц.

Система команд МЦП16 соответствует архитектуре микропроцессора К1810ВМ86 и приведена в табл. 3.2.;

Развитая система команд МЦП16, новые перспективные внешние устройства позволили создать для СМ-1810 более совершенное программное обеспечение. Особенности МЦП16 потребовали разработки нового арбитра интерфейса И41 (модуля МСК16).

В состав СМ-1810 входят также два типа модулей оперативных запоминающих (МОЗ), работающих на интерфейсе И41: емкостью 256 Кбайт и емкостью 4 Мбайта (состоит из контроллера и от 1 до 4 плат-накопителей, каждая емкостью 1 Мбайт).

В СМ-1810 существенно изменились по сравнению с СМ-1800 внешние запоминающие устройства. Имеются следующие контроллеры:

накопителей на гибких магнитных дисках (КНГМД) диаметром 203 мм (типа ЕС-5074, ЕС-5082 и СМ-5624) и диаметром 133 мм (СМ-5640 и СМ-5639). Контроллер достаточно универсален и в дальнейшем может обслуживать более новые накопители на гибких магнитных дисках. Количество обслуживаемых накопителей — до 4;

Таблица 3.2

Функция	Формат			
1	2			
MOV = пересылка	регистр –в регистр/память	1000100W	MOD REG RM	
	регистр/память в —регистр	1000101W	MOD REG RM	
	непосредственные данные — в регистр/память	1100011W	MOD 000 RM	DATA DATA если W=1
	непосредственные данные в регистр	1011W REG	DATA	DATA если W=1
	память –в аккумулятор	1010000W	ADDR–LOW	ADDR–HIGH
	аккумулятор —в память	1010001W	ADDR–LOW	ADDR–HIGH
	регистр/память — в сегментный регистр	10001110	MOD 0 REG RM	
	сегментный регистр — в регистр/память	10001100	MOD 0 REG RM	

1	2
PUSH = сохранение в стеке	
память	11111111 MOD 110 RM
регистр	01010 REG
сегментный регистр	000REG 110
POP = восстановление из стека	
память	10001111 MOD 000 RM
регистр	01011 REG
сегментный регистр	000 REG 111 (REG≠01)
XCHG = обмен	
регистр/память с регистром	1000011W MOD REG RM
регистр с аккумулятором	10010 REG
IN= ввод из	
фиксированного порта	1110010W PORT
переменного порта	1110110W
OUT = вывод в	
фиксированный порт	11110011W PORT
переменный порт	1110111W
XLAT= перекодировать байт в AL	11010111
LEA = загрузить EA в регистр	10001101 MOD REG RM
загрузить указатель LDS = в DS	11000101 MOD REG RM (MOD≠11)
LES= в ES	11000100 MOD REG RM (MOD≠11)
флаги LAHF = переслать в AH SAHF = загрузить из AH PUSHF = сохранить флаги в стеке POPF = восстановить флаги из стека	10011111 10011110 10011100 10011101
ADD = сложить	
регистр/память с регистром	000000DW MOD REG RM
непосредственные данные с регистром/памятью	100000SW MOD 000 RM DATA DATA если SW=01
непосредственные данные с аккумулятором	0000010W DATA DATA если W=1
ADC = сложить с переносом	
регистр/память с регистром	000100DW MOD REG RM
непосредственные данные с регистром/памятью	100000SW MOD 010 RM DATA DATA если SW=01
непосредственные данные с аккумулятором	0001010W DATA DATA если W=1

1	2			Продолжение																								
INC = инкремент регистр/память регистр	<table><tr><td>1111111W</td><td colspan="3">MOD 000 RM</td></tr><tr><td>01000 REG</td><td colspan="3"></td></tr></table>			1111111W	MOD 000 RM			01000 REG																				
1111111W	MOD 000 RM																											
01000 REG																												
SUB = вычитание регистр/память из регистра непосредственные данные из регистра/памяти непосредственные данные из аккумулятора	<table><tr><td>001010DW</td><td colspan="3">MOD REG RM</td></tr><tr><td>100000SW</td><td>MOD 101 RM</td><td>DATA</td><td>DATA если SW=01</td></tr><tr><td>DATA</td><td>0010110W</td><td colspan="2">DATA если W=1</td></tr></table>			001010DW	MOD REG RM			100000SW	MOD 101 RM	DATA	DATA если SW=01	DATA	0010110W	DATA если W=1														
001010DW	MOD REG RM																											
100000SW	MOD 101 RM	DATA	DATA если SW=01																									
DATA	0010110W	DATA если W=1																										
SBB = вычитание с заемом регистр/память из регистра непосредственное из регистра/памяти непосредственное из аккумулятора	<table><tr><td>000110DW</td><td colspan="3">MOD REG RM</td></tr><tr><td>100000SW</td><td>MOD 011 RM</td><td>DATA</td><td>DATA если SW=01</td></tr><tr><td>0001110W</td><td>DATA</td><td colspan="2">DATA если W=1</td></tr></table>			000110DW	MOD REG RM			100000SW	MOD 011 RM	DATA	DATA если SW=01	0001110W	DATA	DATA если W=1														
000110DW	MOD REG RM																											
100000SW	MOD 011 RM	DATA	DATA если SW=01																									
0001110W	DATA	DATA если W=1																										
DEC = декремент регистр/память регистр	<table><tr><td>1111111W</td><td colspan="3">MOD 001 RM</td></tr><tr><td>01001 REG</td><td colspan="3"></td></tr></table>			1111111W	MOD 001 RM			01001 REG																				
1111111W	MOD 001 RM																											
01001 REG																												
CMP = сравнение регистра/памяти с регистром регистра с регистром/памятью непосредственные данные с регистром/памятью непосредственные данные с аккумулятором	<table><tr><td>0011101W</td><td colspan="3">MOD REG RM</td></tr><tr><td>0011100W</td><td colspan="3">MOD REG RM</td></tr><tr><td>100000SW</td><td>MOD 111 RM</td><td>DATA</td><td>DATA если SW=01</td></tr><tr><td>0011110W</td><td>DATA</td><td colspan="2">DATA если W=1</td></tr></table>			0011101W	MOD REG RM			0011100W	MOD REG RM			100000SW	MOD 111 RM	DATA	DATA если SW=01	0011110W	DATA	DATA если W=1										
0011101W	MOD REG RM																											
0011100W	MOD REG RM																											
100000SW	MOD 111 RM	DATA	DATA если SW=01																									
0011110W	DATA	DATA если W=1																										
NEG = изменение знака	<table><tr><td>1111011W</td><td colspan="3">MOD 011 RM</td></tr></table>			1111011W	MOD 011 RM																							
1111011W	MOD 011 RM																											
коррекция AAA =ASCII для сложения DAA = десятичная для сложения AAS=ASCII для вычитания DAS = десятичная для вычитания AAM = ASCII для умножения AAD = ASCII для деления	<table><tr><td colspan="4">00110111</td></tr><tr><td colspan="4">00100111</td></tr><tr><td colspan="4">00111111</td></tr><tr><td colspan="4">00101111</td></tr><tr><td colspan="2">11010100</td><td colspan="2">00001010</td></tr><tr><td colspan="2">11010101</td><td colspan="2">00001010</td></tr></table>			00110111				00100111				00111111				00101111				11010100		00001010		11010101		00001010		
00110111																												
00100111																												
00111111																												
00101111																												
11010100		00001010																										
11010101		00001010																										

1	2			
OR = логическое "или" регистр/память с регистром непосредственные данные с регистром/памятью непосредственные данные с аккумулятором	000010DW		MOD REG RM	
	10D0000W	MOD 001 RM	DATA	DATA если W=1
	0000110W	DATA	DATA если W=1	
XOR = исключительное "или" регистр/память с регистром непосредственные данные с регистром/памятью непосредственные данные с аккумулятором	00100DW		MOD REG RM	
	1000000W	MOD 110 RM	DATA	DATA если W=1
	0011010W	DATA	DATA если W=1	
NOT = инверсия регистра/памяти	1111011W		MOD 010 RM	
работа со строками MOVS = пересылка байта-слова CMPS = сравнение байта/слова SCAS = просмотр байта/слова LODS = загрузка байта/слова в AL/AX STOS=запоминание байта/слова из AL/AX MOVS = пересылка строки, повторение по счетчику в CX CMPS = сравнение строк, повторение по счетчику в CX SCAS - просмотр строки, повторение по счетчику в CX LODS=загрузка строки, повторение по счетчику в CX STOS=запоминание строки, повторение по счетчику в CX	1010010 W			
	1010011W			
	1010111W			
	1010110W			
	1010101W			
	11110010		1010010W	
	1111001 Z		1010011W	
	1111001Z		1010111W	
	11110010		1010110W	
11110010		1010101W		
CALL = вызов подпрограммы прямой внутри сегмента косвенный через регистр/память внутри сегмента прямой межсегментный косвенный межсегментный	11101000		DISP-LOW	DISP-HIGH
	11111111		MOD 010 RM	
	10011010		SEGMENT OFFSET SEGMENT SELECTOR	
	11111111		MOD 011 RM	(MOD» 11)
JMP= безусловный переход короткий прямой внутри сегмента косвенный через регистр/память внутри сегмента прямой межсегментный косвенный межсегментной	11101011		DISP-LOW	
	11101001		DISP-LOW	DISP-HIGH
	11111111		MOD 100 RM	
	11101010		SEGMENT OFFSET SEGMENT SELECTOR	
	11111111		MOD 101 RM	(MOD- 11)

1	2
RET - возврат из подпрограммы внутри сегмента	11000011
внутри сегмента с добавлением непосредственных данных к IP	11000010 DISP-LOW DISP-HIGH
межсегментный	11001011
межсегментный с добавлением непосредственных данных к IP	11001010 DISP-LOW DISP-HIGH
переход по условию	
JE/JZ=переход при равенстве/нуле	01110100 DISP
JL/JNGE = переход при меньше/не больше или равно	01111100 DISP
JLE/JNG = переход при меньше или равно/не больше	01111110 DISP
JB/JNAE = переход при меньше/не больше или равно (беззнаковый)	01110010 DISP
JBE/JNA = переход при меньше/не больше или равно (беззнаковый)	01110110 DISP
JP/JPE = переход при четности/четной четности	01111010 DISP
JO = переход при переполнении	01110000 DISP
JS = переход при знаке 1	01111000 DISP
JNE/JNZ = переход при не равно/не нулю	01110101 DISP
JNL/JGE = переход при не меньше/больше или равно	01111101 DISP
JNLE/JG = переход при не меньше/больше	01111111 DISP
JMB/JAE - переход. при не меньше/больше или равно (беззнаковый)	01110011 DISP
JNBE/JA = переход при не меньше или равно/больше (беззнаковый)	01110111 DISP
JNP/JPO = переход при нечетности/нечетной четности	01111011 DISP
JNO = переход при отсутствии переполнения	01110001 DISP
JNS = переход при знаке 0	01111001 DISP
LOOP = цикл CX раз	11100010 DISP
LOOPZ/LOOPE=цикл пока ноль/равно	11100001 DISP
LOOPNZ/LOOPNE = цикл пока не ноль/ не равно	11100000 DISP
JCXZ = переход при CX - 0	11100011 DISP

1	2
INT = прерывание с указанным типом типа 3 INTO= прерывание по переполнению	11001101 TYPE 11001100 11001110
IRET = возврат из прерывания	11001111
индивидуальные флаги CLC = очистка флага CARRY CMC = проверка флага CARRY STC = установка CARRY CLD = очистка флага направления STD = установка флага направления CLI = очистка флага прерывания STI = установка флага прерывания	11111000 11110101 11111001 11111100 11111101 11111010 11111011
разные NOP = "холостая" команда HLT = останов WAIT = ожидание LOCK = префикс блокировки магистрала ESC = отстранение процессора (уход на процессор расширения)	10010000 11110100 10011011 11110000 11011LLL MOD XXX RM (LLL-код операции процессора расширения)

Примечания.

Эффективный адрес (EA) в памяти операнда вычисляется согласно полям MOD и RM:

если MOD = 11, то RM трактуется как поле REG;

если MOD = 00, то DISP = 0 (кроме случая RM = 110, тогда EA-DISP-H: DISP-L);

если MOD = 01, то DISP - знаковое расширение DISP-L в 16 бит, а DISP-H отсутствует;

если MOD = 10, то DISP = DISP·H:DISP·L;

если RM = 000, то EA = (BX) + (SI) + DISP;

если RM = 001, то EA = (BX) + (DI) + DISP;

если RM = 010, то EA = (BP) + (SI) + DISP;

если RM = 011, то EA = (BP) + (DI) + DISP;

если RM = 100, то EA = (SI) + DISP;

если RM = 101, то EA = (DI) + DISP;

если RM = 110, то EA = (BP) + DISP (кроме случая MOD = 00, когда EA = DISP·H:DISP·L);

если RM = 111, то EA = (BX) + DISP;

DISP указывается после 2-х байт команды (перед данными, если они требуются),

REG назначается следующим образом:

16 бит (W=1)	8бит (W = 0)
000 AX	000 AL
001 CX	001 CL
010 DX	010 DL
011 BX	011 BL
100 SP	100 AH

101	BP	101	CH
110	SI	110	DH
111	DI	111	BH

Физические адреса всех операндов, адресуемых через регистр BP, вычисляются с использованием сегментного регистра SS. Физические адреса всех операндов-приемников простых строковых операций (адресуемых через регистр DI) вычисляются с использованием сегмента ES, который не может быть изменен.

Префикс смены сегмента

001 REG 110

REG назначается следующим образом:

00	ES
01	CS
10	SS
11	DS

Таблица 3.3

Контроллеры	Емкость				
	НГМД диам. 133 мм	НГМД диам. 203 мм	СМ-5408	Диск с интерфейсом СМД	Диск типа „Винчестер“
КНГМД	От 320 до 640 Кбайт	от 256 Кбайт до 1 Мбайта	—	—	—
КНСМД	—	—	16 Мбайт	—	—
КНМД	—	—	—	От 30 до 160 Мбайт	—
КНМД-К	От 320 до 640 Кбайт	—	—	—	От 10 до 40 Мбайт

накопителей (до 4 шт.) на сменных магнитных дисках (КНСМД) типа СМ-5408;

накопителей на магнитных дисках комбинированные (КНМД-К), позволяющие управлять работой накопителей на гибких магнитных дисках (до 4 шт.) и магнитных дисков типа «Винчестер» с интерфейсом типа СТ506 (до 2 шт.).

Оценка емкости устройств внешней памяти на базе перечисленных контроллеров приведена в табл. 3.3.

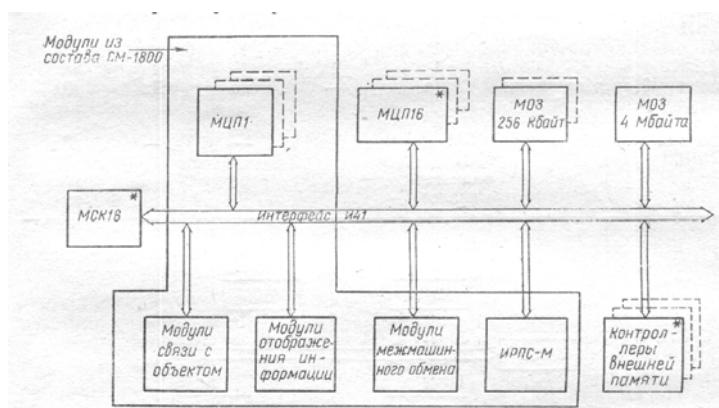


Рис. 3.3. Структура СМ-1810

Улучшены характеристики печатающих устройств, спектр которых стал шире по типам (матричная, «ромашка») и по скорости (для матричных печатающих устройств от 80 до 300 знаков/с). Многие из печатающих устройств имеют возможность выводить графическую информацию в виде раstra.

Интерфейсами подключения печатающих устройств являются ИРПР-М (Centronics), ИРПР, ИРПС, стык С2, основными типами печатающих устройств: СМ-6329, СМ-6309, СМ-6317, Д100 Д180 и Д200.

В качестве видеотерминалов применяются дисплеи типа ВТА-2000-15М и СМ-7209 с интерфейсами ИРПС и стык С2.

Общая структура СМ-1810 (с учетом возможности заимствования модулей из состава СМ-1800) показана на рис. 3.3, где звездочкой отмечены модули, входящие в минимальную конфигурацию, на которой может работать операционная система МИКРОС-86.

На первом этапе использования СМ-1810 особое значение имеет программная совместимость с СМ-1800. Для этих целей предлагается применять комплекс (с операционной системой ДОС 1810),

показанный на рис. 3.4.

Таблица 3.4

Модули	Операционная система				
	ДОС 1810	ОС СФП 1810	МИК-РОС-86	МИК-РОМ-86	БОС 1810
МЦП16		До 8	1	1	1
МЦП1		До 4	—	—	—
МИРПС-М		До 4	1	1	2
УВП ГМДПД		—	—	—	—
КНГМД		До 4	1	До 4	1
КНСМД		1	1	1	1
КНМД		1	1	1	1
КНСМД-К		1	1	1	2
Электронный диск на интерфейсной оперативной памяти	Да	—	Да	Да	Да
Другие модули из состава СМ-1810	МСМ или МСТ для видеотерминалов	Да	—	—	Да

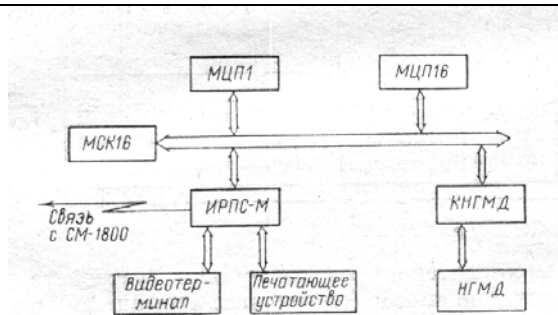


Рис. 3.4. Структура комплекса СМ-1810, совместимого с СМ-1800

В табл. 3.4 содержатся сведения об обслуживаемых в различных операционных системах модулях СМ-1800.

Конструктивные исполнения СМ-1810 также отличаются от СМ-1800: настольное исполнение (316×482,6×416 мм) с двумя встроенными мини-НГМД;
 тумбовое исполнение (600×540×440 мм);
 шкаф (1200×540×440 мм).

3.4 СРЕДСТВА УСО, ВЫХОДЯЩИЕ НА ИНТЕРФЕЙС И41 МИКРОЭВМ СМ-1800

В составе СМ-1800 разработана группа модулей УСО, которая обеспечивает возможность использования комплексов СМ-1800 при построении автоматизированных систем управления технологическими и производственными процессами в качестве низового звена, осуществляющего сбор, преобразование, предварительную обработку информации и выдачу управляющих воздействий на объект управления.

Указанная группа модулей осуществляет:

- ввод и преобразование в двоичные коды аналоговых сигналов низкого и среднего уровней;
- подавление помех общего и нормального видов в измерительном тракте ввода аналоговых сигналов;
- нормализацию сигналов с термометров сопротивления всех стандартных градуировок;
- компенсацию температуры свободных концов термометров термоэлектрических;
- ввод дискретных сигналов;

ввод число-импульсных сигналов;
вывод дискретных сигналов;
вывод аналоговых сигналов;
вывод дискретных сигналов переменного тока повышенной мощности;
вывод дискретных сигналов постоянного тока повышенной мощности;
обмен информацией с процессорами семейства СМ-1800.

Конструктивно все функциональные модули УСО выполнен» на плате типа Е2(233,4×220 мм) и выходят на интерфейс И41. Модули нормализации размещаются в кроссовой секции и выполнены на платах Е1 (100×160 мм). Подключение датчиков осуществляется на модулях нормализации.

Число каналов ввода-вывода наращивается установкой необходимого количества функциональных модулей и модулей нормализации. Отметим основные особенности разработанных модулей.

Модуль ввода аналоговых сигналов СМ-1800.9201 (МВВА) предназначен для преобразования входных сигналов напряжения постоянного тока в диапазоне $\pm 5\text{В}$ в двоичный код и ввода его в микроЭВМ СМ-1800.

Областями применения модуля являются АСУ ТП и АСНИ, в которых напряжение помехи общего вида между землями источников сигналов (датчиков) и микроЭВМ может достигать 100 В. При этом разность потенциалов между точками заземления соседних датчиков не должна превышать 10 В. Подавление помехи нормального вида на частоте (50 ± 1) Гц не менее 70 дБ достигается путем применения в модуле АЦП интегрирующего типа. Использование интегрирующего АЦП исключает надобность в фильтрах и позволяет существенно сократить габаритные размеры подсистемы ввода аналоговых сигналов в целом. Точность преобразования, оцениваемая классом 0,2%, и высокая помехозащищенность обеспечивают успешное применение МВВА в АСУ ТП.

Модуль МВВА размещен на двух платах: СМ-1800/208 и СМ-1800/209.

Модуль компараторов уровня СМ-1800.9203 (МКУ) предназначен для сравнения 8 входных напряжений постоянного тока в диапазоне $\pm 5\text{ В}$ с программируемым уровнем напряжения уставки и передачи результатов сравнения в СМ-1800. Разрядность цифрового кода уставки равна $10 + 1$ знаковый, время сравнения — не более 15 мкс.

Относительная погрешность модуля МКУ, размещенного на двух платах: СМ-1800/212 и СМ-1800/213, составляет не более 0,2%.

Вывод аналоговых сигналов осуществляется модулем СМ-1800.9202, который преобразует десятиразрядный двоичный код, поступающий по шинам интерфейса И41, в постоянное напряжение в диапазоне 0—10 В или в постоянный ток в диапазоне 0—5 мА. Имеет гальваническую развязку по цепям логического управления между управляющими и выходными цепями. Допустимая величина помехи общего вида — не более 100 В.

Коэффициент подавления помехи общего вида не менее 60 дБ; время преобразования—10 мкс, основная погрешность преобразования по напряжению — не более 0,2%, по току — 0,3%.

Питание измерительных цепей модулей аналогового ввода-вывода осуществляется модулем аналогового питания СМ-1800.0302. Особенностью является высокое качество гальванической развязки с применением коробчатых экранов на трансформаторе и экранированием цепей питания каждого канала. Имеет два изолированных канала питания.

Модуль ввода дискретных сигналов СМ-1800.9301 выполняет функции нормализации входных сигналов, оптронного гальванического разделения «земли» датчика от «земли» ЭВМ, обеспечивает выдачу в микроЭВМ информации о текущем состоянии восьми датчиков, имеет возможность запоминания состояния датчиков в определенный момент времени. Отличается от модуля ввода дискретных сигналов СМ-1800.9302 количеством каналов, возможностью фиксации состояния датчика, возможностью побитной выдачи информации в микроЭВМ. СМ-1800.9302 включает 16 входных каналов. Оба модуля ввода дискретных сигналов имеют следующие номинальные уровни входных сигналов в состоянии логической «1» — 6, 12, 24, 48 В. Допустимый уровень помех общего вида – 100 В.

Вывод на исполнительные механизмы сигналов двухпозиционного управления по командам микроЭВМ осуществляет модуль СМ-1800.9303. Он имеет гальваническое разделение «земли» ЭВМ от цепей исполнительного устройства, обеспечивает подавление выбросов Э.Д.С. самоиндукции при работе на нагрузку с индуктивной составляющей. Модуль включает 8 каналов вывода с напряжением коммутации до 48 В, максимальный ток коммутации— 0,2 А. Максимальная частота коммутации

выходов— 10 кГц.

Модуль ввода число-импульсных сигналов подсчитывает количество входных импульсов по каждому из каналов ввода. Обращение к модулю может осуществляться по инициативе процессора и модуля. По инициативе процессора опрос может производиться в любое время счета импульсов. При опросе по инициативе модуля процессор ждет сигнала прерывания при переполнении одного из счетчиков. Счетчики сбрасываются программно или по сигналу сброса.

При наличии двух 8-разрядных счетчиков имеется возможность организации одного 16-разрядного счетчика при сохранении всех вышеуказанных функций. Максимальная частота входных сигналов— 20 кГц.

Назначение модуля вывода дискретных сигналов повышенной мощности СМ-1800.9701 — коммутация исполнительных цепей постоянного тока повышенной мощности. Используется для бесконтактного двухпозиционного управления исполнительными механизмами без применения промежуточных усилительных устройств. Входными сигналами модуля являются выходные сигналы модулей дискретного вывода. Схема модуля обеспечивает подавление выбросов Э.Д.С. самоиндукции при работе на нагрузку с индуктивной составляющей. Кроме того, осуществляется защита схемы модуля по каждому каналу от перегрузок по току и короткого замыкания. Защита автоматически восстанавливает работоспособность модуля при устранении перегрузки или короткого замыкания. Наличие оптронного гальванического разделения управляющих цепей от исполнительных (выходных) создает условия для широкого использования модуля.

Модуль имеет следующие технические характеристики:

управляющее напряжение—+24 В;

управляющий ток — 20 мА;

количество каналов — 4;

коммутируемое напряжение— +24 В;

максимальный коммутируемый ток — 3 А;

максимальная частота коммутации— 100 Гц.

Модуль управления цепями переменного тока повышенной мощности СМ-1800.9702 предназначен для коммутации исполнительных цепей переменного тока повышенной мощности. Применяется для бесконтактного управления исполнительными механизмами переменного тока без использования промежуточных усилительных устройств. Конструктивные особенности такие же, как у модуля вывода дискретных сигналов повышенной мощности.

Технические характеристики модуля:

коммутируемое напряжение — 24—220 В;

максимальный коммутируемый ток — 3 А;

допустимая величина помехи общего вида —500 В;

управляющее напряжение и ток — те же, что и для модуля 9701.

Создание подсистем аналогового ввода большой информационной мощности осуществляется с использованием следующей группы модулей:

ввода аналоговых сигналов МВВА-1;

коммутации аналоговых сигналов МКАС-1;

коммутации аналоговых сигналов МКАС-2;

нормализации аналоговых сигналов МНАС-1;

нормализации аналоговых сигналов МНАС-2;

изолированного источника питания МИП.

Применение указанного набора дает возможность построить широкий набор подсистем с учетом конкретных требований различных объектов автоматизации, включая: канальность, уровень действующих на объекте помех общего и нормального видов, вида входных сигналов, степени требуемой защиты от перенапряжений по входу и т. д.

Модуль ввода аналоговых сигналов МВВА-1 обеспечивает ввод и преобразование аналоговых сигналов в двоичный код в диапазонах—2,5 В ... 0... + 2,5 В и — 5 В... 0... + 5 В. Содержит встроенный однопроводный коммутатор аналоговых сигналов на 32 входа, размещающийся на отдельной печатной плате. При скорости преобразования 80 мкс имеет основную приведенную погрешность в диапазоне $\pm 2,5$ В — 0,4%, в диапазоне ± 5 В—0,25%. Коэффициент подавления помех общего вида — не менее 60 дБ.

Модуль коммутации аналоговых сигналов МКАС-1 осуществляет коммутацию 64 однопроводных

входов при времени переключения каналов 1 мкс.

Модуль коммутации аналоговых сигналов МКАС-2 имеет 16 двухпроводных каналов с временем переключения 100 мкс. Допускаемая величина помехи общего вида — 20 В.

Модули нормализации аналоговых сигналов МНАС (МНАС-1, МНАС-2) предназначены для преобразования токовых сигналов в напряжение, фильтрации помех промышленной частоты, защиты входных измерительных цепей от перенапряжения по входам и подсоединения проводов от датчиков. Эти модули включают 8 входных каналов, подавление помех нормального вида — 45 дБ. Отличие модификаций друг от друга состоит в том, что МНАС-1 имеет изолированные каналы, МНАС-2 — каналы с общим проводом.

Модуль изолированного питания обеспечивает питание АЦП, смонтирован на одной печатной плате и имеет следующие выходные уровни: +5 В×0,18 А; +15 В×0,06 А; —15 В×0,06 А.

Компоновка подсистемы имеет следующие особенности:

при использовании внутреннего коммутатора МВВА-1 и подключении одного модуля МИП получается подсистема аналогового ввода на 32 входа;

при применении того или другого модуля коммутации МКАС-1 или МКАС-2 вынимается плата внутреннего коммутатора МВВА-1 и устанавливается нужное количество плат МКАС-1 или МКАС-2 совместно с платой МИП. Количество МКАС не должно превышать 8 плат.

В данном варианте можно получить подсистемы на 256 однопроводных или на 128 двухпроводных каналов.

С целью расширения технических возможностей СМ-1803 и СМ-1804 и увеличения областей применения в составе указанных комплексов разработана группа модулей, осуществляющих ввод аналоговых сигналов низкого уровня — БВВНУ, и блок формирования поправки БФП. Указанные средства позволяют вводить аналоговые сигналы с термопар и термометров сопротивления и преобразовывать их в двоичный код.

БВВНУ состоит из одного блока элементов частотного ввода (БЭ ВЧ) и четырех блоков элементов аналогового ввода (БЭ ВВАН). БЭ ВВАН преобразует аналоговые сигналы от ТП и ТС в частотные сигналы. Каждый блок элементов содержит 4 независимых изолированных друг от друга преобразователя вместе с собственным преобразователем питания.

БЭ ВЧ преобразует частотные сигналы от четырех БЭ ВВАН в двоичный код для передачи последнего по интерфейсу И41 процессору. Количество каналов в БВВНУ—16. Каждый канал может быть перестроен потребителем или на заводе-изготовителе на различные поддиапазоны преобразования по напряжению или сопротивлению. Причем напряжение измеряется по двух- или трехпроводной системе, а сопротивление — по четырехпроводной системе.

Модуль по команде от ЭВМ может переключаться одновременно по всем 16 каналам в режим контроля аддитивной погрешности, которая в дальнейшем может учитываться программно при обработке результатов измерения.

Цифровой код результата преобразования имеет 11 двоичных разрядов. Основная погрешность, приведенная к конечному значению поддиапазона 16 мВ, не превышает 0,25%.

Время преобразования аналоговых сигналов в код в каждом канале — 40 мс. Поскольку аналоговые сигналы преобразуются в код во всех каналах параллельно, а информация считывается в цифровом виде за сотни микросекунд последовательно, то эффективная скорость опроса каналов составит 16 каналов за 40 мс или 400 каналов/с.

В БЭ ВЧ частотные сигналы преобразуются в двоичный код с изменением масштабирования по закону 1-3-3-1 (неравновесная цифровая фильтрация). При этом обеспечивается подавление сетевой помехи нормального вида на 60 дБ при расстройке частоты сети на ±2%.

Все каналы изолированы друг от друга и от земли микроЭВМ. Коэффициент подавления помех общего вида переменного тока частотой 50 Гц и амплитудой до 400 В — не менее 120 дБ, на постоянном токе—не менее 100 дБ.

Питание модуля БВВНУ осуществляется от источников 5 ±0,25 В при токе потребления не более 3 А и от источников + 12±0,12 В и минус 12±0,12 В при токе потребления не более 0,7 А. Конструктивно модуль выполнен на пяти платах Е2.

Блок формирования поправки измеряет величину температуры холодного спая термопар, которая передается в процессор для коррекции измерений по каждому каналу.

Развитие УСО СМ-1800 отражает прежде всего дальнейший процесс децентрализации контроля и управления при автоматизации технологических и производственных процессов. Этот процесс прежде

всего связан с развитием микропроцессорной техники и широким внедрением ее в аппаратуру УСО. Как следствие этого процесса, аппаратура УСО рассредоточивается территориально и выходит из зоны комфортных условий эксплуатации. Поэтому при создании УСО учитываются работоспособность их в условиях повышенного содержания пыли, расширенный диапазон температур, повышенный уровень вибраций и воздействия агрессивных сред. В свете данной проблемы завершена разработка и начато серийное производство специализированной микроЭВМ СМ-1804, предназначенной для работы в промышленных средах.

3.5

ИНТЕРФЕЙС ЛИНЕЙНОЙ СВЯЗИ С ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЙ ПЕРЕДАЧЕЙ ИНФОРМАЦИИ ИЛПС-2

Назначение. Интерфейс ИЛПС-2 предназначен для многоточечного режима работы в рассредоточенных автоматизированных системах управления технологическими процессами в условиях реального масштаба времени при последовательном (бит за битом) обмене данными между интеллектуальными терминалами УСО по магистральному каналу связи. Применение ИЛПС-2 целесообразно также в АСУ, основными функциями которых являются контроль и управление состоянием позиционного оборудования и различных систем диспетчеризации.

В условиях работы в реальном масштабе времени (быстро протекающих технологических процессов) требуются высокие скорости обмена данными.

К типичным передаваемым переменным относятся усредненные и обобщенные показатели процесса, коды состояния оборудования, аварийные извещения, уставки регуляторов, приказы переключения и т. п. При таких условиях однократный объем передачи, как правило, не превышает нескольких десятков байт.

Основные показатели системы:

конфигурация — открытое кольцо;

максимальное число станций — 63;

максимальное расстояние передачи—1—3 км, в зависимости от типа кабеля;

длина сообщения — 34 бит;

длина информационного поля сообщения— 16 бит;

скорость передачи — от 31,25 до 4000 Кбит/с;

действительная скорость передачи полезной информации —0,5— 50 Кбод, в зависимости от числа станций и нагрузки сети.

Интерфейс предусматривает соединение элементов сети по схеме разомкнутого кольца, т. е. возможность обмена между всеми элементами сети.

Структура организации связи. Станции имеют два режима работы:

активный — станция может обращаться к ресурсам сети по собственной инициативе;

пассивный — станция не может обращаться к линии по собственной инициативе, а выдает лишь сообщения, являющиеся ответными обращениями из активных станций.

Каждый процесс передачи начинается с цикла конфигурации, который запускается автоматически при включении питания диспетчера или по запросу оператора. Результатом данного цикла являются выдача оператору конфигурационной таблицы сети и переход диспетчера к циклам регулярного опроса станций.

Цикл опроса начинается выбором активной станции централью управления. Для этого централь посылает на выбираемую станцию управления рамку передачи, содержащую адрес и соответствующую команду. Активная станция управления выполняет координацию последующего обмена данными. При этом она вызывает те станции, в которые необходимо записать данные либо из которых необходимо считать их, а вызванные таким образом станции посылают активной управляющей станции ответ.

После завершения всех требуемых циклов передачи данных активная станция сообщает централи о конце передачи.

После сканирования всего списка имеющихся активных станций происходит переход в начало списка и начинается следующий цикл опроса.

Основные элементы сообщения. Длина всех сообщений фиксированная и составляет 34 бит, из этого программ доступны 25 бит, остальная часть обрабатывается только аппаратно.

Основные элементы сообщения следующие:

старт-бит;

целевой адрес станции для идентификации адресата сообщения. Обработке подвергаются только сообщения, адрес которых совпадает с адресом принимающей станции, заданным соответствующими ключами интерфейса;

функциональный код, определяющий тип сообщения и способ его обработки;

информационная часть, содержание которой зависит от типа сообщения. Может содержать адрес источника (для квитанции сообщения), адрес ОЗУ, данные и т. п.;

служебная информация, связанная с обеспечением защиты от ошибок, обрабатывается только аппаратурой.

Содержание информационного поля зависит от функции рамки передачи.

Для обнаружения ошибок используется циклический код ВСН 34, 26 с производящим полиномом. Физически интерфейс реализуется при помощи коаксиального кабеля или скрученного двухжильного провода. Заземление линии в какой-либо точке не допускается. Отсоединение станции от линии путем снятия вилки из розетки разъема не приводит к разрыву линии. Для передачи данных применяется двухфазная модуляция с фазоразностным кодированием.

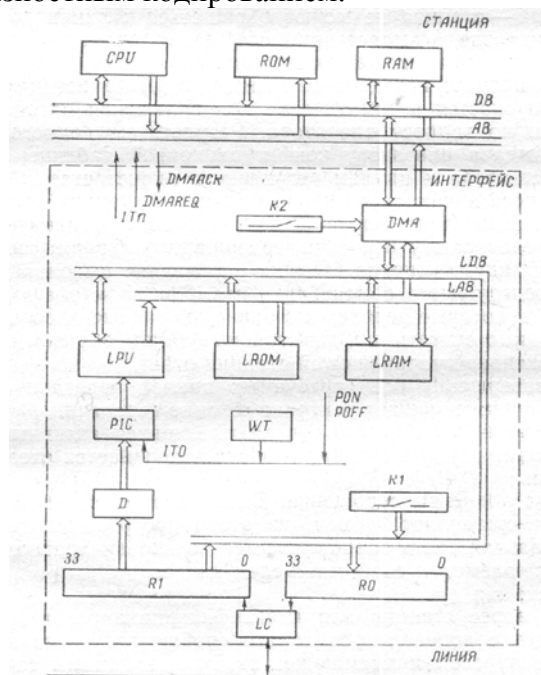


Рис. 3.5. Структура линейного интерфейса

Структура линейного интерфейса. Структурная схема линейного интерфейса показана на рис. 3.5, из которого видно, что интерфейс представляет собой специализированную микроЭВМ. Такую же структуру на уровне аппаратуры имеет диспетчер системы, отличающийся от линейного интерфейса только программным обеспечением. Схема включает следующие элементы: микропроцессоры K580; ПЗУ и ОЗУ объемом 1 Кбайт и 256 байт соответственно; адресные шины, 16 бит; шины данных, 8 бит.

Принимаемая последовательность сигналов передается через адаптер линии в приемный регистр R1. При этом аппаратурой проверяются форма единичных сигналов и контрольный полином сообщения. Одновременно сравнивается целевой адрес с заданным на первых шести ключах K1. В случае обнаружения ошибки действия интерфейса прекращаются и ответное сообщение не выдается.

Функциональный код передается на вход дешифратора D, выход которого подключен ко входу блока прерывания. Процессору LPU выдается сигнал прерывания, уровень которого определяется функциональным кодом. В результате этого запускается находящаяся в LROM соответствующая программа обработки сообщения, работа которой кончается формированием соответствующего ответного сообщения в передающем регистре R0. Это сообщение доформируется на аппаратном уровне старт-битом и контрольным полиномом (ВСН) и высылается через адаптер LC на линию в последовательном коде. Одновременно запускается контрольный таймер WT. Если при истечении периода таймера от линии не поступает следующее сообщение, таймер выдает через блок прерывания сигнал прерывания нулевого уровня. Это прерывание дает возможность для обработки ошибки повторять выдачу сообщения или же после определенного числа повторений извещать диспетчера системы об ошибке.

LRAM используется в виде рабочих ячеек программ, находящихся в LROM, и для хранения некоторых временных параметров. К этим данным относится считываемый с последних двух разрядов переключателей K1 приоритетный параметр, определяющий максимальный допустимый объем данных, записываемых или считываемых данной станцией за один сеанс обмена. Остальные разряды K1 определяют адрес станции.

Для передачи данных в RAM предусматривается буферная зона объемом 1 Кбайт, начиная с базисного адреса, определяемого при программировании станции.

Для обмена между периферийной частью и запоминающим устройством (RAM) станции используется канал прямого доступа DMA.

Программное обеспечение СМ ЭВМ представлено широким набором операционных систем и пакетов прикладных программ (ППП), обеспечивающих использование СМ ЭВМ в различных областях применения: автоматизация научных исследований; автоматизированные системы управления технологическими процессами; системы автоматизации проектирования; системы распределенной обработки данных и сети ЭВМ; информационно-справочные и информационно-измерительные системы; системы сбора, подготовки и обработки данных.

Структура программного обеспечения, разработанная в 1980— 1985 гг., представлена следующими разделами:

- операционные системы малых СМ ЭВМ (СМ-3, СМ-4, СМ-1420, СМ-1600, СМ-1300, СМ-1300.01);
- программное обеспечение систем телеобработки на базе малых СМ ЭВМ;
- системы организации и управления базами данных СМ ЭВМ;
- программное обеспечение микроЭВМ СМ-1800 и СМ-1810.

4.1

ОПЕРАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ СМ ЭВМ

В состав операционных систем СМ ЭВМ, разработанных в последнее время, входят:

1. Системы реального времени:
операционная система реального времени ОС РВ (3-я версия);
операционная система с разделением функций РАФОС (2-я версия);
малая исполнительная операционная система реального времени МИОС РВ.
2. Системы разделения временных ресурсов:
дисковая операционная система коллективного пользования ДОС КП;
диалоговая многотерминальная система ДИАМС (2-я версия)*;
инструментальная мобильная операционная система ИНМОС.
3. Тестовая диагностическая операционная система ТЕДОС.

4.1.1

Операционная система реального времени ОС РВ

Назначение и возможности. Операционная система ОС РВ используется в качестве базовой в различных системах реального времени, а также в качестве универсальной инструментальной многопользовательской системы для разработки и отладки программ.

Система характеризуется эффективным использованием ресурсов вычислительного комплекса, быстрой реакцией на события реального времени и обеспечивает следующие возможности:

- мультипрограммный режим выполнения задач в реальном времени;
- приоритетную диспетчеризацию задач и разделение ресурсов на основе приоритетов;
- управление файлами на различных магнитных накопителях;
- использование и поддержку широкого набора внешних устройств из номенклатуры СМ ЭВМ;
- многопользовательский режим работы с многих терминалов;
- включение в систему пользовательских драйверов для нестандартных внешних устройств;
- динамическое распределение и уплотнение памяти;
- динамическую загрузку задач с диска и выгрузку их на диск;
- работу с расширенной памятью объемом до 1920 Кслов.

Особенности системы. Система имеет широкий набор управляющих функций, большой выбор возможностей работы с оборудованием и с обслуживающими программами. В зависимости от требований к составу технических средств целевого комплекса и возможности системы могут

* В дальнейшем указанные операционные системы описываются без ссылок на номера версий.

генерироваться различные версии операционной системы.

ОС РВ обеспечивает преемственность характеристик и возможностей более ранних версий системы (ОС РВ, ОС РВ 2.0, ОС РВ 2.1). Вместе с этим ОС РВ имеет новые возможности для организации более эффективной работы:

- системные директивы для порождения задач;
- системные директивы, обеспечивающие возможность включения в систему пользовательских интерпретаторов командных строк;
- системные директивы управления групповыми флагами событий и асинхронными прерываниями;
- средства увеличения размера динамической памяти за счет использования механизма «район—окно» для отображения подпрограмм резидентной управляющей системы;
- средства консольного протоколирования;
- включение полнодуплексного драйвера терминалов;
- новые команды программы связи с оператором;
- расширение возможностей обслуживающих программ;
- новые средства проверки работоспособности оборудования и регистрации ошибок оборудования;
- средства резервирования дисков.

Единицей выполняемой работы в ОС РВ является задача, состоящая из одного или нескольких объектных модулей, скомпонованных строителем задач в единый загрузочный модуль-образ задачи. Каждая задача определяется характеристиками, задаваемыми при ее построении: привилегированностью, подчиненностью, выгружаемостью, приоритетом и др.

Управляющая программа распознает существование задачи после ее установки в системе. Процедура установки включает создание блока управления задачей в системном каталоге задач.

Установленная задача может быть в пассивном состоянии или в активном. В первом состоянии задача не имеет запроса на выполнение, во втором наоборот. Активная задача может быть в двух состояниях: готова к выполнению и блокирована. Готовые к выполнению задачи конкурируют между собой за процессор и память на основе приоритетов. Задача с высшим приоритетом получает процессор и становится текущей. Задача становится блокированной по причинам занятости необходимых ресурсов или синхронизации. Приоритет задачи определяется значением в пределах от 1 до 250.

Выгружаемость является средством, обеспечивающим для готовой к выполнению задачи, не находящейся в памяти, конкуренцию за процессор. Выгрузка менее приоритетной задачи может осуществляться как в файл образа задачи на диске, так и в системный файл выгрузки. Память в системном файле распределяется между задачами динамически.

Диспетчеризация задач осуществляется на основе их приоритетов в различных режимах: важное событие, круговая диспетчеризация, свопинг.

Важное событие определяет возможность управляющей программы для передиспетчеризации задач и связано с завершением ввода-вывода, завершением задачи, изменением порядка очереди активных задач, выполнением системных директив, порождающих важное событие, истечением интервала времени при круговой диспетчеризации.

Круговая диспетчеризация обеспечивает возможность циклического выполнения равноприоритетных задач, находящихся в памяти, при этом всем задачам выделяется равный квант времени.

Свопинг является механизмом, позволяющим задачам с равными приоритетами разделять физическую (оперативную) память. Это обеспечивается за счет назначения задаче динамического приоритета в момент ее активизации и последующего уменьшения этого приоритета в процессе ее выполнения. Если динамический приоритет текущей задачи становится меньше приоритета задачи, конкурирующей за память, управляющая программа выгружает текущую задачу и осуществляет передиспетчеризацию.

Распределение памяти. Задачи в системе выполняются в заранее определенных, непрерывных областях памяти, называемых разделами. Раздел характеризуется именем, типом, фиксированным базовым адресом и размером. Для выполнения задач существует два типа разделов: управляемые пользователем и системно-управляемые.

Раздел, управляемый пользователем, полностью монополизирован задачей, размещенной в нем. Для более эффективного использования памяти данный раздел может быть разбит на подразделы, число которых не должно превышать 7. Таким образом, в каждом разделе, управляемом пользователем, можно выполнять до 7 задач.

Системно-управляемый раздел может создаваться только в системах с диспетчером памяти (ДП). В этом типе разделов память распределяется управляющей программой динамически и число размещаемых задач ограничивается размером раздела.

Кроме рассмотренных существуют еще два типа разделов: COM, используемый для размещения разделяемых библиотек или общих областей данных, и DEV, обеспечивающий программам доступ к внешней странице.

Система ОС РВ может быть сгенерирована для выполнения на комплексах без аппаратуры диспетчера памяти (СМ-3, СМ-1300), а также на комплексах с диспетчером памяти (СМ-4, СМ-1420, СМ-1600, СМ-1300.01). В системе без ДП задача связывается с базовым адресом раздела, для которого она строится, и не может загружаться в раздел с другим базовым адресом. В системе с ДП задача строится с нулевого виртуального адреса и может перемещаться в памяти в любой раздел.

Виртуальное адресное пространство задачи ограничено архитектурой СМ ЭВМ размером 32 Кслов, логическое определяется общим размером физической памяти, к которой задача имеет непосредственный доступ. Если задача не использует директивы управления памятью, ее логическое и виртуальное адресные пространства совпадают. Директивы управления памятью позволяют динамически расширить логическое адресное пространство задачи за пределы 32 Кслов. Это достигается путем отображения виртуальных адресов задачи в различные области физической памяти. Таким способом обеспечивается также возможность информационного взаимодействия задач и создания резидентной библиотеки общих подпрограмм.

Размер памяти задачи может быть расширен более 32 Кслов за счет возможности построения задачи с перекрытиями. Задача с перекрытиями состоит из корневого сегмента, который постоянно находится в оперативной памяти, и сегментов перекрытий, загружаемых в память по мере необходимости. Сегменты перекрытий могут быть резидентными в памяти или на диске. Для первых разделяемым ресурсом является виртуальное адресное пространство, а для вторых — виртуальное и логическое адресные пространства.

Структура задач с перекрытиями обеспечивает такое уменьшение размеров физической памяти и виртуального адресного пространства, какое требуется для выполнения задач.

Файловая структура ОС РВ. Файловая структура представляет способ организации данных на томах. Томами с файловой структурой ОС РВ являются магнитные носители (диски или ленты), инициализированные по команде INI — программы связи с оператором. В результате инициации на томе создаются стандартные системные файлы: индексный файл, файл карты планирования дискового пространства, файл дефектных блоков, главный каталог файлов (MFD), системный файл выгрузки.

Главный каталог файлов содержит список всех каталогов файлов пользователей (UFD) и ссылки на блок заголовка каждого каталога UFD в индексном файле.

Каталоги UFD создаются по команде UFD программы связи с оператором и идентифицируются по кодам идентификации пользователей (UIC). Каждый каталог UFD включает список всех файлов данного пользователя и ссылки на блок заголовка каждого файла в индексном файле.

Основой файловой структуры ОС РВ является индексный файл, который содержит управляющую информацию о томе и блоки заголовков для всех файлов, находящихся на томе. Каждому файлу соответствует свой блок заголовка, содержащий информацию о файле, необходимую управляющей программе для доступа к нему.

Доступ к файлам осуществляется в соответствии с кодом защиты, связанным с файлом. Код защиты определяет режим доступа к файлу каждой категории пользователей. Возможны 4 режима доступа: чтение, запись, расширение, удаление. Категории пользователей определяются в соответствии с UIC: системные задачи и пользователи, имеющие привилегированный UIC (код группы не более 10); владелец файла и пользователи, которые работают под тем же UIC, что и владелец файла; задачи и пользователи, которые имеют тот же номер группы, что и владелец файла; все остальные задачи и пользователи.

Каждый файл в системе описывается его спецификацией, включающей: имя устройства, на котором находится том, содержащий файл; код идентификации пользователя (UIC), определяющий каталог (UFD), в котором находится запись о файле; имя файла; расширение, описывающее тип файла; номер версии файла.

ОС РВ имеет средства для преобразования файлов из формата ДОС СМ и РАФОС к файловой структуре ОС РВ и обратно.

Структура системы ввода-вывода. Система ввода-вывода ОС РВ имеет иерархическую структуру.

На верхнем уровне иерархии находится система управления файлами (FCS), являющаяся логическим уровнем ввода-вывода. Система управления файлами обеспечивает независимый от устройства доступ к внешним наборам данных (файлам). Система FCS — это набор подпрограмм, который компонуется с пользовательской программой при построении задачи. Обращение к подпрограммам FCS из программ на Макроассемблере реализуется с использованием системных макровыводов. Из программ на языках программирования высокого уровня обращение к FCS осуществляется неявно в результате компиляции операторов ввода-вывода.

Система FCS позволяет выполнять операции ввода-вывода, ориентированные на логические записи или виртуальные блоки. Кроме того, FCS выполняет дополнительные функции управления файлами — открытие, закрытие, расширение, удаление, защиту файлов от несанкционированного доступа. При работе с файлами на дисках и магнитных лентах FCS использует специальные системные привилегированные задачи — вспомогательные управляющие процессоры (ACP), которые обеспечивают поддержку файловой структуры на магнитных томах.

Система FCS обеспечивает два метода доступа к файлам: последовательный для всех устройств и прямой только для дисков. Пользовательская задача может обрабатывать файл в монопольном режиме или в режиме разделенного доступа совместно с другими задачами. Файлы могут состоять из логических записей переменной или фиксированной длины и обрабатываться в режиме пересылки или указания места.

Таблица 4.1

Перечень внешних устройств, поддерживаемых операционными системами

Наименование устройства	Шифр СМ ЭВМ	ОС РВ	ДОС КП	РАФОС	ДИАМС	ИНМОС
Устройство внешне памяти на кассетных магнитных дисках (2,5 Мбайта)	СМ-5402	+	+	+	+	+
Устройство внешней памяти на сменных магнитных дисках (29 Мбайт)	СМ-5407	+	+	+	+	+
Устройство внешней памяти на кассетных магнитных дисках (14 Мбайт)	СМ-5408	+	+	+	+	+
Устройство внешней памяти на ГМД	СМ-5603	+	+	+	+	+
Устройство внешней памяти на кассетных магнитных лентах	СМ-520	+	—	+	—	+
Устройство внешней памяти на магнитных лентах (с плотностью записи 32 бит/мм)	СМ-5301	+	+	+	+	+
Устройство внешней памяти на магнитных лентах (с плотностью записи 64 бит/мм)	СМ-5304	+	+	+	+	+
Видеотерминал алфавитно – цифровой	СМ-7205 СМ-7204 ВТА-2000-15	+	+	+	+	+
Устройство отображения графической информации	СМ-7300	+	—	+	—	—
Устройство ввода-вывода перфоленточное	СМ-6202	+	+	+	+	+
АЦПУ последовательного или параллельного типа	СМ-6307 СМ-6315	+	+	+	+	+
Устройство ввода с перфокарт	СМ-6101 СМ-6102	+	+	+	+	+
Контроллер межмашинной связи	К5 СМ	+	—	+	—	—
Адаптер дистанционной связи	СМ-8502	+	+	+	+	+
Синхронный адаптер дистанционной связи		+	+	—	—	—
Асинхронный мультимплексор	СМ-8514	+	+	+	+	—
Синхронно-асинхронный мультимплексор	СМ-8513	+	—	—	—	—

На физическом уровне ввод-вывод осуществляется с использованием системной директивы QIO. Физический уровень обеспечивает выполнение операций ввода-вывода и управления, зависящих и не зависящих от типа устройств, и позволяет использовать различные методы обработки ошибок и

синхронизации выполнения задачи. Непосредственное выполнение операций ввода-вывода с внешними устройствами осуществляется драйверами, которые являются программными компонентами управляющей программы. Система ОС РВ включает драйверы для стандартных внешних устройств (табл. 4.1). Обеспечивается возможность разработки драйверов для нестандартных устройств.

Необходимо отметить, что привилегированным задачам предоставляется возможность самим обрабатывать прерывания от внешних устройств, через подключение с помощью системной директивы к вектору прерывания. Кроме этого, привилегированная задача может иметь доступ к внешней странице памяти (т. е. к регистрам внешних устройств).

Использование пакета программ СУД (система управления данными), входящего в состав ОС РВ, расширяет возможности файловой системы для обработки файлов с последовательной, относительной и индексной организациями.

Программа связи с оператором. Интерфейс оператора с системой осуществляется через команды, вводимые с терминала и обрабатываемые программой связи с оператором (MCR), или интерпретатором командных строк (DCL).

Команды программы связи с оператором делятся на следующие группы: команды инициации; команды управления внешними устройствами; команды управления выполнением задач; информационные команды; команды эксплуатации системы; команды для обеспечения многопользовательской защиты; команды интерпретатора командных строк.

Все команды MCR разделяются на привилегированные и непривилегированные. Привилегированные команды существенно влияют на функционирование системы и поэтому могут быть введены только с привилегированного терминала. В системах с многопользовательской защитой статус привилегированности пользователя (терминала) определяется при его регистрации в системе. В системах без многопользовательской защиты статус терминала определяется при генерации системы и в последующем может быть изменен с привилегированного терминала с помощью команды MCR.

Многопользовательская защита устанавливается при генерации системы и обеспечивает контроль доступа пользователей к системе и защиту от несанкционированного доступа пользователей к файлам. В системе с многопользовательской защитой доступ пользователя к системе возможен только после регистрации его в системе.

Система дает возможность устанавливать терминал как подчиненный или присоединенный. Присоединение терминала обеспечивает монополизацию терминала за задачей до его отсоединения, при этом весь ввод-вывод с терминала направляется к присоединившей его задаче. Ввод-вывод с присоединенного терминала может быть прерван вводом управляющего символа CTRL/C.

Подчиненный терминал используется для обслуживания только запланированного задачами ввода-вывода и игнорирует любой незапланированный ввод.

Программа MCR с использованием процессора косвенных командных файлов может интерпретировать команды, полученные из косвенного командного файла. Косвенный командный файл может содержать как команды MCR, так и директивы непосредственно для процессора косвенных файлов.

Процессор косвенных командных файлов дает возможность пользователю определять логические, числовые и символьные переменные, которые можно использовать для управления выполнением командного файла. Переменные используются в директивах процессора косвенных командных файлов и в командах MCR.

Интерпретатор командных строк DCL является другим средством связи оператора с системой с использованием одноименного диалогового командного языка DCL. Преимуществом DCL по сравнению с MCR является более широкий набор команд и средств для управления выполнением задач в системе, простота в применении и гибкость командного языка.

Системные директивы. Данные директивы обеспечивают связь задач с управляющей программой. В программах на Макроассемблере системные директивы с точки зрения программной реализации представляют вызовы макрокоманд, расширяющихся через макроопределения из системной макробιβотеки. В программах на Фортране системные директивы представляют вызов подпрограмм из системной бιβотеки объектных модулей.

Системные директивы обеспечивают для задач выполнение следующих функций: получение информации о системных ресурсах и задачах; выполнение функций ввода-вывода; выполнение действий с адресным пространством задачи; измерение интервалов времени; приостановление и возобновление выполнения задачи; управление другими задачами и др.

Функционально-системные директивы разделяются на следующие группы: управления выполнением задач; управления состоянием задач; информационные; связанные с событиями; связанные с обработкой прерываний; ввода-вывода и межзадачных связей; управления памятью; порождения задач; предназначенные для интерпретаторов командных строк.

Системные обслуживающие программы. В соответствии с функциональным назначением системные обслуживающие программы можно разделить на следующие группы:

- программы работы с томами и файлами;
- программы редактирования и форматирования текстов;
- программа обслуживания библиотек;
- программы корректировки объектных модулей и образов задач.

Программы работы с томами и файлами включают:

- программу работы с файлами (PIP), обеспечивающую обслуживание файлов и каталогов (копирование, переименование, удаление, распечатку и др.);
- программу распечатки содержимого файлов и томов в различных форматах (DMP);
- программу преобразования файлов (FLX) для передачи файлов между томами с файловой структурой ОС PB, ДОС CM, ФОБОС, РАФОС;
- программу сравнения символьных файлов (CMP);
- программу копирования и уплотнения тома (DSC), обеспечивающую копирование дискового тома на магнитную ленту или другой диск с уплотнением файлов с целью устранения фрагментации свободного пространства;
- программу копирования и восстановления (BRU) для сохранения и восстановления томов, каталогов с файлами или отдельных файлов как смонтированных, так и немонтированных дисковых томов;
- программу форматирования дисков (FMT);
- программу проверки томов (BAD), позволяющую определить на дисковом томе дефектные блоки с целью дальнейшего их исключения из использования;
- программу сохранения томов (PRESRV), обеспечивающую сохранение и восстановление томов как с файловой структурой ОС PB, так и без учета файловой структуры;
- программу проверки файловой структуры (VFY) для проверки файловой структуры на диске с целью определения и идентификации некорректных файлов, потерянных и свободных блоков;
- программу управления магнитной лентой (MAG) для возможности задания на магнитной ленте атрибутов файлов без меток, а также позиционирования лент без меток и лент со стандартными метками. Программа обеспечивает перекодировку из кода ДКОИ во внутренний код CM ЭВМ.

Программы редактирования и форматирования текстов содержат:

- диалоговый строчный редактор символьных файлов (EDI);
- пакетный редактор (SLP);
- диалоговый экранный редактор текстовой документации (RETEX);
- программу форматирования текстов (DOC) для форматирования предварительно подготовленной текстовой документации;
- программируемый текстовый редактор (TECO);
- универсальный текстовый редактор (EDT), осуществляет работу в строковом и экранном режимах с возможностью использования функциональной клавиатуры.

Программа обслуживания библиотек (LBR) обеспечивает возможность создания и модификации библиотек макроопределений и объектных модулей, а также универсальных библиотек, содержащих однотипные модули произвольного вида.

Программы корректировки включают:

- программу корректировки объектных модулей (PAT);
- программу корректировки образов задач (ZAP), позволяющую вносить изменения в файл образа задачи на диске.

Средства обеспечения надежности функционирования комплекса. Надежность функционирования комплекса обеспечивают следующие программные средства ОС PB:

- 1) подсистема регистрации ошибок оборудования (ERRLOG), предназначенная для регистрации ошибок оборудования, обслуживаемого системой;
- 2) программа анализа аварийного состояния системы (CDA), используемая для обработки сохраненного аварийного состояния системы и отображения в удобном формате содержимого системных структур данных;

3) программа проверки функционирования оборудования (ПРОРАБ), осуществляющая проверку правильности выполнения операций ввода-вывода на магнитных накопителях как с файловой структурой ОС РВ, так и без нее;

4) подсистема проверки работоспособности оборудования (ЭКСПЕРТ), представляющая набор диагностических программ для проверки различных типов внешних устройств под управлением системы;

5) подсистема резервирования дисков выполняет записи данных на несколько однотипных накопителей, входящих в набор резервирования, что и обеспечивает повышение надежности записи данных;

6) задача управления динамической памятью системы, осуществляющая слежение за состоянием системной динамической памяти и в зависимости от объема свободной динамической памяти управление доступом к ней.

Системы программирования, средства создания и отладки задач. Система программирования ОС РВ включает следующие языки и трансляторы: Макро, Фортран-IV, Кобол, Паскаль, Бейсик, Бейсик-Р2. Образ задачи создается в системе построителем задач (ТКВ), который компонует (связывает) объектные модули, назначает адреса для образа задачи, создает структуры данных для задачи. Построитель задач содержит средства для создания задач с перекрытиями, резидентными на диске или в памяти. Эта возможность обеспечивает уменьшение объема физической или виртуальной памяти, требуемой задачами при их выполнении. Другой особенностью ТКВ является создание разделяемых библиотек или общих областей данных, которые могут совместно использоваться несколькими задачами. Благодаря этому достигается уменьшение требуемого объема памяти и информационное взаимодействие через разделяемую область данных между задачами.

При построении задачи на Макро в нее могут быть включены средства отладки: стандартный отладчик (ODT) или трассирующий отладчик (TRACE). Отладка программ на языках высокого уровня реализуется отладочными средствами соответствующих систем программирования.

Минимальный состав технических средств СМ ЭВМ (с диспетчером памяти) для эффективной работы ОС РВ должен включать: процессор; ОЗУ емкостью 64 Кслов; устройство внешней памяти на магнитных дисках типа СМ-5402 (2 накопителя СМ-5400) или СМ-5407 (1 накопитель), или СМ-5408 (1 накопитель); устройство внешней памяти на магнитной ленте; видеотерминал; АЦПУ.

4.1.2

Операционная система реального времени с разделением функций РАФОС

Назначение и основные возможности. Операционная система реального времени с разделением функций РАФОС предназначена для использования в различных системах управления технологическими процессами и научным экспериментом, где сочетается решение задач реального времени с многопользовательской работой в режиме разделения времени по подготовке программ. Система РАФОС обеспечивает функционирование в однопрограммном, двухпрограммном или мультипрограммном режимах.

РАФОС представляет собой базовую систему, ориентированную на использование в специализированных многопроцессорных комплексах, в состав которых, кроме основного процессора, могут входить несколько спецпроцессоров или микропроцессоров. Такие специализированные комплексы дают возможность существенно повысить производительность при решении специальных классов задач. Это достигается за счет разделения функций между различными процессорами, ориентации процессоров на выполнение специальных функций, параллельного функционирования всех процессоров комплекса.

РАФОС характеризуется повышенной реакцией на обработку прерываний по сравнению с другими операционными системами.

Подробное описание системы РАФОС приведено в [10], поэтому в настоящей главе рассматриваются только основные особенности системы.

Особенности системы. Ядром управляющей системы РАФОС является монитор, создаваемый в процессе генерации системы. Монитор осуществляет работу с таймером; организацию ввода-вывода; управление внешними устройствами; управление файлами; связь с оператором; диагностику ошибок и др.

Обеспечивается возможность включения в систему одного из следующих пяти типов мониторов:

исполняющего монитора реального времени (RM-монитор), являющегося полностью резидентным в оперативной памяти. RM-монитор используется для создания исполняющих систем, предназначенных для выполнения отложенных программ в комплексах с бездискковой конфигурацией;

однозадачного монитора реального времени (SI-монитор), служащего расширением RM-монитора за счет включения многотерминального драйвера, обеспечивающего возможность одной программе обслуживать несколько терминалов;

фоновоперативного монитора реального времени (FB-монитор), управляющего выполнением до 8 задач на комплексах с объемом памяти до 56 Кбайт (т. е. без использования диспетчера памяти). Распределение времени процессора и ресурсов системы осуществляется на основе приоритетов задач;

Таблица 4.2

Сравнительные характеристики мониторов

Характеристики	Мониторы				
	RM	SI	FB	XM	TS
Реальное время	+	+	+	+	+
Разделение времени	—	—	—	—	+
Максимальное число задач	1	1	8	8	30
Число пользователей	1	1	1	1	16
Максимальное число терминалов	16	16	16	16	16
Объем ОЗУ (Кбайт мин/макс),	8/56	16/56	32/56	64/248	96/248
Объем резидентной части монитора, Кбайт	3	4	8	14	48

монитора управления памятью до 248 Кбайт (XM-монитор), являющегося расширением FB-монитора для работы на комплексах с диспетчером памяти. Для программ большого объема имеется возможность их создания со структурой перекрытий;

многопользовательского монитора разделения времени (TS-монитор), используемого в комплексах с объемом памяти от 96 до 248 Кбайт. TS-монитор управляет выполнением до 30 задач и предназначен для обслуживания нескольких пользователей в режиме разделения времени. По сравнению с другими мониторами TS-монитор обеспечивает дополнительные возможности: разделяемые файлы; межзадачный обмен сообщениями; авторизацию доступа и учет используемых ресурсов системы; командные файлы с параметрами и др.

В табл. 4.2 приведены сравнительные характеристики мониторов.

РАФОС-2 имеет следующие особенности по сравнению с предыдущей версией системы:

включены два дополнительных монитора (RM-монитор и TS-монитор);

расширены возможности системы за счет включения новых команд монитора и системных программ;

расширены возможности системных программ (DOC, DUP, LINK, FILEX, LIBR, PIP и др.);

расширен набор макрокоманд общего назначения и включены макрокоманды для написания драйверов;

включены средства защиты файлов.

Командные интерфейсы. Доступ к системным ресурсам осуществляется через следующий набор командных интерфейсов: команды монитора; интерпретатор командной строки; язык управления пакетом; системные макрокоманды.

Команды монитора являются средством связи оператора с системой и выполняют следующие функции: загрузку программ и запуск их на выполнение; назначение физическим устройством логических имен; отображение информации о состоянии системы; форматирование текстовой документации и др.

Группы команд, обычно часто используемые, могут объединяться в командные файлы, запускаемые на выполнение с помощью специальной команды монитора. Допускается применение вложенных командных файлов, т. е. когда из одного командного файла можно вызывать другой.

Интерпретатор командной строки (CSI) предназначен для управления работой большинства системных программ и по сравнению с командами монитора является интерфейсом более низкого уровня. Многие команды монитора реализуются через последовательность более простых команд загрузки системных программ и команд формата CSI.

Язык управления пакетом обеспечивает возможность создания пакетных заданий, размещаемых в

виде файлов на магнитных дисках и лентах или на перфокартах и перфоленте. Пакетные задания управляют режимом пакетной обработки. Система пакетной обработки содержит средства, позволяющие передавать управление из одного пакета другому, вызывать во время выполнения пакетного задания другое задание и др.

Системные макрокоманды осуществляют интерфейс между программами пользователя на Макроассемблере и системой. В программах на языках высокого уровня доступ к системным ресурсам обеспечивается через вызовы подпрограмм, содержащихся в системной библиотеке.

Для удобства написания драйверов внешних устройств в состав системы включен набор специальных макрокоманд, используемых для построения системных таблиц,

Файловая система. В состав мониторов РАФОС входят программные средства организации файлов на магнитных дисках и лентах.

Для устройств с прямым доступом допускается организация как простых, так и иерархических файловых структур. Все файлы являются непрерывными, т. е. занимают смежные блоки, что обеспечивает быстрый доступ к данным. В простейшем случае файловая структура имеет один каталог, содержащий управляющую информацию о размещенных на томе файлах (имя, тип файла, размещение на томе и др.).

В целях защиты файлов от несанкционированного доступа используется иерархическая файловая структура. В этом случае выделяемая каждому пользователю некоторая непрерывная область на томе рассматривается, как самостоятельный том, содержащий свой каталог файлов.

Особенностью системы РАФОС является наличие встроенных средств защиты файлов. Установка и снятие защиты файлов осуществляются командой монитора.

В состав РАФОС включены программные средства для работы с разделяемыми файлами (только для TS-монитора). Эти средства обеспечивают монополизацию (блокировку) одного или нескольких блоков разделяемого файла за программой, исключая возможность обращения к этим блокам других программ. Возможна монополизация всего файла.

TS-монитор содержит средства кэширования блоков данных для разделяемых файлов и каталогов, что ускоряет операции обмена с файлами.

Системные программы. Системные программы, входящие в состав РАФОС, выполняют широкий набор функций по обслуживанию системы: работу с файлами; обслуживание устройств; коррекцию объектных и загрузочных файлов; управление спулингом; подготовку, редактирование и отладку программ; форматирование текстов; регистрацию системных ошибок и до.

К системным программам относится интерактивный макропроцессор ПАГЕН, представляющий собой интерпретатор для работы с текстовыми файлами. ПАГЕН может применяться в качестве предпроцессора для систем программирования с различных языков. В системе программа ПАГЕН используется при генерации мониторов и драйверов, библиотек, трансляторов и пакетов прикладных программ.

Системы программирования. В состав РАФОС включены следующие системы программирования — Макроассемблер, Фортран, Бейсик, Паскаль, Кобол и дополнительно — система имитационного моделирования (СИМФОР) непрерывных, дискретных и непрерывно-дискретных процессов. Система СИМФОР имеет развитые средства обработки статистической информации и ее распечатки в виде таблиц, графиков, гистограмм.

Генерация системы. Программное обеспечение системы РАФОС поставляется на магнитных лентах и включает базовую систему с SI-монитором и набор системных программ. Генерация системы осуществляется в несколько этапов: генерация управляющей системы; генерация дополнительных компонентов системы.

Генерация управляющей системы является длительной процедурой и не всегда обязательна. Необходимо учитывать, что включение в систему нового драйвера не требует регенерации системы. Настройка компонентов системы осуществляется без ее регенерации, путем корректировки отдельных параметров и характеристик программных компонентов. Настройка может быть использована для некоторых системных программ и библиотек и может происходить в любой последовательности.

Перечень внешних устройств, поддерживаемых системой РАФОС, приведен в табл. 4.1.

Малая исполнительная операционная система реального времени (МИОС РВ)

МИОС РВ (малая исполнительная операционная система реального времени) — резидентная в оперативной памяти версия операционной системы реального времени. Обе системы совместимы как внутренне, так и на пользовательском уровне и поддерживают идентичный интерфейс ввода-вывода. Драйверы, написанные для одной системы, могут выполняться и в другой без каких-либо изменений. ОС РВ является инструментальной системой, на которой отлаживаются пользовательские задачи для последующей работы в среде МИОС РВ. Малая исполнительная система реального времени не поддерживает возможности файловой системы ОС РВ и загрузку задач с диска без использования сетевых средств.

Основной целью МИОС РВ является обеспечение работы бездисковых, возможно встроенных, СМ ЭВМ (СМ-1300, СМ-1300.01, СМ-1420 и т. д.) в реальном времени. Эта система совместно с сетевым программным обеспечением СМ ЭВМ может найти широкое применение в гибких автоматизированных производствах и в системах автоматизации различного класса.

Перенос задачи из ОС РВ в МИОС РВ. Задачи, написанные на Макроассемблере или на языках высокого уровня, транслируются и строятся в среде ОС РВ. Построенные в ОС РВ задачи могут быть установлены и фиксированы в образе системы МИОС РВ до ее загрузки либо загружены в память работающей системы.

Для установки и фиксации в образе системы МИОС РВ используется виртуальная программа связи с оператором VMР в ОС

РВ. Для загрузки задач в МИОС РВ файл образа задачи должен быть записан в ОС РВ на промежуточный носитель программой FLX и считан с него в МИОС РВ программой OTL. Если ЭВМ с МИОС РВ является сателлитным узлом однородной сети СМ ЭВМ со сгенерированным пакетом СЕТЬ МИКРО, то задачи в нее могут телезагружаться по линии связи из ЭВМ с ОС РВ программным обеспечением, поддерживающим однородные сети СМ ЭВМ.

Программная структура МИОС РВ. Базовое программное обеспечение МИОС РВ включает:

- управляющую программу;
- драйверы, входящие в ОС РВ;
- программу связи с оператором BASMCR;
- загрузчик задач OTL;
- задачу сохранения образа системы SIP;
- задачу вывода сообщений об аварийном завершении задач и неготовности устройств;
- задачу вывода состояния системы RSD;
- базовую систему управления вводом-выводом.

Возможности управляющей программы МИОС РВ выбираются при генерации, и так как она создается из того же дистрибутивного носителя, что и управляющая программа ОС РВ, то ее функции совпадают с функциями управляющей программы ОС РВ. Однако нужно учитывать, что МИОС РВ не поддерживает файловую систему, нерезидентные задачи, загрузку (выгрузку) задач с диска, поэтому возможности, связанные с перечисленными функциями в управляющей программе МИОС РВ, использоваться не могут.

Программа связи с оператором BASMCR МИОС РВ обеспечивает интерфейс пользователя с системой. Для ее включения в систему необходимо, чтобы МИОС РВ поддерживала хотя бы один терминал и соответственно терминальный драйвер. BASMCR служит для управления выполнением задач с помощью набора команд, являющегося подмножеством набора команд MCR ОС РВ.

Системный загрузчик задач OTL загружает с внешних носителей (перфоленты, гибкого диска, кассетного диска, кассетной ленты, магнитной ленты), устанавливает и фиксирует в памяти задачи, подготовленные в ОС РВ, после чего задачи могут быть запущены.

Задача сохранения образа системы SIP сохраняет образ МИОС РВ на устройстве, с которого система потом может быть загружена в память. SIP может записывать сохраняемую систему на перфоленту, кассетную ленту, магнитную ленту, гибкий диск. После запуска программы SIP, в ответ на ее подсказку пользователь вводит имя и номер устройства, на котором сохраняется система, а также для всех устройств, кроме перфоленты, метку тома (не более двенадцати символов). Перфолента создается задачей SIP в абсолютном формате, все другие носители создаются в формате логической ленты.

Задача TKTN распечатывает сообщения и дополнительную информацию об аварийном завершении

задач и неготовности устройств.

Задача вывода состояния системы RSD отображает на терминал информацию об активности задач и состоянии системы МИОС РВ. RSD выводит на терминал следующую информацию:

- текущую дату и время;
- имя текущей активной задачи;
- информацию о всех задачах, загруженных драйверах и общих блоках, находящихся в текущий момент в памяти. Эта информация выводится в виде диаграммы с распределением памяти для каждой задачи;
- количество активных задач и объем памяти, занимаемый каждой задачей;
- текущий размер доступной системной динамической памяти;
- информацию о состоянии разделов.

Базовая система управления вводом-выводом является подмножеством системы управления файлами FCS ОС РВ. Система управления вводом-выводом МИОС РВ не допускает использования устройств с каталоговой организацией и не выполняет операций ввода-вывода с записями файла прямого доступа. Базовая система управления вводом-выводом использует те же самые концепции и те же самые пользовательские структуры данных, что и при управлении вводом-выводом в ОС РВ для операций, ориентированных на записи.

4.1.4

Диалоговая многотерминальная система ДИАМС

Назначение и особенности системы. Диалоговая многотерминальная система ДИАМС ориентирована на создание и ведение баз данных большого объема и решение информационно-логических задач. Система ДИАМС предназначена для использования в распределенных автоматизированных системах управления, информационно-справочных системах, системах управления делопроизводством и других, связанных со сбором, хранением и обработкой данных в режиме коллективного доступа к базам данных пользователей.

Основой системы является диалоговый язык высокого уровня интерпретирующего типа ДИАМС, ориентированный на обработку строковых данных переменной длины. Язык предназначен для решения информационных задач и включает средства создания и ведения баз данных.

Система ДИАМС предоставляет пользователям широкий набор возможностей:

- многопрограммный режим выполнения задач;
- работу в диалоговом и программном режимах;
- создание и ведение баз данных иерархической древовидной структуры;
- одновременный доступ к базе данных до 80 пользователей с различных терминалов, в том числе и удаленных;
- авторизацию доступа и защиту программ и данных;
- взаимодействие между задачами;
- организацию распределенных баз данных на многомашинных комплексах.

По сравнению с первой версией системы ДИАМС обеспечивает следующие дополнительные возможности:

- временное хранение данных на диске с последующим их выводом на требуемые внешние устройства (спулинг);
- ведение системного журнала;
- использование оперативной памяти объема до 512 Кбайт;
- возможность динамического изменения приоритетов исполняемых задач;
- подключение к системе до 96 терминалов;
- поддержку дополнительных технических средств.

ДИАМС является системой полностью резидентной в оперативной памяти и в зависимости от выбранных при генерации функциональных возможностей и конфигурации технических средств занимает от 20 до 27,5 Кслов. Оставшаяся память на этапе генерации распределяется под разделы пользователей и системные буферы. В системе может быть создано до 63 разделов, размер каждого из них не может превышать 8 Кслов. В разделе находятся выполняемая программа пользователя, локальные данные и данные связи с системой. При регистрации пользователя его терминалу назначается свободный раздел. Системные буферы используются для обмена с внешними

устройствами, включая накопители на магнитных дисках (НМД) и лентах (НМЛ).

ДИАМС состоит из управляющей системы и библиотеки системных и прикладных программ. Управляющая система включает диспетчер разделения времени, монитор ввода-вывода, супервизор базы данных, интерпретатор.

Интерпретатор команд. Интерпретатор команд обеспечивает два режима работы: диалоговый и программный. В диалоговом режиме пользователь имеет возможность немедленного исполнения команд, вводимых с терминала, а также создания и модификации программы. Программный режим служит для выполнения программ.

Режим работы определяется при регистрации пользователя в системе. Возможен переход из диалогового режима в программный для выполнения созданной или модифицированной программы.

Интерпретация программы осуществляется покомандно в один проход. При этом выполняются лексический и синтаксический анализы текста, вычисление выражений, выполнение необходимых действий.

Для выполнения операций обмена с базой данных или с внешними устройствами интерпретатор формирует запросы соответственно к супервизору базы данных или монитору ввода-вывода. Высокая скорость интерпретации достигается за счет проведения синтаксического анализа прямым методом. Интерпретатор реализован на языке Ассемблера.

Многопользовательский режим работы в системе обеспечивается одной копией интерпретатора, постоянно находящейся в памяти. Это достигается за счет реализации интерпретатора как частично реентерабельного, т. е. с возможностью переключаться на обслуживание другого пользователя в определенные моменты времени. В эти моменты интерпретатор выдает запрос диспетчеру разделения времени на возможность переключения к обслуживанию другого пользователя.

Диспетчер разделения времени. Диспетчер разделения времени распределяет время между активными заданиями, обеспечивая тем самым мультипрограммный режим работы пользователей с динамическим назначением разделов. Разделение времени между заданиями осуществляется на основе их приоритетов.

Задание, готовое к выполнению, устанавливается в очередь ожидания обслуживания высшего приоритета. При достижении начала этой очереди задание переводится в очередь выполнения и будет активным в течение заданного кванта времени или до тех пор, пока в системе не появится более приоритетное задание: задание, связанное с ожиданием завершения обмена с диском; задание, ожидающее освобождения диска; системное задание вывода (спулинг). Указанные причины связаны с приостановом текущего задания и размещением его в одну из очередей ожидания в зависимости от числа выполненных команд программы на языке ДИАМС. Если число выполненных команд меньше нижнего порога (20), задание помещается в очередь ожидания высшего приоритета, при числе выполненных команд от 20 до 4116 — в очередь ожидания среднего приоритета, а при числе выполненных команд больше верхнего порога (4116)—в очередь ожидания низшего приоритета. В системе существуют также и другие очереди ожидания, упорядоченные в соответствии с назначенными им приоритетами: очереди коротких заданий; очереди обслуживания заданий с пониженным приоритетом; очереди, связанные с ожиданием различных общих ресурсов, и др. Текущее задание на выполнение выбирается путем просмотра очередей в соответствии с понижением их приоритетов. Заданиям, выбираемым из очереди коротких заданий, выделяется единичный квант времени процессора, а всем остальным заданиям — двойной квант времени. Время работы корректировщика глобальной структуры и системного задания вывода не ограничено.

Диспетчер разделения времени выполняет также некоторые дополнительные системные функции: переключение режимов ядра и пользователя, распределение разделов, инициирование системы, обработку аппаратных ошибок и др.

Организация ввода-вывода. Операции обмена с внешними устройствами осуществляются монитором ввода-вывода на логическом и физическом уровнях.

На логическом уровне реализуется передача данных между буфером, выделяемым каждому устройству, и разделом пользователя.

На физическом уровне с использованием программ-драйверов устройств осуществляется передача данных между буфером и устройством. Каждый драйвер ориентирован на конкретный тип устройства и способ его подключения. На логическом уровне общая для всех терминалов программа логического ввода-вывода обеспечивает независимость программ на языке ДИАМС от типов используемых терминалов и способов их подключения.

Супервизор базы данных. Супервизор базы данных обеспечивает отображение логической структуры данных пользователя на физическую среду хранения, осуществляет управление внешней памятью на дисках и символическое обращение к данным.

Для хранения данных система может использовать до восьми НМД одного из трех типов: СМ-5400, СМ-5407, СМ-5408. Независимо от типа и количества НМД вся внешняя память представляется как единая среда хранения. Супервизор базы данных при этом обеспечивает автоматический переход от одного накопителя к другому по мере их заполнения и полную независимость между логической структурой данных пользователя и ее физической организацией.

Обращение к внешним устройствам из программ осуществляется с применением идентифицирующих номеров, закрепляемых за каждым устройством независимо от конфигурации комплекса. Кроме номеров стандартных внешних устройств, в системе используются номера виртуальных устройств, предназначенных для информационного взаимодействия задач через оперативную память, для синхронизации взаимодействия задач, для организации системы прямого последовательного доступа (СПД). СПД обеспечивает пользователям возможность доступа к диску как к последовательному устройству ввода-вывода. За счет этого достигается возможность создания и работы с любой файловой структурой, отличной от ДИАМС.

Система имеет средства для разделения НМД между пользователями, обеспечивая тем самым защиту данных от несанкционированного доступа.

База данных имеет иерархическую древовидную структуру. Обращение к данным производится символически с использованием глобальных переменных языка ДИАМС. Супервизор базы данных интерпретирует символические обращения в последовательность команд ввода-вывода к внешней памяти на дисках. Все операции ввода-вывода с дисками осуществляются через буферные области памяти в ОЗУ размером до 55 блоков по 512 слов. Часто применяемые блоки остаются в памяти, уменьшая число возможных обращений к диску.

Входной язык системы ДИАМС. Язык ДИАМС ориентирован на обработку строковых данных переменной длины и имеет широкий набор средств обработки текстовой информации, редактирования и отладки программ.

Основным типом данных в системе являются строки длиной до 255 символов. Строка служит последовательностью основных символов языка и завершается кодом возврата каретки.

Программа на языке ДИАМС представляет последовательность строк, состоящих из одной или более команд, обрабатываемых интерпретатором в программном или диалоговом режиме. В одной строке может быть задано несколько команд. Все команды языка ДИАМС разделяются на несколько функциональных групп: команды создания и уничтожения переменных; команды управления выполнением программ; команды ввода-вывода; команды отладки, редактирования и защиты данных.

Наиболее часто используемые процедуры обработки данных реализованы в языке ДИАМС как встроенные функции.

Существует два типа функций — строковые и числовые, т. е. связанные соответственно с обработкой строковых данных и численных величин. Вызов функций производится по их идентификаторам с указанием списка фактических параметров.

Для выполнения различных арифметических и логических действий в языке ДИАМС определен широкий набор операций — арифметических, строковых, логических и строковых операций отношения для сравнения числовых или символьных данных.

Библиотека прикладных программ. Прикладные программы являются составной частью системы ДИАМС и обеспечивают пользователей эффективным средством управления и обслуживания системы. Прикладные программы написаны на языке ДИАМС и состоят из двух групп: системные и библиотечные.

Системные прикладные программы используются администратором системы и выполняют следующие функции: инициацию системы, изменение системных параметров отображение информации о состоянии системы, сбор статистики об ошибках системы и др.

Функционально системные прикладные программы разделяются на группы: общего назначения, подготовки и выдачи отчетов, управления областью СПД, управления спулингом, инициирования системы.

Библиотечные прикладные программы предоставляют пользователям различные сервисные средства и функционально разделяются на следующие группы: работы с файлами, программами и устройствами системы; анализа работы системы; преобразования систем счисления и программы общего назначения.

Процедура построения системы ДИАМС для требуемой конфигурации технических средств и выбранных функциональных возможностей включает два этапа: построение базовой системы и генерация многопользовательской системы.

Базовая является однопользовательской системой с минимальными возможностями, обеспечивающей генерацию целевой системы. Построение базовой системы осуществляется под управлением операционной системы РАФОС из набора объектных модулей. Объектные модули включают компоненты системы и модули, необходимые для целевой системы.

На втором этапе генерации в интерактивном режиме выполняется настройка базовой системы под конкретную конфигурацию и возможности целевой системы.

Минимальный состав технических средств для работы системы ДИАМС включает: процессор (СМ-4, СМ-1600, СМ-1420); оперативную память объемом 32 Кслов; один накопитель на магнитном диске; один терминал.

4.1.5

Дисковая операционная система коллективного пользования

Назначение и особенности. Дисковая операционная система коллективного пользования (ДОС КП) предназначена для обслуживания пользователей в режиме разделения времени [37]. Она обеспечивает следующие возможности:

- одновременное обслуживание большого числа пользователей в режиме разделения времени с требуемой реакцией системы на запросы;

- развитые средства для подготовки и отладки программ, а также для подготовки текстовой документации;

- работу пользователей с базами данных;

- защиту системных средств от несанкционированного доступа пользователей;

- выполнение в режиме эмуляции программ, подготовленных для выполнения в операционных системах ОС РВ и РАФОС.

Применение ДОС КП целесообразно в следующих областях:

- системах организационного управления;

- информационно-справочных системах;

- вычислительных системах коллективного пользования для решения экономических и научно-технических задач;

- системах обучения;

- инструментально-технологических системах подготовки программ и текстовой документации.

Единицей работы в системе ДОС КП является задание, которое тесно связано с терминалом пользователя и устанавливается в системе после регистрации пользователя. Каждое задание идентифицируется учетным номером, определяемым при регистрации пользователя в системе. В соответствии с учетным номером пользователя и соответствующие им задания определяются как привилегированные и непривилегированные в смысле их доступа к системным ресурсам; задание существует в системе до выхода из нее пользователя, который инициировал задание.

Системные ресурсы (процессорное время и память) распределяются между заданиями на основе их приоритетов и характера выполняемой работы. Каждому заданию выделяется квант времени, по истечении которого выполнение текущего задания приостанавливается и управление передается другому заданию с наивысшим приоритетом. Конкуренция заданий за память осуществляется на основе временной выгрузки программ на диск.

Кроме указанных возможностей, управляющая система ДОС КП обеспечивает: обработку и регистрацию ошибок системы и оборудования; управление вводом-выводом; управление спулингом; управление файловой структурой; установку и изменение характеристик системы; анализ работы пользователей; ведение архива носителей и файлов; инициацию и завершение работы системы; обработку прерываний.

Файловая структура ДОС КП. Данная структура организована в виде иерархической структуры, аналогичной файловой структуре ОС РВ. Файловая структура на диске создается с помощью программы инициации тома DSKINT. Создание файловой структуры связано с построением специальных системных файлов: главного каталога файлов (MFD); каталогов файлов пользователя (UFD).

Каталог MFD содержит информацию о каталогах UFD, каталоги UFD — информацию о системных и пользовательских файлах. Каждый каталог идентифицируется учетным номером, каждому файлу при создании ставится в соответствие код защиты, определяющий возможность доступа к нему различных категорий пользователей: индивидуального пользователя (владельца файла); группы пользователей; всех пользователей (файлы, общего назначения).

В спецификации файла, кроме имени устройства, учетного номера владельца файла, имени и типа файла, задаются код защиты файла и ключи. Код защиты определяет полномочия пользователей для доступа к файлу в режимах чтения, обновления и выполнения. Ключи спецификации файла задают размер файла или кластера файла, размещение файла, а также возможность открытия файла только для чтения.

В целях оптимизации размещения дисковых файлов в системе имеется возможность распределения дискового пространства для файлов кластерами. Кластер определяется как фиксированная последовательность смежных блоков. Кластеры, выделенные для каждого файла, могут быть не смежными, т. е. не примыкать друг к другу. Размер кластера может устанавливаться администратором системы для типов дисков, отдельных учетных номеров или отдельных файлов.

Управление данными в ДОС КП обеспечивается системой управления данными (СУД). СУД дает возможность использовать последовательный, относительный и индексный способы организации файлов. Доступ к данным в программах пользователя осуществляется набором макрокоманд управления файлами и обработки записей.

Управление вводом-выводом. В системе предусматривается возможность организации ввода-вывода в синхронном и асинхронном режимах. Синхронный режим связан с приостановом выполнения программы до завершения операций ввода-вывода, асинхронный режим обеспечивает возможность совмещения операций ввода-вывода с выполнением программы.

Пакетная обработка заданий реализуется процессором пакетной обработки BATCH. Пакетные задания оформляются в виде командных файлов и запускаются с терминалов, после чего терминалы могут использоваться для запуска других заданий. Командные файлы BATCH состоят из операторов процессора пакетной обработки, в состав которых входят: операторы вызова системных программ, операторы монтирования и демонтирования устройств, операторы удаления, копирования, создания и вывода файлов, операторы начала и конца данных и др.

Особенности работы с терминалами. ДОС КП поддерживает одновременную работу до 127 терминалов, подключаемых непосредственно к общей шине или через телекоммуникационную аппаратуру (адаптеры и мультиплексоры). Характеристики терминалов устанавливаются при генерации системы и могут изменяться в процессе ее работы.

В системе предусмотрена возможность работы одной программы одновременно с несколькими терминалами по одному каналу ввода-вывода. При этом один терминал является главным, а остальные подчиненными. Главный терминал, кроме операций ввода-вывода, может выполнять управляющие функции открытия и закрытия канала.

Для ввода и корректировки документов, представляемых в виде формуляров, предусмотрен блочный режим терминального обслуживания. В этом режиме обеспечивается ввод содержимого всего экрана, а не последнего сообщения.

Запуск заданий в режиме пакетной обработки осуществляется с псевдотерминала, не связанного с конкретным физическим устройством.

Исполняющие подсистемы. Исполняющие подсистемы в ДОС КП являются интерфейсом между программами пользователей или оператором и монитором системы. Они выполняют функции программных эмуляторов, через которые вводятся команды оператора и осуществляется обработка запросов к системным ресурсам.

Основными исполняющими подсистемами в ДОС КП являются: программа-эмулятор языка Бейсик-Р; программа-эмулятор ОС PB; программа-эмулятор РАФОС. Система предоставляет средства для создания пользовательских программ-эмуляторов, обеспечивающих выполнение программ с наибольшей эффективностью.

Эмулятор языка Бейсик-Р (BASIC.RTS) осуществляет обработку команд, связанных с выполнением программ на языке Бейсик-Р. Кроме того, эмулятор является интерпретатором языка Бейсик-Р и связан с рядом программ для работы с этим языком (редактором, отладчиком и др.).

Эмулятор ОС PB (ORV.RTS) обеспечивает программный интерфейс между программами в формате ОС PB и монитором ДОС КП. Через этот эмулятор реализуется обработка системных директив ОС PB,

макрокоманд; соответствующих системным функциям языка Бейсик-Р, а также загрузка и выполнение программ ОС РВ (трансляторов, построителя задач, библиотекаря). Эмулятор ОС РВ требуется для работы системы управления данными и ряда системных программ.

Подготовка программ ОС РВ осуществляется с использованием следующих программ, входящих в подсистему подготовки программ ОС РВ: программы-отладчика (ODT); построителя задач (ТКВ); программы-библиотекаря (LBR); программы корректировки объектных модулей (РАТ). Возможности этих программ соответствуют возможностям одноименных программ в операционной системе ОС РВ.

Эмулятор РАФОС RFS.RTS является программным интерфейсом между монитором ДОС КП и программами в формате РАФОС. Через данный эмулятор обрабатываются макрокоманды, используемые в системе РАФОС под управлением SI-монитора, а также макрокоманды, соответствующие системным функциям языка Бейсик-Р. Эмулятор обеспечивает интерпретацию отдельных команд оператора системы РАФОС, а также загрузку и выполнение программ РАФОС и используется для генерации ДОС КП.

Подсистема подготовки программ для РАФОС включает следующие программы, по возможностям соответствующие одноименным программам в РАФОС: программу-компоновщик объектных модулей (LINK); программу-отладчик (ODT); программу-библиотекарь (LIBR); программы корректировки объектных модулей (РАТ) и загрузочных программ (PATCH).

Команды оператора. Связь оператора с системой осуществляется через команды оператора, которые делятся на общесистемные и команды Бейсик-Р. К общесистемным относятся команды регистрации пользователей, резервирования и назначения устройств и запуска программ.

Команды регистрации пользователей связаны с порождением нового задания или присоединения терминала за ранее отсоединенным заданием. После порождения задания появляется возможность запуска с данного терминала необходимых программ, которым выделяются нужные системные ресурсы.

Команды назначения и резервирования устройств обеспечивают назначение или отмену устройствам и каталогам файлов на устройстве логических имен, резервирование устройств за заданием, монтирование и демонтирование устройств. Накопители на магнитных дисках не резервируются.

Перед запуском программ должна быть предварительно установлена требуемая исполняющая система, которая обычно устанавливается при первоначальной загрузке системы.

Кроме отмеченных команд, имеется набор системных команд, обеспечивающих изменение характеристик терминалов, получение информации о состоянии системы и др., которые интерпретируются системными программами, а не монитором ДОС КП.

Команды Бейсик-Р интерпретируются исполняющей системой BASIC.RTS и выполняют следующие функции:

- создание исходной программы на языке Бейсик-Р в оперативной памяти и сохранение ее на диске;
- загрузку программ в память;
- трансляцию исходной программы в промежуточный код;
- запуск программы на выполнение;
- удаление программы или отдельных строк;
- передачу управления от одной программы к другой;
- установку расширенного режима Бейсик-Р, обеспечивающего дополнительные возможности, не доступные в обычном режиме.

Интерпретатор и системные программы Бейсик-Р. С понятием Бейсик-Р связаны следующие функции: интерпретация команд оператора и прежде всего команд, относящихся к языку Бейсик-Р; интерпретация операторов языка Бейсик-Р; подготовка программ Бейсик-Р с использованием системных программ.

Язык Бейсик-Р является расширением дартмутской версии языка Бейсик в части: работы со строковыми данными и логическими переменными; матричных операций; системных функций; операторов ожидания. Путем обращения к монитору ДОС КП программы на Бейсик-Р могут выполнять ряд системных функций. К системным функциям относятся общие системные функции, функции взаимодействия с файловым процессором, функции анализа памяти монитора.

Интерпретатор Бейсик-Р функционирует в двух режимах:

- интерпретация и выполнение каждой строки исходной программы;
- преобразование исходной программы в промежуточный формат с сохранением на диске для

последующего выполнения.

Системные программы подготовки программ на языке Бейсик-Р включают программы редактирования и отладчик.

Подсистема обслуживающих программ. В соответствии с функциональным назначением обслуживающие программы разделяются на программы работы с томами и файлами; программы-редакторы и программы сортировки данных.

К программам работы с томами и файлами относятся:

программа работы с файлами (PIP) с функциями, аналогичными одноименной программе в ОС РВ;

программа копирования носителей (COPY) для копирования однотипных носителей;

программа преобразования файлов (FIT) для преобразования дисковых файлов из формата РАФОС или ДОС СМ в формат ДОС КП и обратно.

Программы-редакторы включают универсальный текстовый редактор (EDT) и экранный редактор.

Программы сортировки данных (SORT) обеспечивают сортировку файлов с последовательной, относительной и индексной организациями, поддерживаемых СУД.

Средства обеспечения надежности функционирования системы. Программные средства обеспечения надежности функционирования системы включают следующие программные компоненты и средства:

подсистему контроля работоспособности системы оборудования, предназначенную для проверки функционирования вычислительного комплекса в режиме разделения времени;

комплекс программ регистрации ошибок системы и оборудования и распечатки отчетов о зарегистрированных ошибках;

комплекс системных программ для получения информации о состоянии системных ресурсов, используемых заданиями;

автоматический рестарт системы при аварийном прекращении ее работы с сохранением информации о состоянии системы в момент аварии для последующего анализа;

программы ведения архива носителей и файлов.

Система программирования. Система программирования включает следующие языки и трансляторы: Макро, Фортран-IV, Кобол, Бейсик-Р2, РПП-2, Паскаль. В системе представлены два транслятора с языка Макро — для подготовки программ РАФОС (MACRO) и подготовки программ ОС РВ (MAC). Кроме использования системных макрокоманд (директив) ОС РВ или РАФОС, в программах на языке Макро используются системные макрокоманды ДОС КП.

Компилятор языка Фортран поставляется также в двух вариантах: компилятор для исполняющей системы РАФОС и компилятор для исполняющей системы ОС РВ.

Компиляция программ на языке Кобол выполняется под управлением исполняющей системы ОС РВ. Программы на языке Кобол могут выполняться в пакетном или интерактивном режиме.

Язык Бейсик-Р2 является подмножеством языка Бейсик-Р. Основная особенность его заключается в трансляции исходных программ в объектные модули или непосредственно в загрузочный формат, в отличие от интерпретации программ на языке Бейсик-Р. Другой особенностью языка является наличие развитых средств работы с файлами. Транслятор с языка Бейсик-Р2 функционирует совместно с исполняющей системой ОС РВ.

РПП-2 — генератор программ отчетов — язык программирования высокого уровня, используется как средство автоматизации программирования экономических задач. Компилятор РПП-2 функционирует совместно с исполняющей системой ОС РВ.

Паскаль предназначен для решения задач вычислительного и системного применения. Существенная особенность языка Паскаль заключается в наличии возможностей структурирования программ и данных. Транслятор с языка Паскаль функционирует с исполняющей системой РАФОС.

Минимальная конфигурация технических средств, необходимых для работы ДОС КП, включает: процессор, ОЗУ емкостью 64 Кедов, накопитель на кассетном магнитном диске (СМ-5400), накопитель на магнитной ленте, терминал. Перечень внешних устройств, поддерживаемых ДОС КП, приведен в табл. 4.1.

Возможности операционной системы ДОС КП расширяются за счет включения в состав системы следующих пакетов системных прикладных программ: ФОБРИН, предназначенный для работы с форматированными базами данных; РИБД, используемый для работы с реляционными базами данных. Описание этих пакетов приведено в п. 4.3.

ДОС КП, включая систему программирования и пакеты системных прикладных программ,

поставляется на магнитных лентах. Процесс генерации позволяет в автономном режиме или в режиме разделения времени на базе дистрибутивного носителя сгенерировать целевую систему ДОС КП.

4.1.6

Инструментальная мобильная операционная система (ИНМОС)

Операционная система ИНМОС представляет собой инструментальную систему разделения времени, предназначенную для работы на моделях СМ ЭВМ с диспетчером памяти. Система ИНМОС написана на языке структурного программирования СИ и поставляется в исходном виде. Язык СИ разработан для системного программирования и является промежуточным между Макроассемблером и языками высокого уровня.

ИНМОС — это многопользовательская мультипрограммная операционная система с авторизацией доступа, в которой поддерживаются трансляторы с языков СИ, Фортран, Бейсик, Паскаль, Ассемблер. Также имеется структурный препроцессор для Фортрана— РАТФОР, макрогенератор и компилятор компиляторов.

На рис. 4.1 показаны структура и состав компонентов системы ИНМОС. Все системные компоненты разделены на три группы:

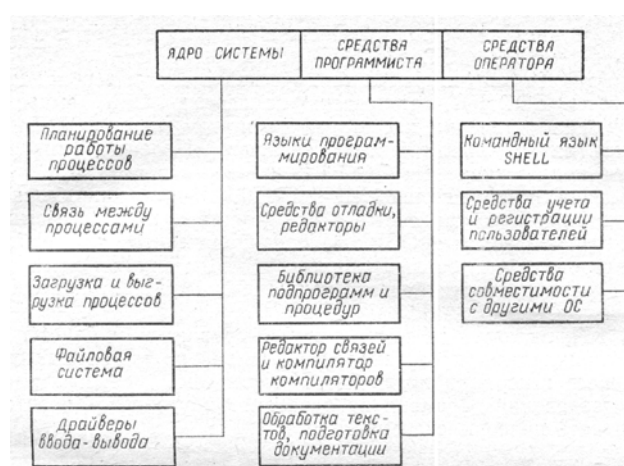


Рис. 4.1. Структура и состав компонентов системы ИНМОС

ядро системы, содержащее программы управления выполнением вычислительными процессами, вводом-выводом и файловой системой;

средства, используемые программистом, т. е. трансляторы, отладчики, редакторы и т. д.;

средства оператора, т. е. команды управления и обслуживания системы, командный язык и другие операторские средства.

Ядро системы и общие концепции ИНМОС. Ядро содержит системные программы, выполняющие диспетчерские функции и таблицы, используемые этими программами. Распределение памяти внутри ядра статично. Число таблиц или дескрипторов, описывающих процессы, файлы, блоки КЭШ-памяти, определяется при генерации. Ядро также выполняет системные вызовы — программные запросы процессов к системе.

Единицей работы, которой управляет ядро ИНМОС, является процесс. При его активизации система создает операционную среду процесса. Процесс — это выполнение образа оттранслированной и скомпонованной программы, находящейся в оперативной памяти, это последовательные действия в рамках некоторого образа программы, причем все действия процесса, в частности ввода-вывода, синхронны.

Компиляторы в ИНМОС создают образ процесса таким образом, что он делится на процедурный сегмент, сегмент данных и стек, что позволяет создавать реентерабельные программы. Поэтому несколько процессов в системе могут одновременно выполнять одну копию программы. Изначально процесс создается при запуске системы, затем порождение процессов происходит по системному вызову FORK. Процесс, выполняющий вызов FORK, называется порождающим, а созданный процесс — порожденным. Порожденное множество процессов имеет древовидную структуру, при этом используются понятия «отец», «сын», «брат». Порожденный процесс наследует все файлы, открытые его «отцом», «Сын» будет иметь «отцовский» текущий каталог и управляющий терминал. Работа процесса заключается в выполнении некоторой программы — выполняемого файла. Процесс может

сменить выполняемый им файл.

Операционная среда, создаваемая ядром ИНМОС, имитирует для каждого процесса систему прерываний. Существует ряд причин, которые могут вызвать прерывание работы процесса. Прерывания могут возникать как синхронно, так и асинхронно.

При начальном запуске системы создается системный процесс с нулевым идентификатором 0, который является диспетчером. При нехватке оперативной памяти он осуществляет свопинг выбранных процессов на диск. В системе имеются запросы, позволяющие синхронизировать управление между процессами и создавать так называемые программные каналы, реализующие информационное взаимодействие процессов. Доступ к программному каналу осуществляется при помощи обычных запросов ввода-вывода.

Вообще в ИНМОС понятия, связанные с файловой системой, охватывают все вопросы ввода-вывода и информационной связи между процессами. В качестве файлов трактуются обычные дисковые файлы, внешние устройства и процессы как источники и приемники информации.

Обычные дисковые файлы и каталоги составляют собственно файловую структуру. Система не накладывает на информацию, хранимую в файлах, никаких ограничений или структурных требований, и любой пользователь может реализовать собственные структуры данных, но для системы любой файл — это массив байт с прямым доступом. Однако с точки зрения конкретных программ файл может иметь определенную внутреннюю структуру (библиотеки, объектные файлы и т. д.).

Каталоги обеспечивают связь между именами файлов и собственно файлами, создавая структуру файловой системы. Отличие каталога от обычного файла состоит в том, что для записи и чтения информации из них требуются системные привилегии.

Для каждого файла на диске имеется индексный дескриптор — управляющая структура данных, однозначно определяющая характеристики файла и его местонахождение на диске. Любой файл может занимать несмежные блоки диска. Единица распределения дисковой памяти — блок (512 байт). Максимальный размер файла — 16 Мбайт.

Любые внешние устройства также считаются файлами, и с ними можно работать посредством обычных файловых операций. Файлы, представляющие внешние устройства, называются специальными, они делятся на два класса — блок-ориентированные и байт-ориентированные. При работе с блок-ориентированным специальным файлом за одну операцию чтения или записи передается блок. Причем передаваемые блоки буферизируются системой. Роль буферного пула играет программно-реализованная КЭШ-память, располагаемая в ядре. Информация, выводимая в блок-ориентированный файл, попадает в КЭШ-память и не выводится из нее, пока не потребуются освободить место в КЭШ-памяти для другой информации. Можно также очистить КЭШ-память командой оператора или системным вызовом.

При обмене с байт-ориентированным специальным файлом также имеется системная буферизация. Передаваемые байты буферизируются в очереди, которая располагается в ядре системы. Возможен обмен с байт-ориентированным специальным файлом, созданным для устройств прямого доступа.

Процесс может иметь до 15 одновременно открытых файлов.

Интерфейс между пользовательскими программами и системой ИНМОС осуществляется с помощью системных вызовов, которые оформлены в языке СИ как функции, входящие в стандартную библиотеку транслятора. С помощью системных вызовов процесс может:

- выполнять операции ввода-вывода;
- создавать и уничтожать обычные файлы, специальные файлы и каталоги;
- получать и устанавливать характеристики терминалов;
- получать и устанавливать характеристики файлов;
- порождать и завершать процессы, посылать сигналы, устанавливать программные каналы;
- получать и устанавливать характеристики процессов;
- вызывать программы, заменяя образ процесса, модифицировать размер сегмента данных.

Средства программирования. Описывая средства программирования, особое внимание уделим языку СИ, на котором написано около 90% текста ядра системы, и особенности программирования в ИНМОС будем рассматривать применительно к этому языку. Другие ранее перечисленные языки практически не отличаются от стандартных.

Основная особенность языка СИ состоит в том, что он включает ряд возможностей языков высокого уровня и одновременно обеспечивает доступ к архитектурным элементам ЭВМ. Качество программ на СИ незначительно уступает качеству программ, написанных на Ассемблере.

Программирование в ИНМОС осуществляется без использования оверлейных структур. При компиляции получаются объектные модули, которые могут объединяться между собой и с библиотечными модулями в новый объектный или выполняемый файл.

Все компиляторы и ассемблер по умолчанию вызывают редактор связей LD. Отсутствие оверлейных структур при ограничении виртуального адресного пространства вынуждает экономить виртуальную память, поэтому не рекомендуется в программах отводить память под большие массивы, а следует обрабатывать их как файлы, несмотря на то, что обращение к элементам файла требует больше времени, чем выборка из оперативной памяти. Это компенсируется двумя особенностями ИНМОС: буферизацией обмена в программно-реализованной КЭШ-памяти и интерпретацией файлов как массивов байт с прямым доступом.

Отладка программ на языке СИ ведется с помощью специального отладчика CDB, который является независимым процессом и оказывает минимальное влияние на работу отлаживаемой программы, порожденной CDB как подпроцесс. Отладка проводится в терминах исходного языка. Отладчик также может использоваться для анализа дампа после аварийного завершения процесса.

ИНМОС, как инструментальная система, содержит широкий набор средств текстовой обработки. Для редактирования текстовых файлов используются строковый и экранный редакторы. Строковый ED позволяет выполнять редактирование текстов на любом терминале. Он читает с экрана команду пользователя и модифицирует редактируемый файл в соответствии с ней. ED позволяет выполнять вставку, замену, удаление строк и символов, осуществлять контекстный поиск, перемещать части текста и т. д.

Экранный редактор WED дает возможность использовать при редактировании средства управления маркером. Можно перемещать маркер по экрану, на котором находится фрагмент текста, сдвигая его, делая вставки и т. д. Кроме того, экранный редактор сохраняет большинство возможностей строкового.

Для форматирования текстов в ИНМОС имеется программа ESPD, обрабатывающая символьные файлы в соответствии с требованиями единой системы программной документации.

Системные библиотеки содержат программы, реализующие:

- операции над числами различной длины;
- преобразование из одной системы счисления в другую;
- вычисление элементарных функций;
- ввод-вывод с буферизацией данных в памяти процесса;
- форматный вывод.

Основными средствами, ориентированными на оператора, являются командный язык SHELL и средства учета и регистрации пользователей. Диалог пользователя с системой поддерживается стандартным интерпретатором, но имеется возможность указать интерпретатор команд, отличный от стандартного:

Команда оператора является последовательностью слов, разделенных пробелами или знаками табуляции. Первое слово трактуется как имя выполняемого файла, остальные слова — его аргументы. Если первое слово в командной строке не является выполняемым файлом, то SHELL трактует его как командный файл. С помощью командных файлов можно сколь угодно расширять набор системных команд.

Многопользовательская защита в ИНМОС реализована следующим образом. Пользователи, которым разрешено подключаться к системе, перечислены в учетном файле /ETC/PASSWD. Все пользователи объединены в группы, которые перечислены в учетном файле /ETC/GROUP. Каждому пользователю и соответственно каждой группе назначается идентификатор. Кроме того, пользователь и группа могут быть снабжены паролем в учетном файле. Процесс, созданный для интерпретации команд, вводимых с конкретного терминала, получает соответствующие идентификаторы от пользователя после его подключения к системе. Порожденный процесс наследует эти идентификаторы от породившего, так же как и файл, созданный процессом, наследует идентификаторы процесса. По учетным файлам /ETC/PASSWD и /ETC/GROUP, а также некоторым другим ведется учет использованных ресурсов и собирается статистика о работе пользователей.

Для совместимости с операционными системами ОС РВ и РАФОС существуют команды, позволяющие обрабатывать в ИНМОС диски с соответствующей файловой структурой, а также ленты, записанные в формате ДОС CM.

В заключение отметим, что ИНМОС совместим с широко распространенной в мире системой UNIX. В Советском Союзе в ближайшее время предполагается широкое внедрение систем, совместимых с

UNIX* на большинстве типов выпускаемых ЭВМ (ЕС ЭВМ, СМ-1800 и др.). Поэтому программное обеспечение, отлаженное в среде ИНМОС, будет легко переносимым на ЭВМ других типов.

4.1.7

Тестовая диагностическая операционная система ТЕДОС

Назначение и особенности. Система ТЕДОС предназначена для проверки работоспособности вычислительных комплексов СМ ЭВМ и локализации неисправностей технических средств. Обеспечивает возможность проверки функционирования комплексов расширенной конфигурации и содержит широкий набор инструментальных средств для разработки новых тестовых и наладочных программ. Система является существенным развитием тест-мониторной операционной системы ТМОС [16] и обеспечивает выполнение тестовых программ, разработанных для проверки технических средств СМ ЭВМ под управлением системы ТМОС.

Система ТЕДОС осуществляет следующие основные функции:

- проверку работоспособности устройств, входящих в конфигурацию комплекса, в различных режимах выполнения тестовых программ: в мультипрограммном, цепочечном (последовательном) и в режиме автономной проверки отдельных устройств;

- копирование и проверку магнитных носителей;

- модификацию тестовых программ;

- создание, редактирование тестовых файлов и таблиц режимов выполнения тестов;

- создание и выполнение наладочных программ для внешних устройств на специальном языке программирования;

- выполнение системных и сервисных функций для тестовых программ;

- генерацию версий системы с использованием различных типов магнитных носителей в качестве системного устройства;

- расширение системы за счет включения новых программных компонентов.

Система содержит следующие основные компоненты: монитор, подсистему обслуживания тестовых запросов (DRS), загружаемые драйверы, служебные программы.

Монитор системы. Монитор является ядром системы ТЕДОС, резидентным в оперативной памяти. Монитор обеспечивает: загрузку и управление выполнением программ; обслуживание консольного терминала; обработку команд оператора, вводимых с системного терминала или из командного файла; файловые операции; распечатку каталога системного устройства и отображение справочной информации; обработку запросов от служебных программ.

Система ТЕДОС включает мониторы для различных типов дисков и магнитных лент, используемых в качестве системного устройства. Связь оператора с системой осуществляется с помощью команд монитора, вводимых с системного терминала.

Подсистема обслуживания тестовых запросов. Подсистема DRS является расширением монитора и обеспечивает функции управления и обслуживания тестовых программ: реализацию стандартного интерфейса оператора; выполнение служебных функций для тестовых программ (например, вывод сообщений об ошибках); управление процессом тестирования. Связь оператора с системой осуществляется через команды DRS, которые включают следующие группы команд: запуска тестовых программ; выбора состава тестируемых устройств; управления режимом выполнения тестовых программ; вывода статистической информации; передачи управления монитору. Для модификации выполняемых функций в командах DRS могут задаваться ключи. Команды DRS могут быть заданы в виде командного файла.

Загружаемые драйверы. Выполнение операций ввода-вывода с внешними устройствами в системе ТЕДОС реализуется с помощью загружаемых (по мере необходимости) программ управления вводом-выводом, называемых драйверами. Система ТЕДОС включает драйверы для большинства внешних устройств из номенклатуры СМ ЭВМ. При обнаружении ошибки на устройстве драйвер возвращает управление программе с выдачей сообщения об ошибке.

Служебные программы. В состав служебных программ входят следующие программы:

- программа UPD1 для загрузки, модификации, сохранения и удаления файлов. Программа является системно-независимой, т. е. при загрузке перекрывает резидентную часть монитора системы;

* В 1985 г. была сдана совместимая с UNIX операционная система ДЕМОС.

программа UPD2 выполняется под управлением системы и используется для генерации новых версий системы ТЕДОС, а также для модификации, копирования, удаления файлов, корректировки загрузочных модулей тестовых программ и выполнения других служебных функций;

текстовый редактор ХТЕСО для создания и редактирования текстовых файлов, в том числе командных файлов;

программа SETUP для построения таблиц аппаратных и программных параметров, используемых для выполнения тестовых программ;

программа PATCH для коррекции двоичных текстов тестовых программ.

Мультипрограммная проверка комплекса. Составной частью ТЕДОС является подсистема создания мультипрограммных тестов комплекса. Мультипрограммный тест комплекса формируется с помощью тестовых модулей устройств и библиотеки монитора в результате обработки их программой — компоновщиком.

Мультипрограммный тест комплекса можно создать для различных конфигураций технических средств, на которые в системе ТЕДОС присутствуют тестовые модули.

Мультипрограммная проверка комплекса обеспечивает максимальную загрузку общей шины. Тестовые модули при мультипрограммной проверке комплекса выполняются асинхронно с перемещением теста в оперативной памяти и циклическим перемещением буферов записи. Перед запуском мультипрограммного теста комплекса рекомендуется предварительно проверить все устройства комплекса автономными тестами.

Подсистема написания наладочных программ. Эта подсистема представляет набор программных средств для создания наладочных программ для внешних устройств СМ ЭВМ. Подсистема включает язык высокого уровня для написания наладочных программ и набор команд для управления операциями самой подсистемы. Такое сочетание языка программирования и команд дает возможность использовать подсистему в качестве эффективного средства диагностики. Минимальная конфигурация комплекса для работы системы ТЕДОС включает: процессор, оперативную память объемом 16 Кслов; терминал; устройство внешней памяти на гибких магнитных дисках (типа СМ-5603). Дополнительно система ТЕДОС поддерживает следующие устройства: устройство внешней памяти на магнитных дисках — СМ-5402/СМ-5400, СМ-5407, СМ-5408, СМ-5412; устройство внешней памяти на магнитной ленте — СМ-5305, СМ-5300.01; АЦПУ — СМ-6315; устройство ввода-вывода перфолентное — СМ-6204.

В качестве системного устройства система ТЕДОС использует как магнитные диски, так и магнитные ленты.

4.2

ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА ТЕЛЕОБРАБОТКИ СМ ЭВМ

Программные средства телеобработки СМ ЭВМ в настоящее время включают пакеты для создания однородных сетей СМ ЭВМ (ПП СЕТЬ СМ, ПП СЕТЬ МИКРО, ТОДАС) и пакеты для создания неоднородных иерархических комплексов на базе СМ ЭВМ и ЕС ЭВМ (ММК-Л, ММК-Р).

4.2.1

Пакет программ для создания однородных сетей СМ ЭВМ (ПП СЕТЬ СМ)

Пакет СЕТЬ СМ является базовым программным обеспечением для создания однородных сетей СМ ЭВМ произвольной размерности и топологии. Пакет построен на основе сетевой архитектуры СМ ЭВМ (CASM) [11], служит развитием пакета программ сетевой телеобработки реального времени (ПП СТО РВ) [11] и позволяет создавать сети коммутации пакетов. Оба пакета работают под управлением операционной системы ОС РВ.

Пакет СЕТЬ СМ реализует следующие функции:

взаимодействие пользовательских программ на Макроассемблере, Фортране, Коболе и Бейсике, находящихся в различных узлах сети при произвольном числе промежуточных узлов;

доступ из программ и с терминалов к файлам в удаленных узлах;

обмен файлами между различными узлами сети;

обмен файлами между различными узлами сети с промежуточной буферизацией по заранее составленному расписанию;

передачу и запуск в удаленных узлах сети косвенных командных файлов;
 обмен сообщениями между терминалами различных узлов сети;
 реализацию многоточечного подключения ЭВМ к каналу связи;
 реализацию возможностей сетевого командного терминала;
 отображение информации о функционировании любого элемента сети;
 адаптивное управление потоками данных и функционированием сети в целом;
 тестирование сетевого оборудования и программного обеспечения;
 управление программами в удаленных узлах;
 телезагрузку операционной системы МИОС РВ в бездисковые спутниковые узлы сети;
 телезагрузку задач в бездисковые спутниковые узлы сети;
 выгрузку аварийного дампа памяти из спутниковых узлов сети для последующего анализа.

Настройка ПП СЕТЬ СМ на конкретную конфигурацию сети, типы используемых телекоммуникационных устройств и потребности пользователя осуществляется при генерации пакета. Некоторые параметры сети могут быть изменены в процессе функционирования. Реконфигурация сети не отражается на ее функционировании в целом.

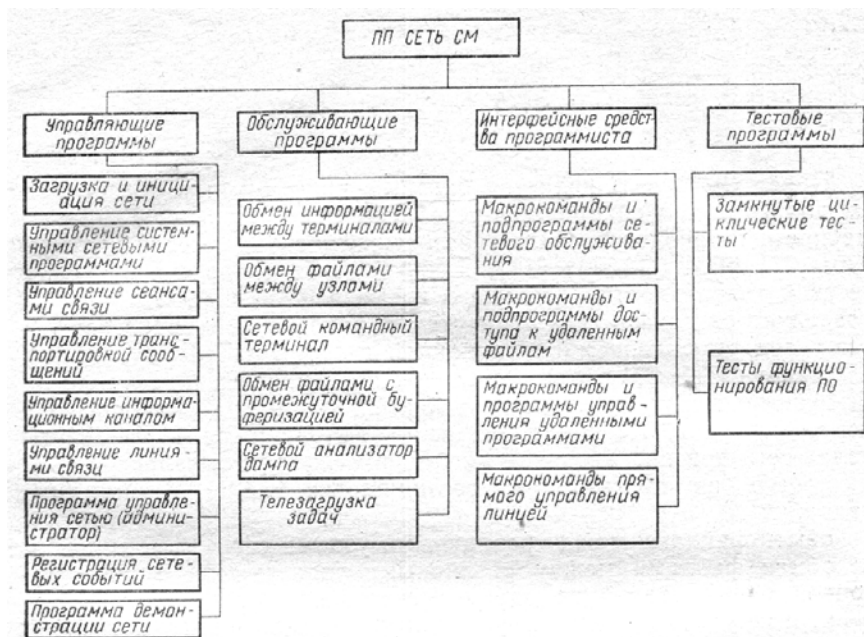


Рис. 4.2. Программная структура ПП СЕТЬ СМ

Сеть ЭВМ, построенная на базе ПП СЕТЬ СМ, может взаимодействовать с узлами, содержащими ПП СТО РВ, сетевое программное обеспечение систем РАФОС, МИОС РВ и ДОС КП, а также с разрабатываемым сетевым ПО 32-разрядных СМ ЭВМ.

На рис. 4.2 показана программная структура ПП СЕТЬ СМ. Кратко рассмотрим функциональное назначение и связи компонентов пакета. ПП СЕТЬ СМ реализован в виде 4 групп программных компонентов. Системные и пользовательские программы, выполняемые на прикладном уровне, будем называть сервисными и пользовательскими прикладными программами, а системными сетевыми программами — компоненты ПП СЕТЬ СМ, реализующие обработку сообщений на всех уровнях САСМ, кроме прикладного.

Рассмотрение компонентов сетевого ПО начнем с управляющих программ. Взаимодействие пользователя с управляющими программами сети осуществляется командами сетевой программы связи с оператором NCP. С помощью команд NCP оператор или администратор сети имеет возможность загружать и активизировать сетевое программное обеспечение, менять параметры линий связи, маршрутных таблиц, узлов сети, телезагружать в спутниковые микроЭВМ операционную систему МИОС РВ и т.д. Команды NCP изменяют параметры сетевого ПО в оперативной памяти функционирующего узла сети, однако, кроме NCP, существует виртуальная сетевая программа связи с оператором VNP с аналогичным набором команд, которая выполняет те же функции в файле образа системы. Соотношение между этими программами такое же, как между MCR и VMR в ОС РВ.

Загрузка и инициация узла сети реализуются по запросу NCP. По этому запросу активизируется программа сетевой загрузчик— NTL, размещающая в памяти сетевые процессы, и программа сетевой

инициализатор — NTINIT, которая заполняет системные таблицы и устанавливает связи между задачами.

Управление системными сетевыми программами осуществляет супервизор сети CEX. Он планирует выполнение этих программ, управляет их взаимодействием и предоставляет средства управления таймером и сетевым буферным пулом.

Управление сеансами связи и транспортировкой сообщений реализуется системной программой NSP, которая создает, обслуживает логические каналы и обрабатывает протокол управления сеансами связи. NSP осуществляет рациональную маршрутизацию сообщений в сети и ведение узловых маршрутных таблиц [11].

Функции управления информационным каналом [44] реализуются системной сетевой программой DCP.

Функции управления сетевыми буферами и модемами осуществляет системная программа AUX, а работой связанных адаптеров и мультиплексоров управляют соответствующие драйверы DDM.

Функции управления сетью реализуются системной программой Администратор сети NICE. В ее функции входит обработка запросов, поступающих от NCP и влияющих на функционирование сети в целом, т. е. назначение узлов-исполнителей команд NCP, изменение топологии сети, изменение маршрутных таблиц и т. д.

Системная программа регистрации сетевых событий EVP связана с программой NICE. EVP фиксирует и выводит в файл или на терминал события, характеризующие изменение состояния сети. Причем эти события характеризуются по принадлежности к линии, узлу, слою сетевого программного обеспечения и т. д.

Программа отображения информации о состоянии сети служит также для анализа ее функционирования. С ее помощью можно наблюдать функционирование удаленного или локального узла в динамике и получать обобщенные характеристики, по которым можно судить о его работе.

Функции прямого управления линией осуществляет программа DLX. Эта программа по запросам Администратора сети NICE осуществляет в соответствии с протоколом прямого управления линией (ППУЛ) телезагрузку МИОС РВ в бездисковые спутниковые узлы и тестирование линий, а также обеспечивает пользовательский интерфейс с драйвером линии (QIO) на уровне ПУИК, минуя протокол управления сеансами связи.

К группе сетевых обслуживающих программ относятся программы, выполняющие для пользователей сервисные функции. Кратко рассмотрим эти функции и программы.

Обмен информацией между терминалами разных узлов сети реализуется за счет взаимодействия программ TLK и LSN, выполняющихся в различных узлах сети. Запрос пользователя с терминала одного из узлов сети (отправителя) воспринимается программой TLK, средствами сетевого программного обеспечения передается в другой узел (получатель), где воспринимается программой LSN и отображается на соответствующий терминал. Программы TLK и LSN обеспечивают два режима терминальных взаимодействий: посылка одиночных сообщений и диалоговый режим.

Обмен файлами между различными узлами сети реализуется с помощью программы передачи файлов NFT и программы сетевого доступа к файлам FAL. Запрос на передачу файлов обрабатывается программой NFT, которая, пользуясь протоколом доступа к данным, взаимодействует с программой FAL в удаленном узле. Наряду с программой NFT в ПП СЕТЬ СМ существует программа передачи файлов с промежуточной буферизацией FTS. Отличие ее от NFT состоит в том, что из запросов на передачу файлов формируется очередь и выборка из этой очереди может происходить по заданному расписанию. То есть FTS позволяет планировать во времени передачу файлов и запуск командных файлов в удаленных узлах.

Анализатор аварийного дампа NDA выполняет форматирование листингов структур данных после аварии какой-либо сетевой задачи или задач. Если целостность этих структур нарушена, NDA выдает диагностическое сообщение.

Одной из важных особенностей ПП СЕТЬ СМ является реализация средств сетевого командного терминала. Используя эти средства с терминала локального узла, для которого сгенерирована эта возможность, можно объявить свой терминал подсоединенным к другому узлу сети и работать с этим узлом как с локальным, зарегистрировавшись в его операционной системе как обычный пользователь. В локальном узле средства сетевого командного терминала состоят из двух задач RMT и RMR. RMR устанавливается в системе как интерпретатор командных строк и активизирует RMT для передачи

запросов пользователя удаленному узлу. В узле, обрабатывающем запросы, должен быть сгенерирован дополнительный управляющий процесс HSTACP для обработки команд, полученных из удаленных узлов. Командный сетевой терминал, реализованный в рамках CACM (ПП СЕТЬ СМ, ПП СЕТЬ МИКРО), концептуально отличается от сетевого терминала, предложенного в [44], однако функционально не уступает этой реализации.

Главный загрузчик задач HLD служит для телезагрузки задач из библиотек локального узла в бездисковые спутниковые узлы с ПП СЕТЬ МИКРО. HLD по требованию пользователя осуществляет свопинг задач в спутниковой системе по приоритету. Обслуживанием спутниковых узлов с ПП СЕТЬ МИКРО также занимается и программа DUM, которая принимает и записывает в специальный файл дампы после аварии системы в спутниковом узле.

Интерфейсные средства программиста включают ряд наборов макрокоманд и подпрограмм — для взаимодействия прикладных программ, выполняемых в разных узлах сети, для доступа к удаленным файлам, для управления удаленными программами, а также макрокоманды прямого управления линиями.

Рассмотрим подробнее макрокоманды и подпрограммы для взаимодействия прикладных программ. На базе этого механизма реализовано большинство сервисных возможностей сетевых обслуживающих программ, и этими средствами широко пользуются программисты. Поясним упрощенно взаимодействие двух прикладных программ, написанных на Макроассемблере, однако для программ на языках высокого уровня существуют подпрограммы, выполняющие функции, аналогичные соответствующим макрокомандам. Любые сетевые операции прикладной программы возможны только после получения ею доступа к сети (макрокоманда OPN).

Для обмена информацией между программами необходима установка логического канала (ЛК). При его установлении выделим программы — источник и приемник. Для установления логического канала программа-источник выдает запрос на его установление (CON), адресуя соответствующий узел и программу-приемник. Программа-приемник выбирает такой запрос из очереди сетевых данных (макрокоманда GND), после чего она может либо установить логический канал (макрокоманда ACC), либо отвергнуть (макрокоманда REJ) запрос на образование ЛК. После получения программой-источником сигнала об установлении логического канала возможен обмен данными между программами с указанием соответствующего ЛК по макрокомандам SND (передать) и REC (принять), а также посылка прерывающих или синхронизирующих сообщений по макрокоманде XMI. Логический канал между программами существует либо до аварийного завершения какой-либо программы, либо до выдачи в одной из программ макрокоманд ABT (уничтожить ЛК) или DSC (отсоединить ЛК). Каждая программа может связываться практически с любым числом программ в любых узлах по более чем одному логическому каналу.

Макрокоманды и подпрограммы доступа к удаленным файлам (NFAR) реализованы в рамках протокола доступа к данным (ПДД) CACM. Средства, входящие в состав NFAR, осуществляют взаимодействия с сервисной программой доступа к файлам. FAL, которая находится в соответствующем удаленном узле. При этом выполняются следующие файловые операции:

- открытие файла для записи, чтения и расширения;
- чтение записи;
- занесение записи;
- закрытие файла;
- удаление файла.

Программа адресует узел и атрибуты требуемого файла только при его открытии. Все последующие файловые операции осуществляются только с указанием номера соответствующего ЛК.

Макрокоманды и подпрограммы управления программами в удаленном узле обеспечивают:

- запуск требуемой программы и планирование запуска через указанный интервал времени с последующим периодическим перезапуском;
- прекращение текущего выполнения программы и отмену периодического перезапуска;
- отмену планирования запуска.

Эти функции реализуются сервисными программами RNT (все виды запуска), ANT (завершение выполнения) и CNT (отмена перезапуска и планирования). Для этих программ создан пользовательский интерфейс в виде макрокоманд, обращений к подпрограммам, а также команд оператора. Программы RNT, ANT, CNT, расположенные в локальном узле, взаимодействуют с программой TCL, расположенной в удаленном узле, которая и управляет программами, находящимися в этом узле.

Пользовательская программа имеет возможность осуществлять прямое управление линией, минуя протокол управления сеансами связи. Операции с линиями связи выполняются с помощью макрокоманд QIO на физическом уровне ввода-вывода, интерфейс с линией реализует системная программа DLX. Этим способом пользуются системные программисты при подключении к ПП СЕТЬ СМ «чужеродных» узлов (например, СМ-1800).

ПП СЕТЬ СМ реализует тестирование сети и накопление соответствующей статистики. Средствами программ NICE и DLX реализуются замкнутые тесты: узла, узла и коммуникационного устройства, двух узлов. Замкнутые тесты являются циклическими и допускают задание числа, длин и содержимого передаваемых сообщений. При выполнении тестов выводятся диагностические сообщения и накапливается статистическая информация о функционировании узлов сети и коммуникационного оборудования.

Существуют специальные сервисные программы DTS и DTR для проверки функционирования программных компонентов пакета. Эти программы также накапливают разнообразную статистическую информацию о функционировании сети.

Необходимо отметить, что тестовые средства пакета, а также программы DTS и DTR могут быть инструментом для исследования качества функционирования различных компонентов сети. Например, пользователь может получить вероятности повторения посылки пакета из-за ошибок различного характера, данные о трафике линий, эффективные скорости передачи информации и т. д.

Вся эта информация очень ценна для системного программиста, который может на ее основе сделать выводы об эффективности функционирования сети, вмешаться в ее работу, изменяя топологию и маршрутные таблицы, а при необходимости произвести регенерацию тех или иных узлов. При генерации пользователь задает следующую информацию, влияющую на качество функционирования сети:

- состав коммуникационного оборудования и скорости линий;
- количество буферов для приема и передачи сообщений;
- уровень буферизации при обработке сообщений;
- штрафные коэффициенты для заполнения маршрутных таблиц;
- некоторые параметры (выгружаемость, раздел, отсутствие или наличие перекрытий) системных задач ПП СЕТЬ СМ;
- размер передаваемого пакета.

Выбирая размер передаваемого пакета, нужно помнить, что служебная информация, сопровождающая каждый пакет, составляет 24 байта, поэтому пакеты не должны быть слишком короткими, так как при этом понижается процент полезного трафика. Однако при увеличении длины пакета растет вероятность ошибки при передаче. При выборе размера передаваемого пакета следует учитывать оба этих фактора. Для каждой создаваемой сети на этапе ее опытной эксплуатации, используя тестовые средства ПП СЕТЬ СМ, следует определить наиболее эффективные размеры пакетов, скорости линий, уровни буферизации и т. д.

В настоящее время разрабатываются и частично разработаны методические и программные материалы, позволяющие автоматизировать выбор перечисленных параметров. На сегодня готовым средством является командный файл предварительного планирования NETPLN, который дает рекомендации по выбору некоторых параметров сети.

ПП СЕТЬ СМ ориентирован на применение в территориально распределенных системах обработки данных различных классов: системах автоматизации научных исследований, ОАСУ, АСУТП, распределенных банках данных и т. д., а в сочетании с ПП СЕТЬ МИКРО — в гибких автоматизированных производствах.

ПП СЕТЬ СМ поддерживает следующее телекоммуникационное оборудование: адаптер связи асинхронный (АДС-А), адаптер связи синхронный (АДС-С), мультиплексор передачи данных асинхронный (МПД-А), мультиплексор передачи данных синхронно-асинхронный (МПД-СА), а также модемы из номенклатуры СМ ЭВМ. Кроме того, в настоящее время разрабатывается ряд быстродействующих телекоммуникационных устройств.

4.2.2

Пакет программ для поддержки бездисковых спутниковых узлов в однородных сетях СМ ЭВМ

(ПП СЕТЬ МИКРО)

Пакет программ СЕТЬ МИКРО является специально разработанной версией пакета СЕТЬ СМ для использования в бездисковых конфигурациях мини- и микроЭВМ, подключаемых к однородной сети СМ как спутниковые узлы. Пакет работает под управлением операционной системы МИОС РВ. СЕТЬ МИКРО используется в тех случаях, когда по технологическим или экономическим причинам ЭВМ не комплектуется накопителем на магнитных дисках. ПП СЕТЬ МИКРО применяется в основном в тех же сферах, что и ПП СЕТЬ СМ, однако в однородных сетях узлы с ПП СЕТЬ МИКРО — это встроенные в технологическое оборудование ЭВМ или интеллектуальные терминалы.

Функционально и структурно ПП СЕТЬ МИКРО во многом повторяет ПП СЕТЬ СМ, однако имеет ряд специфических особенностей, которые кратко охарактеризуем, придерживаясь схемы программных компонентов ПП СЕТЬ СМ (см. рис. 4.2).

Загрузка ПП СЕТЬ МИКРО осуществляется в файл образа системы МИОС РВ на ЭВМ, укомплектованной дисками, с помощью виртуальной сетевой программы связи с оператором VNP, входящей в состав ПП СЕТЬ СМ. Программа связи с оператором NCP поддерживает ограниченное число команд и функций программы NCP ПП СЕТЬ СМ, соответственно сужаются и функции Администратора сети NICE.

Рассматривая обслуживающие программы ПП СЕТЬ МИКРО, необходимо сказать следующее: средства обмена файлами между узлами сведены к минимуму, так как МИОС РВ не поддерживает файловую структуру ОС РВ, оставлена лишь возможность передавать файлы из главного узла на устройства последовательного доступа спутникового узла. В пакете отсутствует сетевой анализатор дампа NDA, однако существуют средства передачи дампа памяти по линии связи для последующего анализа на узле с ПП СЕТЬ СМ. Вместо главного загрузчика задач HLD в ПП СЕТЬ МИКРО работает спутниковый загрузчик задач SLD, который взаимодействует с HLD главного узла по специальному протоколу. Телезагружаемые задачи должны быть установлены, но не фиксированы в образе МИОС РВ с помощью виртуальной программы связи с оператором VMR при подготовке файла образа системы на главной машине.

Среди программных компонентов пакета есть чисто специфический элемент — это программы начальной загрузки, которые вводятся в оперативную память либо из ПЗУ, либо с какого-нибудь носителя и осуществляют телезагрузку операционной системы МИОС РВ со встроенными в ее образ задачами по линии связи из главной машины в соответствии с протоколом ПУИК.

Такие загрузчики реализованы для синхронных и асинхронных адаптеров дистанционной связи (АДС-С и АДС-А).

Остальные элементы программного обеспечения СЕТЬ МИКРО с некоторыми упрощениями повторяют элементы ПО СЕТЬ СМ.

4.2.3

Пакет программ сетевой телеобработки данных (ТОДАС)

Пакет программ ТОДАС, как и ПП СЕТЬ СМ, построен на основе сетевой архитектуры СМ и служит для создания оконечных узлов в однородной сети СМ ЭВМ. ТОДАС работает под управлением операционной системы РАФОС. Так как пакет ориентирован для работы в оконечных узлах сети, то он поддерживает работу только одной синхронной или асинхронной линии связи.

Набор функциональных возможностей ПП ТОДАС является ограниченным подмножеством набора функций ПП СЕТЬ СМ.

Пакет программ ТОДАС обеспечивает:

- обмен информацией с соседним узлом сети;
- терминальную связь между пользователями локального и удаленного узлов сети;
- передачу файлов между локальным и удаленным узлом сети; отображение информации о текущем состоянии линии и узлов сети;

интерфейс программы пользователя с программой в удаленном узле, аналогичный описанному для ПП СЕТЬ СМ.

Программные средства для создания неоднородных иерархических многомашинных комплексов

В настоящее время для повышения эффективности и надежности использования средств вычислительной техники в различных сферах применения появилась необходимость создания базового программного обеспечения для построения многомашинных комплексов и сетей ЭВМ, включающих вычислительные комплексы различной архитектуры. Прежде всего это относится к ЕС и СМ ЭВМ. В таких комплексах, как правило, ЕС ЭВМ является абонентской машиной [44], решающей сложные вычислительные задачи и ведущей общесистемную базу данных, а СМ ЭВМ — центрами сбора, подготовки и первичной обработки информации. Такие конфигурации обычно являются иерархическими, ЕС ЭВМ—в них главной машиной, а СМ ЭВМ—подчиненными или сателлитными.

Рассмотрим основные пакеты программ для связи ЕС и СМ ЭВМ, входящие в состав программного обеспечения СМ ЭВМ.

Существует два пакета со сходными функциональными характеристиками, основанные на эмуляции на СМ ЭВМ терминалов ЕС ЭВМ: ПП ММК/Л (многомашинные комплексы локальные) и ММК/Р (многомашинные комплексы распределенные). Эти пакеты выполняют следующие функции:

- запуск в ЕС ЭВМ заданий, подготовленных на СМ ЭВМ, и передачу результатов на СМ ЭВМ;
- взаимодействие программ, выполняемых на ЕС и СМ ЭВМ;
- доступ к базе данных ЕС ЭВМ по запросам СМ ЭВМ;
- управление программами в ЕС ЭВМ по инициативе СМ ЭВМ;
- использование терминалов СМ ЭВМ в режиме консоли ЕС ЭВМ.

Пакет ММК/Л служит для локального соединения ЭВМ, а ММК/Р — для удаленного. В ММК/Л эмулируется дисплейный комплекс ЕС-7906. ЕС и СМ ЭВМ связываются через устройство связи вычислительных машин (УСВМ), которое обеспечивает одноканальный интерфейс между комплексами. В ММК/Р, в СМ ЭВМ эмулируется дисплейный комплекс ЕС-7920. ЕС и СМ ЭВМ сопрягаются через синхронный канал связи, подключенный к СМ ЭВМ через адаптер АДС-С, а к ЕС ЭВМ—через мультимплексор МПД-3 или процессор теледоступа (ПТД). ПП ММК/Р обеспечивает многоканальный интерфейс между вычислительными комплексами. Оба пакета работают под управлением ОС РВ. Существенным является то, что и ММК/Л, и ММК/Р не требуют никаких переделок в программном обеспечении ЕС ЭВМ. Эти пакеты ориентированы на использование в ЕС ЭВМ ОС ЕС версии 6.1 и выше и общего телекоммуникационного метода доступа.

Кроме этих пакетов, существует система программного обеспечения (СПО), реализующая обмен информацией между ЕС и СМ ЭВМ по линиям связи ОБМЕН-2. Эта система предназначена для организации обмена данными между прикладными программами СМ и ЕС ЭВМ.

Основные функции СПО ОБМЕН-2:

- организация взаимодействия прикладных программ, работающих в ЕС и СМ ЭВМ, посредством обмена информацией между ними;
- синхронизация выполнения задач в ЕС и СМ ЭВМ;
- организация обмена сообщениями между операторами различных ЭВМ комплекса;
- контроль за работоспособностью линий связи и сбор статистики о функционировании системы.

СПО ОБМЕН-2 функционирует под управлением ОС РВ и ОС ЕС версии 4.1 и выше в режимах MVT и MFT с подзадачами. Кроме того, ОС ЕС должна включать средства графического метода доступа. Система обеспечивает локальное и дистанционное подключение СМ и ЕС ЭВМ. Локальное подключение производится через УСВМ, а дистанционное —через линию связи, при этом СМ ЭВМ эмулирует групповой терминал ЕС-7925.

4.3

СИСТЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ БАЗАМИ ДАННЫХ СМ ЭВМ

В этом разделе рассматриваются основные программные средства построения систем управления и обработки данных. Эти средства представляют собой пакеты программ, при использовании которых можно создавать информационно-поисковые системы и банки данных иерархического, сетевого, матричного и реляционного типов.

Система управления данными

Система управления данными обеспечивает создание и обновление файлов, а также работу с файлами на уровне записей. СУД может работать с файлами различной организации: последовательными, относительными и индексными.

Пользовательский доступ к данным осуществляется на уровне макрокоманд, которые делятся на два класса: макрокоманды управления файлами и макрокоманды обработки записей. Первые служат для открытия, закрытия, создания, расширения и удаления файлов, вторые — для занесения, чтения, поиска по заданным признакам, замены записей в файле. В рамках одной программы может параллельно выполняться несколько операций над файлом.

СУД работает под управлением операционных систем ОС РВ или ДОС КП. К средствам СУД можно обращаться из программ на Макроассемблере, Коболе, Бейсике-Р2 и РПГ-2.

Кроме макрокоманд манипулирования данными, в состав СУД входит набор служебных программ, обеспечивающих создание файлов любой структуры СУД, первичную загрузку индексного файла, копирование файла с преобразованием его структуры.

Система СУД работает при поддержке программы сортировки данных СОРТ, которая при загрузке базы данных сортирует последовательные, относительные и индексные файлы по ключам, определяемым пользователями. Значением ключа могут быть двоичные, десятичные числа и последовательности алфавитно-цифровых символов. Сортировка записей производится для файлов однородной структуры. Пользователь может указать расположение ключей внутри записей и порядок сортировки по ключам. Начиная с версии 3.0, система СУД штатно входит в состав ОС РВ и ДОС КП.

Интерактивная система ввода и обработки данных ФОБРИН-2

Система ФОБРИН-2 предназначена для автоматизации операций ввода, контроля и обновления данных в файлах пользователя, а также их обработки и вывода требуемых результатов в том виде, который необходим.

ФОБРИН-2 функционирует под управлением операционных систем ОС РВ или ДОС КП, в которые обязательно должна быть включена система управления данными. Правила описания записей соответствуют возможностям описания структур данных языка Кобол. Эта система применяется в информационно-поисковых системах и системах управления данными, входящих в состав систем автоматизации различного класса.

Поддерживаемая ФОБРИН-2 информационная база является базой данных матричного типа и состоит из словаря системы, в котором хранятся описания данных, пользовательские процедуры и справочные таблицы, а также из совокупности пользовательских файлов, поддерживаемых системой СУД. В словаре системы хранятся полные описания обрабатываемых данных, и пользователь получает доступ к файлам только через словарь. Система ФОБРИН-2 осуществляет создание и поддержку словаря системы; ввод, контроль и корректировку данных; вывод данных в нужных для пользователя форматах.

Задания на обработку данных составляются на языке высокого уровня ФОБРИН, позволяющего эффективно реализовывать типовые процедуры обработки данных. В этом языке в качестве объектов обработки используются следующие структуры данных:

поле—наименьшая (элементарная) структурная единица, характеризующаяся именем, значением и форматом;

повторяющаяся группа — объединение нескольких элементарных полей, значение которых повторяется в записи;

запись — объединение полей и повторяющихся групп;

набор записей — подмножество, состоящее из одной или нескольких записей, имеющих некоторую общность;

файл — объединение записей одного типа (домен является эквивалентом файла с точки зрения пользователя).

Базой данных называется логическое объединение нескольких файлов по признакам общности, которые определяет пользователь.

ФОБРИН-2 ориентирован на работу с форматированными базами данных.

На рис. 4.3 показан файл анкетной информации сотрудников некоторого предприятия. С помощью этого рисунка проиллюстрируем вводимые понятия. Строка содержит полную анкетную информацию об одном сотруднике и для системы ФОБРИН-2 является записью, каждая выделенная ячейка служит полем. Поля включают элементарные с точки зрения принятого принципа описания данных единицы информации. В записях указываются, кроме фамилии, имени и отчества сотрудника, фамилии, имена и отчества его ближайших родственников. В данном случае эти сочетания полей будут повторяющимися группами.

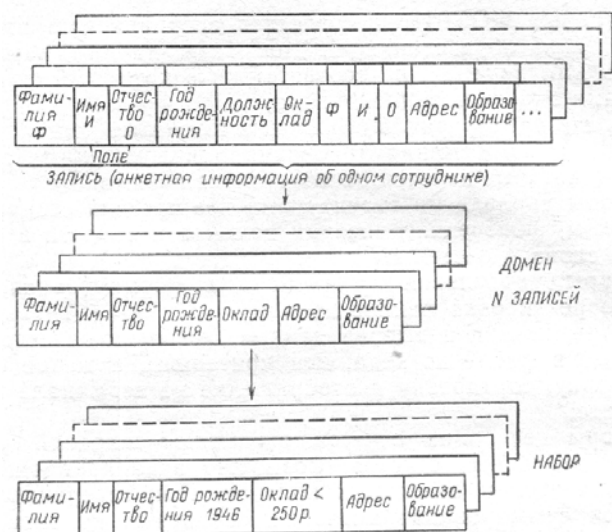


Рис. 4.3. Файл анкетной информации

Предположим, что для некоторой группы пользователей базы данных часть информации из каждой записи не представляет интереса или запрещена для доступа. Пусть в нашем случае это будет должность и информация о родственниках. В этом случае файл логически отобразится в домен, рассчитанный на данную группу пользователей. Теперь предположим, что из этого домена необходимо получить информацию о сотрудниках моложе 1946 г. рождения с окладом ниже 250 руб. Подмножество таких записей даст набор. Приведенный пример достаточно элементарен. Система ФОБРИН-2 дает возможность создавать базы данных с гораздо более сложными взаимосвязями.

Язык описания структур данных позволяет определять характеристики записей и доменов. Записи характеризуются числом полей, повторяющихся групп и их взаимосвязью. Для описания подчиненности полей, входящих в состав одной записи, вводится понятие «номер уровня». Каждое описание записи имеет имя, по которому проводится обращение к записи.

В описание домена входят: его имя, имя описания записи, структурные элементы которой составляют домен, спецификация файла. Описание записей и доменов создается специальными командами и включается в словарь системы.

База данных ФОБРИН-2 создается специальными операторами языка. Для образования файлов базы данных необходимо:

- указать имя доменов, в соответствии с которыми формируется файл; имя описания записи файла;
- определить размер файла в блоках и ключевые поля.

Командный язык манипулирования данными включает набор операторов, которые делятся на следующие группы:

- операторы управления структурами данных для создания словаря системы, включения описаний доменов и записей в словари, обработки словаря системы;

- операторы управления данными для формирования, обновления и корректировки файлов данных;

- операторы поиска и вывода данных, позволяющие отыскивать информацию в файле по заданным критериям, а также осуществлять выборку, сортировку и отображение на терминале в заданном формате;

- операторы генерации отчетов описывают широкий диапазон форм представленных отчетов. Возможно задание произвольных заготовок отчетов и отдельных колонок. При генерации отчетов допускается суммирование значений различных колонок, вычисление по формулам и т. д.;

- вспомогательные операторы выполняют управляющие функции. Различные операторы могут быть объединены в составные операторы или процедуры, которым присваиваются имена. Процедуры

каталогизируются в словаре системы и могут быть вызваны специальным оператором.

4.3.3

Малая иерархическая распределенная информационная система (МИРИС)

Система МИРИС является идеологическим развитием системы управления базами данных (СУБД) ИРИС, разработанной для ЭВМ АСВТ М-4030 и СМ-4, и предназначена для создания и ведения локальных, а в будущем и распределенных баз данных на УВК СМ-4, СМ-1420, СМ-1600 и т. д. Эта СУБД имеет матричную структуру организации данных и идеологически и структурно совместима с системой ДИСОД, разработанной для ЕС ЭВМ. Совместное использование МИРИС и ДИСОД позволит создавать иерархические СУБД на ЭВМ разных типов.

Система МИРИС: работает под управлением ОС РВ и предназначена для управления базами данных в реальном времени в режиме коллективного доступа. В системе реализована двухуровневая иерархическая структура данных, допускающая в записях простые и многозначные поля и повторяющиеся группы. Количество файлов, из которых состоит база данных, может принимать значение до 250. В каждом файле поиск данных может вестись по 255 полям и может содержаться до 16 000 записей.

Структура записей каждого файла определяется с помощью специального языка описания данных и хранится в системном словаре. Отдельные поля каждого файла могут определяться как дескрипторы, которые отличаются от обычных полей тем, что по ним организуются инвертированные списки, с помощью которых происходит поиск данных.

Физически база данных разделена на две области: область данных, куда вводится информация в уплотненном формате по мере поступления в СУБД, и область ассоциатора, куда вносятся инвертированные списки и адресный преобразователь, позволяющий определить физическое местонахождение записи. Любое изменение местонахождения записей приводит только к изменению адресного преобразователя.

В системе возможен прямой и последовательный методы доступа. При прямом доступе пользователь определяет поисковый критерий по любой булевой комбинации дескрипторных полей и их значений. Последовательный доступ возможен по возрастанию номеров записей или по возрастанию значений любого дескриптора.

СУБД МИРИС имеет набор системных утилит и подсистему запросов, которые позволяют использовать систему как замкнутую информационно-справочную. Кроме того, есть возможность подключения пользовательских задач, написанных на Фортране, Коболе и Макроассемблере.

Подсистема запросов, реализованная в МИРИС, является многотерминальной диалоговой подсистемой, предназначенной для общения с СУБД пользователей непрограммистов. Язык запросов имеет достаточно широкий набор средств для поиска и корректировки информации в базе данных, а также выдачи ее пользователю по заранее описанным форматам. Запросы, вводимые в систему, можно каталогизировать с целью последующей их корректировки и выполнения.

МИРИС может использоваться в тех системах автоматизации, где требуется обработка больших информационных массивов иерархической структуры, например в ОАСУ, АСНИ и различных непромышленных сферах.

4.3.4

Реляционная информационная база данных (РИБД)

Пакет программ РИБД реализует работу многопользовательской диалоговой системы управления реляционной базой данных. ПП РИБД написан на языке Бейсик-Р и функционирует под управлением операционной системы ДОС КП. Взаимодействие с РИБД возможно в интерактивном режиме на языке, близком к естественному, а также из программ пользователя с помощью специальных интерфейсных средств.

Система поставляется в исходном виде и является открытой. Реляционная база данных определяется как множество отношений, представляющих собой двумерные плоские файлы или таблицы, строки в которых называются кортежами. Реляционный подход позволил с помощью простых алгоритмов реализовать основные операции, необходимые для функционирования баз данных: ввод, корректировку, сортировку, поиск, вывод и т. д. Ввод данных производится с терминала, а вывод из РИБД

осуществляется на любое устройство.

РИБД дополнен программами, осуществляющими регрессионный и дисперсионный анализ данных.

Реляционная информационная база данных ориентирована на работу в среде системы ДОС КП в режиме диалога. РИБД является простой, удобной в эксплуатации системой, однако имеет низкую реактивность и, как всякая реляционная система, недостаточно эффективно использует дисковую память.

4.3.5

Система управления базами данных СЕТОР СМ

Система СЕТОР СМ предназначена для создания и ведения баз данных сетевой структуры для широкого круга пользователей. Важной чертой этой системы является то, что она идеологически совместима и имеет ту же структуру данных, что и СУБД СЕТОР ЕС, а это дает предпосылки для создания распределенных банков данных на ЕС и СМ ЭВМ. Кроме того, специфика СЕТОР СМ по сравнению с СУБД ФОБРИН, РИБД и т. д. состоит в том, что СЕТОР позволяет работать с данными любого формата и не накладывает ограничений на размер файлов.

Система СЕТОР СМ обеспечивает:

- использование данных в режиме коллективного пользования;
- описание схемы и подсхемы баз данных;
- набор функций по манипулированию данными;
- защиту от несанкционированного доступа к данным;
- шифровку информации на уровне элемента данных;
- поддержку режима автоматического отслеживания свободных мест и перераспределения данных в файлах;
- возможность наличия нескольких схем в одной базе данных;
- однозадачный и многозадачный режимы работы.

СЕТОР СМ включает набор языковых средств, состоящий из языка описания данных (ЯОД) для описания схем базы данных; языка описания подсхем базы данных (ЯОП) и языка манипулирования данными (ЯМД). Кроме того, система имеет различные сервисные средства для форматирования и разблокирования файлов, загрузки базы данных, ведения журнала системы, восстановления базы данных, сбора и выдачи статистики, а также диалоговый процессор ЯМД, генераторы схемы и подсхемы базы данных.

База данных — это совокупность файлов с прямой организацией, между которыми в соответствии с требованиями пользователя система устанавливает логические связи. Логическая структура данных представляет собой два типа файлов — основные и связующие. Доступ к данным возможен только через основные файлы.

Процесс функционирования системы делится на 4 этапа:

- генерация системы СЕТОР;
- генерация схем и подсхем данных, построение сервисных задач;
- построение проблемных задач, работающих с СУБД;
- функционирование проблемных программ на Макроассемблере и Фортране совместно с СУБД.

Система СЕТОР СМ функционирует на СМ ЭВМ с диспетчером памяти, размер требуемой памяти — не менее 96 Кслов. Для работы на ЭВМ без диспетчера памяти существует версия системы с ограниченными возможностями МИКРО-СЕТОР.

В настоящее время разработана новая версия системы — СУБД «СЕТОР-СМ-РАЗВИТИЕ», которая в дополнение к возможностям СЕТОР СМ обеспечивает:

- написание проблемных программ на языке Кобол;
- повышенную производительность работы;
- двухуровневое представление данных;
- ограничение избыточности данных и осуществление контроля за противоречиями, возникающими из-за избыточности данных.

Кроме того, в состав «СЕТОР-СМ-РАЗВИТИЕ» входит ряд дополнительных сервисных средств. Для поддержки «СЕТОР-СМ-РАЗВИТИЕ» разработана система «СЕТОР-СМ-ЗАПРОС», которая осуществляет доступ пользователю-непрограммисту к манипулированию данными в интерактивном режиме.

Семейство СУБД СЕТОР СМ используется для создания баз данных сетевой и иерархической структуры и может применяться в промышленных и непромышленных сферах.

Кроме перечисленных пакетов, в состав программного обеспечения СМ ЭВМ входит большое количество других программных продуктов, и их число постоянно увеличивается. В настоящей книге из-за ограниченности ее объема описаны только системообразующие пакеты, сданные в фонд алгоритмов и программ до конца 1985 г.

4.4

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МИКРОЭВМ СМ-1800 И СМ-1810

Операционные системы СМ-1800 можно разбить на две основные группы: инструментальные и исполнительные. Инструментальные системы предназначены для автоматизации процесса проектирования программ, они включают эффективные трансляторы, легко осваиваемые и гибкие редакторы текстов. Помимо диалогового поддерживается также пакетный режим. Исполнительные системы (мультипрограммные) применяются для работы в реальном масштабе времени и обеспечивают диспетчеризацию и синхронизацию параллельно исполняемых программ. В их состав входят драйверы для большинства аппаратных модулей СМ-1800.

Простота СМ-1800, ее дешевизна, применение относительно маломощного 8-разрядного микропроцессора КР580ИК80А привели к нецелесообразности объединения инструментальных и исполнительных систем в единую мультипрограммную операционную систему, как это сделано в ОС РВ для СМ-4.

В число инструментальных систем входят:

система программного обеспечения (СПО);

операционная система общего назначения ОС1800;

дисковая операционная система для подготовки программ реального времени ДОС 1800.

СПО ориентирована на разработку простейших программ (в пределах нескольких тысяч строк исходного текста). Простота, малый объем резидентной части (монитора-отладчика MONID), небольшая номенклатура утилит упрощают системные соглашения и уменьшают объем информации, которую нужно освоить программисту — разработчику прикладной программы.

Операционная система ОС 1800 снабжена развитыми языковыми трансляторами и широко применяется в непромышленной сфере, в АСУП, в коммерческих программных комплексах, для поддержки работы проблемно-ориентированных пакетов прикладных программ. ОС 1800 как инструментальная система ориентирована на разработку программ общим объемом до нескольких десятков тысяч строк исходного текста силами небольших программистских коллективов. Не менее важным аспектом применения ОС 1800 является то, что под ее управлением работает значительное число наиболее распространенных пакетов прикладных программ для 8-разрядных микроЭВМ.

При разработке программ, работающих в реальном масштабе времени, важное значение приобретают вопросы надежности программ и эффективности процесса разработки. С учетом возрастающих объемов систем реального времени (до сотни тысяч строк исходного текста в случае 8-разрядных микроЭВМ) потребовалось создание специальной дисковой операционной системы ДОС 1800.

К числу исполнительных операционных систем относятся:

базовая резидентная система реального времени (БРС РВ);

мультипрограммная операционная система реального времени (МОС РВ) [23];

мультимикропроцессорная операционная система реального времени со специализацией функций процессоров (ОС СФП).

Все три исполнительные системы совместимы между собой снизу вверх, что обеспечивает преемственность прикладных систем реального времени.

БРС РВ является простейшей системой, требующей минимального объема памяти и не требующей сложного конфигурирования системы для используемых технических средств СМ-1800. В ней содержатся простейшие драйверы для основных модулей СМ-1800, в том числе и для модулей УСО.

МОС РВ — более развитая система. Она включает поддержку

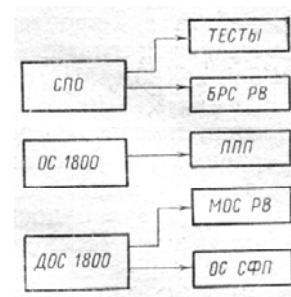


Рис. 4.4. Взаимосвязь основных программных средств СМ-1800

большинства модулей СМ-1800, в том числе обеспечивает ведение файлов на гибких магнитных дисках (дискетах) в реальном масштабе времени. МОС РВ отличается также наличием специального отладчика, пригодного для наладки систем на базе МОС РВ.

Развитием МОС РВ для реализации мультимикропроцессорного режима работы является ОС СФП. Наибольший эффект дает применение ОС СФП в микроЭВМ СМ-1804.

На рис. 4.4 показана взаимосвязь основных программных средств СМ-1800.

Основные ППП СМ-1800 включают;
средства для подготовки текстовой документации;
средства для работы с базами данных;
интегрированный пакет «Экономика»;
библиотеку программ, в первую очередь для научно-технических задач;
программы эмуляции терминалов СМ ЭВМ и ЕС ЭВМ.

Программное обеспечение микроЭВМ СМ-1810 во многом похоже на программное обеспечение СМ-1800. Однако большая вычислительная мощность микропроцессора К1810ВМ86 позволила в СМ-1810 реализовать более современные программные принципы. Стало возможным объединение исполнительных и инструментальных средств. Шире применяется многозадачный режим.

В число первоочередных операционных систем для СМ-1810 входят:

дискровая операционная система для подготовки программ реального времени ДОС 1810;
мультимикропроцессорная операционная система реального времени со специализацией функций процессоров ОС СФП 1810;
операционная система общего назначения МИКРОС-86;
большая операционная система БОС 1810.

ДОС 1810 является аналогом ДОС 1800, расширенным средствами поддержки 16-разрядного микропроцессора К1810ВМ86. Применяется в качестве инструментальной системы для ОС СФП 1810. Принципиальными отличиями ДОС 1810 от ДОС 1800 являются следующие:

работа в 2-процессорном режиме (МЦП1 как процессор ввода-вывода и главный процессор при разработке программ для КР580 и К80А, МЦП16 — главный процессор при разработке программ для К1810ВМ86);

наличие языков программирования (Макроассемблер, ПЛ/М-86, Фортран-86 и Паскаль-86), а также средств компоновки, настройки на адрес и отладки для К1810ВМ86;

обслуживание новых периферийных устройств и внешних запоминающих устройств;

реализация электронного диска в интерфейсном ОЗУ СМ-1810.

В ДОС 1810 расширены возможности некоторых компонент (интерпретатора строк команд, супервизора, отдельных утилит).

ОС СФП 1810 создана как для СМ-1810, так и для СМ-1814. Она является архитектурно совместимой с ОС СФП для СМ-1800 и СМ-1804. Основные отличия — реализация помимо драйверов системы ввода-вывода.

Операционная система МИКРОС-86 во многом повторяет ОС 1810 и реализует следующие дополнительные функции:

диалоговый и пакетный режимы;
программирование на языках Ассемблер, Фортран, Паскаль, Бейсик и «С»;
поддержку основных устройств СМ-1810;
поддержку электронного диска.

Перечисленные ОС создавались с учетом необходимости реализации переноса имеющегося на СМ-1800 программного обеспечения. Например, благодаря функциональному сходству ОС СФП 1810 и ОС СФП написанные на языке ПЛ/М системы реального времени для СМ-1800 могут быть легко адаптированы к работе на СМ-1810.

БОС 1810 не имели аналога в программном обеспечении СМ-1800. Эта операционная система (рис. 4.5) является многопользовательской многозадачной системой реального времени, предоставляющей как исполнительные, так и инструментальные возможности.

В число языков программирования БОС 1810 входят Макроассемблер, ПЛ/М-86, Фортран-86 и Паскаль-86.

Основными характеристиками БОС 1810 являются:

объектно-ориентированная архитектура (под объектами понимают задачи, задания, «почтовые ящики», семафоры и т. д.);

- многозадачность и диспетчеризация на основе приоритетов;
- межзадачный обмен информацией с помощью «почтовых ящиков», взаимoisключения на основе семафоров, возможность создания собственных объектов;
- наличие двух систем ввода-вывода: базовой и расширенной;
- иерархическая структура файлов, контроль доступа к файлам;
- управление фрагментацией файлов, что позволяет в каждом конкретном применении оптимизировать соотношение скорости доступа к файлам и затрат оперативной памяти на буферизацию;
- динамическое распределение памяти;

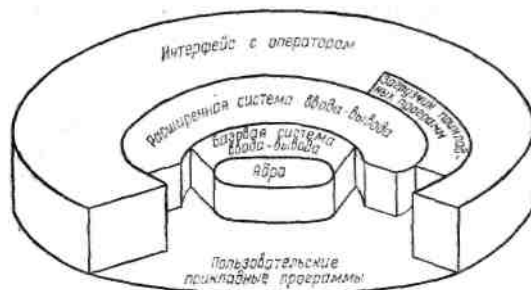


Рис. 4.5. Структура операционной системы БОС 1800

возможность конфигурирования (т. е. выбора только тех компонент операционной системы, которые нужны прикладным программам);

настройка на адрес во время загрузки и оверлейная загрузка.

В системах ДОС 1810, ОС СФП 1810 и БОС 1810 для реализации обмена между программами и оператором может быть использован практически один и тот же универсальный программный интерфейс, называемый UDI (UNIVERSAL DEVELOPMENT INTERFACE). Это позволяет легко переносить программы из одной операционной среды в другую.

Дальнейшим развитием программного обеспечения СМ-1810 должно стать создание операционной системы, совместимой с ИНМОС для СМ-4 и СМ-1420.

4.4.1

Система программного обеспечения (СПО)

СПО представляет собой простейшую операционную систему для микроЭВМ СМ-1800. Эта операционная система может работать на любых типах комплексов СМ-1803 и применяется в основном в качестве простой инструментальной системы. Режим работы СПО — диалоговый, однопользовательский. СПО ориентирована на работу с гибкими магнитными дисками.

Система программного обеспечения предоставляет средства для обслуживания гибких магнитных дисков (управление файлами и томами), создания и редактирования текстов программ, а также включает монитор-отладчик MONID. Языковая поддержка в СПО как простейшей операционной системы СМ-1800 — минимальная. Имеется Ассемблер (абсолютный), ПЛ/М (также абсолютный) и интерпретатор Бейсик.

СПО поддерживает два формата дискет: программ и данных.

Дискеты программ содержат собственно СПО, включая утилиты и трансляторы, дискеты данных — текстовые файлы и полученные в результате трансляции абсолютные загрузочные файлы. После отладки пользовательские программы могут быть перенесены на дискеты программ.

СПО поддерживает обслуживание основных устройств, необходимых для функционирования инструментальной операционной системы, т. е. видеотерминала, печатающего устройства и накопителей на гибких магнитных дисках. Пользовательские программы могут использовать для работы с этими устройствами подпрограммы, входящие в состав монитора-отладчика.

СПО ориентирована на применение пользователями, не являющимися разработчиками значительных программных продуктов. Отсюда ее простота, минимальность знаний, которыми должен обладать программист, использующий СПО. Значительная степень совместимости трансляторов СПО с трансляторами ОС 1800 и ДОС 1800 позволяет довольно легко перейти к применению более сложных инструментальных систем по мере роста требований к разрабатываемому программному обеспечению, увеличения его объемов и сложности.

Монитор-отладчик. Монитор-отладчик MONID размещен в постоянной памяти модуля

центрального процессора СМ-1800 с нулевого адреса. При включении комплексов СМ-1803 и нажатии клавиши СБРОС управление передается монитору-отладчику. Монитор-отладчик реализует инициализацию системных периферийных устройств (видеотерминала и накопителя на гибких магнитных дисках) и далее переходит в командный режим. Пользователь имеет возможность вводить отладочные команды либо загрузить необходимую программу с дискеты программ. Если в оперативной памяти микроЭВМ размещена отлаживаемая программа (что может быть сделано, например, с помощью утилиты LOAD), то имеются средства для ее запуска с введением точки останова. По достижении точки останова в исполняемой отлаживаемой программе управление вновь возвращается в MONID. Оператор может исследовать содержимое памяти и регистров микропроцессора и при необходимости изменить их. Выполнение прерванной в точке останова программы может быть возобновлено с любого места, в том числе и с адреса останова.

Помимо реализации командного режима еще одной функцией монитора-отладчика является предоставление программам пользователя и компонентам СПО набора подпрограмм. Эти подпрограммы можно разделить на следующие группы:

- возврата в MONID;

- ввода информации с клавиатуры видеотерминала;

- вывода информации на экран видеотерминала;

- вывода знака на печатающее устройство (LPO);

- вспомогательные;

- для обмена информацией с накопителями на гибких магнитных дисках;

- загрузки с дискеты программ.

Подпрограммы возврата в MONID позволяют передать управление монитору-отладчику с выводом сообщения об ошибке (MONER) и без вывода сообщения об ошибке (MON). При этом MONID вновь переходит в режим ввода команд.

Программа обслуживания дискет данных. Программа обслуживания дискет данных DSLM является диалоговой компонентой СПО, ориентированной на организацию и обслуживание как томов, так и файлов на дискетах данных. Имеются средства для создания файлов, их переименования и исключения, копирования, сжатия и расширения. Файл на дискете данных—неразрывная последовательность секторов (экстент). Размер файла определяется пользователем либо автоматически вычисляется программой DSLM. При работе DSLM оператор может в любой момент времени запросить подсказку, что значительно облегчает эксплуатацию этой программы. Для облегчения процесса сопровождения файлу может быть сопоставлена дата создания.

Следует иметь в виду, что формат дискет данных базируется на требованиях международного стандарта ISO. При этом только нулевая дорожка (из 77) отводится под служебные нужды и под оглавление дискет. Из 26 секторов на нулевой дорожке часть занята служебной информацией. Свободно для каталога всего 19 секторов. Каждый файл на дискете данных описывается целым сектором в оглавлении. Следовательно, дискета данных может содержать до 19 файлов. В большинстве простых применений (на которые, собственно, и ориентирована СПО) это не является серьезным препятствием для организации нормальной работы.

Строчно-ориентированный редактор текстов. Исходные тексты программ создаются и корректируются в СПО с помощью строчно-ориентированного редактора текстов RED. Этот редактор текстов позволяет вести диалог и вводить исходные тексты с помощью видеотерминала. Редактируемый текст помещается во время сеанса работы RED в буфере редактирования.

После окончания сеанса содержимое буфера можно целиком или частично записать в файл на дискету данных. В следующем сеансе ранее сохраненный текст до начала командного диалога с RED может быть прочитан из файла и помещен в буфер редактирования. Объем буфера редактирования зависит от объема оперативной памяти, имеющейся в микроЭВМ. Если имеющегося объема оперативной памяти недостаточно для редактирования файла, то оператору следует разбить этот файл на страницы и последовательно редактировать отдельные страницы файла. Однако такой подход довольно неудобен, и на практике предпочитают в таких случаях работать с несколькими файлами. Размер каждого из файлов должен быть при этом меньше длины буфера редактирования, доступного программе RED.

Редактор текстов позволяет работать со строками текстовых файлов, адресуя их по номеру, метке (если речь идет о файле с программой на языке Ассемблера) или контексту (т. е. по цепочке знаков,

содержащейся в строке). В некоторых командах редактора текстов можно указывать (адресовать) как отдельную строку, так и диапазон (интервал) строк.

С помощью RED могут быть выполнены вставка строк, исключение, замена и корректировка строк, отображение строк на экране видеотерминала или вывод их на печатающее устройство, пересылка строк, поиск и замена строк по контексту и другие действия, полезные для редактирования исходных текстов программ.

Другие утилиты СПО. Для работы с дискетами программ СПО включает довольно большой набор диалоговых утилит. Имеются средства для:

- создания томов новых дискет данных и программ (DINIT и PINIT);
- копирования файлов для дискет данных и программ (COPY и PCOPY);
- переименования файлов (RENAME) и томов (VOLID);
- записи на дискету файлов программ из указанной области памяти CM-1800 (WD);
- загрузки в память микроЭВМ программы из файла с абсолютным загрузочным модулем на дискете данных (LOAD);
- вывода на видеотерминал (или печатающее устройство) полного (CATALOG) и сокращенного (NAMES) оглавления тома.

В СПО имеется также универсальная программа для обслуживания дискет программ, аналогичная DSLM, но выполняющая функции перечисленных выше утилит.

Еще одна важная компонента СПО — программа «прожига» микросхем постоянной памяти, которая обслуживает программаторы из состава CM-1800. Следует иметь в виду, что в других операционных системах CM-1800 подобных программ «прожига» пока нет.

4.4.2

Операционная система общего назначения ОС 1800

Операционная система общего назначения ОС 1800 одновременно является инструментальной системой и системой, под управлением которой могут работать многочисленные отечественные и зарубежные пакеты прикладных программ. Однако с самого начала разработки системы не предусматривалась специальная поддержка разработки программ реального времени. Для этой цели применяется ДОС 1800.

ОС 1800 — однопрограммная, однопользовательская диалоговая операционная система. Имеется также пакетный режим работы. Языковая поддержка весьма обширна. В составе ОС 1800 имеются Макроассемблер, ПЛ/М, Бейсик, Фортран, Мибол (подмножество Кобол), Паскаль. Кроме того, для близкой операционной системы CP/M-80 известно очень большое количество языковых средств (которые могут быть использованы и в CM-1800), например ЛИСП, ПЛ/1 и т. д.

Файловая система ОС 1800 поддерживает единый формат для всех дискет. ОС 1800 поддерживает работу с файлами на дискетах и обслуживает такие системные устройства, как видеотерминал (подключенный через модуль ИРПР или модуль ИРПС с базовым портом ООН) и печатающее устройство (подключенное через модуль ИРПР с базовым портом 22Н).

При работе ОС 1800 пространство на дискете распределяется между файлами динамически, т. е. учитывается освобождение областей при удалении файлов и автоматически выделяется место при расширении файлов. Механизм распределения — с помощью непрерывных экстенгов. В экстенг входит число записей, кратное 8. Такой алгоритм позволяет легко организовать как последовательный, так и прямой (по номеру или по ключу) доступ к записям внутри файла.

Структура ОС 1800 и организация процесса запуска. В состав системных компонент ОС 1800 входят:

- монитор ОС 1800 (размещен на специальной дискете в формате СПО);
- ядро (размещено на всех дискетах ОС 1800);
- процессор консольных команд (ССР);
- программы генерации ядра (SYSGEN);
- утилиты (рассматриваются далее).

Загружаемый с помощью монитора-отладчика СПО MONID со специальной дискеты монитор ОС 1800 обеспечивает начальную загрузку резидентной части системы. Резидентная часть системы состоит из системы управления физическим вводом-выводом и системы управления логическим вводом-выводом.

Система управления физическим вводом-выводом реализует (через MONID) драйверы ввода-вывода. Кроме того, эта система обеспечивает загрузку ядра ОС 1800, выполняемую обычно при нормальном завершении утилит, трансляторов и пользовательских программ. Система управления логическим вводом-выводом содержит подпрограммы обмена с файлами и устройствами.

В ОС 1800 обслуживаются следующие логические устройства:

CON — консоль (клавиатура и экран видеотерминала);

RDR — устройство ввода с перфоленты;

PUN — устройство вывода на перфоленту;

LST — печатающее устройство;

A, B — накопители на гибких магнитных дисках.

Обмен с дисковыми файлами осуществляется записями длиной 128 байт.

Связь между файлом и программой пользователя реализуется с помощью блоков управления файлами. Основная часть этих блоков совпадает с форматом представления файла в оглавлении дискет. В число параметров, содержащихся в этих блоках, входят:

номер дискеты;

имя и тип файла;

номер основной области с файлом на дискете;

список блоков, занятых файлом;

номер текущей записи.

Процессор консольных команд CCP содержит ряд встроенных команд:

DIR — вывод оглавления дискеты;

ERA — удаление файла;

REN — переименование файла;

SAVE — сохранение области памяти в файле;

TYPE — вывод на видеотерминал (консоль) содержимого файла.

Кроме того, CCP позволяет загрузить с дискеты любую программу и запустить ее. Для взаимодействия с запускаемой программой CCP обращается в область системных параметров, где находятся введенная командная строка, а также информация об активных устройствах и используемых файлах. Это позволяет организовать пакетный режим работы. В качестве подсказки CCP выдает логическое имя накопителя с активизированной дискетой и знак «>»,

Программа генерации ядра SYSGEN позволяет создать на новой дискете ядро ОС 1800. Ядро размещается в фиксированном специально зарезервированном месте на дискетах.

Утилиты ОС 1800. Организация пакетного режима работы осуществляется с помощью утилиты SUBMIT, которая определяет, что CCP должен выполнять ввод команд не с консоли, а из дискового файла. Утилита XSUB дает возможность включать в командный файл командные строки вызываемых программ. В целом пакетный режим в ОС 1800 проще, но менее гибок по сравнению с пакетным режимом ДОС 1800.

Утилита STAT позволяет получить информацию о текущем состоянии файлов или дискет. В первом случае эта информация более подробна по сравнению с информацией, выдаваемой встроенной командой DIR процессора консольных команд.

Универсальная программа обмена файлами между устройствами (PIP) реализует общепринятые функции для поддержки файлов. Для обмена файлами с дискетами данных СПО применяется утилита SPOPIP.

В ОС 1800 имеется простой контекстно-ориентированный редактор текстов ED и строчно-ориентированный редактор текстов RED, аналогичный используемому в СПО.

Для поддержки процесса модульного программирования большинство трансляторов СПО генерирует перемещаемые объектные модули (файлы с типом REL). Программа-компоновщик L80 позволяет объединять объектные модули в загрузочный модуль, настроенный на абсолютные адреса.

Компоновщик разрешает внешние ссылки на другие модули и настраивает на абсолютные адреса внутрисегментные и межсегментные ссылки на адреса.

Библиотекарь (LIB) позволяет создавать библиотеки перемещаемых объектных модулей, что облегчает унификацию разработки программных комплексов.

Имеется также утилита (LOAD) для преобразования шестнадцатеричных абсолютных файлов в формат загрузочного модуля.

Для диалоговой отладки и тестирования разрабатываемых программ может использоваться отладчик

DDT. Отладчик позволяет не только выполнять команды, аналогичные монитору-отладчику MONID, но и осуществлять трассировку исполнения отлаживаемой программы. Информация отладчику DDT задается в виде абсолютных адресов. Имеется также символический отладчик (SID), который задает отладочную информацию в виде символов, т. е. имен. Например, ввести точку останова в машинной команде с меткой «LABEL»,

4.4.3

Дисковая операционная система для подготовки программ реального времени ДОС 1800

Дисковая операционная система ДОС 1800 является однопользовательской, однопрограммной инструментальной, работающей в диалоговом и пакетном режимах. Основная область применения ДОС 1800 — создание программ реального времени, в том числе работающих под управлением МОС РВ и ОС СФП. Структура процесса подготовки программ с помощью ДОС 1800 показана на рис. 4.6.

Многоэтапный процесс издания программ включает работу компоновщика (LINK) и настройщика на адрес (LOCATE). Этот процесс основывается на концепции модульного программирования и обеспечивает раздельную трансляцию исходных модулей,

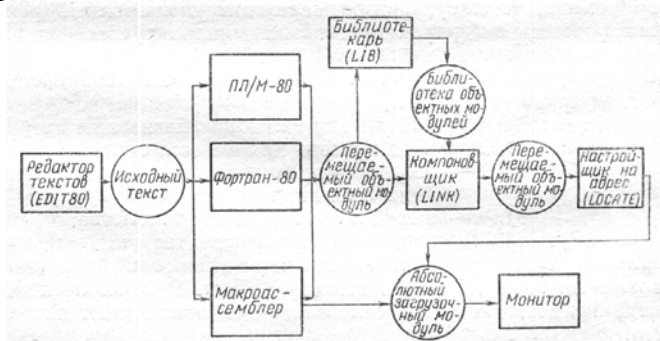


Рис. 4.6. Структура процесса подготовки программ

их объединение (компоновку) и настройку на абсолютный адрес. Языковая поддержка в ДОС 1800 включает Макроассемблер, ПЛ/М-80 и Фортран-80. Кроме того, имеется интерпретатор Бейсик (с расширенными дисковыми возможностями), а также универсальный макропроцессор STAGE 2 [9].

В ДОС 1800 все дискеты имеют один и тот же логический формат, однако все же выделяют два вида дискет: системные (с которых возможна загрузка ДОС 1800) и несистемные (пользовательские). Такой же формат дискет используется в МОС РВ и ОС СФП.

Все дискеты содержат следующие файлы; DOS.T0 (начальный загрузчик); DOS.LAB (метка тома); DOS.MAP (карта занятости дискеты); DOS.DIP, (оглавление). При этом файл DOS.T0 на несистемных дискетах при попытках загрузки с них выдает сообщение о том, что загрузка с такой дискеты невозможна.

На системных дискетах также размещаются файлы DOS.BIN (супервизор и монитор) и DOS.CLI (интерпретатор команд).

Загрузка ДОС 1800. Загрузка ДОС 1800 — двухэтапный процесс. Вначале осуществляются загрузка и запуск файла DOS.T0 (начального загрузчика) средствами монитора-отладчика MONID, с помощью команды LDOS. Для выполнения этой команды файл DOS.T0, размещаемый на нулевой дорожке дискет, содержит в 7-м и 8-м секторах информацию о дискете ДОС 1800, как будто она является дискетой программ в формате СПО. Это позволяет монитору-отладчику загрузить начальный загрузчик ДОС 1800.

После того как начальный загрузчик получает управление, определяется конфигурация микроЭВМ СМ-1800, и операционная система настраивается на имеющиеся контроллеры периферийных устройств и накопители на гибких магнитных дисках. Далее начальный загрузчик помещает в оперативную память супервизор и монитор ДОС 1800, которые хранятся в файле DOS. BIN. Управление передается в супервизор, откуда вызывается интерпретатор команд, т. е. супервизор переходит в командный режим. Начало работы интерпретатора команд индицируется выводом знака «—» в качестве подсказки.

Обслуживаемые устройства. Супервизор ДОС 1800 обслуживает следующие устройства:

- от : F0 : до : F9: — накопители на гибких магнитных дисках;
- : VI: и : VO:— ввод и вывод для видеотерминала;

- : TI : и : TO:— ввод и вывод для дополнительного терминала (обычно также видеотерминала);
- : LP :— вывод на печатающее устройство;
- : RI: и : PO:— ввод и вывод перфоленты.

Имеется также логическое устройство (консоль), для которого возможен ввод (:CI:) и вывод (:CO:). В качестве консоли может использоваться основной или дополнительный видеотерминал.

Устройство : BB : является фиктивным, используется, если надо «подавить» вывод программы, которая обычно что-то выводит. Все, что выводится на фиктивное устройство, исчезает без следа.

Таблица 4.3

Устройства	Модули			
	ИРПР	ИРПС	МСМ	МСТ
:VI:, :VO:	00	00	40	40
:TI:, :TO:	50	50	—	—
:LP:	22	—	—	—
:RI:, :PO:	20	—	—	—

Накопители на гибких магнитных дисках входят в состав устройства внешней памяти на гибких магнитных дисках с программным управлением или с прямым доступом.

В табл. 4.3 приводится информация о способах подключения периферийных устройств, обслуживаемых ДОС 1800, и базовых портах модулей-контроллеров. Номера базовых портов в таблице шестнадцатеричные. Следует иметь в виду, что одинаковые номера базовых портов в строке таблицы для различных модулей означают возможность применения только одного из модулей с этим базовым портом.

Если в микроЭВМ СМ-1800 имеется как модуль ИРПР (или ИРПС) с базовым портом 00, так и модуль МСМ (или МСТ) с базовым портом 40Н, к которым подключены дисплеи, то для выбора основного видеотерминала на экране обоих дисплеев появляется подсказка. Видеотерминал, на клавиатуре которого будет нажата клавиша пробел, и станет основным. Этот процесс настройки осуществляется начальным загрузчиком ДОС 1800.

Супервизор, монитор и интерпретатор команд. Супервизор осуществляет логический доступ к файлам. Монитор выполняет простые операции ввода-вывода для периферийных устройств, а также отладочные команды, близкие к командам монитора-отладчика MONID. Главные отличия — две точки останова в команде G. Для доступа к файлам, не являющимся дисковыми, супервизор использует функции ввода-вывода монитора ДОС 1800.

Файл может быть открыт для чтения, записи или для изменения. Файл на дискете может рассматриваться как последовательность байт. При этом имеется возможность запоминать и изменять текущее местоположение в файле с помощью функции SEEK. Поскольку большинство файлов, обрабатываемых ДОС 1800, являются текстовыми, имеется возможность объявлять файл как построчно редактируемый. В этом случае ввод осуществляется строками. Если ввод происходит с консоли, то в процессе ввода возможно простейшее редактирование введенного текста. Введенный текст отображается в эхо-файле, которым может быть любой файл вывода, в том числе и фиктивное устройство: BB :.

Набор подпрограмм, реализуемых монитором ДОС 1800, связан с обслуживаемыми ДОС 1800 устройствами. Имеются подпрограммы для ввода с клавиатуры видеотерминала и вывода на экран видеотерминала, на печатающее устройство, подпрограммы ввода-вывода перфоленты. Все эти подпрограммы — знакоориентированные, т. е. обмен осуществляется отдельными знаками. В состав монитора входят также вспомогательные подпрограммы определения верхней границы области памяти для пользовательских программ, определения и изменения назначения периферийных устройств (например, устройство печати монитора может быть переназначено на экран видеотерминала).

Интерпретатор команд, загружаемый по вызову супервизора EXIT, осуществляет ввод команды из устройства: CI:. Так как : CI:—логическое, а не физическое устройство, то ему может быть поставлен в соответствие любой файл ввода, в том числе и дисковый. Это создает необходимые средства для реализации пакетного режима работы ДОС 1800, когда команды вводятся не с клавиатуры видеотерминала, а из дискового файла (так называемого командного файла), что позволяет автоматизировать многие этапы работы с ДОС 1800.

Интерпретатор команд воспринимает первое слово во введенной строке как имя команды, которому, возможно, предшествует обозначение дискового устройства (если отсутствует, то считается :F0:). С указанного устройства загружается файл, имя которого совпадает с именем введенной команды. Остаток командной строки считается параметрами команды, которые воспринимаются программой, находящейся в файле для той или иной команды.

Среди команд ДОС 1800 имеется ряд команд, ориентированных на организацию пакетного режима. Эти команды действуют только в том случае, когда их ввод осуществляется из дискового командного файла. Он позволяет проверять условия (например, существование файла на дискете) и в зависимости от выполнения условия организовать ветвления по командному файлу. Основной командой для организации пакетного режима служит команда SUBMIT. Эта команда позволяет вместо формальных параметров (обозначенных знаками «%» с цифрой) в командный файл подставить фактические параметры, указанные в строке (команде) вызова SUBMIT.

Развитые средства организации пакетного режима в совокупности со свойствами интерпретатора команд позволяют эффективно организовать разработку и сопровождение сложных программных комплексов, в первую очередь систем реального времени на базе операционных систем МОС РВ и ОС СФП.

Утилиты ДОС 1800. Утилиты ДОС 1800 выполняют общепринятые действия, связанные с обслуживанием файлов и томов (дискет).

Для обслуживания томов имеются следующие утилиты:

FORMAT — инициализация (форматирование) дискеты;

DCOPY — дублирование дискеты;

RELAB — переименование дискеты;

DIR — вывод оглавления дискеты;

DSORT — сортировка оглавления дискеты;

PATCH — корректировка содержимого дискеты.

Основные утилиты для обслуживания файлов следующие:

COPY — копирование файлов;

RENAME — переименование файлов;

DELETE — удаление файлов;

ATTRIB — изменение атрибутов файлов;

COMPAR — сравнение файлов.

Имеется также программа сортировки текстовых файлов (SORT). Все утилиты представляют собой команды ДОС 1800, загружаемые и запускаемые с помощью интерпретатора команд.

Помимо команды SUBMIT, имеется еще две команды (утилиты) для организации пакетного режима: CONSOL и EXEC. Утилита CONSOL предназначена для переназначения оператором устройств : CI: и : CO:. Утилита EXEC подобна по функциям команде SUBMIT, но отличается способом передачи фактических значений параметров и особенно удобна в тех случаях, когда одинаковые действия необходимо выполнить для группы файлов (например, оттранслировать с помощью Макроассемблера несколько исходных модулей).

Из рис. 4.6 следует, что все трансляторы (Макроассемблер, ПЛ/М-80 и Фортран-80) могут генерировать перемещаемые объектные модули. Эти перемещаемые объектные модули не пригодны для непосредственного исполнения, так как в них могут содержаться ссылки на другие модули и они не настроены на абсолютный адрес (без такой настройки нельзя средствами супервизора ДОС 1800 загрузить для запуска файл с программой). Перевод перемещаемых объектных модулей в пригодный для исполнения абсолютный загрузочный модуль делается в два этапа.

На первом этапе с помощью компоновщика LINK осуществляется объединение нескольких объектных модулей в общий объектный модуль, формат которого по-прежнему является перемещаемым. При этом возможно объединение перемещаемых объектных модулей, полученных с помощью различных трансляторов ДОС 1800. Компоновщик LINK предоставляет довольно гибкие средства, в том числе и ориентированные на построение программ, использующих оверлей.

На втором этапе происходит настройка перемещаемого объектного модуля в формат абсолютного загрузочного модуля с помощью настройщика на адрес LOCATE.

Любой объектный модуль содержит четыре сегмента: кодов, данных, стека, свободной памяти. При компоновке однотипные сегменты различных перемещаемых объектных модулей объединяются. При настройке на адрес LOCATE осуществляет либо автоматическое, либо по указанию программиста

распределение памяти между сегментами. После определения базовых адресов сегментов реализуется настройка на адрес перемещаемой программы.

Следует иметь в виду, что Макроассемблер и ПЛ/М-80 могут генерировать так называемые абсолютные сегменты, т. е. сегменты, адреса которых уже известны после трансляции.

Двухэтапность процесса перевода перемещаемых объектных модулей в абсолютный загрузочный модуль дает большую гибкость, которая особенно нужна при разработке программ, использующих оверлеи. При этом основная цель — уменьшение суммарного времени на получение пригодной к исполнению большой программы после изменения в исходных текстах одного или нескольких входящих в эту программу модулей, т. е. ориентация ДОС 1800 на поддержку принципов модульного программирования. Из других компонент, связанных с обработкой объектных модулей, следует выделить библиотеку LIB. Программа LIB позволяет объединить перемещаемые объектные модули в библиотеки объектных модулей, которые остаются пригодны для обработки с помощью компоновщика LINK. Режим работы LIB — диалоговый. Имеются команды для создания библиотек, добавления и удаления модулей из библиотек и т. д. Назначение библиотеки состоит в том, чтобы обеспечить средства для архивации отлаженных подпрограмм, которые могут использоваться в различных пользовательских программах. Так, компоненты операционных систем МОС РВ и ОС СФП поставляются как наборы библиотек объектных модулей.

Например, ядро МОС РВ находится в библиотеке NUCL.LIB, причем ядро как компонента — это несколько модулей указанной библиотеки. Другой пример — это «Библиотека программ общего назначения», которая также поставляется в виде набора библиотек.

Для совместимости с СПО имеется еще один формат исполняемых файлов — шестнадцатеричный (HEX) формат. Он полностью совпадает с форматом, генерируемым трансляторами СПО. Этот формат может быть получен из абсолютного загрузочного модуля с помощью утилиты OBJHEX (обратное преобразование делает утилита HEXOBJ). Однако в ДОС 1800 нет средств для загрузки и запуска программ в HEX-формате. Интересно отметить, что операционная система БРС РВ, являющаяся подмножеством МОС РВ, была разработана с помощью ДОС 1800 и переведена в HEX-формат для поставки БРС РВ на носителях в формате дискет данных СПО.

Утилиты LINK, LOCATE, LIB, OBJHEX, HEXOBJ и некоторые другие объединены в ДОС 1800 в «Пакет программ обслуживания объектных модулей». В число компонент ДОС 1800 входят также экранный редактор текстов, «Пакет программ для подготовки текстовой документации», программа обслуживания файлов и «Библиотека арифметических программ» (БАП), являющаяся более эффективной реализацией некоторых функций «Библиотеки программ общего назначения». БАП реализует основные арифметические действия для целых чисел и чисел с плавающей запятой, а также взаимное преобразование этих чисел. Следует отметить, что транслятор с языка Фортран-80 не генерирует обращений к БАП, используются собственные библиотеки поддержки процесса исполнения Фортрана-80.

Экранный редактор текстов. Редактор текстов ДОС 1800 (программа EDIT80) существенно отличается от редакторов текстов, используемых в СПО и ОС 1800. Основные отличия заключаются в следующем:

- наличии, помимо командного, экранного режима редактирования;

- наличии макросредств, позволяющих создавать проблемно-ориентированные средства для редактирования текстовой информации;

- наличии средств настройки на различные типы видеотерминалов.

В экранном режиме страница, под которой подразумевается часть текста редактируемого файла (обычно 20 строк), отображается на экране видеотерминала. Простым перемещением курсора (с помощью клавиш ←, →, ↑ и ↓) оператор может переместиться в нужное место страницы и выполнить редактирование. В экранном режиме программы EDIT80 для редактирования имеются следующие команды;

- УС + С — вставка знака;

- УС + А — вставка текста, содержащего произвольное количество знаков;

- УС + D — удаление знака;

- УС + Z — удаление текста, содержащего произвольное количество знаков.

Специальными командами в экранном режиме являются команды «листания» файла, позволяющие перемещаться с одной страницы на следующую (команда УС + N) или на предыдущую страницу (команда УС + P).

Добавление текста в конце строки не требует каких-либо команд, так же как и замена знака. Замена знака осуществляется простым перемещением курсора на заменяемый знак в строке и нажатием клавиши видеотерминала для ввода нового (заменяющего) знака. Экранный режим очень прост, осваивается оператором буквально за 30 мин. практической работы.

Помимо экранного режима имеется также и командный режим. Переход из экранного режима в командный осуществляется путем нажатия клавиши $\backslash$, а из командного режима в экранный — с помощью команды $UC+V$. Командный режим реализует ряд «обычных» команд, довольно часто встречающихся во многих редакторах текстов: команды чтения из файла (R) и записи в файл (W), сохранения отредактированного файла на дискете (EX), вставки (I), удаления (D) текста, отображения строк/знаков текстового файла (P), перемещения по текстовому файлу (J), перемещения (XM) и копирования (XC) текстовой области, поиска (F) и контекстной замены (S) цепочки знаков. Имеются также средства для того, чтобы «помечать» в файле требуемые места так называемыми тэгами. Число определяемых пользователем тэгов — не более 10. Специальные тэги означают начало и конец файла. Тэги широко применяются при поиске в файле, перемещении, копировании и удалении текста.

Одной из наиболее интересных возможностей редактора текстов EDIT80 является наличие макросов. Пользователь определяет последовательность команд экранного или командного режима редактора текстов как макрос, который может в соответствующем режиме вызываться по односимвольному имени вместо ввода всей последовательности входящих в него команд. Макросы могут создаваться как во время, сеанса редактирования, так и автономно. В последнем случае макросы хранятся в файле на дискете. Доступ к макросам в файле на дискете — с помощью команды G.

Наличие макросов позволяет создавать новые команды редактирования, в том числе такие часто необходимые, как перемещение курсора в экранном режиме в начало/конец текущей строки, дублирование строки, перемещение вправо/влево на слово и т. п.

Важным свойством EDIT80 является его настраиваемость на тип видеотерминала. Имеются команды, позволяющие переопределять количество строк на экране, коды команд экранного режима, коды клавиш для перемещения курсора в экранном режиме и т. п. Это дает возможность легко адаптировать ДОС 1800 к новым типам видеотерминалов, делает такую работу доступной для обычного программиста.

Редактор текстов EDIT80 предназначен как для «новичков», так и для «искусственных пользователей». Во время его эксплуатации крайне редко возникают проблемы, требующие обращения к технической документации. Этому способствует наличие вывода подробной справочной информации о работе с EDIT80 на экран видеотерминала с помощью команды H.

4.4.4

Операционные системы реального времени для СМ-1800

Базовая резидентная система реального времени (БРС РВ). БРС РВ является простейшей системой реального времени из числа имеющихся в составе программного обеспечения СМ-1800 (рис. 4.7). Эта операционная система имеет те же архитектурные принципы, что и МОС РВ. Ядро БРС РВ, управляющее функционированием системы, выполняет диспетчеризацию и синхронизацию вычислительных процессов, межзадачный обмен информацией, создание, уничтожение основных объектов ядра (структур данных), обработку прерываний и организацию работы в реальном масштабе времени.

На следующем уровне БРС РВ как многоуровневой системы находятся системные задачи (драйверы). Верхний уровень — прикладные задачи пользователя. Следует отметить, что для ядра не существует отличий между уровнем драйверов и пользовательским уровнем, так как оба эти уровня с ТОЧКИ зрения ядра представляют собой задачи, обращающиеся к ядру во время своей работы.

Драйвер терминала обеспечивает асинхронный обмен информацией в реальном масштабе времени между видеотерминалом и прикладными задачами пользователя. Драйвер печати осуществляет аналогичный обмен с печатающим устройством (по запросу задач пользователя на печать выводятся последовательности знаков). Драйверы аналогового и



Рис 4.7. Состав БРС РВ

дискретного ввода-вывода реализуют связь с соответствующими модулями связи с объектом СМ-1800.

Эмулятор терминала дает возможность эмулировать на СМ-1800 терминал для другой ЭВМ (например, СМ-1800 или СМ-4). Это позволяет не только превратить СМ-1800 в «интеллектуальный» терминал центральной ЭВМ, но и организовать межмашинный обмен информацией.

Задача «ЧАСЫ» осуществляет подсчет астрономического времени, имеется также возможность установить время дня в часах/минутах/секундах.

Для подготовки прикладных программ, исполняющихся под управлением БРС РВ, применяется СПО. Так как в СПО результатом трансляции является абсолютный загрузочный модуль, то БРС РВ поставляется как единый абсолютный загрузочный модуль, содержащий ядро и все системные задачи БРС РВ.

Мультипрограммная операционная система реального времени МОС РВ. МОС РВ [23] является основной операционной системой реального времени для СМ-1800. Идейно МОС РВ близка к БРС РВ.

МОС РВ является системой, ориентированной на обработку событий. События во внешней среде, на которые система реального времени должна реагировать, возникают обычно в непредсказуемые моменты времени и в непредсказуемом порядке. Система, реагирующая на эти события, называется асинхронной.

Асинхронные операции требуют синхронизации работы системы с событиями во внешней среде, а не с метками времени. Таким образом, внешнее по отношению к системе событие инициирует вычислительный процесс. Множество вычислительных процессов, исполняемых в системе реального времени, требует организации мультипрограммного режима.

В МОС РВ предпочтительным оказывается обслуживание отдельных событий с помощью отдельных задач. Ядро системы обеспечивает координацию, необходимую для запуска этих задач в качестве реакции на внешнее событие. Задачи «соревнуются» за обладание вычислительным ресурсом. Для разрешения конфликтов ядро использует систему приоритетов.

Важным свойством МОС РВ является унификация межзадачных взаимодействий. Механизм обмена данными, используемый также и для синхронизации задач, похож на механизм «почтовых ящиков» [31]. В МОС РВ данные, обмениваемые между задачами, называются сообщениями. Сообщения посылаются в обменник, который имеет структуру, предназначенную для организации списка ожидающих сообщения задач и списка сообщений, ждущих приема задачами. Для уменьшения времени ядро при работе с сообщениями не занимается пересылкой информации, а вместо этого используется адрес информационного сообщения. Взаимодействие задача-сообщение реализуется ядром с помощью набора операций по дисциплине «первый пришел — первый обслужен». Необходимо отметить, что в обменнике одновременно не могут находиться задачи и сообщения. Принятые в ядре МОС РВ алгоритмы позволяют задаче ожидать сообщение только в одном обменнике. Ожидая сообщения,

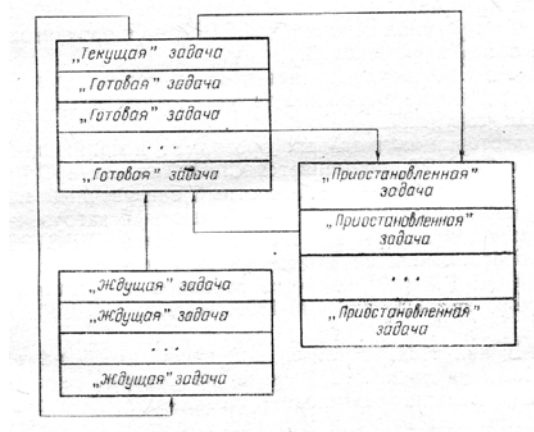


Рис. 4.8. Состояния задач

задача находится в состоянии «ждущая». Другие состояния задач:

«текущая», т. е. исполняемая в данный момент времени;

«готовая», т. е. готовая к исполнению, но имеющая более низкий приоритет по отношению к «текущей» задаче;

«приостановленная», т. е. задача, исполнение которой временно запрещено ею самой или другой задачей. Из состояния «ждущая» задача должна сначала перейти в состояние «готовая» (т. е. получить требуемое сообщение), прежде чем стать «приостановленной».

На рис. 4.8 показаны переходы задач из одного состояния в другое. Так как в каждом состоянии (кроме «текущей») может находиться несколько задач, в ядре обслуживаются списки задач для различных состояний.

Модулям ядра МОС РВ необходима некоторая управляющая информация для организации работы всей системы. Эта информация находится в оперативной памяти и представляет собой так называемые управляющие структуры (данных) МОС РВ. Наиболее важными из этих структур являются:

- дескрипторы задач;
- дескрипторы подуровней прерываний;
- дескрипторы обменников и дескрипторы обменников прерываний;
- сообщения;
- стеки задач.

Дескриптор задачи определяет задачу в системе. В нем содержится информация о приоритете и состоянии задачи, указывается адрес стека задачи и т. д. Ядро создает дескриптор задачи с помощью неизменяемого статического (т. е. начального) дескриптора задачи при запуске задачи во время инициализации системы или от другой задачи. Взаимосвязь между статическим дескриптором задачи и дескриптором задачи и их упрощенная структура приведены на рис. 4.9.



Рис. 4.9. Упрощенная структура статического дескриптора задачи и дескриптора задачи

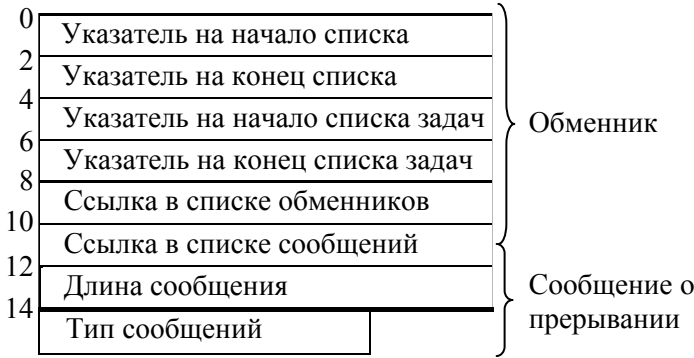


Рис. 4.10. Структура обменника прерываний

Следует иметь в виду, что статический дескриптор задачи (в отличие от дескриптора задачи) может быть размещен в постоянной памяти. Дескриптор обменника и дескриптор обменника прерываний— сходные структуры (последний охватывает первый). Это основывается на том, что при возникновении аппаратных прерываний в соответствующий обменник прерываний ядром МОС РВ посылается так называемое «сообщение о прерывании». Таким образом, вызывающие прерывания внешние события трансформируются в сообщения, посылаемые обычно драйверам МОС РВ. Структура обменника прерываний приведена на рис. 4.10.

В МОС РВ все сообщения имеют весьма схожий формат. Почти всегда унифицированными являются начальные поля сообщений, которые приведены на рис. 4.11. Первые три поля обязательны для каждого сообщения.

Ссылка в списке сообщений
Длина сообщений
Тип сообщения
Общий обменник
Обменник ответа
Дополнительная часть

Рис. 4.11. Структура сообщений

Расширением МОС РВ по сравнению со многими другими близкими операционными системами является наличие аппарата подуровней

прерываний, реализующего программное расширение аппаратной системы прерываний. Введение подуровней позволяет ядру с помощью подпрограмм опроса готовности идентифицировать источник прерывания

и послать сообщение в требуемый обменник прерываний в тех случаях, когда несколько внешних устройств имеют одинаковый аппаратный уровень прерывания.

В системе имеются дескрипторы подуровней прерываний, создаваемые из статических дескрипторов подуровней прерываний.

Ядро МОС РВ выполняет следующие функции:

инициализацию системы;

диспетчеризацию и синхронизацию задач;

отсчет временных интервалов для организации работы в реальном масштабе времени;

межзадачный обмен информацией;

обработку прерываний.

Эти функции на пользовательском уровне представляют собой набор операций ядра. К ним относятся:

операции межзадачного обмена информацией (посылка сообщения RQSEND, ожидание сообщения RQWAIT и получение сообщения RQACPT);

операции управления задачами (создание задачи RQCTSK, исключение задачи RQDTSK, приостанов задачи RQSUSP и возобновление ранее приостановленной задачи RQRESM);

операции управления обменниками (создание обменника RQCXCH и исключение обменника RQDXCH);

операции управления подуровнями прерываний (создание подуровня RQCSBL и исключение подуровня RQDSBL);

операции управления обработкой прерываний (индикация окончания обработки прерываний RQENDI);

инициализация сообщения о прерывании в обменнике прерываний RQIEXI, посылка сообщения о прерывании в обменник прерываний RQISND и установ вектора прерываний RQSETV.

Следует иметь в виду, что операция RQSETV отменяет стандартный механизм обработки прерываний (преобразование внешнего события в сообщение о прерывании в специальном обменнике) для соответствующего аппаратного уровня, возлагая обработку целиком на пользовательские программы, что может оказаться полезным для реализации быстрой реакции на некоторые экстренные внешние события.

Операции ядра описываются в [31]. Рассмотрим наиболее важные из них — операции RQSEND и RQWAIT.

Обращение к операции RQWAIT приводит к переходу задачи в состояние «ждущая». В этом состоянии задача ожидает в указанном обменнике до тех пор, пока не будет получено сообщение или не закончится указанный временной интервал. Если в обменник поступает сообщение, то операция

RQWAIT возвращает адрес сообщения. Если временной интервал закончится до получения сообщения, задаче возвращается адрес специального системного сообщения о таймауте. При обращении к RQWAIT необходимо указать два параметра: адрес обменника и число единиц системного времени во временном интервале ожидания (единица системного времени равна 50 мс). Второй параметр может быть равен нулю, что означает неограниченное время ожидания сообщения. При получении сообщения RQWAIT возвращает задаче адрес сообщения.

Использование времени в качестве параметра позволяет обеспечить задаче ожидание сообщения в обменнике не дольше заданного времени. Таким образом, отсчет интервалов времени может быть выполнен путем циклического ожидания (с указанием времени) в обменнике, куда ни одна задача не посылает сообщений. Операция RQSEND посылает сообщение в обменник, занося адрес сообщений в список сообщений

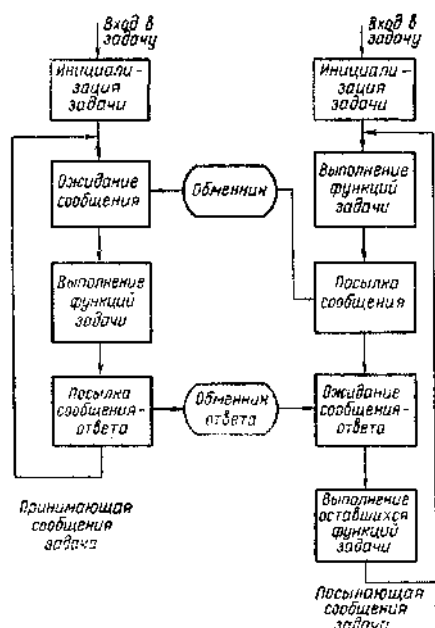


Рис. 4.12. Организация взаимодействия задач

обменника. При обращении к RQSEND указываются два параметра: адрес обменника и адрес сообщения. Обычно обменник, в который посылается сообщение, связан с какой-либо другой задачей, хотя он может быть использован задачей для отправки сообщения самой себе.

Необходимо отметить, что отправка сообщения в обменник, где его ожидает более приоритетная задача, вызывает прерывание посланной задачи и перевод ее в состояние «готовая». Получившая сообщение более приоритетная задача становится «текущей».

Большинство задач МОС РВ может быть классифицировано как посылающие сообщения задачи, принимающие сообщения задачи и нечто среднее (наиболее реальный случай) между двумя этими типами задач. Структура организации взаимодействия задач с помощью механизма сообщений и обменников показана на рис. 4.12.

В состав МОС РВ входят многочисленные драйверы, обращение к которым осуществляется путем отправки сообщений в их обменники, системные задачи, например «ЧАСЫ» (эквивалентно такой же задаче в БРСРВ), файловая система, распределитель памяти и отладчик.

Рассмотрим более подробно основные характеристики некоторых из системных задач МОС РВ. Формат файлов, обрабатываемых модулями файловой системы, аналогичен формату файлов ДОС 1800. Функции файловой системы также подобны функциям, имеющимся в ДОС 1800. В рамках файловой системы МОС РВ файлы могут создаваться, читаться, модифицироваться и удаляться. Имеется последовательный и прямой доступ к файлам. Для файловой системы МОС РВ характерной особенностью является возможность одновременного открытия одного и того же файла для чтения любым числом задач.

С точки зрения реализации файловая система имеет модульную структуру и представляет собой набор задач, соответствующий функциям файловой системы.

Файловая система МОС РВ позволяет эффективно работать с накопителями на гибких магнитных дисках. Возможна двойная буферизация при обработке файла. Если в системе имеется несколько контроллеров, то файловая система организует их параллельную работу.

В МОС РВ имеется две версии отладчиков: пассивный отладчик, позволяющий отображать состояние системы и задач, входящих в нее, и активный отладчик, обеспечивающий диалоговую отладку с помощью точек останова и позволяющий изменять состояние ячеек памяти и регистров задачи, достигшей точки останова. Обе версии ориентированы на отладку систем реального времени в терминах объектов самой МОС РВ, т. е. в терминах задач, обменников и т. д.

Следует отметить, что в отличие от обычных отладчиков (например, MONID) достижение точки останова в активном отладчике приводит к прекращению исполнения только одной (текущей) задачи системы реального времени. Остальные задачи продолжают работать во время останова отлаживаемой задачи, просмотра и изменения ее ресурсов.

МОС РВ является открытой системой. Имеются эффективные средства для написания пользователями собственных драйверов для модулей СМ-1800 или других нестандартных модулей. Возможна замена любых компонент (например, файловой системы) и добавление новых системных задач.

Хотя архитектурные принципы, заложенные в основу МОС РВ, отличаются от обычно используемых в операционных системах реального времени, значительная степень унификации и стандартизации обращений к системе и драйверам, естественная ориентация на внешние события позволяют достаточно легко создавать на основе МОС РВ системы АСУ ТП и системы автоматизации научных экспериментов. При этом МОС РВ заставляет пользователя сконцентрировать усилия на разработке прикладного программного обеспечения, принятии сбалансированных между функциональными требованиями и возможностями СМ-1800 решений.

Мультимикропроцессорная операционная система реального времени со специализацией функций процессоров ОС СФП. Дальнейшим развитием МОС РВ является ее мультимикропроцессорная версия — ОС СФП. В основу ОС СФП положены те же принципы, что и в МОС РВ. Кроме того, в ОС СФП включен стандартизованный программный интерфейс для задач, функционирующих на различных модулях центрального процессора МЦП1, объединенных И41 — системным интерфейсом СМ-1800. Этот программный интерфейс использует общую оперативную память и систему прерываний. Предполагается, что на каждом МЦП1 работают ядро и свои задачи ОС СФП, т. е. между процессорами осуществляется «статическое» распределение функций при проектировании системы. Отсюда и термин «специализация функций процессоров». Подобный подход к организации мультимикропроцессорного режима работы оправдан техническими характеристиками и

вычислительными возможностями СМ-1800. Хотя распределение функций статическое, однако за счет сосуществования в системе нескольких процессоров может быть существенно повышена производительность системы в целом по сравнению с МОС РВ.

В ОС СФП предполагается, что каждый процессор исполняет свою систему реального времени (состоящую из компонент ОС СФП и задач пользователя) на собственном сегменте оперативной памяти объемом 64 Кбайт.

Требования, выдвигаемые межпроцессорным программным интерфейсом, привели к модификации в ОС СФП распределителя памяти. Кроме того, в состав ОС СФП вошли новые драйверы, обслуживающие такие модули, как МВСТ и др.

Средства межмашинного обмена информацией в операционных системах реального времени. Для межмашинного обмена информацией имеется два средства. Первое из них — эмулятор терминала — присутствует во всех исполнительных системах, т. е. в БРС РВ, МОС РВ и ОС СФП. Второе — драйвер управления информационным каналом — присутствует в МОС РВ и ОС СФП. Аналогичный драйвер реализован и в ОС 1800. Этот драйвер реализует нижний уровень известного протокола управления информационным каналом ПУИК (ПП СЕТЬ СМ).

Драйвер для СМ-1800 осуществляет асинхронный дуплекс, варианты точка-точка и многоточка. В состав драйвера входят задачи: приемник, передатчик, прием запросов на ввод-вывод от задач пользователя, часы для контроля по времени отправления в линию связи кадров данных и главная задача.

Задача-приемник работает по прерываниям, обеспечивает побайтный ввод данных и синхросимволов, записывает информацию в кольцевой буфер ввода. Задача-передатчик также работает по прерыванию, реализуя побайтный вывод управляющих и информационных кадров, а также символов DEL для установления синхронизации.

Главная задача реализует:

- синхронизацию кадров;

- изменение режима работы драйвера;

- анализ полученных по линии связи кадров;

- формирование кадров для отправки в очереди на передачу;

- CRC — контроль принятой информации и инициализации повторных передач.

Драйвер позволяет эффективно осуществлять обмен информацией между ЭВМ, обеспечивая выполнение следующих функций;

- установление и прекращение связи;

- упаковку и распаковку информации (работа с кадрами информации);

- работу с управляющими кадрами;

- обеспечение «прозрачности» информационного канала;

- передачу и прием подтверждений о приеме кадров;

- контроль правильности обмена информацией с помощью CRC-кода и повторную передачу потерянных и искаженных кадров.

4.4.5

Пакеты прикладных программ для СМ-1800

Пакет «Экономика». Пакет «Экономика» представляет собой инструментальную систему, обеспечивающую построение АРМ для обработки экономической и отчасти текстовой информации [22]. Пакет состоит из ядра, системных утилит и проблемно-ориентированных прикладных программ.

Ядро пакета представляет собой простую, но эффективную многопользовательскую операционную систему, выполняющую управление всеми устройствами СМ-1800, распределение ресурсов, процессов (процесс соответствует оператору, взаимодействующему с СМ-1800), управление базами данных, ведение диалога, учет использования ресурсов. Ядро реализует эффективную для многопользовательской работы и экономических применений файловую систему. В пакете «Экономика» достигается высокая «реактивность» за счет применения программного КЭША.

Инструментальная направленность пакета привела к включению в него оригинального Ассемблера, редактора текстов и других утилит, имеющих универсальное назначение. Прикладная часть пакета включает широкий набор модулей, ориентированных на создание различных АРМ (АРМ-плановик, АРМ-секретарь, АРМ-редактор и т. д.).

Имеются модули для:

диалоговой обработки и печати таблиц, содержащих числовые и текстовые данные, с помощью специального языка описания данных (модуль «Дело»);

организации малой информационно-справочной системы, предназначенной для обработки в экранном режиме картотек с помощью основных и вспомогательных ключей (модуль «Мисс»);

форматирования текстовой документации (модуль «Текст»).

Область применения пакета «Экономика» постоянно расширяется, что приводит к появлению все новых и новых прикладных модулей, входящих в этот пакет.

Пакеты «Текст» и «Подготовка данных». Пакет «Текст» представляет собой диалоговую систему подготовки текстовой документации. Пакет работает в экранном режиме и позволяет:

создавать и редактировать текст документа;

устанавливать границы текста (ширина строки — до 128 знаков);

автоматически формировать строку, перенося не вставившиеся в строке слова;

задавать интервалы строк при печати;

выводить стандартные заголовки, управлять размещением номеров листов при печати, автоматически нумеровать листы;

получать нужное число копий документа при печати.

Обрабатываемый текстовый документ считается разбитым на листы. На дискете может храниться до 75 листов. Любая группа листов может стать документом, которому соответствует собственное имя в оглавлении дискеты.

Гибкими являются средства экранного редактирования текста. Имеются средства для: вставки и удаления символов и строк, перемещения абзацев и фрагментов текста, замены текста и установки табуляторов. Для вычислений в тексте имеются функции сложения, вычитания и процента. Числа задаются как десятичные, число значащих цифр — до 20. Дробная часть—1 или 2 цифры.

Автоматизировано также составление индекса документа по ключевым словам. Поиск вхождения ключевых слов выполняется в алфавитном порядке следования ключевых слов. Отсортированный индекс может быть выведен на экран или отпечатан.

Эксплуатация пакета «Текст» облегчается за счет применения подсказок и диагностики неверных действий оператора.

Пакет «Подготовка данных» предназначен для регистрации и статистической обработки данных. Документ имеет произвольный (задаваемый пользователем) формат. Регистрируемые данные могут быть целого, действительного, алфавитно-цифрового и текстового типов. Введенные данные хранятся на дискете в массиве регистрации.

В процессе статической обработки могут быть выполнены: выборка записей из массива регистрации; группирование записей по тем или иным критериям; расчет средних значений, сумм, отклонения; печать результатов статистических расчетов. Ошибки в зарегистрированных данных могут быть отредактированы.

Пакет программ для подготовки текстовой документации (ПТД). ПТД работает под управлением ДОС 1800 и предназначен для автоматизации создания текстовых документов, удовлетворяющих требования ЕСПД. Пакет состоит из следующих компонент:

форматора документов DOCFOR;

программы вывода содержания (оглавления) DOCCNT;

программы вывода предметного указателя DOCIND;

программы печати ранее отформатированного документа DOCPRT.

Пакет не включает средств занесения текстов. Для этой цели должен использоваться редактор текстов EDIT80 из состава ДОС 1800. В текст документа включаются специальные последовательности, воздействующие на формат обрабатываемого документа. Таким образом, исходный текст документа в некотором смысле похож на исходный текст программы. Для облегчения занесения текстов имеется специальный набор макросов для EDIT80. Транслятором исходного текста служит форматор документов.

Формирование выходного документа в значительной степени выполняется автоматически. Автоматизировано размещение слов текста по строкам и листам, выравнивание по правой границе, обработка заголовков разделов и других структурных элементов текстовой документации.

Номенклатура управляющих термов широка. Среди них есть средства для установки пользователем длины, ширины и левой границы листа; конца абзаца; условного и безусловного конца листа; начала и

конца заголовка; выделения части текста документа с помощью яркости, разрядки и подчеркивания; терминов.

Форматор порождает промежуточные файлы для автоматического составления оглавления и предметного указателя. При этом допускается разбиение исходного текста документа на несколько файлов, которые могут храниться на одной и той же или на разных дисках. ПТД позволяет автоматически связывать части документа, хранящиеся в различных файлах, с точки зрения нумерации листов. Это дает возможность выпускать документы практически любого требуемого объема.

С помощью программы DOCCNT может быть составлено оглавление всего документа. Оглавление при этом имеет структурированный вид, т. е. формируется с отступами в зависимости от уровня структурного элемента документа.

Предметный указатель изготавливается с помощью программы DOCIND. Обеспечена сортировка предметного указателя, пробелы и двойные кавычки при сортировке не учитываются. Каждый термин в предметном указателе сопровождается ссылками на структурные элементы документа, в которых он обсуждается.

Программа DOCPRT печатает сформированный с помощью форматора DOCFOR документ. При этом реализуются различные варианты размещения листов на бумаге, что способствует быстрому размножению текстовых документов и экономии бумаги.

Библиотека программ общего назначения (БИПОН). Бипон предназначена для поддержки различных арифметических, строковых, тригонометрических, статистических и других операций в пользовательских программах, написанных на языках Макроассемблер, ПЛ/М-80 и Фортран ДОС 1800. Пользовательские программы — операционно-независимы и реентерабельны, они могут работать под управлением ДОС 1800, МОС РВ или ОС СФП.

Процедуры БИПОН оформлены как подпрограммы, поставляемые в нескольких библиотеках на дисках формата ДОС 1800. Имеется 9 библиотек, между компонентами которых могут быть взаимосвязи, требующие учета в процессе компоновки.

Библиотека «Базисные подпрограммы» реализует быстрые строковые операции, а также двоичную и десятичную целочисленную арифметику без диагностики ошибок.

Библиотека «Двоичная целая арифметика» содержит подпрограммы для выполнения основных арифметических операций над целыми двоичными числами со знаком и без знака.

Библиотека «Арифметика с плавающей запятой» позволяет выполнять основные арифметические действия для двоичных чисел с плавающей запятой различной точности.

Библиотека «Десятичная арифметика» включает арифметику для обработки десятичных целых чисел и их масштабирование.

Библиотека «Обработка строк» дает возможность выполнять функции для обработки символьных строк (поиск, сравнение, вставку и удаление, табличный перевод и т. д.).

Библиотека «Преобразование чисел» предназначена для выполнения преобразования чисел из одного формата в другой, анализа входной числовой строки и формирования выходной строки десятичных чисел.

Библиотека «Трансцендентные функции» содержит подпрограммы вычислений для чисел с плавающей запятой тригонометрических, экспоненциальных и других трансцендентных функций.

Библиотека «Статистика» реализует подпрограммы для простейших статистических вычислений (среднее, дисперсия, среднеквадратичное отклонение, ковариация и корреляция).

Библиотека «ПИД-регулирование» обеспечивает набор процедур для управления выходными сигналами по входным данным в соответствии с тем или иным законом регулирования.

Программа обслуживания файлов. Наличие нескольких операционных систем в составе программного обеспечения СМ-1800 с различными логическими форматами дисков приводит довольно часто к задаче преобразования файлов из одной операционной системы в другую. Для реализации этой задачи в ДОС 1800 имеется программа обслуживания файлов FMAINT.

Программа FMAINT позволяет не только копировать файлы из дискеты для одной ОС на дискету для другой ОС. Набор выполняемых FMAINT команд представляет собой довольно мощный инструмент. Имеются команды для дампов файла, просмотра файла, поиска в нем цепочки знаков или последовательности байт. Пользователь имеет средства для частичного редактирования файлов в процессе их копирования.

Программа FMAINT обслуживает дискеты в формате ДОС 1800, ОС 1800 и дискеты данных СПО.

5.1

КЛАССИФИКАЦИЯ КОМПЛЕКСОВ

В зависимости от способа поставки пользователю и заказа комплексы СМ ЭВМ делятся на три типа — базовые (БВК), специфицированные (УВКС) и проблемно-ориентированные (ПОК). Причем если состав базового комплекса определяется жестко при его разработке и завод-изготовитель всегда поставляет его строго в соответствии с техническим условием на данный комплекс, то состав УВКС и ПОК определяется заказчиком по согласованию с заводом-изготовителем.

Базовые — комплексы технических средств и стандартного программного обеспечения конкретного состава, рассчитанные на использование в качестве вычислительного ядра при построения информационных, измерительных, управляющих и вычислительных комплексов различного состава и назначения.

Специфицированные — комплексы целевого назначения, в состав которых обычно входят базовый комплекс и дополнительное оборудование из номенклатуры СМ ЭВМ (устройства, блоки, модули, стандартное ПО). Специфицированный комплекс снабжается полной технической документацией на отдельные устройства и модули, входящие в его состав. Генерация системного ПО, проверка работоспособности комплекса на контрольной задаче и тест-мониторной системе проводятся заводом-изготовителем. Все технические средства, включаемые в специфицированный комплекс, являются номенклатурными изделиями с утвержденной ценой.

Проблемно-ориентированные комплексы СМ ЭВМ — наборы технических, математических, методических, проектных и организационных решений по реализации заданного множества задач автоматизации определенного класса объектов, объединенных общей технологией обработки информации, единством режимов обработки информации в заданных условиях эксплуатации. Технология обработки информации определяется последовательностью и спецификой обработки данных на этапах подготовки, сбора, первичной и содержательной обработки, формирования, выдачи и использования результатов. Таким образом, ПОК создается как база (другими словами, набор «полуфабрикатов») с целью разработки систем для конкретных объектов — пользовательских комплексов (ПК).

Для внедрения проблемно-ориентированных комплексов в народное хозяйство потребовалась целенаправленная реализация новой архитектурно-конструктивной базы в рамках семейства СМ ЭВМ, решение большого перечня научно-исследовательских задач, осуществление новых технологических и организационных принципов создания СВТ и разработки систем управления.

ПОК по сравнению с УВКС имеют следующие отличительные особенности:

В их состав, кроме стандартных средств из номенклатуры СМ ЭВМ, могут входить и нестандартные, специально разработанные устройства, модули операционных систем, пакеты прикладных программ;

ПОК, как правило, разрабатывается ведущей системной организацией с участием организаций — разработчиков СВТ с учетом применения данного комплекса на определенном множестве объектов;

при построении пользовательского комплекса для конкретного объекта на основе ПОК уточняется состав технических и программных средств, выполняются генерация пакета прикладных программ, параметрическая настройка модулей программного обеспечения и т. д. Пользовательский комплекс строится на конкретном объекте с использованием методического обеспечения ПОК.

Рассмотренные типы комплексов СМ ЭВМ являются основой построения пользовательских комплексов, которые komponуются из базовых, специфицированных или проблемно-ориентированных комплексов и агрегатных модулей СМ ЭВМ. Процедура компоновки, в результате которой определяется состав технических и программных средств комплекса, представляет собой итеративную последовательность этапов логической, конструктивной, электрической компоновок и компоновки программного обеспечения.

Логическая компоновка заключается во взаимоувязанном выборе основных компонентов программного обеспечения (типа операционной системы, ППП и т. д.), базового, типового или

проблемно-ориентированного комплекса, дополнительных внешних устройств и модулей, которые в системе наиболее полно удовлетворяют требованиям решения задач пользователя.

На этапе конструктивной компоновки решаются вопросы размещения функциональных модулей и устройств в типовых конструктивных элементах.

Электрическая компоновка заключается в выборе для конструктивно скомпонованных устройств и модулей комплекта кабелей, жгутов, источников питания.

На этапе компоновки программного обеспечения уточняются состав модулей операционной системы (драйверов, дополнительных устройств, мониторов и т. д.), способы включения ППП в систему и особенности генерации системы программного обеспечения для конкретного пользовательского комплекса.

Рассмотрим принципы выполнения основных этапов компоновки комплексов СМ ЭВМ.

5.2

ЛОГИЧЕСКАЯ КОМПОНОВКА

Исходными данными для логической компоновки являются: предварительно выбранный перечень устройств и наименование операционной системы. Если структура комплекса технических средств (КТС) представляет собой сложный, многомашинный комплекс, то в состав исходных данных должны быть также включены сведения о топологии КТС (например, сведения о размещении ряда устройств на дополнительной шине за переключателем шины СМ-4501 и т. д.). Выбор ОС и набора функциональных устройств осуществляется пользователем исходя из требований задач проектируемой системы.

Этап логической компоновки включает ряд подэтапов.

1. Проверку того, что выбранная ОС поддерживает весь набор устройств, входящих в исходную спецификацию. Если некоторые драйверы отсутствуют (или их характеристики недостаточны), то возможна альтернатива выбора иной операционной системы, имеющей все необходимые драйверы, отказа от ряда выбранных (или выбора других) устройств либо самостоятельного написания драйверов и включения их в ОС. Сведения по логическим ограничениям, накладываемым программным обеспечением СМ ЭВМ линии СМ-4 на перечень и количество устройств в УВКС, приведены в п. 5.7.

2. Составление таблицы использования адресов регистров и векторов прерываний внешними устройствами (сведения о заводской установке и возможностях их изменения даны в п. 5.8).

3. Сравнение значений адресов регистров и векторов прерываний внешних устройств с целью устранения наложения их друг на друга. Если такое наложение имеется, то для его устранения требуется изменить у ряда (однотипных и/или разнотипных) устройств заводскую настройку адресов в допустимых пределах (см. п. 5.8). Если это сделать не удастся (например, отсутствует возможность изменения заводской установки или не хватает границ изменения), то следует скорректировать исходную спецификацию, исключив некоторые устройства либо выбрав другие, аналогичные по функциям устройства с другими адресами регистров и векторов прерываний.

4. Группировку устройств, входящих в спецификацию, по уровням приоритета: подключаемые к линии ЗПД, ЗП7, ЗП6, ЗП5, ЗП4 в соответствии с заводской установкой устройств (необходимо помнить, что устройства, подключаемые к линии ЗПД, одновременно подключаются к одной из линий ЗП).

5. Подсчет количества программно-управляемых устройств, подключенных к каждой из линий ЗП. С целью уменьшения времени реакции УВК на прерывание выравнивать (по возможности) количество устройств по уровням 4—7. Это достигается изменением заводской установки уровня прерывания ЗП устройства. Выполнение данного пункта не является обязательным, так как закрепление ЗП может быть изменено в процессе эксплуатации УВК после проведения дополнительных исследований по оптимизации эффективности вычислительного процесса в создаваемой системе.

6. Закрепление первоначального следования устройств на системном интерфейсе «Общая шина». При этом:

за процессором и модулями оперативной памяти на центральном отрезке интерфейса ОШ («процессор — устройство расширения интерфейса № 1») первыми должны устанавливаться устройства с прямым доступом в память: СМ-4503 (при наличии в спецификации), контроллер системного устройства внешней памяти. Дальнейший порядок следования устройств с прямым доступом определяется исходя из режимов функционирования, технических характеристик устройств.

Возможным альтернативным решением может быть расстановка по уменьшению скорости передачи данных устройством или по увеличению Допустимого времени ожидания устройством после выдачи им сигнала ЗПД (обратно пропорционально объему буфера);

рекомендуется включать в состав УВКС не более четырех «одновременно» работающих устройств прямого доступа. Если требуется использовать в комплексе большее количество устройств с прямым доступом и/или установить их после устройства расширения ОШ, то необходимо разработчику УВКС предусмотреть средства, синхронизирующие (организующие последовательный обмен) работу устройств с прямым доступом (например, использование устройств с разделением во времени: УКБ-200— сбор данных, а уже после выключения УКБ-200 включается ЭПГ СМ для обработки данных), а также учитывать задержку, вносимую системными устройствами (типа расширителей интерфейса);

за устройствами прямого доступа должны включаться программно-управляемые устройства последовательно по группам, содержащим устройства с одним уровнем приоритета. Исключением являются три устройства, подключаемые к ОШ через двухплатные контроллеры в блок системный интерфейсный (БСИ) процессора. В БСИ процессора рекомендуется включать контроллер системного терминала, устройства печати и ввода-вывода (допускается взамен этих включение других подобных устройств).

7. Проверку предварительного расчета длины ОШ (см. п. 5.3) и загрузки ОШ устройствами. Далее необходимо разделить шину на центральный (Ц) и периферийные (П) отрезки исходя из условия: длина отрезка ОШ (Ц или П) ≤ 15 м; суммарная нагрузка ОШ (Ц или П) ≤ 20 СЕН. Затем вставить между ними СМ-4101 (РИФ). Включить требуемое количество СМ-4101 в спецификацию комплекса. При проведении данного этапа следует учитывать, что рекомендуется параллельное подключение СМ-4101. Это позволяет улучшить реактивность системы прерываний комплекса.

8. Разработку «Схемы электрической структурной интерфейсных последовательных соединений устройств» на основании спецификации и проведенных этапов логической компоновки.

5.3

КОНСТРУКТИВНАЯ КОМПОНОВКА

Конструктивно комплексы СМ ЭВМ состоят из набора функционально и конструктивно законченных устройств, выполненных на базе унифицированных конструктивных элементов. Основными конструктивными элементами системы малых ЭВМ семейства СМ-4 являются:

блок элементов (БЭ) — конструктивно законченный узел, выполненный на базе печатной платы с интегральными схемами и радиоэлементами;

блок кассетный (БК) — конструктивно законченный узел, предназначенный для размещения и конструктивного объединения блоков элементов. Блок кассетный выполнен на базе каркаса с окнами для установки разъемов и направляющими для установки БЭ. В качестве основного разъема в БК использован 96-контактный разъем. По горизонтали каркас кассетного блока разделен на три секции (А, Б, В) и по вертикали на ряд этажей в зависимости от варианта исполнения. Номер этажа отсчитывается снизу вверх, шаг по этажу—15 мм. В конструктивах второй очереди имеется блок частичный монтажный (БЧМ), представляющий собой четырехрядный кассетный блок, предназначенный для установки плат типа Е2 и подключения кабеля с разъемом СНП-59;

блок автономный комплектный (АКБ) — конструктивно выполнен как законченное изделие с установленными в нем БК, БЭ, системой электропитания, вентиляцией, электромонтажом и передней панелью;

стойка — конструктивно законченное изделие, предназначена для установки, электрического объединения и защиты от повреждения встраиваемых в нее устройств. Стойка СТ1—общего назначения. Стойка СТ2 используется для компоновки средств УСО, подключаемых к магистрали ОШ через согласователь УСС ОШ/2К (А71117). Стойка СТ1 по высоте условно разбита на 36 уровней, предназначенных для установки устройств. Каждый уровень равен модулю наращивания по высоте — $U = 44,45$ мм. Нумерация уровней — сверху вниз. Устройства устанавливаются в стойку по направляющим, которые крепятся к ее раме винтами и могут быть размещены на любом из уровней (за исключением уровней 34, 35, 36).

Конструктивное исполнение устройств СМ ЭВМ. Устройства (или контроллеры внешних устройств), komponуемые в комплекс, могут быть нескольких видов:

устройства СМ ЭВМ (или контроллеры внешних устройств), имеющие законченное конструктивное исполнение, — АКБ. Устройства данной группы устанавливаются на свободные места стоек базового комплекса или в дополнительную стойку;

контроллеры внешних устройств (либо сами устройства), реализованные в виде блоков элементов, использующие для подключения к ОШ или БСИ процессора, или блок кассетный интерфейсный (БКИ), или блок расширения системы (БРС). В БСИ процессора СМ-2104 имеются свободные места для подключения до трех подобных контроллеров ВУ. При необходимости подключения более трех данных устройств нужно использовать блок расширения системы, содержащей один или два блока БКИ;

устройства, реализованные в виде нескольких блоков элементов, имеющие индивидуальный генмонтаж блока кассетного (например, расширитель интерфейса СМ-4101). Такие устройства изготавливаются в конструктиве БК и устанавливаются в БРС.

Для упрощения процесса компоновки определено понятие стандартного места. Стандартное место в стойке определено уровнями стойки. Таким образом, если АКБ имеет высоту 6 U, то данный АКБ будет занимать шесть стандартных мест стойки.

В автономном комплектном блоке за единицу стандартного места принимается горизонтальный ряд (секции А, Б, В) разъемов кассетных блоков, устанавливаемых в БРС. Так, если в блоке расширения системы установлено два шестирядных кассетных блока, то для установки блоков элементов имеется 12 стандартных мест. Максимально в БРС может быть 15 стандартных мест. Исходными данными для проведения конструктивной компоновки УВКС являются уточненные на предыдущем этапе

СТ1	СТ2	СТ3	СТ4	СТ5
СМ-1403.04				
03У-ПБ4К16.1	03У-ПБ4К16.1	СМ-5300.01	СМ-5300.01	БУ
СМ-6202.01	Контроллер СМ-5402.05	СМ-5300.01	СМ-5300.01	Контроллер СМ-5402.09
СМ-2104	СМ-5400	2U	2U	СМ-5400
БУ	СМ-5400	Контроллер СМ-5301.10	Контроллер СМ-5301.10	СМ-5400
БУ	БУ	СМ-5603	СМ-8514	СМ-2001 СМ-4101 БРС-1

Рис.5.1. Схема размещения устройств в стойках

спецификация комплекса, структурная схема, последовательность подключения контроллеров устройств к системному интерфейсу и устройств к контроллерам, а также сведения об ограничениях на установку устройств и модулей в конструктивные элементы. Этап конструктивной компоновки проводится в следующем порядке.

Подсчитать количество стандартных мест, достаточное для размещения контроллеров и устройств, последовательно для устройств в конструктивах БЭ, БК, АКБ.

Подсчитать количество БРС (а также определить их модификации), достаточное для размещения устройств в конструктивах БЭ, БК (БЧМ). Следует помнить, что в процессор можно подключить три контроллера, выполненных в виде двух БЭ. Включить блоки расширения системы в список

АКБ, подготовленных для размещения устройств в конструктиве АКБ, и ввести их в спецификацию.

Установить устройства последовательно в блоки расширения системы, затем в стойки (рис. 5.1). При компоновке устройств в стойках следует учитывать эргономические ограничения на размещение каждого конкретного устройства. Компоновочные характеристики устройств СМ ЭВМ приведены в п. 5.8. При компоновке устройств с прямым доступом в память (например, устройства внешней памяти) контроллеры и управляемые ими устройства желательно размещать в одной стойке. Если это требование выполнить невозможно, то допускается размещение в двух рядом стоящих стойках. Размещение контроллеров и управляемых ими устройств в большем количестве стоек недопустимо. При размещении в конструктивах необходимо стремиться устанавливать соседние на структурной схеме устройства в непосредственной физической близости, так как это позволит минимизировать длину кабеля ОШ. При проведении компоновки в стойки имеющиеся ограничения на места установки устройств в конструктивы могут вызвать необходимость ввода в спецификацию дополнительных конструктивных элементов.

5.4

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ КОМПОНОВКА

Исходными данными для проведения электрической компоновки являются уточненная на предыдущих этапах спецификация комплекса, структурная схема, последовательность подключения контроллеров устройств к системному интерфейсу и устройств к контроллерам, схема расположения модулей и устройств в конструктивных элементах, а также потребляемая мощность и сведения об

электрических схемах включения каждого устройства в комплекс, к источнику питания. При выполнении электрической компоновки следует учитывать особенности ЭВМ линии СМ-4.

Физически «Общая шина» в комплексе реализована в виде:

кабелей ОШ, соединяющих устройства;

«внутреннего отрезка ОШ» в устройстве — генмонтажа разъемов кассетных блоков отдельных устройств (например, процессора, контроллера, накопителя, кассетного блока БРС и т. д.);

«отводов ОШ» — проводников, соединяющих вводной разъем отдельной платы (например, контроллера печатающего устройства) с ИСТОЧНИКОМ или ПРИЕМНИКОМ ОШ.

Общая шина устройств имеет начало — «вход ОШ» и конец — «выход ОШ». Если соединяется через ОШ несколько устройств, то «вход ОШ» следующего устройства (например, контроллера накопителя) с помощью кабеля ОШ соединяется с «выходом ОШ» предыдущего устройства (например, процессора) и т. д. Начало и конец ОШ заканчиваются «заглушкой ОШ».

Длина отрезка ОШ (центрального, периферийного № 1, № 2 и т. д.), как указывалось выше, не должна превышать 15 м.

Процесс электрической компоновки состоит из следующих этапов.

11	9	12
5	1	6
3	«Ц»	4
7	2	8
13	10	14

Рис. 5.2. Схема размещения устройства «Ц» в 3-стоечном варианте

1. Синтез конструктивно-электрической схемы соединения устройств вычислительного комплекса. Примеры такой схемы для базовых комплексов даны в [42].

2. Определение необходимой длины кабелей ОШ, соединяющих устройства комплекса. Длина кабеля, соединяющего два устройства, зависит от варианта расположения в стойке соединяемых устройств. Варианты размещения устройства «Ц» (рис.5.2) с устройствами 1—4 называются «соседними», а с устройствами 5—8 — «диагональными».

«Соседние» устройства соединяются кабелем длиной 1,5 м, так как в процессе эксплуатации необходимо

выдвигать устройства для обслуживания и ремонта. «Диагонально» расположенные устройства 5—8 также могут соединяться кабелем длиной 1,5 м, когда нижняя граница устройств 5 и 6 (7 и 8) установлена выше верхней (ниже нижней) кромки устройства «Ц» не более чем на 1 U. Если это превышение больше 1 U, но меньше 10 U, то кабель ОШ должен быть длиной 2,5 м. Другими словами, при подобном смещении устройств потребуются такая же длина кабеля, как и для соединения «через устройство» (например, с устройствами 9, 11 и 12 на рис. 5.2).

Соединение устройства «Ц» с устройствами через стойку, расположенными на уровне устройств 5—8 со смещением не более 1 U, выполняется кабелем длиной 2,5 м. Если смещение устройства более 1 U, то соединяется кабелем длиной 3,3 м.

Соединение устройств, выполненных в конструктиве БК и установленных в одном АКБ, допускается кабелем ОШ длиной 0,6 м.

3. Расчет длины каждого из отрезков ОШ (центрального и периферийных). При этом учитываются длина внутреннего отрезка ОШ, отводов ОШ из-за внутреннего монтажа каждого устройства; длина кабелей ОШ, соединяющих устройства. Сведения о внутреннем отрезке ОШ даны в табл. 5.5. Расчет выполняется по формуле:

$$l_{\text{ОШ}} = \sum_{i=1}^n l_{\text{кi}} + \sum_{j=1}^m l_{\text{внj}} + \sum_{j=1}^m l_{\text{отвj}}$$

где $l_{\text{ОШ}}$ —длина отрезка ОШ (центрального или периферийного);

$l_{\text{кi}}$ —длина кабеля, соединяющего устройства;

m — количество устройств, подключаемых к отрезку ОШ;

n —количество кабелей $n=m-1$;

$l_{\text{вн}}$ — длина внутреннего отрезка ОШ (определяется генмонтажом устройства);

$l_{\text{отв}}$ — длина ответвления ОШ на плате устройства.

Если рассматриваются устройства, реализованные в виде двух блоков элементов, то $l_{\text{вн}}$, равная внутренней длине ОШ в БКИ блока расширения системы или БСИ процессора, учитывается один раз, а

длины отводов ОШ суммируются для всех устройств, установленных в данном БКИ.

Если рассматривается устройство в конструктиве АКБ или блока кассетного, то в качестве ($l_{\text{вн}} + l_{\text{отв}}$) берется длина ≤ 60 см (рекомендуется брать 40 см). Если длина «отрезка ОШ» превышает 15 м, следует изменить конструктивную или логическую компоновку устройств с целью уменьшения длин соединительных кабелей ОШ, например, передвинуть имеющийся в комплексе СМ-4101 либо ввести дополнительный.

Пример расчета длины ОШ описан в п. 5.7. Данный пример, как и практика компоновки комплексов СМ ЭВМ, свидетельствует, что основное ограничение на количество устройств на центральном отрезке интерфейса ОШ налагает длина отрезка ОШ, а не суммарная нагрузка в 20 СЕН; количество устройств в конструктиве АКБ, подключаемых к центральному отрезку за процессором, равно 6; из них обязательны блок ОЗУ, контроллер дисков. Использование более двух блоков ОЗУ нерационально, так как уменьшается (до трех и менее) возможное количество мест подключения устройств прямого доступа на центральном отрезке ОШ (т. е. без дополнительных задержек).

4. Выбор модификации жгутов ОШ, обеспечивающих требуемые длины соединений по ОШ (осуществляется по данным п. 5.9). Если в комплексе используются устройства, выполненные в конструктивах 1-й очереди (т. е. имеющие иные разъемы ОШ по сравнению со 2-й и 3-й очередями), то необходимо предусмотреть модификацию жгутов ОШ, имеющих соответствующие разъемы.

5. Проверка соответствия мощности источника питания, установленного в БРС или стойке, мощности, потребляемой устройствами.

6. Выбор комплекта кабелей, обеспечивающих электрическую увязку устройств.

7. Составление схемы электрической общей комплекса на уровне соединения разъемов устройств кабелями и окончательных вариантов схемы электрической структурной, расположения устройств в стойках (см. рис. 5.1) и спецификации комплекса.

Особенности компоновки отдельных устройств. В комплексе нежелательно использовать более двух блоков ОЗУ.

Переключатель ОШ СМ-4501 следует подключать к центральному отрезку ОШ с целью уменьшения суммарной задержки на цикл передачи сигналов.

При использовании в комплексе СМ-4503 требуется увеличивать время тайм-аута для процессора и устройства с прямым доступом, выполняющих обмен через АМС, до 150 мс.

Блок системный адаптеров дистанционной связи СМ-8502 рекомендуется использовать для организации не более 4 каналов связи, а для большего количества каналов — МПД-А или СМ-8514. Нельзя применять в комплексе более трех БКИ, устанавливаемых в БРС.

5.5

СИСТЕМА ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ

Электропитание комплекса осуществляется от однофазной сети напряжением $220 \pm 10\%$ В, частотой 50 ± 1 Гц или от однофазной сети напряжением 380 В. Напряжение от трансформаторной подстанции до силового щита в машинном зале подводится отдельным фидером. Силовым щитом может служить любой типовой щит, выбранный с учетом потребляемой комплексом мощности.

Рекомендуется соблюдать радиальный принцип разводки питания к стойкам комплекса, т. е. каждая стойка должна подключаться своим сетевым кабелем к силовому щиту. Подвод электропитания от силового щита к комплексу выполняет потребитель самостоятельно двухжильным или четырехжильным экранированным кабелем (сечение жил не менее 4 мм^2 каждая). Рекомендуемый тип кабеля — РПШЭ.

Ввод напряжения в стойку осуществляется через блок включения сетевой (ВВС), расположенный в нижней части каждой стойки комплекса. Устройства комплекса, установленные в стойки, подключаются к разноточникам сети стойки.

Устройства, выполненные в напольном и настольном вариантах, подключаются только от ВВС стоек комплекса (разъемы X2, X3, X4).

Любую сервисную аппаратуру, не входящую в комплекс, нельзя подключать к разноточникам сети.

Система заземления. В помещении, предназначенном для работы УВКС, должен быть выполнен «внутренний контур заземления» (ВКЗ), связанный с отдельным «внешним контуром заземления». Последний выполняется в виде металлических сеток, стержней или плит (из меди или латуни),

закопанных в землю (сопротивление растекания тока ≤ 1 Ом), и связывается с ВКЗ плоским проводником (шиной) или кабелем-плетенкой. Внутренний контур заземления:

не должен быть замкнутой цепью;

должен обеспечивать гальваническую развязку с нейтралью переменного тока (запрещается подключать к ВКЗ любое электрооборудование, не входящее в УВКС).

Правильно выполненная система заземления обеспечивает допустимый уровень помех, если ее сопротивление не превышает 4 Ом по постоянному току и в диапазоне частот до 10 МГц не превышает 10 Ом.

Комплекс подключается перемычкой сечением не менее 10 мм² и длиной не более 2 м. В опорном узле заземления УВКС электрически объединяются: перемычка от внутреннего контура заземления, «физическая земля» и «логическая земля» УВКС.

Конструктивно опорный узел заземления выполняется на корпусном болту (обозначенном 1) одной из стоек УВКС. Корпуса стоек, скрепленные между собой болтами и связанные дополнительно электрически, образуют «физическую землю» УВКС. «Логическая (информационная) земля» выполняется последовательным соединением шин всех стоек комплекса с помощью перемычек. К шине «логической земли» подключаются выводы заземлений всех устройств, конструктивно объединенных в данной стойке. Разъединенные «физическая» и «логическая» земли не должны иметь между собой электрической связи.

Опорный узел заземления УВКС должен быть организован в одной из стоек процессора, контроллеров дисков или расположения нулевого блока ОЗУ.

Конкретный вариант организации «опорного узла» выбирается после проверки комплекса по мультипрограммному примеру тест-мониторной системы с увеличенным размером буфера записи. Проверка должна проводиться в течение 8 ч. Если изменение точки заземления комплекса приводит к существенному изменению числа ошибок, то выбранная схема компоновки комплекса не обеспечит устойчивую (бессбойную) работу комплекса.

Устройства, выполненные в настольном и напольном вариантах, должны быть подключены к общей системе информационного и корпусного заземления комплекса с помощью информационного и сетевого кабелей данного устройства.

При компоновке УВКС больших конфигураций «логические и физические земли» стоек объединяются с помощью медной шины шириной не менее 50 мм и толщиной не менее 0,3 мм.

5.6

ОГРАНИЧЕНИЯ, НАКЛАДЫВАЕМЫЕ ПРОГРАММНЫМ ОБЕСПЕЧЕНИЕМ НА КОМПОНОВКУ УВКС

Описание операционных систем приведено в гл. 4. В дополнение к этим материалам в данном разделе уточняются минимальная и максимальная конфигурации технических средств (ТС), поддерживаемые ОС, и особенности использования с ОС некоторых устройств.

Таблица 5.1

Технические средства	Операционные системы			
	ДОС РВР, ДОС КП	ДИАМС, ДИАМС-2	РАФОС	ОС РВ, ОС РВ-2
Процессор	СМ-2104	СМ-2104	СМ-2104	СМ-2104
Емкость ОЗУ, Кбайт	80	32, 64	16	48
Консольный терминал*	+	+	+	+
Системный диск**	+	+	+	+
НМЛ	—	СМ-5301	—	—

* В настоящее время наиболее, часто используются ВТА-2000-32, ВТА-2000-15

** В качестве системного накопителя могут быть, использованы накопитель на кассетных и сменных магнитных дисках СМ-5402, СМ-5407 соответственно

Краткие сведения о минимальной конфигурации технических средств, поддерживающей нормальное функционирование той или иной операционной системы, приведены в табл. 5.1, о максимальных составах ТС, поддерживаемых названными операционными системами,— в табл. 5.2. В табл. 5.3 указан перечень УСО, поддерживаемых ОС.

Таблица 5.2

Технические средства	Операционные системы					
	ДОС РВР	ДОС КП	ДИАМС	ДИАМС-2	РАФОС	ОС РВ (ОС РВ-2)
1	2	3	4	5	6	7
СМ-2104	1	1	1	1	1	1
ТМР-П/СМ	1	1	1	1	1	1
ОЗУП 64К-16.1	2	2	2	2	2	2
ОЗУП 64К-16	2	2	2	2	2	2
СМ-3508.30	1	1	1	1	1	1
СМ-4101	Специального программного обеспечения не требует					
СГИ СМ	Тоже					
СМ-4501	—	—	—	—	1	1–3
СМ-4502 ¹	См. табл. 5.3					
СМ-4503	—	—	—	—	1	1
СМ-5208	1к	1к	—	—	1к	16к
СМ-5211	1к	1к	—	—	1к	16к
СМ-5301	1к	1к	4к	1к	1к	16к
СМ-5402	1к	1к	4к	1к	1к	16к
СМ-5407	1к	1к	4к	1к	1к	16к
СМ-5603	1к	1к	4к	1к	2к	16к
СМ-6300.01	8	8	1 ²	1 ²	1	16
СМ-6304.01	8	8	1 ²	1 ²	1	16
СМ-6305	8	8	1 ²	1 ²	1	16
СМ-7300	—	—	—	—	1	1
АЦВ СМ	—	—	—	—	1	—
АЦВ	—	—	—	—	1	—
ВТА-2000-15	80 ³	112	32	80	15 ³	100
ВТА-2000-32 ⁴	8	16	16	16	1	16
СМ-8502	8	8	15 ⁵	15 ⁵	8	8
СМ-8514	4	4	2	5	1	16
А711-18	—	—	—	—	1	16
А711-17/1	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)

Примечание. Обозначения в таблице следующие:

— — отсутствие драйвера;

к — контроллер (1 контроллер может обеспечивать работу нескольких накопителей).

¹ Для устройства УСС ОШ/2К и РСС ОШ/2К-1 специального программного обеспечения не требуется. Набор драйверов определяется составом модулей УСО, выходящих на ранг 2К и подключаемых к комплексу через УСС ОШ/2К и РСС ОШ/2К-1.

² Вместо локальных терминалов (см. ВТА-2000-32) может быть включена дополнительная печать.

³ Подключаются 16+64 или 7+8 (на первом месте указано число терминалов, подключенных через АДС, на втором — через МПДА).

⁴ Локально подключаемые терминалы; консольным может быть в комплексе только один.

⁵ Если адаптеры дистанционной связи используются для подключения терминалов, то их (адаптеров) может быть подключено до 15, если же для построения многомашинных сетей — до 4.

При этом необходимо подчеркнуть, что под термином «максимальный состав технических средств» подразумеваются логические возможности конкретной ОС, а не максимальное общее число устройств, которое можно физически подключать и одновременно использовать в УВКС под управлением данной системы. Последнее решается с учетом ограничений, накладываемых принципами логической, конструктивной и электрической компоновки.

Определив набор технических средств и предварительно выбрав операционную систему, необходимо прежде чем приступить к компоновке комплекса, выполнить проверку на поддержку технических средств выбранным программным обеспечением. Это осуществляется в два этапа. Вначале выбранный состав ТС сравнивается с минимальной «конфигурацией оборудования, необходимого для нормального функционирования выбранной ОС. Если каких-либо устройств из минимальной конфигурации не хватает, необходимо рассмотреть возможность включения их в состав комплекса. Затем нужно проверить, поддерживают ли драйверы ОС функционирование всех дополнительных (к минимальной

конфигурации) устройств, включенных в данный комплекс. Если некоторые драйверы отсутствуют или
Таблица 5.3

Наименование устройства	Шифр устройства	Поддержка в ОС		
		ОС РВ	ОС РВ-2	РАФОС
1	2	3	4	5
Устройство комбинированное быстродействующее	УКБ-200	—	+	+
Комплект связи с объектом	КСО-100; КСО-200	+	+	+
Преобразователь групповой постоянного тока	A614	#	#	#
Преобразователь групповой переменного тока	A614-2	#	#	#
Имитатор сигналов	A613-14	×	×	×
Модуль привязки цифровых измерительных приборов	A611-15	—	—	—
Модуль аналого-цифрового сравнения	A611-10	—	—	—
Коммутатор выходных сигналов	A612-15	#	#	#
Модуль нормализации	A612-11	×	×	×
Имитатор сигналов	A613-13	×	×	×
Модуль нормализации	A621-1	×	×	×
Модуль гальванической развязки	A621-3	×	×	×
Модуль ввода инициативных сигналов	A622-8	+	+	+
Модуль аналого-цифрового преобразования	A611-19	+	+	+
Коммутатор бесконтактный	A612-11	+	+	+
Модуль ввода число-импульсных сигналов	A623-2	+	+	+
Ввод число-импульсных сигналов	A623-3	—	+	+
Модуль гальванической развязки	A622-9	×	×	×
Преобразователь измерительный код-ток	A631 -6	+	+	+
Модуль кодового управления бесконтактный	A641-9	+	+	+
Модуль вывода импульсных сигналов	A641-10	+	+	+
Модуль ввода-вывода дискретных сигналов	A641-12	+	+	+
Блок нормализации	БН-98	×	×	×
Преобразователь измерительный	A614-7	#	#	#
Коммутатор релейных сигналов	A641-15	#	#	#
Модуль управления мощных выходов	A641-5(не использовать в УВКС)	×	×	×
Модуль управления бесконтактный	A641-8	×	×	×
Коммутатор дискретных сигналов	A622-10			

Примечание.

+ — драйвер есть

— устройство программно доступно через драйверы устройств ввода-вывода дискретной и аналоговой информации;

— — драйвера нет;

× — программное обеспечение не требуется.

количество устройств, поддерживаемых одним драйвером, не удовлетворяет пользователя, то возможны следующие альтернативные варианты: выбор другой операционной системы, имеющей все драйверы (если таковые имеются);

включение при генерации ОС более одного драйвера устройства данного типа;

самостоятельное написание драйвера и включение его в ОС.

Важно еще раз отметить, что логическая поддержка ОС того или иного максимального количества устройств одного типа (например, 16 контроллеров накопителей на кассетных магнитных дисках СМ-5402 поддерживаются одним драйвером ОС РВ) не означает, что такое число устройств может одновременно работать в комплексе.

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ ПО КОМПОНОВОЧНЫМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ, ИСПОЛЪЗУЕМЫХ В УВКС

Схема расчета длины центрального отрезка ОШ приведена на рис. 5.3. В качестве внешних устройств в данной схеме использованы устройства в конструктиве АКБ. Длина участка ОШ складывается из следующих элементов:

кабеля—1,5 м × 6 шт. = 9,0 м (длина кабеля 1,5 м для соединения двух устройств в конструктиве АКБ является минимальной, так как устройства должны выдвигаться из стойки);

Таблица 5.4

№ п/п	Шифр	Краткое буквенное обозначение устройств	Полное наименование устройств
1	2	3	4
1	СМ-2104	Пр	Процессор
2	ТМР-П/СМ	ТМР-П	Таймер программируемый
3	ОЗУП 64К-16.1	ОЗУ	Оперативное запоминающее устройство
4	ОЗУП 64К-16	ОЗУ	То же
5	СМ-3508.30	ОЗУ	»
6	СМ-4101	РИФ	Расширитель интерфейса
7	СГИ СМ	СГИ	Сегментатор интерфейса
8	СМ-4501	ПШ	Переключатель шины
9	СМ-4502	УСС ОШ/2К	Устройство согласования сопряжений
10	СМ-4503	АМС	Адаптер межпроцессорной связи
11	СМ-5208	УВПК	Устройство внешней памяти на кассетной магнитной ленте
12	СМ-5211	УВПК	То же
13	СМ-5301	УВПМЛ	Устройство внешней памяти на магнитной ленте
14	СМ-5402	УВПМД	Устройство внешней памяти на магнитных дисках
15	СМ-5407	УВПСМД	Устройство внешней памяти на сменных магнитных дисках
16	СМ-5603	УВПГМД	Устройство внешней памяти на гибком магнитном диске
17	СМ- 6300.01	АЦПУ	Алфавитно-цифровое печатающее устройство последовательное
18	СМ-6304.01	АЦПУ	То же
19	СМ-6305	АЦПУ	Устройство параллельной печати
20	СМ-7300	ЭПГ	Устройство отображения графической информации
21	АЦВ СМ	АЦВ	Алфавитно-цифровой видеотерминал
22	АЦВ-0	АЦВ	То же
23	ВТА-2000-15	ВТА	Видеотерминал алфавитно-цифровой
24	ВТА-2000-32	ВТА	То же
25	СМ-8502	БС АДС	Блок системный адаптеров дистанционной связи
26	СМ-8514	АМПД	Асинхронный мультиплексор передачи данных
27	А711-18	УСВМ	Устройство связи вычислительных машин
28	УКБ-200	УКБ	Устройство комбинированное быстродействующее
29	К5	К5	Дуплексный регистр
30	БРС	БРС	Блок расширения системы
31	Стойка	СТ	Стойка типовая

кабеля к РИФ — 0,6 м, считая, что РИФ установлен в одном из АКБ устройств, подключенных на центральном отрезке;

внутреннего отрезка ОШ в устройстве — 0,4 м × 7 шт. = 2,8 м (согласно ОСТ 25795—78 длина отвода, соединяющего ИСТ и ПРМ с линией ОШ и выполненного печатным способом или витой парой, не должна превышать 60 см. Рекомендуемая длина — 40 см);

внутреннего отрезка БСИ процессора — 0,9 м (средняя длина отвода от разъема ОШ до разъемов, в которые вставляются платы контроллера);

внутреннего отвода ОШ в двухплатном контроллере: вставленного в БСИ процессора — 0,3 м × 3 шт. = 0,9 м. Расчетная длина центрального отрезка ОШ в данном примере равна 14,2 м.

В табл. 5.4 приведен перечень устройств для расширения типовых комплексов, компоновочные

характеристики устройств СМ ЭВМ даны в табл. 5.5, приоритеты и векторы их прерываний — в табл. 5.6, регистры — в табл. 5.7.

Таблица 5.5

№ п/п	Шифр устройства	Очередь исполнения СМ ЭВМ	Нагрузка на ОШ, СЕН	Длина внутрисистемного отрезка ОШ, м	Размер в U (U=44,45мм)					Вариант подключения	Интерфейсные устройства	Рекомендуемые уровни установки устройств в стойке	Потребляемая мощность
					контроллера устройства		устройства						
					2БЭ	АКБ	БЧМ	БК	АКБ				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	СМ-2104	1	2	0,6 0,9	–	–	–	–	6	1	ОШ	9–21	500
2	ТМР-П/СМ	1	1	0,6	–	–	1,5	–		3	ОШ	–	
3	ОЗУП 64К-16.1	2	1	0,6	–	–	–	–	6	1	ОШ	1–33	240
4	ОЗУП 64К-16	2	1/1*	0,6	–	–	–	–	6	1	ОШ	1–33	300
5	СМ-3508.30	2	1	0,6	–	–	–	–	6	1	ОШ	1–33	350
6	СМ-4101	1	1/19*	0,6**	–	–	–	1,5	-	2	ОШ		9**
7	СГИ СМ	1	1/19*	0,6**	–	–	–	1,5	-	2	ОШ		15**
8	СМ-4501	1	2/18*	0,6**	–	–	–	–	6	1	ОШ	9–33	500**
9	СМ-4502	1	2	0,6	–	6	–	–	6	1	ОШ	3–33	800
10	СМ-4503	1	1	0,6**	–	–	1,5	–	-	3	ОШ	–	25**
11	СМ-5208	1	1	0,3	+	–	–	–	6	4	ИРПР, ОШ	1–33	150
12	СМ-5211	1	1	0,3	+	–	–	–	6	4	МИ ОШ	1–33	150
13	СМ-5301	1	1	0,6	–	6	–	–	7	1	МИ, ОШ	1/1–32/18***	300/40
14	СМ-5402	1	1	0,6	–	6	–	–	6	1	МИ, ОШ	1/9–33/26***	100
15	СМ-5407	2	1	0,6	–	8	–	–	НП	1	МИ, ОШ	10–33	500/2000
16	СМ-5603	1	1	0,3	+	–	–	–	8	4	ИРПР, ОШ	1–11	500
17	СМ-6300.01	1	1,5	0,3	+	–	–	–	НП, НС	4	ИРПР, ОШ	–	7,5/260
18	СМ-6304.01	1	1,5	0,3	+	–	–	–	НП, НС	4	ИРПР, ОШ	–	7,5/260
19	СМ-6305	1	1,5	0,3	+	–	–	–	НП	4	ИРПР, ОШ	–	7,5/260
20	СМ-7300	1	2	0,6	–	4	–	–	НС	1	ОШ	20–33	250/450
21	АЦВ СМ	1	1	0,3	+	–	–	–	НС	4	ИРПР, ОШ	–	10/750
22	АЦВ-0	1	2	0,6	4БЭ	–	–	–	НС	4	ИРПР, ИРПС, ОШ	–	20/960
23	ВТА-2000-15	2	–	–	–	–	–	–	НС		ИРПС, С1,С2	–	130
24	ВТА-2000-32	1	1	0,3	+	–	–	–	НС	4	ИРПР, ОШ	–	9/130

* В знаменателе указано количество дополнительных нагрузок.

** Длина внутренних отрезков ОШ и потребляемая мощность даны для одной секции (выхода) устройства. В случае использования обеих секций в этих устройствах длины отрезков ОШ и потребляемая мощность удваиваются.

*** Рекомендуемые уровни установки устройств в стойку и потребляемая мощность устройств даны для контроллера (числитель) и самого устройства (знаменатель)

Таблица 5.6

№ п/п	Шифр	Приоритеты					Адреса векторов прерываний		Возможность изменения	
		ЗП4	ЗП5	ЗП6	ЗП7	ЗПД			нижний	верхний
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	СМ-2104	Переменный					000 – 034	100	–	–
2	ТМР-П/СМ	+	+	+	–	–	104	–	–	–
3	ОЗУП 64К-16.1	–	–	–	–	+	–	–	–	–
4	ОЗУП 64К-16	–	–	–	–	+	–	–	–	–
5	СМ-3508.30	–	–	–	–	+	–	–	–	–
6	СМ-4101	+	+	+	+	+	–	–	–	–
7	СГИ СМ	+	+	+	+	+	–	–	–	–
8	СМ-4501	–	–	–	+	–	540 – 544	–	000	544
9	СМ-4502	+	+	+	+	+	360	–	364	–
10	СМ-4503	–	–	–	+	+	Любой	–	000	774
11	СМ-5208	+	+	+	+	–	260	–	000	774
12	СМ-5211	+	+	+	+	–	260	–	000	774
13	СМ-5301	+	+	+	+	–	224	–	000	774
14	СМ-5402	+	+	+	+	+	220	–	000	774
15	СМ-5407	+	+	+	+	+	254	–	000	774
16	СМ-5603	+	+	+	+	–	264	–	000	374
17	СМ-6300.01	+	+	+	+	–	200	–	000	200
18	СМ-6304.01	+	+	+	+	–	200	–	000	200
19	СМ-6305	+	+	+	+	–	200	–	000	200
20	СМ-7300	+	+	+	+	–	320 – 324	330	000	–
21	АЦВ СМ	+	+	+	+	–	–	–	000	370
22	АЦВ	+	+	+	+	–	340	–	000	370
23	ВТА-2000-15	–	–	–	–	–	–	–	–	–
24	ВТА-2000-32	+	+	+	+	–	60 – 64	–	000	200
25	СМ-8502	+	+	+	–	–	310 – 324	–	310	774
26	СМ-8514	+	+	+	+	–	310 – 314	–	300	774
27	А711-18	–	+	–	–	+	170 – 174	–	000	774
28	А711-17/1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
29	УКБ-200	–	+	–	–	+	310 – 314	344	300	774
30	К5	+	+	+	+	–	310 – 304	–	200	204

* Рекомендуемый уровень приоритета

Таблица 5.7

№ п/п	Шифр	Количество регистров	Нижний регистр	Верхний регистр	Возможность изменения		Шаг изменения
					нижнего	верхнего	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	СМ-2104	См. гл. 2			Отсутствует		
2	ТМР-П/СМ	3	772540	772544	Отсутствует		–
3	ОЗУП 64К-16.1	64 К	000000	377777	400000	777777	–
4	ОЗУП 64К-16	64 К	000000	377777	400000	777777	–
5	СМ-3508.30	128 К	000000	777777	000000	777777	–
6	СМ-4101	–	–	–	–	–	–
7	СГИ СМ	Прошивается ППЗУ			000000	777776	2/256
8	СМ-4501	1	777420	–	777420	777436	2
9	СМ-4502				760000	777776	20
10	СМ-4503	Любые из области 4 К адресов				Адрес 0—14	20
11	СМ-5208	2	777500	777502	760000	777776	10
12	СМ-5211	2	777500	777502	760000	777776	10
13	СМ-5301	6	772520	772532	777000	777772	20
14	СМ-5402	7	777400	777416	777400	777776	20
15	СМ-5407	12	776710	776736	776710	777776	30
16	СМ-5603	2	777170	777172	760000	777772	10

1	2	3	4	5	6	7	8
17	СМ-6300.0!	2	777514	777510	760004	777776	10
18	СМ-6304.01	2	777514	777516	760004	777776	10
19	СМ-6305	2	777514	777516	760004	777776	10
20	СМ-7300	8	772000	772032	772000	772332	100
21	АЦВ СМ	4			760000	777776	10
22	АЦВ-0	4	776500	776506	776000	776766	10
23	ВТА-2000-15	Определяется устройством подключения					
24	ВТА-2000-32	4	777560	777566	777660	777760	10
25	СМ-8502	8	775610	775626	775610	776176	20
26	26 СМ-8514	8	760020	760036	760020	767736	100
		2	770500	770502	770000	777702	100
27	27А711-18	4	777500	777506	770000	777776	10
28	28 А711-17/1	—	—	—	—	—	—
29	29 УКБ-200	20	776400	776446	—	—	100
30	30 К5	3	767770	767774	760000	760004	2

5.8

ОПИСАНИЕ ТИПОВЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КОМПЛЕКСА

К основным конструктивным элементам комплекса относятся: блок расширения системы (БРС); блок автономный монтажный (БАМ); стойка. Эти конструктивные элементы служат для установки всех устройств комплекса, выполняемых в типовых конструктивах СМ ЭВМ:

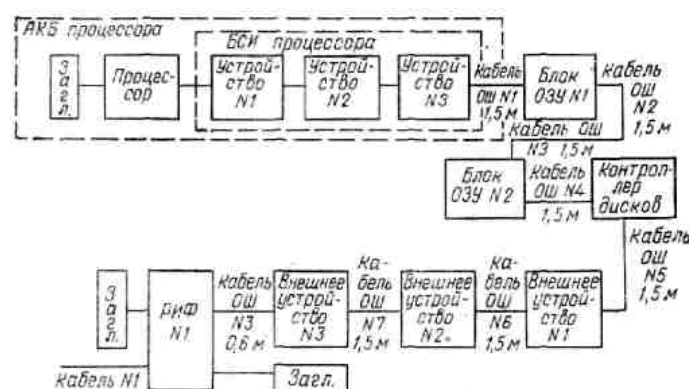


Рис. 5.3. Схема расчета длины центрального отрезка ОШ

блока элементов (БЭ);

блока кассетного (БК);

блока частичного монтажного (БЧМ);

автономного комплексного блока (АКБ).

Блок расширения системы (в дальнейшем устройство) предназначен для подключения дополнительных внешних устройств к комплексам СМ ЭВМ с интерфейсом ОШ и для установки в типовую стойку СМ ЭВМ.

Устройство позволяет подключать к комплексам СМ ЭВМ:

устройства или контроллеры внешних устройств, выполненные в виде двух блоков элементов (селектора и драйвера), отвечающие требованиям подключения к процессору ЭВМ линии СМ-4;

устройства или контроллеры внешних устройств, изготовленные в виде блока кассетного, отвечающие требованиям интерфейса ОШ.

Устройства изготавливаются в вариантах, приведенных в табл. 5.8.

Электропитание устройства осуществляется от однофазной сети переменного тока напряжением 220 В, частотой 50 ± 1 Гц. Отклонения напряжения не должны превышать $+10$ — 15% от номинального. Мощность, потребляемая от сети, не более 500 В·А.

Таблица 5.8

Обозначение	Количество БКИ	Устанавливаемый блок питания
БРС-1	1	B233
БРС-2	2	B233
БРС-3	—	B233
БРС-4	1	B236

Основные характеристики блоков питания приведены в табл. 5.9.

Таблица 5.9

Блок	Номинальное выходное напряжение, В	Ток нагрузки, А	
		минимальный	максимальный
B233	$+5 \pm 0,05$	8	15
B236	$+5 \pm 0,05$	2,5	5
	$+5 \pm 0,15$	0,6	1,2
	$-15 \pm 0,15$	0,6	1,2

Примечание. При токе нагрузки менее минимального значения выходное напряжение не гарантируется.

Габаритные размеры устройства — $482,6 \times 767 \times 265,9$ мм (6U).

Компоновка устройства показана на рис. 5.4. Для обеспечения прохождения сигналов интерфейса с выхода верхнего БКИ на вход нижнего в устройстве устанавливается кабель T010/E187. С целью распределения во времени внешних помех на интерфейсе ОШ кабель T010/E187 следует выполнять длиной от 1 до 1,5 м.

Контроллеры ВУ, вставляемые в БРС, состоят из двух блоков элементов:

селектора, определяющего адрес подключаемого ВУ и выполняющего функцию прерывания и управления режимами работы контроллера (устанавливается в разъемы зоны В);

драйвера, выполняющего специфические функции логического управления механизмом ВУ (устанавливается в разъем зоны Б);

кабеля для подключения ВУ (устанавливается в разъем зоны А).

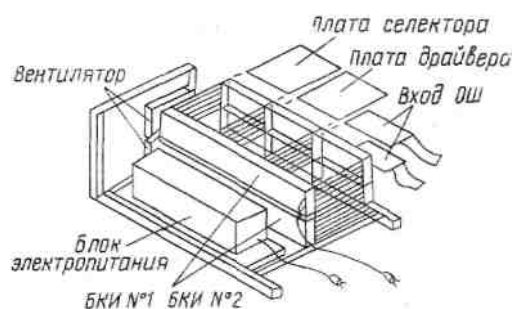


Рис. 5.4. Блок расширения системы

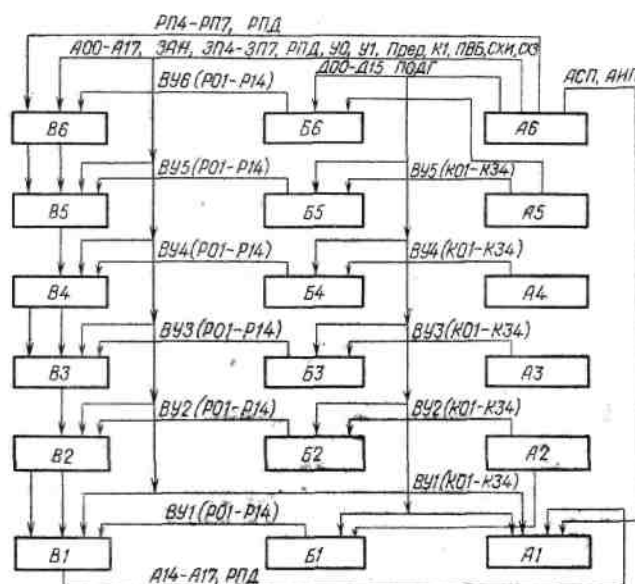


Рис. 5.5. Схема структурная электрическая БКИ

БКИ имеет регулярный монтаж (рис. 5.5). Сигналы интерфейса ОШ поступают в БКИ через кабель ОШ на верхний разъем

зоны А (А6) и выходят из БКИ через нижний разъем зоны А (А1).

Если в комплексе нет других устройств, подключаемых к интерфейсу ОШ последовательно после БРС, то в разъем А1 должна устанавливаться заглушка ОШ из состава комплекса.

Все сигналы ОШ, кроме сигналов РП (4—7), РПД и АСП, АИП, заведены с разъема А6 на разъем А1,

ответвляясь на разъемы В1 — В6 или на разъемы В1 — В6.

Сигналы АСП и АИП заведены только на разъемы А6 и А1.

Группа связей РП (4—7) и РПД с разъема А6 заводится на разъем В6 — ВХ, выходит с разъема В1 и поступает на А1.

На местах В, если они не заняты контроллерами ВУ, должны быть установлены вставки В, обеспечивающие прохождение сигналов РП (4—7) и РПД. При установке контроллеров ВУ на соответствующих местах зоны В со стороны монтажа БКИ необходимо реализовать связи в зависимости от уровня прерывания, на котором работает подключаемое ВУ.

Остальные связи, не используемые сигналами ОШ, могут иметь различное назначение в зависимости от конкретного подключаемого устройства.

Для установки контроллеров в разъемы В1, В1 и В5, В6 необходимо кабель ВУ распаять на плату

Таблица 5.10

Модификация	Блок питания БП-113, шт.	Напряжение + 5 В, ток, А	Высота (H), U	Модификация	Блок питания БП-113, шт.	Напряжение + 5 В, ток, А	Высота (H), U
БАМ-0	1	20	4	БАМ-7	2	40	4
БАМ-1	1	20	5	БАМ-8	2	40	5
БАМ-2	1	20	6	БАМ-9	2	40	6
БАМ-3	1	20	7	БАМ-10	2	40	7
БАМ-4	1	20	8	БАМ-11	2	40	8
БАМ-5	1	20	9	БАМ-12	2	40	9
БАМ-6	1	20	10	БАМ-13	2	40	10

кабеля, установленного в разъемы А2 и А5 соответственно.

Блок системный интерфейсный предназначен для подключения Внешних устройств и выполнен в виде 4-разрядного кассетного блока, устанавливаемого в БАМ. БСИ (как и БКИ) позволяет подключать к комплексам СМ ЭВМ контроллеры внешних устройств, выполненные в виде двух блоков элементов (селектора и драйвера).

К БСИ подключается четыре внешних устройства, кабели которых заканчиваются 20-контактной платой, или два внешних устройства, кабели которых заканчиваются 48-контактной платой.

Кабели внешних устройств и кабели ОШ подключаются к секции А.

Для подключения 4 внешних устройств кабели вставляются в места I—IV секции А:

расположение кабеля на месте I соответствует расположению блоков элементов на 1-м этаже БСИ (В1, В1);

расположение кабеля на месте II соответствует расположению блоков элементов на 2-м этаже БСИ (В2, В2) и далее, соответственно III—3 этаж, IV—4 этаж.

Для подключения двух внешних устройств кабели вставляются в места I—II, III—IV секции А, а их блоки элементов — соответственно на 2-й и 3-й этажи БСИ.

На свободные места секции В устанавливаются ВП-вставки прерываний.

На рис. 5.6 показано подключение СМ-6304 '(печатающее устройство последовательное на базе ДАРО) и видеотерминала ВТА-2000-32.

Блок автономный монтажный (БАМ) В данный блок (рис. 5.7) входят

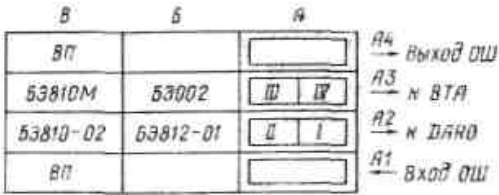


Рис. 5.6. Пример подключения устройств с помощью БСИ

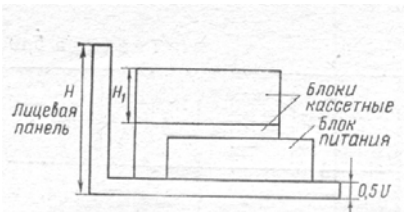


Рис. 5.7. Блок автономный монтажный: $H_1=1,5 U$ для РИФ и СГИ; $H_1=2,2 U$ для БСАДС

блок питания и вентиляции. В БАМ, имеющем различные модификации (табл. 5.10), размещаются блоки системные интерфейсные, блоки кассетные и блоки частичные монтажные.

Для выбора модификации БАМ подсчитывается сумма для всех устройств, размещаемых в БАМ, и прибавляется 0,5U. Необходимо проверить потребление тока (от источника питания + 5 В) всеми устройствами.

Стойки СМ ЭВМ. Стойка СТ является несущей конструкцией

и предназначена для произвольного размещения, конструктивно-художественного объединения и механической защиты комплектных блоков (АКБ), элементов системы питания и вентиляции.

АКБ устанавливаются на направляющих, обеспечивающих фиксацию блоков в рабочем положении и выдвижение блоков из стойки при техническом обслуживании.

Для произвольного размещения АКБ предусмотрены отверстия с определенным шагом по вертикали $U=44,45$, которые позволяют крепить направляющие в соответствии с требуемым размещением блоков.

Для удобства доступа к комплектным блокам, находящимся в стойке, предусмотрены быстросъемные боковые обшивки и задняя дверь.

Технические характеристики стоек, исполняемых в нескольких вариантах, приведены в табл. 5.11.

Таблица 5.11

Технические характеристики	Варианты исполнения				
	СТ1/1	СТ1/2	СТ2/1	СТ2/2	СТ2/3
Высота окна для установки блоков, номинальная U ($U=44,45$ мм)	30	30	12	12	18
Количество кроссовых блоков (на 8 установочных мест для кроссовых 36-контактных колодок и блоков нормализации)	—	—	6	6	4
Допустимое тепловыделение установленными блоками, кВт (не более)	1,5	1,5	1,2	1,2	1,2
Перепад температуры по отношению к окружающей, °С (не более)	10	10	10	10	10
Потребляемая мощность (собственная), кВт·А (не более)	0,3	0,3	0,75	0,75	0,75
Габаритные размеры (высота×ширина×глубина), мм	1800×600×850				
Масса, кг (не более)	100				

Стойки СТ1/1, СТ2/1 изготавливаются с боковыми обшивками для независимой установки вне ряда стоек управляющего комплекса. В стойках СТ1/2, СТ2/2, СТ2/3 средняя часть боковых обшивок отсутствует; при стыковке со стойками базовых комплексов используется обшивка смежной стойки УВК. Лицевая панель стойки образуется лицевыми панелями устанавливаемых блоков и легкоъемными панелями, обеспечивающими перекрытие неиспользованных по высоте стойки уровней.

Стойки СТ1 предназначены для размещения в них устройств, входящих в состав комплекса, содержат встроенную систему принудительной вентиляции, сетевого электропитания, заземления. Стойки СТ2 используются для установки средств связи с объектом, кроссовых блоков, блоков электропитания измерительных и сигнальных цепей, кроссовых панелей.

Характерные варианты подключения устройств приведены в табл. 5.12.

5.9

ТИПЫ КАБЕЛЕЙ И РАЗЪЕМОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ПОДКЛЮЧЕНИЯ УСТРОЙСТВ К ОШ

Требования к магистральному кабелю ОШ. Магистраль связи, соединяющая устройства в систему, состоит из совокупности последовательного подключения отрезков многопроводного плоского кабеля и групп монтажных соединений непосредственно на генмонтажных платах блоков, устройств.

Для конструктивов первой очереди кабель имеет на концах печатные вставки, рассчитанные на устройства, благодаря чему можно соединять одноименные контакты.

Для связи устройств, выполненных в конструктивах первой и второй очереди, служит кабель, имеющий на одном конце печатную вставку (для устройства, выполненного на конструктивах первой очереди), а на другом конце вилку (для устройства, выполненного на конструктивах второй очереди).

В зависимости от расположения устройств в стойках комплекса используется кабель различной длины: 0,6; 1,0; 2,5; 3,3; 5,0; 8,3 м.

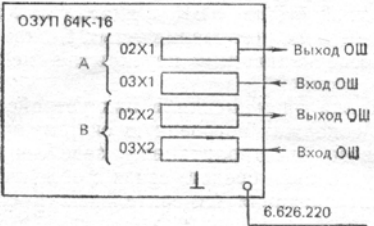
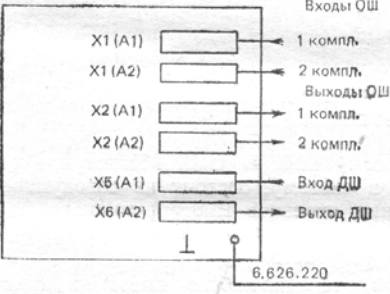
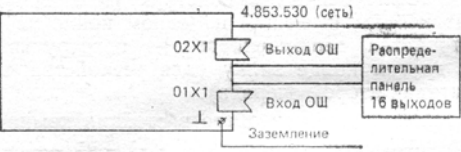
Для реализации «Общей шины» пригоден плоский кабель, удовлетворяющий следующим требованиям:

волновое сопротивление должно быть $100 \pm {}^{20}_0$ Ом;

величина задержки распространения сигнала — не более 5,2 нс на 1 м;

удельное электрическое сопротивление каждого сигнального и экранирующего (заземленного) проводника — не более 0,4 Ом/м при длине магистрали ОШ до 15 м и не более 0,7 Ом/м при длине магистрали ОШ не более 7 м.

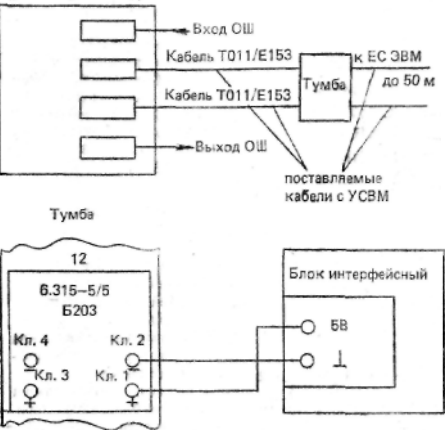
Таблица 5.12.

Способ подключения устройства к ОШ	Примечания
ОЗУП64К-16 (двухвходовая память) 	Кабель для подключения питания - 4.853.530. Заземление выполняется кабелем 6.626.220. В двухвходовой памяти питание и заземление осуществляются от одного из комплексов. При необходимости по одному из выходов ставится заглушка ОШ
Переключатель шины СМ-4501 	Задержка цикла передачи сигналов через ПШ ≈ 500 нс. X5 - вход дополнительной шины. X6 - выход дополнительной шины. Если в комплексе нет других устройств, подключаемых к интерфейсу ОШ или ДШ после ПШ, то в разъемы, не имеющий выхода, ставятся заглушки ОШ. Используются интерфейсные кабели подключения 4.853.500-01-4.853.500-07 (в основном поставляется 4.853.500-04 - длина 2,5 м, 2 шт.), Кабель для подключения литания - 4.853.530. Заземление производится кабелем — 6.626.220.
Асинхронный мультиплексор передачи данных СМ-8514 	В АМПД используются кабели по подключению к ОШ 4.853.687-01 - 15 м или 4.853.687-01 - 1,5 м

Вариант исполнения

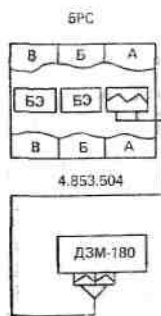
Шифр устройства	Количество обслуживаемых каналов.				Модификация исполнения
	Стыки ИРПС и С2			01-ФЛ-НУ	
	ИРПС	С2	Всего		
СМ – 8514	0 ... 12	0 ... 12	12	4	Основная
	0 ... 16	0 ... 16	19	0	Дополнительная
СМ – 8514 – 01	0 ... 4	0 ... 4	4	12	Основная
	0	0	0	16	Дополнительная

Продолжение

Способ подключения устройства к ОШ	Примечания
Устройство связи вычислительных машин А711–18 	Интерфейсные кабели подключения к ОШ - 4.853.500 (Т010/Е192-3,3м-1шт.). Устройство рассчитано на круг посуточную эксплуатацию. Для питания блока А7119/Н001 используется источник Б203 тумбы (адрес 12)

Компоновочная таблица

Шифр устройства	Секция В	Место установки, шифр БЭ и вставки-кабеля		Длина кабеля до устройства, м
		секция Б	секция А	
СМ-5208	БЭВ960/0022	БЭСМ5203/0011	T011/E158	2,5
СМ-5211	—"	—"	—"	2,5
СМ-5603	—"	БЭВ906/0021	T011/E154	2,5
СМ-6300.01	БЭ810.02	БЭ812	851.657	7
СМ-6304.01	—"	БЭ812.01	850.063	7
СМ-6305	БЭ810М	ТЭЗУВ01	T011/E150	6,5
АЦВ СМ	БЭ810	БЭ002	4.053.006	7
АЦВ-0	БЭ810	БЭ811	854.706.01	10
ВТА-2000-32	БЭ810М	БЭ002	ДЖДУ.853.002	7



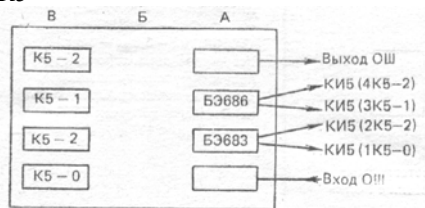
Вставка прерывания (ВП) устанавливается на свободное место в секции 3 при отсутствии БЭ.

Продолжение

Способ подключения устройства к ОШ К5 (дуплексный регистр)

Примечания

Вариант подключения 4 контроллеров К5



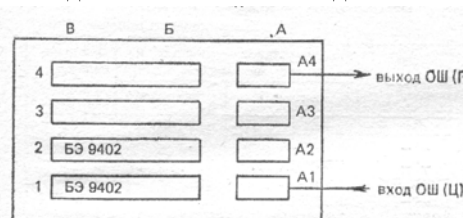
РИФ и СГИ/СМ

(параллельный способ подключения)

Для подключения к ОШ используются интерфейсные кабели — 4.853.500 (основной 4.853.500-03- 1,5 м). КИ5 -кабель интерфейсный с выходом на ИРПР (854.778 или 854.878-01). Перемычки-826.516. БЭ686 - 088.686 (один на 2 контроллера К5). Требования к источнику питания: +5 В (±5%)

Способ подключения к ОШ — параллельный основной, последовательный, параллельно-последовательный. Дополнительная задержка цикла обмена при обращении к устройству, установленному после РИФа; при выполнении операции ЧТЕНИЕ - не более 850 нс; при выполнении операции ЗАПИСЬ — не более 250 нс. Используются интерфейсные кабели для подключения 4.853.500-01÷±853,500-07: а) при параллельном подключении - 2 шт., б) при последовательном подключении - 1 шт. и две платы заглушки ОШ. Конструктивно БК устанавливается в БРС или БАМ. Габаритные размеры БК: РИФ и

Последовательный способ подключения



СГИ к ОШ аналогично схеме для РИФ, только вместо БЭ9402 используются БЭ9403.

Дополнительная задержка цикла передачи: при выполнении операции ЧТЕНИЕ - 0,2 мкс при выполнении операции ЗАПИСЬ-0,3 мкс

Интерфейсные разъемы. Для устройств, выполненных в конструктивах первой очереди, используется двухрядный разъем типа «Розетка 803.094.01.30.21 (ТУ — 77/801— 805/265)» для установки печатных вставок кабеля ОШ. Для устройств, выполненных в конструктивах второй очереди, используется трехрядный разъем типа «Розетка СНП59—96/95× 11Р — 20—2 —В Ке0.364.043 ТУ» для подключения разъема кабеля типа «Вилка СНП59— 96/94×11В — 23—2 — В Ке0.364.043 ТУ» (или заглушка «Общей шины»).

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ УВКС

Автоматизация проектирования сложных систем становится одним из важнейших направлений повышения эффективности разработки и внедрения объектов новой техники.

В силу ряда особенностей программа эффективного внедрения средств вычислительной техники все в большей мере связывается с автоматизацией проектирования комплексов на базе СМ ЭВМ. Это определяется следующими обстоятельствами:

быстрой сменой в производстве систем вычислительных машин (3—4 года);

необходимостью обработки постоянно корректируемых объемов специфической информации о большем количестве устройств (номенклатура СМ ЭВМ включает порядка тысячи изделий);

необходимостью принятия принципиальных решений, но логической, конструктивной и электрической компоновкам при недостаточной подготовке пользователей к созданию комплексов расширенного состава, зачастую с использованием устройств, серийное освоение которых еще только начинается;

высокими требованиями к обеспечению эффективного контроля работоспособности и запасов устойчивости функционирования УВКС расширенного состава.

Ядром данной работы является система автоматизации проектирования документации УВКС (АСПД УВКС), принятая за основу на ряде серийных заводов, выпускающих СМ ЭВМ.

Автоматизированная система проектирования документации АСПД УВКС выполняет следующие основные функции:

обеспечение пользователю доступа к необходимой информации о всех устройствах, типовых и базовых ВК СМ ЭВМ линии СМ-4 и составление спецификации на комплекс;

составление схем логической, конструктивной и электрической компоновок устройств комплекса;

ведение пакета заказов.

В соответствии с этим вся система логически разбивается на три взаимосвязанные подсистемы (рис. 5.8).

В функции справочной подсистемы входит выдача пользователю затребованной им информации о любом объекте. В зависимости от необходимости и степени осведомленности пользователя

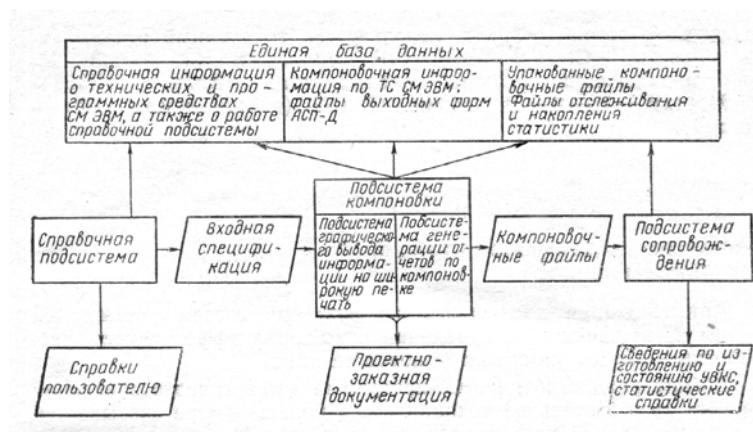


Рис. 5.8. Структурная схема АСПД УВКС

он может получить информацию о наличии тех или иных устройств в номенклатуре СМ ЭВМ, а также характеристики устройств: технические, функциональные, справочного характера (например, завод-изготовитель). В случае необходимости пользователь может получить справку о порядке заказа по индивидуальному проекту на УВКС и составить спецификацию на УВКС. В этом случае подсистема проверяет спецификацию пользователя на корректность. На основе корректной спецификации может быть разработан весь комплект документации на УВКС.

Подсистема компоновки комплексов служит ядром всей автоматизированной системы проектирования структур технических и программных средств УВКС СМ ЭВМ. Основной задачей этой подсистемы является выдача документации на УВКС, причем вся формируемая данной

подсистемой документация делится на два типа: удовлетворяющая требованиям заказа УВКС и дополнительная, необходимая для конструкторов при разработке ими заводской документации (технологической и т. п.).

Заказная-проектная документация представляется комплектно и должна включать:

техническое обоснование необходимости использования УВКС по индивидуальному проекту, утвержденное соответствующим министерством или ведомством по принадлежности, содержащее краткую характеристику АСУ, сведения о наличии утвержденного проекта на создание АСУ и т. д.;

спецификацию;

схему структурную;

схему расположения;

схему электрическую общую;

монтажный чертеж (план размещения оборудования);

техническое заключение разработчика "(изготовителя) средств ВТ о соответствии выбранной заказчиком структуры технических средств требованиям, предъявляемым к компоновке комплексов, а также возможности его изготовления и проверки с помощью контрольной задачи.

Объектом автоматизированного проектирования является разработка основной части вышеперечисленной документации, касающейся определения состава комплекса, его структуры, проведения конструктивной и электрической компоновок.

Поэтому к документации 1-го типа, разрабатываемой в данной подсистеме, относятся схема структурная (схема логических соединений), схема расположения, схема электрическая (подключений), спецификация.

Дополнительная документация включает:

таблицы распределения адресов регистров и векторов прерывания устройств;

таблицу распределения устройств по уровням приоритета;

таблицу жгутов и кабелей для соединения устройств в комплекса и подключения их к сети питания и заземления.

На подсистему сопровождения возлагаются функции ведения пакета заказов. Под этим подразумевается прослеживание «судьбы» каждого заказанного комплекса от момента создания заказной документации на комплекс (или от момента поступления ее на завод-изготовитель) до момента поставки комплекса заказчику и пуска его в действие. Кроме того, предусматривается получение некоторых статистических сведений о потоке заказов.

Для функционирования автоматизированной системы проектирования АСПД УВКС СМ ЭВМ необходима информация обо всех устройствах, базовых и типовых ВК из номенклатуры СМ ЭВМ, а также многочисленная справочного характера по компоновке комплексов из отдельных устройств. Для хранения этих сведений создана единая база данных (БД). Так как все три подсистемы, названные выше, используют в своей работе различную информацию, то предусмотрено соответствующее разделение БД на части, что позволяет экономить внешнюю память и увеличивать быстродействие указанных подсистем (см. рис. 5.8),

ЛИТЕРАТУРА

1. Агапова Т.И., Андерс Б.Н., Антонова М.К. и др. Базовое программное обеспечение комплексов АРМ: Отраслевой каталог ГСП. — М.: ЦНИИТПриборостроения, 1985. Вып. 7, 8.—92 с.
2. Азбель В.О., Егоров В.А., Звонецкий А.Ю. Гибкое автоматическое производство/ Под общ. ред. Майорова С.А. и Орловского Г.В. —Л.: Машиностроение, 1985. — 456 с.
3. Андреещев М.А., Шапоров А.А. НТП и интенсификация производства. — М.: Знание, 1982.— 68 с
4. Атовмян И.О., Вайрадян А.С. и др. Надежность автоматизированных систем управления. — М.: Высшая школа, 1979. — 278 с.
5. Байцер Б. Макроанализ производительности вычислительных систем/ Пер. с англ. под ред. В.В. Мартынюка. — МГ: Радио и связь, 1983. — 360 с.
6. Бардин Н.К., Дектяренко С.Г., Ткачук М.Н. Управляющий вычислительный комплекс СМ-1420: Отраслевой каталог ГСП. — М.: ЦНИИТПриборостроения, 1984. Вып. 7.—32 с.
7. Беляков М.И., Ливеровский А.Ю., Наумов Б.Н. и др. Инструментальная мобильная операционная система ИНМОС//Прикладная информатика. 1984, Вып. 2. С. 51—68.
8. Березенко А.И., Корягин Л.Н., Назарьян А.Р. Микропроцессорные комплекты повышенного быстродействия. — М.: Радио и связь, 1981. —156 с.
9. Браун П. Микропроцессоры и мобильность программного обеспечения.— М.: Мир, 1977. —253 с.
10. Валикова Л.И., Вигдорчик Г.В. и др. Операционная система СМ ЭВМ РАФОС. — М.: Финансы и статистика, 1984
11. Васильев Г.П., Егоров Г.А., Щербина Н.Н. Программное обеспечение сетей СМ ЭВМ. — М.: Финансы и статистика, 1983.— 83 с.
12. Вигдорчик Г.В., Воробьев А.Ю., Праченко В.Д. Основы программирования на Ассемблере для СМ ЭВМ. — М.: Финансы и статистика, 1983. С. 6—20.
13. Гиглавый А.В., Кабанов Н.Д., Прохоров Н. Л., Шкамарда А.Н. МикроЭВМ СМ-1800. Архитектура, программирование, применение. — М: Финансы и статистика, 1984.— 136 с.
14. Глушков В.М. Введение в АСУ.— Киев: Техника, 1974.— 248 с.
15. Данильченко И.А., Мясников В.А., Четвериков В.Н. Автоматизированные системы управления предприятиями—М.: Машиностроение. 1984. — 324 с.
16. Малые ЭВМ и их применение/ Дедов Ю.Ю., Островский М.А., Песелев К.В. и др.; Под общ. ред. Наумова Б. Н. — М.: Статистика, 1980. —231 с.
17. Жимерин Д.Г., Мясников В.А. Автоматизированные и автоматические системы управления. — М: Энергия, 1979. — 320 с.
18. Забара С.С., Савета Н.Н., Китнер А.Б. Внешние устройства ЭВМ. —Киев: Техника, 1985.— 192 с.
19. Забара С.С., Наумов Б.Н, Резанов В.В., Смирнов Е.Б. СМ ЭВМ: Состояние и перспективы развития//Приборы и системы управления. 1981. № 2. С. 24—28.
20. Захаров В.Г., Ладыженский М.Б. Система малых ЭВМ. Интерфейсы: Отраслевой каталог ГСП.—М.: ЦНИИТЭИприборостроения, 1984. Вып. 10. — 120 с.
21. Зингеренко А.М., Баева Н.Н., Тверецкий М.С. Системы многоканальной связи. — М: Связь, 1980. — 440 с.
22. Кабанов Н.Д., Ковтун М.Р., Лукьянов Б.В. и др. Система обработки экономической информации на малых ЭВМ. — М.: Книга, 1981.—184 с.
23. Кабанов Н.Д., Кравченко В.С., Новик А.Г. Мультипрограммная операционная система реального времени СМ-1800 (МОС РВ)// Программное обеспечение микропроцессорных устройств и микроЭВМ. — М., 1984. С. 85—90.
24. Капур К., Ламберсон Л. Надежность и проектирование систем: Пер. с англ./Под ред. Ушакова И.А. — М.: Мир, 1980.— 602 с.
25. Карцев М.А. Архитектура цифровых вычислительных машин. — М.: Наука. 1978.— 296 с.
26. Липят А. Архитектура вычислительных систем: Пер. с англ./ Под ред. Песелева К.В. —М.: Мир, 1982. —234 с.
27. Лорин Г. Распределенные вычислительные системы/Пер. с англ. — М.: Радио и связь. 1984.— 296

- с.
28. Майерс Г. Архитектура современных ЭВМ: Пер. с англ./Под ред. Потоцкого В.К. — М.: Мир, 1985. — 673 с.
29. Липаев В.В. Распределение ресурсов в вычислительных системах. — М.: Статистика, 1979. — 243 с.
30. Модестова Н.В., Песелев К.В., Хрущев С.Н. Типовые и специфицированные комплексы на базе управляющих вычислительных комплексов семейства СМ-4 и СМ-1800: Отраслевой каталог ГСП. — М.: ЦНИИТЭИ приборостроения, 1985. Вып. 9, 10. — 64 с.
31. МикроЭВМ СМ-1800, Вопросы применения//Приборы, средства автоматизации и системы управления. ТС-12. — М., 1983. — 56 с.
32. Морозов В.П., Дымарский Я.С. Элементы теории управления ГАП: Математическое обеспечение. — Л.: Машиностроение, 1984. — 33 с.
33. Наумов Б.Н., Песелев К.В. Малые ЭВМ в сфере управления. — М.: Знание. 1979. — 64 с.
34. Наумов Б.Н. Микро- и мини-ЭВМ. Настоящее и будущее — М.: Знание, 1983. — 64 с.
35. Панферов Б.И., Громов В.С., Павлова А.М. Микропрограммное устройство управления процессора СМ-3П//Труды ИНЭУМ. — М., 1978. Вып. 68. С. 34—45.
36. Пирс У. Построение надежных вычислительных машин/Пер. с англ. — М.: Мир, 1968. — 278 с.
37. Праченко В.Д., Самборский А.Г., Чумаков М.В. Дисковая операционная система коллективного пользования. — М.: Финансы и статистика, 1985. — 206 с.
38. Система малых ЭВМ. Комплексы СМ-3. СМ-4. Устройства связи с объектом: Отраслевой каталог. — М.: ЦНИИТЭИ приборостроения, 1983. Вып. 2. — 48 с.
39. Прохоров Н.Л., Смирнов Е.Б. Состояние и перспективы развития СМ ЭВМ//Приборы и системы управления. 1986. № 3.
40. Томашевский Д.И., Масютин Г.Г., Явич А.А., Преснухин В.В. Графические средства автоматизации РЭА. — М.: Сов. радио, 1980. — 223 с.
41. Фельдман Б.Я., Панферов Б.И., Громов В.С. Логическая организация процессора СМ-3П//Труды ИНЭУМ. — М., 1978. Вып. 68. С. 9—23.
42. Хрущев С.Н., Песелев К.В., Братчиков и др. Компоновка специфицированных управляющих вычислительных комплексов на базе семейства СМ-4: Отраслевой каталог ГСП. — М.: ЦНИИТЭИ приборостроения, 1986. — 56 с.
43. Шерр С. Электронные дисплеи/Пер. с англ. — М.: Мир, 1982. — 624 с.
44. Якубайтис Э.А. Архитектура вычислительных сетей. — М.: Статистика, 1980.
45. Шкабардня М.С. Развитие отрасли и научно-технический прогресс//Приборы и системы управления. 1986. № 2. С. 1—4.