

Министерство образования и науки Российской Федерации
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Ю.М. Морозов

Учебное пособие

ИСТОРИЯ И МЕТОДОЛОГИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

Санкт-Петербург

2012

Рецензенты:

Кандидат технических наук, доцент СПбГПУ В.Г. Токмаков

Кандидат технических наук, старший научный сотрудник научно-технического центра «Безопасность технических систем» Ю.Ф. Лисицын.

Морозов Ю.М. **История и методология вычислительной техники:** учеб. пособие / Ю.М. Морозов. – 2012. – 312 с.

Учебное пособие содержит изложение истории становления вычислительной техники и информатики. Рассматривается эволюция элементной базы, структурных решений технических средств, программного и математического обеспечения, позволившая к настоящему времени достигнуть значительных успехов в улучшении технических характеристик вычислительной техники. Приводятся примеры электронно-вычислительных машин, созданных отечественными научными школами и ведущими зарубежными фирмами.

Учебное пособие предназначено для обучения студентов высших учебных заведений по направлению подготовки магистров «Информатика и вычислительная техника», «Программная инженерия», «Системный анализ и управление»

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
Глава 1. История появления ЭВМ и информатики.	8
1.1 История становления информатики в России.....	8
1.1.1 Информатика как единство науки и технологии.....	13
1.1.2 Информатика и современное общество	16
1.1.3 Социальные аспекты информатики.	18
1.2 История появления и развития ЭВМ.....	21
1.2.1 Первые вычислительные машины.....	21
1.2.2 Первое поколение ЭВМ.....	23
1.2.3 Второе поколение ЭВМ	26
1.2.4 Третье поколение ЭВМ.....	28
1.2.5 Четвертое поколение ЭВМ	30
1.2.6 Пятое поколение ЭВМ.....	32
1.2.7 Современные персональные компьютеры.....	34
Глава 2. Отечественные ЭВМ.....	39
2.1 «КИЕВ»-ламповая ЭВМ.....	39
2.2 Семейство советских цифровых ЭВМ общего назначения — Урал. 45	
2.3 Серия ЭВМ «Минск»	55
2.4 ДНЕПР - полупроводниковая управляющая машина широкого назначения	72
2.5 ПРОМИН-компьютер для инженерных расчётов.....	81
2.6 ЭВМ МИР-1	89
2.7 СЕРИЯ ЭВМ-ЕС.....	99
2.7.1 Архитектура и система команд	103
2.7.2 Развитие серии.....	104
2.7.3 Модели, технические характеристики и конфигурации.	105

2.7.4	Ряд 1	108
2.7.5	Ряд 2	110
2.7.6	Ряд 3	111
2.7.7	Ряд 4	112
2.7.8	Средства телеобработки данных.	114
2.7.9	Программное обеспечение.....	115
2.7.10	Кооперация в СЭВ.	116
2.7.11	Роль серии ЕС в развитии советской информатики.....	118
2.7.12	Причины трудностей, связанных с внедрением серии.	119
2.8	СЕРИЯ ЭВМ «ЭЛЬБРУС»	122
2.8.1	Эльбрус-1 и Эльбрус-2.....	122
2.8.2	Дальнейшее развитие серии “Эльбрус”	127
2.8.3	Эльбрус-3	129
2.8.4	Современные процессоры под маркой “Эльбрус”	131
2.9	Семейство отечественных ЭВМ ДВК	136
ГЛАВА 3. Зарубежные и многопроцессорные системы		153
3.1	Системы ЭВМ фирмы IBM	153
3.1.1	История фирмы IBM	153
3.1.2	Электромеханические компьютеры	154
3.1.3	Серия IBM 700/7000	156
3.1.4	Серия машин для научных целей (IBM 704, IBM 709, IBM 7090, IBM 7094, IBM 7040).....	160
3.1.5	Серия машин для коммерческого использования (IBM 702, IBM 705, IBM 7080).....	162
3.1.6	Серия 1400 (IBM 7010)	163
3.1.7	Машины с десятичным представлением числовой информации (IBM 7070, IBM 7072, IBM 7074)	164
3.1.8	Суперкомпьютер IBM 7030	166

3.1.9	Серия IBM System/360	167
3.1.10	Серия IBM System/370	171
3.1.11	Серия IBM System/390	173
3.1.12	Серия IBM System z	174
3.1.13	Серия IBM System z10	177
3.2	Матричные вычислительные системы	178
3.2.1	Архитектура матричной ВС	178
3.2.2	Интерфейсная ВМ	181
3.2.3	Контроллер массива процессоров	181
3.2.4	Массив процессоров	183
3.2.5	Структура процессорного элемента	185
3.2.6	Подключение и отключение процессорных элементов	188
3.2.7	Сети взаимосвязей процессорных элементов	190
3.2.8	Вычислительная система SOLOMON	191
3.2.9	Вычислительная система ILLIAC IV	192
3.2.10	Параллельная система 2000	197
3.3	Суперкомпьютеры	202
ГЛАВА 4.	Эволюция узлов ЭВМ и программного обеспечения.	212
4.1	История развития ОЗУ	212
4.1.1	Вчерашний день ОЗУ	214
4.1.2	ОЗУ современных ЭВМ	219
4.1.3	ОЗУ: день завтрашний	228
4.2	История ВЗУ ЭВМ	231
4.2.1	Накопители на магнитной ленте (стримеры)	233
4.2.2	Накопитель на гибких магнитных дисках (НГМД - дисковод) .	236
4.2.3	Накопитель на жестком магнитном диске (НЖМД - винчестер)	237
4.2.4	Накопители на оптических дисках (CD-ROM)	240
4.2.5	Flash накопители	247

4.3	Эволюция устройств вывода информации из ЭВМ	250
4.3.1	Светодиоды	251
4.3.2	Перфоленты	253
4.3.3	Перфокарты	255
4.3.4	Магнитные ленты	257
4.3.5	Принтеры	261
4.3.6	Мониторы	264
4.4	Методы ускорения арифметических действий	266
4.4.1	Методы ускорения операции умножения	271
4.4.2	Выполнение операции деления в ЭВМ	279
4.5	Эволюция языков программирования	281
4.5.1	Исторический обзор языков программирования	283
	Библиографический список	298

ВВЕДЕНИЕ

История компьютера тесным образом связана с попытками облегчить и автоматизировать большие объемы вычислений. Даже простые арифметические операции с большими числами затруднительны для человеческого мозга. Поэтому уже в древности появилось простейшее счетное устройство - [абак](#). В семнадцатом веке была изобретена [логарифмическая линейка](#), облегчающая сложные математические расчеты. В 1642 году Блез Паскаль сконструировал восьмиразрядный суммирующий механизм. Два столетия спустя в 1820 году француз Шарль де Кольмар создал [арифмометр](#), способный производить умножение и деление. Этот прибор прочно занял свое место на бухгалтерских столах. Все основные идеи, которые лежат в основе работы компьютеров, были изложены еще в 1833 английским математиком Чарльзом [Бэббиджем](#).

Он разработал проект машины для выполнения научных и технических расчетов, где предугадал основные устройства современного компьютера, а также его задачи. Управление такой машиной должно было осуществляться программным путем. Для ввода и вывода данных Бэббидж предлагал использовать [перфокарты](#) - листы из плотной бумаги с информацией, наносимой с помощью отверстий. В то время перфокарты уже использовались в текстильной промышленности. Отверстия в них пробивались с помощью специальных устройств - [перфораторов](#). Идеи Бэббиджа стали реально воплощаться в жизнь в конце 19 века.

Глава 1. История появления ЭВМ и информатики.

1.1 История становления информатики в России.

Математика, физика, астрономия и другие фундаментальные науки уходят своими корнями в древние времена. Информатика - наука совсем молодая. Началом информатики принято считать 1948 год, год издания книги Норберта Винера «Кибернетика, или управление и связь в животном и машине». Примерно в это же время были созданы первые электронные цифровые вычислительные машины.

Итак, возраст информатики - немногим более 50 лет. Тем не менее, эта наука имеет свою неповторимую, необычайно интересную историю.

История информатики в нашей стране (сначала в Советском Союзе, а затем в России) насыщена драматическими событиями и резкими изменениями приоритетов. Это ощущается даже в терминологии. Термин "информатика" для обозначения совокупности научных направлений, тесно связанных с появлением компьютеров и их стремительным вхождением в сферу, определяемую жизнедеятельностью людей, у нас относительно новый. Он получил "права гражданства" в начале 80-х годов, а до этого, согласно определению, данному в Большой Советской энциклопедии, информатика рассматривалась как "дисциплина, изучающая структуру и общие свойства научной информации, а также закономерности ее создания, преобразования, передачи и использования в различных сферах человеческой деятельности".

Говоря об истории информатики в бывшем СССР и теперешней России, по сути, надо излагать историю отечественной кибернетики и частично прикладной математики и вычислительной техники.

Сейчас во всем мире наблюдается повышенный интерес к истории науки. Это закономерно, так как 20-й век был насыщен важнейшими

научными открытиями, небывалым техническим прогрессом, творчеством выдающихся ученых и инженеров. Развитие науки определяется немногими ключевыми идеями, развиваемыми конкретными лицами и школами.

На протяжении полувековой истории информатики в ней неоднократно возникали и исчезали те или иные направления. В настоящее время ее структура, по-видимому, определилась.

История информатики связана с постепенным расширением области ее интересов. Возможность расширения диктовалась развитием компьютеров и накоплением моделей и методов их применения при решении задач различного типа

Основные вехи истории:

В 1950 году в ИТМиВТ АН СССР начал работать первый постоянный семинар по программированию, которым руководил Л. А. Люстерник.

В 1952 году в МГУ была создана кафедра вычислительной математики (кафедру возглавил С. Л. Соболев), для студентов и аспирантов которой в 1952-53 учебном году А. А. Ляпунов впервые прочитал курс "Принципы программирования".

В 1953 году в Отделе прикладной математики Математического института АН СССР был создан во главе с А. А. Ляпуновым отдел программирования. В этом же году появилась первая доступная всем интересующимся этой областью книга по программированию.

В 1955 году был создан Вычислительный центр МГУ, специализирующийся на разработке и применении вычислительных методов для решения сложных научных и прикладных задач.

К середине 50-х годов у ведущих специалистов в области вычислительной техники было ясное представление о путях развития отечественной информатики. Примером может служить статья В. М. Глушкова, работавшего тогда в лаборатории вычислительной техники

Института математики АН УССР в Киеве. В середине 1957 года автор статьи четко определяет направления стратегических исследований в области информатики. По мнению В. М. Глушкова, основой прогресса развития вычислительных машин должна стать теория их работы, разработка методов автоматизации проектирования ЭВМ и развитие методов автоматизации программирования.

В Московском, Ленинградском и Киевском университетах началась подготовка специалистов по вычислительной математике, а в ряде технических высших учебных заведений появились курсы по вычислительной технике, а затем стали открываться кафедры вычислительной техники или вычислительных машин.

В конце 1958 года А.И. Берг начал серию консультаций с ведущими специалистами в области информатики с целью создания в СССР института кибернетики. К сожалению, между участниками консультаций возникли непреодолимые разногласия, что помешало созданию института.

В конце 1961 года у Берга возникла идея начать с более простого, чем организация академического института. Он решает создать Научный совет при Президиуме АН СССР, который координировал бы исследования по кибернетике в СССР и одновременно вел бы научные исследования, что позволило бы в дальнейшем создать на базе Совета Институт кибернетики АН СССР.

В конце того же 1961 года в Киеве был создан Научный совет по комплексной проблеме "Кибернетика" при Президиуме АН УССР. Этот Совет возглавил В.М. Глушков. В 1962 году он стал директором организованного им при активной поддержке А.И. Берга Института кибернетики АН УССР, ставшего центром развития информатики на Украине.

Чуть раньше создания этого института А. И. Берг сумел добиться от руководства Академии наук Грузии согласия на открытие в Тбилиси

Института кибернетики АН ГССР (1960). Директором этого института стал В.В. Чавчанидзе.

Затем были созданы институты такого же профиля и в других республиках СССР: Институт кибернетики АН ЭССР (1960) в Таллинне, Институт кибернетики АН АзССР (1965) в Баку, Институт технической кибернетики в Минске (1965), Институт кибернетики АН УзССР в Ташкенте (1966).

В других республиках отделения, отделы и лаборатории кибернетического профиля возникли в структуре ранее существовавших академических институтов (в Молдавии это был Институт математики, в Киргизии - Институт автоматики, в Латвии - Институт электроники и вычислительной техники).

На последующее двадцатилетие приходится расцвет кибернетических исследований в нашей стране. Активно развивались все ее направления. Во многих из них результаты советских специалистов или находились на мировом уровне, или опережали его.

Все перечисленные достижения отечественной информатики в 60-70-х годах проходили на фоне высокой активности научного сообщества в нашей стране. Повсеместно работали семинары и научные школы, проходили многочисленные и, как правило, многолюдные конференции, симпозиумы и совещания, нарастал поток издаваемой в области кибернетики литературы, возникали новые институты и подразделения кибернетического профиля в ранее существовавших организациях.

С начала 70-х годов стремительно развивается новое научное направление - искусственный интеллект. Сначала круг его интересов охватывает лишь вопросы, связанные с моделированием интеллектуальной деятельности, но постепенно в сферу приложений искусственного интеллекта втягиваются практически все направления информатики. Даже такие

традиционные для информатики направления, как системное программирование или вычислительные модели, с течением времени стали обогащаться идеями, порожденными в ходе работ в области искусственного интеллекта (использование логических методов доказательства правильности программ или обеспечение интерфейса на профессиональном естественном языке с пакетами прикладных программ - лишь два примера такого обогащения).

С 80-х годов можно считать, что технология решения задач, опирающаяся на идею использования знаний о предметной области, где возникла задача, и знаний о том, как решаются подобные задачи, характерная для работ по интеллектуальным системам, стала основной парадигмой для современной информатики

Информатика уже оторвалась от своей прародительницы кибернетики и стала самостоятельной научной дисциплиной. Характеризуя информатику 80-х годов, А.П. Ершов пишет: "...этот термин снова, уже в третий раз, вводится в русский язык в новом и куда более широком значении - как название фундаментальной естественной науки, изучающей процессы передачи и обработки информации" и далее на той же странице информатика определяется как "наука об информационных моделях, отражающих фундаментальное философское понятие "информация"".

Термин "информатика" в 80-е годы получает широкое распространение, а термин "кибернетика" постепенно исчезает из обращения, сохранившись лишь в названиях тех институтов, которые возникли в эпоху "кибернетического бума" конца 50-х - начала 60-х годов. В названиях новых организаций термин "кибернетика" уже не используется.

Информатика сейчас настолько глубоко пронизала все сферы человеческой жизни, что никакой обзор ее теперешнего состояния не может

рассчитывать на какую-то полноту, он всегда останется фрагментарным и будет отражать субъективные пристрастия составителя.

1.1.1 Информатика как единство науки и технологий.

Информатика - отнюдь не только “чистая наука”. У нее, безусловно, имеется научное ядро, но важная особенность информатики - широчайшие приложения, охватывающие почти все виды человеческой деятельности: производство, управление, науку, образование, проектные разработки, торговлю, финансовую сферу, медицину, криминалистику, охрану окружающей среды и др. И, может быть, главное из них - совершенствование социального управления на основе новых информационных технологий.

Как наука, информатика изучает общие закономерности, свойственные информационным процессам (в самом широком смысле этого понятия). Когда разрабатываются новые носители информации, каналы связи, приемы кодирования, визуального отображения информации и многое другое, конкретная природа этой информации почти не имеет значения. Для разработчика системы управления базами данных (СУБД) важны общие принципы организации и эффективность поиска данных, а не то, какие конкретно данные будут затем заложены в базу многочисленными пользователями. Эти общие закономерности есть предмет информатики как науки.

Объектом приложений информатики являются самые различные науки и области практической деятельности, для которых она стала непрерывным источником самых современных технологий, называемых часто “новые информационные технологии” (НИТ). Многообразные информационные технологии, функционирующие в разных видах человеческой деятельности (управлении производственным процессом, проектировании, финансовых

операциях, образовании и т.п.), имея общие черты, в то же время существенно различаются между собой.

Перечислим наиболее впечатляющие реализации информационных технологий, используя, ставшие традиционными, сокращения.

АСУ - автоматизированные системы управления - комплекс технических и программных средств, которые во взаимодействии с человеком организуют управление объектами в производстве или общественной сфере. Например, в образовании используются системы АСУ-ВУЗ.

АСУТП - автоматизированные системы управления технологическими процессами. Например, такая система управляет работой станка с числовым программным управлением (ЧПУ), процессом запуска космического аппарата и т.д.

АСНИ - автоматизированная система научных исследований - программно-аппаратный комплекс, в котором научные приборы сопряжены с компьютером, вводят в него данные измерений автоматически, а компьютер производит обработку этих данных и представление их в наиболее удобной для исследователя форме.

АОС - автоматизированная обучающая система. Есть системы, помогающие учащимся осваивать новый материал, производящие контроль знаний, помогающие преподавателям готовить учебные материалы и т.д.

САПР-система автоматизированного проектирования - программно-аппаратный комплекс, который во взаимодействии с человеком (конструктором, инженером-проектировщиком, архитектором и т.д.) позволяет максимально эффективно проектировать механизмы, здания, узлы сложных агрегатов и др.

Упомянем также диагностические системы в медицине, системы организации продажи билетов, системы ведения бухгалтерско-финансовой

деятельности, системы обеспечения редакционно-издательской деятельности - спектр применения информационных технологий чрезвычайно широк.

С развитием информатики возникает вопрос о ее взаимосвязи и разграничении с кибернетикой. При этом требуется уточнение предмета кибернетики, более строгое его толкование. Информатика и кибернетика имеют много общего, основанного на концепции управления, но имеют и объективные различия. Один из подходов разграничения информатики и кибернетики - отнесение к области информатики исследований информационных технологий не в любых кибернетических системах (биологических, технических и т.д.), а только в социальных системах. В то время как за кибернетикой сохраняются исследования общих законов движения информации в произвольных системах, информатика, опираясь на этот теоретический фундамент, изучает конкретные способы и приемы переработки, передачи, использования информации. Впрочем, многим современным ученым такое разделение представляется искусственным, и они просто считают кибернетику одной из составных частей информатики.

1.1.2 Информатика и современное общество

Современное общество характеризуется резким ростом объемов информации, циркулирующей во всех сферах человеческой деятельности. Это привело к информатизации общества. Под информатизацией общества понимают организованный социально-экономический и научно-технический процесс создания оптимальных условий для удовлетворения информационных потребностей и реализации прав физических и юридических лиц на основе формирования и использования информационных ресурсов - документов в различной форме представления. Целью информатизации является создание информационного общества, когда большинство людей занято производством, хранением, переработкой и реализацией информации. Для решения этой задачи возникают новые направления в научной и практической деятельности членов общества. Так возникла информатика и информационные технологии. Характерными чертами информационного общества являются:

1. решена проблема информационного кризиса, когда устранено противоречие между информационной лавиной и информационным голодом;
2. обеспечен приоритет информации перед другими ресурсами;
3. главная форма развития общества - информационная экономика;
4. в основу общества закладывается автоматизированная генерация, хранение, обработка и использование знаний с помощью новейшей информационной техники и технологии;
5. информационные технологии приобретают глобальный характер, охватывая странах постоянно растут капиталовложения в научные исследования, включая фундаментальные науки. Темпы развития сферы высоких технологий и уровень прибылей в ней превышают в 5-10 раз темпы развития традиционных отраслей производства. Такая политика имеет и

социальные последствия – увеличение потребности в высокообразованных специалистах и связанный с этим прогресс системы высшего образования. Информатизация меняет и облик традиционных отраслей промышленности и сельского хозяйства. Промышленные все сферы социальной деятельности человека;

6. формируется информационное единство всей человеческой цивилизации;

7. с помощью средств информатики реализован свободный доступ каждого человека к информационным ресурсам всей цивилизации;

8. реализованы гуманистические принципы управления обществом и воздействия на окружающую среду.

Помимо перечисленных положительных результатов процесса информатизации общества, возможны и негативные тенденции, сопровождающие этот процесс:

1. все большее влияние приобретают средства массовой информации;

2. информационные технологии могут разрушить частную жизнь человека;

3. существенное значение приобретает проблема качественного отбора достоверной информации;

4. некоторые люди испытывают сложности адаптации к информационному обществу. В настоящий момент ближе всех стран к информационному обществу находятся США, Япония, Англия, страны Западной Европы.

1.1.3 Социальные аспекты информатики.

Термин “социальные аспекты” применительно к большей части наук, тем более фундаментальных, звучит странно. Вряд ли фраза “Социальные аспекты математики” имеет смысл. Однако, информатика – не только наука. Вспомним цитированное выше определение: “... комплекс промышленного, коммерческого, административного и социального воздействия”. И впрямь, мало какие факторы так влияют на социальную сферу обществ (разумеется, находящихся в состоянии относительно спокойного развития, без войн и катаклизмов) как информатизация. Информатизация общества – процесс проникновения информационных технологий во все сферы жизни и деятельности общества. Многие социологи и политологи полагают, что мир стоит на пороге информационного общества. В. А. Извозчиков предлагает следующее определение: “Будем понимать под термином “информационное” (“компьютеризированное”) общество то, во все сферы жизни и деятельности членов которого включены компьютер, телематика, другие средства информатики в качестве орудий интеллектуального труда, открывающих широкий доступ к сокровищам библиотек, позволяющих с огромной скоростью проводить вычисления и перерабатывать любую информацию, моделировать реальные и прогнозируемые события, процессы, явления, управлять производством, автоматизировать обучение и т.д.”. Под “телематикой” понимаются службы обработки информации на расстоянии (кроме традиционных телефона и телеграфа). Последние полвека информатизация является одной из причин перетока людей из сферы прямого материального производства в, так называемую, информационную сферу. Промышленные рабочие и крестьяне, составлявшие в середине XX века более 2/3 населения, сегодня в развитых странах составляют менее 1/3. Все больше тех, кого называют “белые воротнички” – людей, не создающих материальные

ценности непосредственно, а занятых обработкой информации (в самом широком смысле): это и учителя, и банковские служащие, и программисты, и многие другие категории работников. Появились и новые пограничные специальности. Можно ли назвать рабочим программиста, разрабатывающего программы для станков с числовым программным управлением? – По ряду параметров можно, однако его труд не физический, а интеллектуальный. Информатизация сильнее всего влияет на структуру экономики ведущих в экономическом отношении стран. В числе их лидирующих отраслей промышленности традиционные добывающие и обрабатывающие отрасли оттеснены максимально наукоемкими производствами электроники, средств связи и вычислительной техники (так называемой, сферой высоких технологий). В этих роботы, управляемые ЭВМ, станки с ЧПУ стали обычным оборудованием. Новейшие технологии в сельскохозяйственном производстве не только увеличивают производительность труда, но и облегчают его, вовлекают более образованных людей. Казалось бы, компьютеризация и информационные технологии несут в мир одну лишь благодать, но социальная сфера столь сложна, что последствия любого, даже гораздо менее глобального процесса, редко бывают однозначными. Рассмотрим, например, такие социальные последствия информатизации как рост производительности труда, интенсификацию труда, изменение условий труда. Все это, с одной стороны, улучшает условия жизни многих людей, повышает степень материального и интеллектуального комфорта, стимулирует рост числа высокообразованных людей, а с другой – является источником повышенной социальной напряженности. Например, появление на производстве промышленных роботов ведет к полному изменению технологии, которая перестает быть ориентированной на человека. Тем самым меняется номенклатура профессий. Значительная часть людей вынуждена менять либо специальность, либо место работы – рост миграции населения характерен для большинства развитых

стран. Государство и частные фирмы поддерживают систему повышения квалификации и переподготовки, но не все люди справляются с сопутствующим стрессом. Прогрессом информатики порожден и другой достаточно опасный для демократического общества процесс – все большее количество данных о каждом гражданине сосредоточивается в разных (государственных и негосударственных) банках данных. Это и данные о профессиональной карьере (базы данных отделов кадров), здоровье (базы данных учреждений здравоохранения), имущественных возможностях (базы данных страховых компаний), перемещении по миру и т.д. (не говоря уже о тех, которые копят специальные службы). В каждом конкретном случае создание банка может быть оправдано, но в результате возникает система невиданной раньше ни в одном тоталитарном обществе прозрачности личности, чреватой возможным вмешательством государства или злоумышленников в частную жизнь. Одним словом, жизнь в “информационном обществе” легче, по-видимому, не становится, а вот то, что она значительно меняется – несомненно. Трудно, живя в самом разгаре описанных выше процессов, взвесить, чего в них больше – положительного или отрицательного, да и четких критериев для этого не существует. Тяжелая физическая работа в не слишком комфортабельных условиях, но с уверенностью, что она будет постоянным источником существования для тебя и твоей семьи, с одной стороны, или интеллектуальный труд в комфортабельном офисе, но без уверенности в завтрашнем дне. Что лучше? Конечно, вряд ли стоит уподобляться английским рабочим, ломавшим в конце XVIII века станки, лишавшие их работы, но правительство и общество обязаны помнить об отрицательных социальных последствиях информатизации и научно-технического прогресса в целом и искать компенсационные механизмы.

1.2 История появления и развития ЭВМ.

1.2.1 Первые вычислительные машины.

В 1888 году американский инженер Герман Холлерит сконструировал первую электромеханическую счетную машину. Эта машина, названная табулятором, могла считывать и сортировать статистические записи, закодированные на перфокартах. В 1890 году изобретение Холлерита было впервые использовано в 11-й американской переписи населения. Работа, которую пятьсот сотрудников выполняли в течение семи лет, Холлерит сделал с 43 помощниками на 43 табуляторах за один месяц.

В 1896 году Герман Холлерит основал фирму Computing Tabulating Recording Company, которая стала основой для будущей Интернэшнл Бизнес Мэшинс (International Business Machines Corporation, IBM) - компании, внесшей гигантский вклад в развитие мировой компьютерной техники.

Дальнейшие развития науки и техники позволили в 1940-х годах построить первые вычислительные машины. Создателем первого действующего компьютера Z1 с программным управлением считают немецкого инженера Конрада Цузе.

В феврале 1944 года на одном из предприятий Ай-Би-Эм (IBM) в сотрудничестве с учеными Гарвардского университета по заказу ВМС США была создана машина "Mark 1". Это был монстр весом около 35 тонн. В "Mark 1" использовались механические элементы для представления чисел и электромеханические - для управления работой машины. Числа хранились в регистрах, состоящих из десятизубных счетных колес. Каждый регистр содержал 24 колеса, причем 23 из них использовались для представления числа (т.е. "Mark 1" мог "перемалывать" числа длиной до 23 разрядов), а одно - для представления его знака. Регистр имел механизм передачи десятков и

поэтому использовался не только для хранения чисел; находящееся в одном регистре, число могло быть передано в другой регистр и добавлено к находящемуся там числу(или вычтено из него). Всего в "Mark 1" было 72 регистра и, кроме того, дополнительная память из 60 регистров, образованных механическими переключателями. В эту дополнительную память вручную вводились константы - числа, которые не изменялись в процессе вычислений.

Умножение и деление производилось в отдельном устройстве. Кроме того, машина имела встроенные блоки, для вычисления $\sin x$, 10^x и $\log x$.

Скорость выполнения арифметических операций в среднем составляла: сложение и вычитание - 0,3 секунды, умножение - 5,7 секунды, деление - 15,3 секунды. Таким образом "Mark 1" был "эквивалентен" примерно 20 операторам, работающим с ручными счетными машинами.

Наконец, в 1946 в США была создана первая электронная вычислительная машина (ЭВМ) - ENIAC (Electronic Numerical integrator and Computer - Электронный числовой интегратор и компьютер). Разработчики: Джон Мочи (John Mauchy) и Дж. Преспер Эккерт (J. Prosper Eckert).

Он был произведен на свет в Школе электрической техники Moore (при университете в Пенсильвании). Время сложения - 200 мкс, умножения - 2800 мкс и деления - 24000 мкс.

Компьютер содержал 17468 вакуумных ламп шестнадцати типов, 7200 кристаллических диодов и 4100 магнитных элементов.

Общая стоимость базовой машины - 750000 долларов. Стоимость включала дополнительное оборудование, магнитные модули памяти (по цене 29706,5 доллара) и аренду у IBM (по 82,5 доллара в месяц) устройства считывания перфокарт (125 карт в минуту). Она также включала и арендную плату (по 77 долларов в месяц) за IBM-перфоратор (100 карт в минуту).

Потребляемая мощность ENIAC - 174 кВт. Занимаемое пространство - около 300 кв. м.

В Советском Союзе первая электронная цифровая вычислительная машина была разработана в 1950 году под руководством академика [С. А. Лебедева](#) в Академии наук Украинской ССР. Она называлась «МЭСМ» (малая электронная счётная машина).

Основоположниками компьютерной науки по праву считаются [Клод Шеннон](#) - создатель теории информации, [Алан Тьюринг](#) - математик, разработавший теорию программ и алгоритмов, и [Джон фон Нейман](#) - автор конструкции вычислительных устройств, которая до сих пор лежит в основе большинства компьютеров. В те же годы возникла еще одна новая наука, связанная с информатикой, - кибернетика, наука об управлении как одном из основных информационных процессов. Основателем кибернетики является американский математик [Норберт Винер](#). Одно время слово "кибернетика" использовалось для обозначения вообще всей компьютерной науки, а в особенности тех ее направлений, которые в 60-е годы считались самыми перспективными: искусственного интеллекта и робототехники. Вот почему в научно-фантастических произведениях роботов нередко называют "киберами". А в 90-е годы это слово опять всплыло для обозначения новых понятий, связанных с глобальными компьютерными сетями - появились такие неологизмы, как "киберпространство", "кибермагазины".

1.2.2 Первое поколение ЭВМ



Развитие ЭВМ делится на несколько периодов. Поколения ЭВМ каждого периода отличаются друг от друга элементной базой и математическим обеспечением. Первое поколение (1945-1954) - ЭВМ на [электронных лампах](#) (вроде тех, что были в старых телевизорах). Это доисторические времена, эпоха становления вычислительной техники. Большинство машин первого поколения были экспериментальными

устройствами и строились с целью проверки тех или иных теоретических положений. Вес и размеры этих компьютерных динозавров, которые нередко требовали для себя отдельных зданий, давно стали легендой. Ввод чисел в первые машины производился с помощью перфокарт, а программное управление последовательностью выполнения операций осуществлялось, например в ENIAC, как в счетно-аналитических машинах, с помощью штеккеров и наборных полей. Хотя такой способ программирования и требовал много времени для подготовки машины, то есть для соединения на наборном поле (коммутационной доске) отдельных блоков машины, он позволял реализовывать счетные "способности" ENIAC'a и тем выгодно отличался от способа программной перфоленты, характерного для релейных машин. Солдаты, приписанные к этой огромной машине, постоянно носились вокруг нее, скрипя тележками, доверху набитыми электронными лампами. Стоило перегореть хотя бы одной лампе, как ENIAC тут же вставал, и начиналась суматоха: все спешно искали сгоревшую лампу. Одной из причин - возможно, и не слишком достоверной - столь частой замены ламп считалась такая: их тепло и свечение привлекали мотыльков, которые залетали внутрь машины и вызывали короткое замыкание. Если это правда, то термин "жучки" (bugs), под которым подразумевают ошибки в программных и аппаратных средствах компьютеров, приобретает новый смысл. Когда все лампы работали, инженерный персонал мог настроить ENIAC на какую-нибудь задачу, вручную изменив подключение 6 000 проводов. Все эти провода приходилось вновь переключать, когда вставала другая задача.

Первой серийно выпускавшейся ЭВМ 1-го поколения стал компьютер UNIVAC (Универсальный автоматический компьютер). Разработчики: Джон Мочли (John Mauchly) и Дж. Преспер Эккерт (J. Prosper Eckert). Он был первым электронным цифровым компьютером общего назначения. UNIVAC, работа по созданию которого началась в 1946 году и завершилась в 1951-м,

имел время сложения 120 мкс, умножения -1800 мкс и деления - 3600 мкс. UNIVAC мог сохранять 1000 слов, 12000 цифр со временем доступа до 400 мкс максимально. Магнитная лента несла 120000 слов и 1440000 цифр. Ввод/вывод осуществлялся с магнитной ленты, перфокарт и перфоратора. Его первый экземпляр был передан в Бюро переписи населения США.

Программное обеспечение компьютеров 1-го поколения состояло в основном из стандартных подпрограмм.

Машины этого поколения: «ENIAC», «МЭСМ», «БЭСМ», «IBM -701», «Стрела», «М-2», «М-3», «Урал», «Урал-2», «Минск-1», «Минск-12», «М-20» и др.
 Эти машины занимали большую площадь, использовали много электроэнергии и состояли из очень большого числа электронных ламп. Например, машина «Стрела» состояла из 6400 электронных ламп и 60 тыс. штук полупроводниковых диодов. Их быстродействие не превышало 2—3 тыс. операций в секунду, оперативная память не превышала 2 Кб. Только у машины «М-2» (1958) оперативная память была 4 Кб, а быстродействие 20 тыс. операций в секунду.

Основные технические характеристики ЭВМ "УРАЛ-1"

- Структура команд одноадресная.
- Система счисления двоичная.
- Способ представления чисел - с фиксированной запятой и с плавающей запятой по стандартным программам.
- Разрядность-35 двоичных разрядов (10,5 десятичных) и один разряд для знака числа.
- Диапазон представляемых чисел: от 1 до 10^{10.5}.
- Время выполнения отдельных операций:
 - а) деления - 20 мксек;
 - б) нормализации - 20 мсек;
 - в) остальных операций-10 мсек.

- Количество команд-29.
- Характеристики ЗУ:
- емкость ОЗУ на магнитном барабане - 1024 тридцатишестизрядных числа или команды;
- емкость НМЛ - до 40 000 тридцатишестизрядных чисел или 8000 команд.

Устройство ввода - на перфорированной киноленте шириной 35 мм.

Вывод - печатающее устройство. Скорость печати - 100 ± 10 чисел в минуту.

Машина построена на одноламповых типовых ячейках.

Питание машины от сети трехфазного переменного тока напряжением 220В $\pm 10\%$, частотой 50Гц.

Потребляемая мощность 7,5 кВт.

Занимаемая площадь 50 кв. м.

1.2.3 Второе поколение ЭВМ



ЭВМ 2-го поколения были разработаны в 1950—60 гг. В качестве основного элемента были использованы уже не электронные лампы, а полупроводниковые диоды и транзисторы, а в качестве устройств памяти стали применяться магнитные сердечники и магнитные барабаны - далекие предки современных жестких дисков. Второе отличие этих машин — это то, что появилась возможность программирования на алгоритмических языках. Были разработаны первые языки высокого уровня - Фортран, Алгол, Кобол. Эти два важных усовершенствования позволили значительно упростить и ускорить написание программ для компьютеров. Программирование, оставаясь наукой, приобретает черты ремесла. Все это позволило резко уменьшить габариты и стоимость компьютеров, которые тогда впервые стали строиться на продажу.

Машины этого поколения: «РАЗДАН-2», «IBM-7090», «Минск-22,-32», «Урал- 14,-16», «БЭСМ-3,-4,-6», «М-220, -222» и др.

Применение полупроводников в электронных схемах ЭВМ привели к увеличению достоверности, производительности до 30 тыс. операций в секунду, и оперативной памяти до 32 Кб. Уменьшились габаритные размеры машин и потребление электроэнергии. Но главные достижения этой эпохи принадлежат к области программ. На втором поколении компьютеров впервые появилось то, что сегодня называется операционной системой. Соответственно расширялась и сфера применения компьютеров. Теперь уже не только ученые могли рассчитывать на доступ к вычислительной технике; компьютеры нашли применение в планировании и управлении, а некоторые крупные фирмы даже компьютеризовали свою бухгалтерию, предвосхищая моду на двадцать лет.

Основные технические характеристики ЭВМ "Урал-16":

- Структура команд двухадресная.
- Система счисления двоичная,
- Способ представления чисел: с плавающей запятой.
- Разрядность: 36 двоичных разрядов (мантисса числа — 29 разрядов, знак мантиссы -- 1 разряд, порядок — 5 разрядов, знак порядка — 1 разряд).
- Быстродействие 5000 операций/с.
- Количество команд (основных) 17. Каждая операция имеет 8 модификаций.
- Характеристики запоминающих устройств.
- Емкость ОЗУ на ферритах 2 К слов; время обращения к ОЗУ 24 мкс,
- Емкость внешнего НМЛ 120000 чисел; скорость считывания с НМЛ 2000 чисел/с.

Устройства ввода — вывода обеспечивают ввод информации в машину с фотосчитывающего устройства на киноленте со скоростью 35 чисел/с и вывод результатов вычислений на печатающее устройство со скоростью 20 чисел/с.

Питание машины от сети переменного тока напряжением 380/220 В, частотой 50 Гц.

Потребляемая мощность около 3 кВт. Занимаемая площадь 20 кв. м.

1.2.4 Третье поколение ЭВМ



Разработка в 60-х годах [интегральных схем](#) - целых устройств и узлов из десятков и сотен транзисторов, выполненных на одном кристалле полупроводника (то, что сейчас называют микросхемами) привело к созданию ЭВМ 3-го поколения. В это же время появляется полупроводниковая память, которая и по сей день используется в персональных компьютерах в качестве оперативной. Применение интегральных схем много увеличило возможности ЭВМ. Теперь центральный процессор получил возможность параллельно работать и управлять многочисленными периферийными устройствами. ЭВМ могли одновременно обрабатывать несколько программ (принцип мультипрограммирования). В результате реализации принципа мультипрограммирования появилась возможность работы в режиме разделения времени в диалоговом режиме. Удаленные от ЭВМ пользователи получили возможность, независимо друг от друга, оперативно взаимодействовать с машиной.

В эти годы производство компьютеров приобретает промышленный размах. Пробившаяся в лидеры фирма IBM первой реализовала семейство ЭВМ - серию полностью совместимых друг с другом компьютеров от самых маленьких, размером с небольшой шкаф (меньше тогда еще не делали), до

самых мощных и дорогих моделей. Наиболее распространенным в те годы было семейство System/360 фирмы IBM.

Начиная с ЭВМ 3-го поколения, традиционным стала разработка серийных ЭВМ. Хотя машины одной серии сильно отличались друг от друга по возможностям и производительности, они были информационно, программно и аппаратно совместимы. Например, странами СЭВ были выпущены ЭВМ единой серии («ЕС ЭВМ») «ЕС-1022», «ЕС-1030», «ЕС-1033», «ЕС-1046», «ЕС-1061», «ЕС-1066» и др. Производительность этих машин достигала от 500 тыс. до 2 млн. операций в секунду, объём оперативной памяти достигал от 8 Мб до 192 Мб.

К ЭВМ этого поколения также относится «IBM-370», «Электроника — 100/25», «Электроника — 79», «СМ-3», «СМ-4» и др.

Для серий ЭВМ было сильно расширено программное обеспечение (операционные системы, языки программирования высокого уровня, прикладные программы и т.д.).

Невысокое качество электронных комплектующих было слабым местом советских ЭВМ третьего поколения. Отсюда постоянное отставание от западных разработок по быстродействию, весу и габаритам, но, как настаивают разработчики СМ, не по функциональным возможностям. Для того, чтобы компенсировать это отставание, в разрабатывались спецпроцессоры, позволяющие строить высокопроизводительные системы для частных задач. Оснащенная спецпроцессором Фурье-преобразований СМ-4, например, использовалась для радиолокационного картографирования Венеры.

Еще в начале 60-х появляются первые миникомпьютеры - небольшие маломощные компьютеры, доступные по цене небольшим фирмам или лабораториям. Миникомпьютеры представляли собой первый шаг на пути к персональным компьютерам, пробные образцы которых были выпущены

только в середине 70-х годов. Известное семейство миникомпьютеров PDP фирмы Digital Equipment послужило прототипом для советской серии машин СМ.

Между тем количество элементов и соединений между ними, умещающихся в одной микросхеме, постоянно росло, и в 70-е годы интегральные схемы содержали уже тысячи транзисторов. Это позволило объединить в единственной маленькой детальке большинство компонентов компьютера - что и сделала в 1971 г. фирма Intel, выпустив первый микропроцессор, который предназначался для только-только появившихся настольных калькуляторов. Этому изобретению суждено было произвести в следующем десятилетии настоящую революцию - ведь микропроцессор является сердцем и душой современного персонального компьютера.

Но и это еще не все - поистине, рубеж 60-х и 70-х годов был судьбоносным временем. В 1969 г. зародилась первая глобальная компьютерная сеть - зародыш того, что мы сейчас называем Интернетом. И в том же 1969 году одновременно появились операционная система Unix и язык программирования C ("Си"), оказавшие огромное влияние на программный мир и до сих пор сохраняющие свое передовое положение.

1.2.5 Четвертое поколение ЭВМ



К сожалению, начиная с середины 1970-х годов стройная картина смены поколений нарушается. Все меньше становится принципиальных новаций в компьютерной науке. Прогресс идет в основном по пути развития того, что уже изобретено и придумано, - прежде всего за счет повышения мощности и миниатюризации элементной базы и самих компьютеров.

Обычно считается, что период с 1975 г. принадлежит компьютерам четвертого поколения. Их элементной базой стали большие интегральные схемы (БИС. В одном кристалле интегрировано до 100 тысяч элементов). Быстродействие этих машин составляло десятки млн. операций в секунду, а оперативная память достигла сотен Мб. Появились микропроцессоры (1971 г. фирма Intel), микро-ЭВМ и персональные ЭВМ. Стало возможным коммунальное использование мощности разных машин (соединение машин в единый вычислительный узел и работа с разделением времени). Однако, есть и другое мнение - многие полагают, что достижения периода 1975-1985 г.г. не настолько велики, чтобы считать его равноправным поколением. Сторонники такой точки зрения называют это десятилетие принадлежащим "третьему-с половиной" поколению компьютеров. И только с 1985г., когда появились супербольшие интегральные схемы (СБИС. В кристалле такой схемы может размещаться до 10 млн. элементов.), следует отсчитывать годы жизни собственно четвертого поколения, здравствующего и по сей день.

Развитие ЭВМ 4-го поколения пошло по 2-м направлениям:

1-ое направление — создание суперЭВМ - комплексов многопроцессорных машин. Быстродействие таких машин достигает нескольких миллиардов операций в секунду. Они способны обрабатывать огромные массивы информации. Сюда входят комплексы ILLIAS-4, CRAY, CYBER, «Эльбрус-1», «Эльбрус-2» и др. Многопроцессорные вычислительные комплексы (МВК) "Эльбрус-2" активно использовались в Советском Союзе в областях, требующих большого объема вычислений, прежде всего, в оборонной отрасли. Вычислительные комплексы "Эльбрус-2" эксплуатировались в Центре управления космическими полетами, в ядерных исследовательских центрах. Наконец, именно комплексы "Эльбрус-2" с 1991

года использовались в системе противоракетной обороны и на других военных объектах.

2-ое направление — дальнейшее развитие на базе БИС и СБИС микро-ЭВМ и персональных ЭВМ (ПЭВМ). Первыми представителями этих машин являются Apple, IBM - PC (XT , AT , PS /2), «Искра», «Электроника», «Мазовия», «Агат», «ЕС-1840», «ЕС-1841» и др.

Начиная с этого поколения ЭВМ повсеместно стали называть компьютерами. А слово «компьютеризация» прочно вошло в наш быт.

Благодаря появлению и развитию персональных компьютеров (ПК), вычислительная техника становится по-настоящему массовой и общедоступной. Складывается парадоксальная ситуация: несмотря на то, что персональные и миникомпьютеры по-прежнему во всех отношениях отстают от больших машин, львиная доля новшеств - графический пользовательский интерфейс, новые периферийные устройства, глобальные сети - обязаны своим появлением и развитием именно этой "несерьезной" техники. Большие компьютеры и суперкомпьютеры, конечно же, не вымерли и продолжают развиваться. Но теперь они уже не доминируют на компьютерной арене, как было раньше.

1.2.6 Пятое поколение ЭВМ.

ЭВМ пятого поколения — это ЭВМ будущего. Программа разработки, так называемого, пятого поколения ЭВМ была принята в Японии в 1982 г. Предполагалось, что к 1991 г. будут созданы принципиально новые компьютеры, ориентированные на решение задач искусственного интеллекта. С помощью языка Пролог и новшеств в конструкции компьютеров планировалось вплотную подойти к решению одной из основных задач этой ветви компьютерной науки - задачи хранения и обработки знаний. Коротко

говоря, для компьютеров пятого поколения не пришлось бы писать программ, а достаточно было бы объяснить на "почти естественном" языке, что от них требуется.

Предполагается, что их элементной базой будут служить не СБИС, а созданные на их базе устройства с элементами искусственного интеллекта. Для увеличения памяти и быстродействия будут использоваться достижения оптоэлектроники и биопроцессоры.

На ЭВМ пятого поколения ставятся совершенно другие задачи, нежели при разработке всех прежних ЭВМ. Если перед разработчиками ЭВМ с I по IV поколений стояли такие задачи, как увеличение производительности в области числовых расчётов, достижение большой ёмкости памяти, то основной задачей разработчиков ЭВМ V поколения является создание искусственного интеллекта машины (возможность делать логические выводы из представленных фактов), развитие "интеллектуализации" компьютеров - устранения барьера между человеком и компьютером.

К сожалению, японский проект ЭВМ пятого поколения повторил трагическую судьбу ранних исследований в области искусственного интеллекта. Более 50-ти миллиардов йен инвестиций были потрачены впустую, проект прекращен, а разработанные устройства по производительности оказались не выше массовых систем того времени. Однако, проведенные в ходе проекта исследования и накопленный опыт по методам представления знаний и параллельного логического вывода сильно помогли прогрессу в области систем искусственного интеллекта в целом.

Уже сейчас компьютеры способны воспринимать информацию с рукописного или печатного текста, с бланков, с человеческого голоса, узнавать пользователя по голосу, осуществлять перевод с одного языка на другой. Это позволяет общаться с компьютерами всем пользователям, даже тем, кто не имеет специальных знаний в этой области.

Многие успехи, которых достиг искусственный интеллект, используют в промышленности и деловом мире. Экспертные системы и нейронные сети эффективно используются для задач классификации (фильтрация СПАМа, категоризация текста и т.д.). Добросовестно служат человеку генетические алгоритмы (используются, например, для оптимизации портфелей в инвестиционной деятельности), робототехника (промышленность, производство, быт - везде она приложила свою кибернетическую руку), а также многоагентные системы. Не дремлют и другие направления искусственного интеллекта, например распределенное представление знаний и решение задач в интернете: благодаря им в ближайшие несколько лет можно ждать революции в целом ряде областей человеческой деятельности.

1.2.7 Современные персональные компьютеры.

Современные персональные компьютеры (ПК или РС в английской транскрипции) в соответствии с принятой классификацией надо отнести к ЭВМ четвертого поколения. Но с учетом быстро развивающегося программного обеспечения, многие авторы публикаций относят их к 5-му поколению.

Персональные компьютеры появились на рубеже 60 – 70-х годов. Американская фирма Intel разработала первый 4-разрядный микропроцессор (МП) 4004 для калькулятора. Он содержал около тысячи транзисторов и мог выполнять 8000 операций в секунду. Вскоре была выпущена 8-битная версия данного МП, получившая название 8008. Оба МП всерьез восприняты не были, поскольку рассчитывались для конкретных применений. Они относятся к МП первого поколения.

В конце 1973 г. Intel разработала однокристалльный 8-разрядный МП 8080, рассчитанный для многоцелевых применений. Он был сразу замечен

компьютерной промышленностью и быстро стал "стандартным". По стоимости он был доступен даже для любителей. Одни фирмы начали выпускать МП 8080 по лицензиям, другие - предложили его улучшенные варианты. Так, группа инженеров фирмы Intel, образовав собственную фирму Zilog, в 1976 г. выпустила МП Z80, сохраняющий базовую архитектуру 8080. Фирма Motorola разработала собственный 8-разрядный МП M6800, нашедший впоследствии широкое применение.

Стив Возняк (будущий «отец» компьютеров Apple) собрал свой первый компьютер в 1972 году из деталей, забракованных местным производителем полупроводников в городе Беркли, штат



Калифорния. Стив назвал свое изобретение Cream Soda Computer, поскольку пил именно этот напиток во время сборки аппарата. В начале 1976 года Стив Возняк, работая в Hewlett-Packard, предложил свой компьютер Apple руководству HP, но не нашел поддержки. В Hewlett-Packard победил другой проект – HP-85, основанный на идее совмещения компьютера и калькулятора. Тогда 1 апреля 1976 года два Стива – Возняк и Джобс – полусерьезно зарегистрировали Apple Computer Company. И уже в июле предложили магазинам компьютер Apple-1 по цене \$666,66.

Apple-1 стал пользоваться спросом. Его успех был вызван простотой операционной системы. Прежде ПК управлялись через "командную строку", и пользователь, для того чтобы ставить задачи компьютеру, должен был быть хоть немного программистом. Создание же "мышки" и графически удобного интерфейса сделало ПК доступным для "чайников" и во многом определило успех Apple-1.

Фирма IBM обратила внимание на персональные компьютеры, когда рынок "вырос из пеленок". К 1980 году только в США уже было продано

более миллиона ПК, и маркетологи предсказывали взрывообразный рост спроса. Свои модели представили десятки компаний. Компьютеры при всей внешней схожести отличались большим разнообразием и были несовместимы друг с другом. Каждый производитель разрабатывал собственную архитектуру ПК. Считалось, что наиболее перспективной архитектурой обладает компьютер PDP-11. Apple-1 стал пользоваться спросом. Его успех был вызван простотой операционной системы. Прежде ПК управлялись через "командную строку", и пользователь, для того чтобы ставить задачи компьютеру, должен был быть хоть немного программистом. Создание же "мышки" и графически удобного интерфейса сделало ПК доступным для "чайников" и во многом определило успех Apple-1.

Однако, в конце 1980 года совет директоров IBM принял решение создать "машину, которая нужна людям". Стратегическим партнером в качестве поставщика процессоров была выбрана Intel. Команда разработчиков IBM PC заключила союз и с недоучившимся студентом Гарвардского университета Биллом Гейтсом. На существовавшие тогда ПК ставилась популярная операционная система CP/M, созданная компанией Digital Research, или система UCSD компании Softech. Однако эти операционные системы стоили \$450 и \$550 соответственно, а Гейтс за свою PC-DOS брал всего лишь \$40. IBM сделала выбор в пользу дешевизны.

12 августа 1981 года IBM представила свой ПК, который был спроектирован не хуже, чем изделия тогдашних лидеров рынка – Commodore PET, Atari, Radio Shack и Apple.

IBM пошла на неожиданный шаг. Решив утвердить свою архитектуру в качестве стандарта, она открыла техническую документацию. Теперь каждый производитель ПК мог приобрести лицензию у IBM и собирать подобные компьютеры, а производители микропроцессоров – изготавливать элементы для них. IBM рассчитывала «перетянуть одеяло» на себя, уничтожив

стандарты конкурентов. Так и произошло. Сохранить собственную архитектуру смогла только Apple: она нашла свою нишу в сферах графического дизайна и образования. Все остальные производители либо разорились, либо приняли стандарт IBM.

Весной 1983 г. фирма IBM выпускает модель PC XT с жестким диском, а также объявляет о создании нового поколения микропроцессоров - 80286. Новый компьютер IBM PC AT (Advanced Technologies), построенный на основе МП 80286, быстро завоевал весь мир и несколько лет оставался наиболее популярным.

Первые 32-разрядные микропроцессоры появились на мировом рынке в 1983-1984 гг., но их широкое использование в высокопроизводительных ПК началось с 1985 г. после выпуска фирмами Intel и Motorola микропроцессоров 80386 и M68020 соответственно. Эти БИС открыли новое микропроцессорное поколение, реализующее обработку данных на уровне "больших" ЭВМ.

В 1989 г. был начат выпуск более мощного МП 80486 с быстродействием более 50 млн. операций в секунду. В марте 1993 г. фирма Intel продолжает ряд 80x86 выпуском микропроцессора P5 "Pentium" с 64-разрядной архитектурой. Вычислительные мощности ПК просто колоссальны (хотя и остаются еще недостаточными для решения многих прикладных задач).

Кроме стационарных (так называемых, настольных) ПК широкое распространение получили сегодня переносные ПК - laptop, карманные ПК (КПК) и мобильные ПК - смартфоны, объединяющие функции ПК и телефона. Появляются мобильные мультимедийные коммуникаторы iPhone.

В состав современного ПК (настольного) входят:

1. Системный блок

- материнская плата с адаптерами HDD, FDD, CD/DVD-ROM, шины, порты, микросхема BIOS, таймер

- [центральный процессор](#)
 - [линейки ОЗУ](#)
 - [видео-карта](#) (может быть интегрирована в материнскую плату)
 - [аудио-карта](#) (может быть интегрирована в материнскую плату)
 - [сетевая карта](#) (может быть интегрирована в материнскую плату)
 - Накопители на [жестких](#) и гибких магнитных дисках
 - [Приводы CD- и DVD-ROM](#)
 - Блок питания
 - [Корпус](#)
2. [Монитор](#)
 3. [Клавиатура](#)
 4. [Манипулятор "мышь"](#)
 5. Звуковые колонки
 6. [Принтер](#)
 7. Сканер
 8. Модем или адаптер ADSL

Ну, и конечно же, компьютер нельзя представить без программного обеспечения. Как архитектура IBM PC стала стандартом для аппаратной части ПК, так и продукция фирмы Microsoft стала эталоном для программ. Особенно популярны ее операционные системы Windows и офисные приложения MS-Office.

Глава 2. Отечественные ЭВМ.

2.1 «КИЕВ»-ламповая ЭВМ



Научные руководители проекта: Б.В.Гнеденко, В.М.Глушков.

Участники разработки: Л.Н.Дашевский, Е.Л.Ющенко, Е.А.Шкабара, С.Б.Погребинский.

История создания:

Разработка ЭВМ «Киев» началась в 1954 году, в той же лаборатории, где под руководством Сергея Алексеевича Лебедева была создана ЭВМ «МЭСМ» (но в то время лаборатория перешла в состав Института математики АН УССР).

Работа была начата по инициативе и под руководством Бориса Владимировича Гнеденко, и ответственным за нее был Л.Н.Дашевский. Машина предназначалась для организуемого на базе лаборатории вычислительного центра, и должна была представлять существенно новое слово в вычислительной технике – иметь:

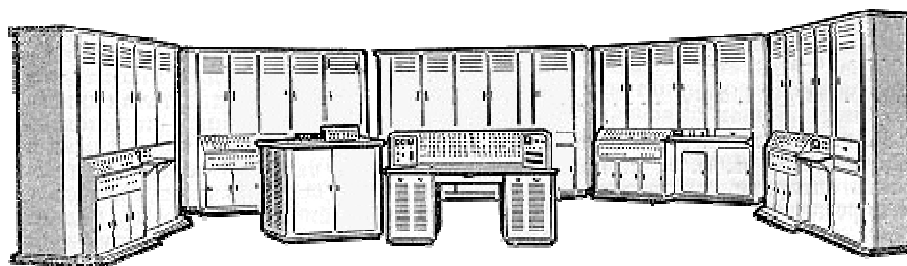
- асинхронное управление (впервые в Союзе)
- ферритовую оперативную память и внешнюю память на магнитных барабанах
- ввод-вывод чисел в десятичной системе счисления (аналогично СЭСМ)
- запоминающее устройство с набором констант и подпрограмм элементарных функций

- развитую систему операций, включая групповые операции с модификаций адресов.

Разработку вначале выполнял тот же коллектив, который создал МЭСМ; в выборе операций участвовали В.С.Королук, И.Б.Погребыский, Е.Л.Ющенко, - сотрудники Института математики АН Украины. Виктор Михайлович Глушков подключился на завершающем этапе технического проектирования, сборки и наладки машины и, будучи вместе с Дашевским и Ющенко руководителем работы, принял в ней активное участие.

Технические характеристики:

Элементная база		электронные лампы
Память	Оперативная	на ферритовых сердечниках объём 1024 слова цикл обращения 10 мс
	Постоянная (хранение сменных программ)	феррит-трансформаторного типа объём 512 слов цикл обращения 7 мс
	Внешняя	на магнитных барабанах объём 9000 слов возможность подключения магнитных лент
Структура команд		трёхадресная 16 операций управления 8 арифметических операций 4 логических операции
Представление чисел		с фиксированной запятой
Длина слова		41 бит
Быстродействие		6-15 тысяч операций в секунду



Компьютер "Киев" стал первой в Европе машиной с адресным языком программирования, а также первой системой цифровой обработки изображений и моделирования примитивных интеллектуальных процессов. К нему были подключены два оригинальных периферийных устройства, которые позволили моделировать простейшие алгоритмы обучения распознаванию образов и обучению целенаправленному поведению: устройство для ввода изображений с бумажного носителя или фотопленки и устройство вывода изображений из компьютера.

В архитектуре ЭВМ «Киев» были применены новаторские на то время принципы. В частности, в машине был реализован асинхронный принцип передачи управления между функциональными блоками, ферритовая оперативная память, внешняя память на магнитных барабанах, ввод и вывод чисел в десятичной системе счисления, пассивное запоминающее устройство с набором констант и подпрограмм элементарных функций, развитая система операций, в частности групповые операции с модификацией адреса для повышения эффективности обработки сложных структур данных.

Характерной особенностью ЭВМ «Киев» являлось широкое использование принципа автономности работы всех его функциональных узлов.

Компьютер оперировал 40-разрядными двоичными числами с фиксированной запятой перед старшим разрядом. 41-й разряд - знаковый.

Система команд - трехадресная, 41-разрядная. Компьютер "Киев" являлся универсальным, мог выполнять 16 операций управления, 8 арифметических и 4 логических операции.

Операции типа сложения и вычитания выполнялись со скоростью 12000 операций в сек., типа умножения - 5000 операций в сек., типа деления - 3000 операций в сек.

Компьютер состоял из следующих автономных функциональных узлов:

- 1) устройства управления,
- 2) арифметического устройства,
- 3) оперативного запоминающего устройства,
- 4) пассивного запоминающего устройства,
- 5) внешнего запоминающего устройства,
- 6) устройства ввода и вывода.

Кроме того, имелся общий пульт управления. Конструктивно компьютер был выполнен в виде отдельных шкафов, пульта управления и устройства ввода и вывода.

В основу построения компьютера был положен мелкоблочный принцип. Использовалось свыше 1000 стандартных блоков семи типов и 200 нестандартных блоков пяти типов. Всего использовалось 2400 электронных ламп пальчиковой серии 10000 точечных германиевых диодов типа Д1-Д и 5000 импульсных трансформаторов на сердечниках типа "оксифер 1000".

Электрическое питание компьютера осуществлялось от сети трехфазного тока 380/220 в 50 гц, причем каждый шкаф имел свой автономный источник постоянных напряжений. Общая потребляемая мощность компьютера "Киев" 25 КВатт.

Ввод информации в компьютер осуществлялся с перфорированной ленты со скоростью 70 полноразрядных кодов в секунду. Результаты вычислений печатались на бумажной ленте или перфорировались на перфоленте.

Структура и конструкция компьютера "Киев" допускали использование каждого из автономных устройств вне связи со всей машиной в целом, что

давало возможность непрерывно модернизировать отдельные узлы компьютера, а также отлаживать их вне связи с компьютером.

Эксплуатация:



Компьютер проектировался с учетом возможности запуска его в серийное производство.

Первый экземпляр ЭВМ был установлен в Вычислительном центре Академии наук УССР, второй — в Объединённом центре ядерных исследований в Дубне).

В 1960 году, впервые в мире, с помощью ЭВМ «Киев» проводились эксперименты по дистанционному управлению технологическими процессами (в конвекционном цеху тогда Днепропетровского металлургического комбината, расстояние от которого до места расположения машины превышало 500 км.).

В конце 1950-х — начале 1960-х годов на ЭВМ «Киев» под руководством В. М. Глушкова была выполнена серия уникальных в то время экспериментов по искусственному интеллекту, машинного распознавания простых геометрических фигур, моделирование автоматов для распознавания печатных и письменных букв, автоматическом синтеза функциональных схем. Также на этой машине была реализована одна из первых систем управления базами данных реляционного типа «Автодиректор».

ЭВМ «Киев» стала первой в Европе системой цифровой обработки изображений и моделирования интеллектуальных. К ней были подключены два оригинальных периферийных устройства, которые позволили моделировать на ЭВМ простейшие алгоритмы обучения распознаванию образов и обучения целенаправленному поведению: устройство для ввода изображений с бумажного носителя или фотопленки и устройство вывода изображений из ЭВМ.

В те годы первые устройства вывода изображений из ЭВМ (прообразы современных дисплеев) имелись только в США. Устройств, аналогичных киевскому, по всей видимости, за рубежом тогда еще не было. На ЭВМ „Киев“ под руководством Глушкова в конце 50-х — начале 60-х годов была выполнена серия работ по искусственному интеллекту:

- обучению распознаванию простых геометрических фигур
- моделированию читающих автоматов для рукописных и машинописных знаков
- отслеживанию движения объектов по серии изображений, или кинограмме
- моделированию поведения коллектива автоматов в процессе эволюции
- автоматическому синтезу функциональных схем ЭВМ и др.

Таким образом, В.М. Глушков обратился к теории и практике моделирования интеллектуальной деятельности в первые годы становления вычислительной техники, когда многие воспринимали ЭВМ просто как „большой арифмометр“. Большой интерес Глушков проявил к автоматическому распознаванию зрительных образов: работы по автоматическому чтению рукописных и печатных знаков были начаты под его руководством уже в 1959–1961 годы, а на протяжении первой половины 60-х годов была развита корреляционная теория распознавания машинописных знаков и строк текста, теория оптимального конструирования эталонов распознаваемых символов, были созданы последовательно несколько макетов оптических читающих автоматов, основанные на принципах оптической корреляции („ОКА“ и „ЭОК-10“, В.К. Елисеев) и электронной корреляции („ЧАРС“, В.А. Ковалевский, А.Г. Семеновский).

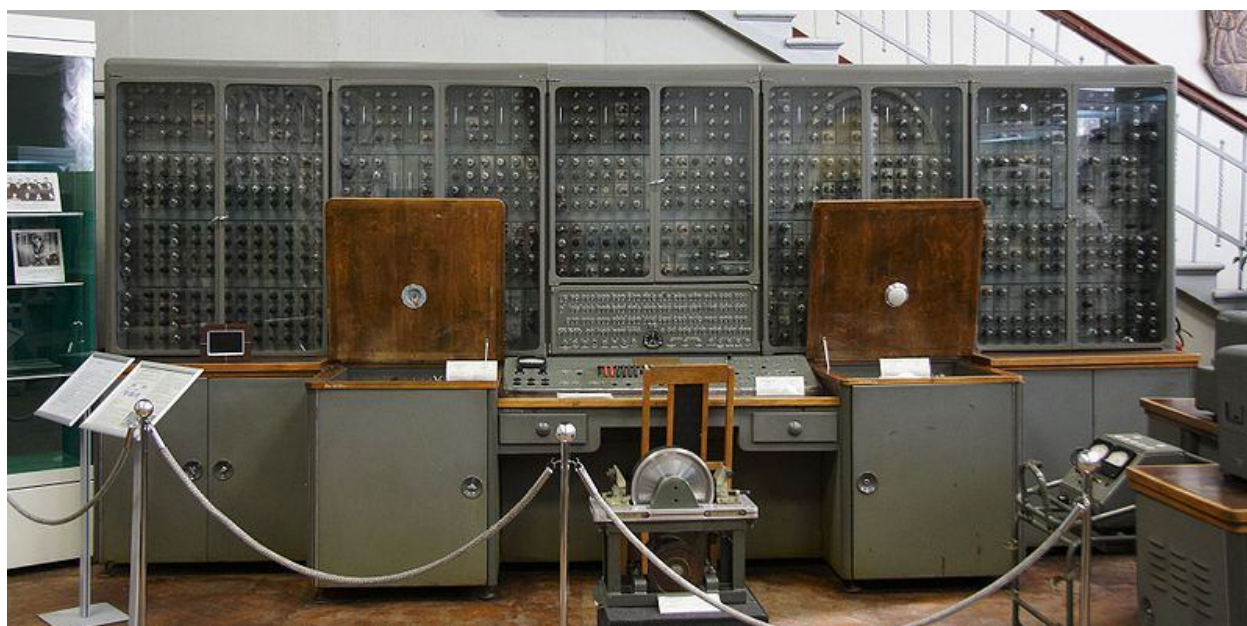
2.2 Семейство советских цифровых ЭВМ общего назначения — Урал.

Введение.

«Урал» — семейство советских цифровых ЭВМ общего назначения. Разрабатывались с начала 1955 года на предприятии п/я 24 в г. Пензе под руководством главного конструктора Башира Рамеева. Серийное производство — на заводе счётно-аналитических машин (САМ) в Пензе.

Урал-1

Первой машиной семейства была Урал-1, выпущенная в 1957 году. Она стала родоначальницей целого семейства "Уралов". Простота машины, удачная конструкция, невысокая стоимость обусловили ее широкое применение.



«Урал-1»

«Урал-1» — малая (по существовавшей на момент создания классификации) ламповая программно-управляемая вычислительная машина из семейства ЭВМ «Урал», ориентированная на решение инженерно-

технических и экономических задач. Применялась на производствах, в вычислительных центрах НИИ, конструкторских бюро. Первая серийно производимая ЭВМ на территории СССР (ранее неё была модель ЭВМ «Стрела», произведённая в количестве 7 шт). В сравнении с БЭСМ была существенно дешевле.

История.

ЭВМ была разработана в 1954-55 годах, первый образец был создан тогда же (в 1955 году) на Московском заводе счётно-аналитических машин. Наладка осуществлялась СКБ-245. Частично налаженная машина была отправлена в Пензенский филиал (будущий Пензенский НИИ математических машин). Там же, с 1957 по 1961 год, осуществлялось серийное производство. Всего было произведено 183 машины. Одна из машин использовалась на космодроме «Байконур» для расчёта полёта ракет.

Главный конструктор — Башир Искандарович Рамеев, разработчики: В. С. Антонов, А. Г. Калмыков, А. И. Лазарев, В. И. Мухин, А. Н. Невский, А. И. Павлов, Д. И. Юдицкий

Описание.

При занимаемой площади в 70-80 м² машина содержала 1000 ламп (преимущественно 6Н8) и диодно-резисторные вентили, потребляла 7-10 кВт мощности и была способна выполнять 100 операций с плавающей запятой в секунду (операций сложения, вычитания, перехода, умножения). Операция деления выполнялась в четыре раза, а нормализации в два раза медленнее. Пиковая производительность машины была порядка 100 флопс. Ёмкость оперативной памяти составляла 1024 полных машинных слова (которые в 1960-е назывались «коды»), или примерно 4.5 кБ. Оперативная память реализовывалась на магнитных барабанах (100 оборотов в секунду). При этом размер ячейки памяти (36 или 18 бит) определялся адресом — одно и то же место на магнитном барабане могло быть прочитано как 36-битное число, так

и как любое из двух 18-битных. Время доступа к машинному слову в памяти занимало 1 такт (в некоторых «неудачных» случаях — 2). Скорость последовательного чтения составляла 75 кодов/сек.

Для ввода-вывода использовался перфоратор. В качестве перфоленды использовалась зачернённая фотоплёнка. Скорость ввода составляла 3600 бод (100 слов в секунду) вывод — 5600 бод (150 слов в минуту). Пульт управления состоял из индикаторов, показывающих в двоичном коде значение регистров блоков управления и АЛУ (процессора, как отдельного устройства, машина не имела), позволял оператору выставлять значения этих регистров и осуществлять отладку с помощью нескольких клавиш и тумблеров. Данные в памяти сохранялись при выключении машины; записав на бумагу или распечатав значения регистров и введя их после включения, можно было продолжить расчёты с места прерывания. Машина также могла осуществлять цифровой вывод на печатающее устройство (100 машинных слов в минуту). Урал-1 также имел магнитную плёнку со скоростью чтения 75 слов в секунду (2700 бод), скоростью записи 150 слов в минуту. Данные на плёнке хранились в форме зон (две зоны параллельно друг другу), которые отделялись друг от друга перфорацией (по магнитной плёнке). При том, что плёнка была медленнее перфоленды, она обеспечивала бóльшую ёмкость (40 000 слов, то есть 180кБ).

При конструировании последующих моделей (Урал-2, Урал-3, Урал-4) была сохранена частичная программная и аппаратная совместимость с моделью Урал-1.

Архитектура.

- Арифметическое устройство (АУ); регистры АУ, частного, входной и выходной регистр.
- Устройство управления (УУ); регистр счётчика команд, регистр команд, регистр счётчик циклов

- Оперативное запоминающее устройство
- Накопитель на магнитной ленте
- Устройства ввода и вывода

Арифметическое устройство и регистры.

Арифметическое устройство (АУ) состоит из 37-разрядного двоичного сумматора (s), работающего в обратном модифицированном коде. АУ может генерировать два сигнала: сигнал переполнения ϕ и сигнал условного перехода ω .

Регистр АУ (r) состоит из 36 основных и 6 дополнительных разрядов, используется как вспомогательный при выполнении операций над кодами в АУ, применяется для приёма кода числа из входного регистра. Регистр частного состоит из 36 разрядов, используется для умножения и деления. Входной и выходной регистры имеют по 9 разрядов и используются для обмена кодами между АУ и другими устройствами (ОЗУ, накопители на магнитных лентах).

Оперативное запоминающее устройство

Оперативное запоминающее устройство (ОЗУ) выполнено на магнитном барабане (называющееся «накопителем на магнитном барабане» НМБ) состоит из 2048 неполных ячеек, ёмкостью 18 разрядов. Ячейки нумеруются с 00008 до 37778 (восьмеричная система счисления). Две соседние неполные ячейки могут объединяться для создания одной полной 36-разрядной ячейки. Полные ячейки нумеруются



Магнитный барабан ОЗУ

(восьмеричные числа): $40008+n$ (где n — номер первой неполной ячейки, используемой для хранения полной ячейки). Полные ячейки имеют адреса с 40008 до 77768 (с шагом в 2, то есть 40008, 40028, 40048...).

Устройство управления.

Устройство управления (УУ) содержит:

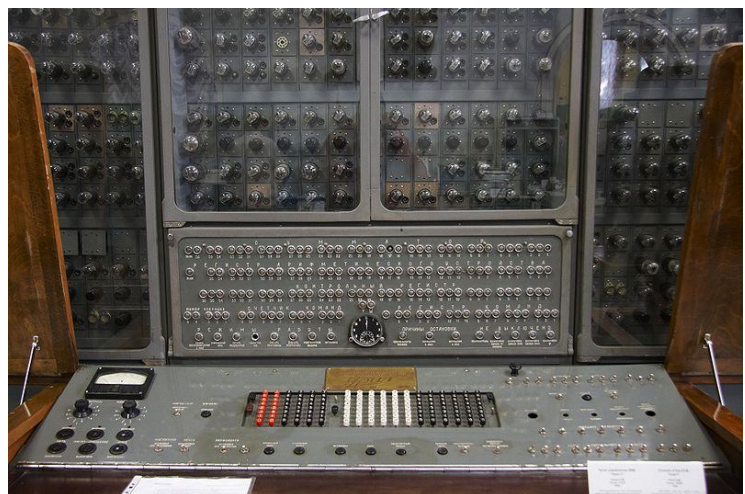
- Регистр-счётчик номера команды (С, «счётчик команд»), 11 разрядов. Используется для указания номера ячейки ОЗУ, из которой осуществляется выборка команды на регистр-сумматор команд.
- Регистр-сумматор команд («регистр команд»), 18 разрядов. Представляет собой сумматор с циклическим переносом (из старшего в младший). Используется для выборки из ОЗУ, изменения и хранения очередной команды (выполняемой специальной операцией или по счётчику переадресации)
- Регистр-счётчик переадресации (F, «счётчик циклов»), 11 разрядов. Используется для автоматического изменения адреса исполняемой команды (изменением управляет триггер f , являющийся частью УУ).

Пульт управления.

Пульт управления состоит из сигнальной и командной частей. Сигнальная представляет собой ряд индикаторов (неоновых лампочек), отображающих содержимое регистра-сумматора АУ, контрольного регистра, регистра команд, регистра-счётчика команд, сигналов φ и ω и др.

Управляющая часть содержит:

- Тумблеры, позволяющие указать значение ячейки памяти, которые выводятся в окне контрольного регистра (и обновляющиеся каждый такт)
- Два тумблера:
 Блокировка φ и
 Остановка по φ ,
 позволяющие отлаживать выполняемую программу. При включенном тумблере «Блокировка φ », очередная команда выполняется вне зависимости от



значения φ и положения тумблера «Остановка по φ ». Для $\varphi=1$ и выключенных тумблерах «Блокировка φ » и «Остановка по φ », следующая команда пропускается (в ранних экземплярах происходила передача управления на ячейку 00018). Если тумблер блокировки выключен, а тумблер остановки включен, то после выполнения очередной команды происходит останов.

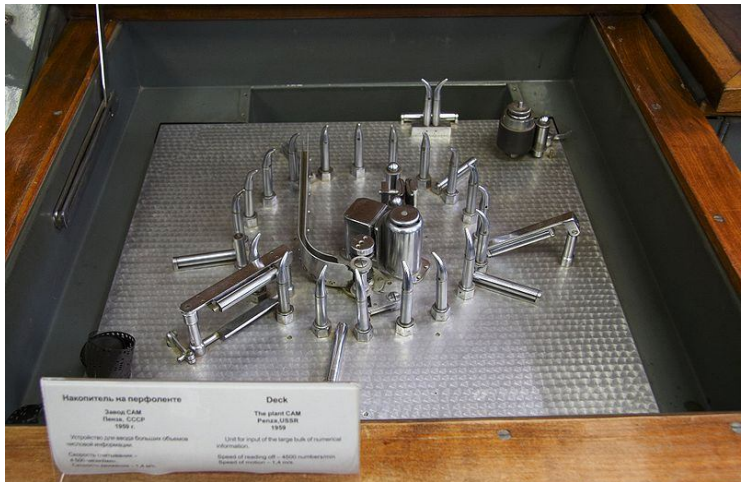
- Семь тумблеров для управления командами перехода по ключу ($\theta=23$)
- Две кнопки «Стирание», при одновременном нажатии которых происходит обнуление всех 1024 ячеек памяти в ОЗУ.
- Кнопка «начальный пуск», при нажатии которой в ячейки 00028–00108 считывается содержимое зоны 00028 на перфоленте и передаётся управление команде в ячейке 00028. Зона 00028 на перфоленте называется Зона начального ввода.
- Кнопка «Пуск»
- Кнопка «Останов»
- Кнопка «Однотактный режим», каждое нажатие которой приводит к выполнению одной (очередной) инструкции и останову
- Тумблеры для указания адреса остановки (машина останавливается перед выполнением инструкции перед указанным адресом)
- Два тумблера «печать программы» для вывода (во время вывода машина продолжает работать, с поправкой на задержку устройств ввода-вывода):
 - I режим: печать введённой в ОЗУ программы
 - II режим: печать адреса команды, вида исполняющейся команды и содержимого регистра сумматора.
- Тумблеры остановки машины при обращении к НМЛ, перфоленте.

- Клавиатура (числовая) для занесения чисел в сумматор и команды в регистр команд (для последующего его выполнения). Ввод осуществляется в восьмеричной системе счисления.

Устройства ввода-вывода.

Запись на накопитель на магнитной ленте (НМЛ) блочная (зонная). Зоны нумеруются от 0000 до 01778 и от 10008 до 11778 (всего 256 зон). Размер зоны произвольный, может достигать размеров ОЗУ (1024 36-разрядных коды).

Физически на ленте зоны диапазона 0000-01778 и диапазона 10008–17778 располагаются попарно (первая зона слева, вторая справа по ширине ленты).



Блок чтения перфоленты

Разметка ленты осуществляется перфорацией. Лента движется в одну сторону, максимальная длина ленты 300 м. Время поиска зоны — до 5 минут.

Перфорированная лента (зачернённая киноплёнка) используется для ввода, максимальная длина 300 метров. Для чтения используется фотоэлектрический считыватель (скорость до 75 кодов в секунду). Считывание производится блоками (зонами), номера зон от 0000 до 01778. Максимальная ёмкость зоны — 1024 36-разрядных кодов или 2048 18-разрядных кодов. Обратное движение перфоленты не предусмотрено. Время поиска до 2 минут.

Вывод осуществляется на печатающее устройство или на перфоратор. Используется буферный регистр для кеширования. Вывод происходит без замедления работы машины при интервалах между выводом: 0,64 с при печати, 0,46 с при перфорировании.

Схема работы УУ.

Тактовая частота (длительность рабочего цикла) определяется по времени оборота магнитного барабана. Такт делится на две части: первая часть (0.8 оборота барабана) — считывание (или запись — в зависимости от значения регистра команд) из/в ОЗУ числа, с которым производится операция. Одновременно производится считывание команды для следующего такта (согласно регистру-счётчику команд); вторая часть (0.2 оборота барабана) — выполнение арифметической (или другой) операции согласно коду операции, находившемуся перед выполнением такта в регистре команд. (В это время текущая команда сохраняется на специальном пятиразрядном регистре). Во время второй половины такта также производится инкремент счётчика команд и переадресация на содержимое регистра переадресации, если считанная команда содержит признак переадресации.

Выполнение операций нормализации и деления занимает 4 и 2 такта (оборота магнитного диска). Во время этих тактов выборка команд не производится.

Если исполнительный адрес команды $\tilde{a}$ находится в интервале от C до $C+64$ (C — регистр-счётчик команд), то время выполнения инструкции может увеличиться на 1 такт.

Команды.

Урал-1 поддерживает 29 различных инструкций (35, включая 6 инструкций, которые «ничего не делают», аналог современного NOOP). Существенным отличием от современной архитектуры компьютеров является равноправие операций с регистрами, оперативной памятью и устройствами ввода/вывода.

Арифметические команды: запись в регистр, сложение, сложение, допускающее переполнение, вычитание, разница модулей, два вида умножения, деление, смена знака, сдвиг влево и право (одна команда,

направление сдвига определяется флагом), поразрядное умножение (конъюнкция), поразрядное сложение (дизъюнкция), сравнение, нормализация представления.

Управляющие команды: запись в память, запись в регистр, запись адреса в сумматор, условный переход, безусловный переход, операция выбора по ключу (близкий аналог case в Си), команды организации цикла, команда изменения кода программы, команда остановки.

Команды ввода-вывода: обмен данными с перфоленты (или магнитной ленты) и оперативной памяти, команда чтения с перфоленты, записи на перфоленту, вывод содержимого сумматора на перфораторе, команда «прогона» перфоленты.

Применение.

Машины Урал-1 использовались для инженерных и экономических расчётов. В частности, Урал-1 применялся для расчёта полёта ракет на Байконуре, для моделирования процесса обучения, связанном с процессом творчества.

Урал-2.

После "Урала-1" на той же элементной базе (на электронных лампах) были созданы еще две машины: в 1959 году — "Урал-2", а в 1961 году — "Урал-4". По сравнению с первым "Уралом" быстродействие "Урала-2" и "Урала-4" увеличилось в 50 раз, оперативная память была реализована на ферритовых сердечниках и значительно увеличен объем внешней памяти.

Урал-2 — средняя программируемая машина, имеет производительность 5 тыс. операций в секунду. ОЗУ реализовано на ферритовых сердечниках.

Производительность: 5000 операций/сек.

ОЗУ: 4096 20-разрядных кодов (10кБ) на магнитных сердечниках, время доступа 15 мксек

ПЗУ: до 8 накопителей на магнитных барабанах (каждый ёмкостью 8192 слова по 40 кодов (40кБ), скорость 3000 кодов/с, время доступа 20 мс); магнитная лента 100000 40-разрядных кодов (около 500к), скорость операций 1000 кодов/с.

Устройства ввода: Ввод с перфорированной киноленты со скоростью 150 кодов/с (ёмкость 12 000 40-разрядных кодов).

Вывод на печатающее устройство со скоростью до 20 чисел/с.

Вывод на перфорированную киноплёнку со скоростью до 160 кодов/мин. В сумме поддерживается до 12 одновременно подключенных устройств ввода-вывода

Дальнейшее развитие.

В середине 50-ых гг. XX века, когда ламповые компьютеры достигли «насыщения», ряд фирм объявил о работах по созданию транзисторных ЭВМ. Первоначально это вызвало скептицизм из-за того, что производство полупроводников будет сложным и дорогостоящим. Однако этого не случилось — постоянно совершенствовались методы производства транзисторов.

В семейство полупроводниковых "Уралов" входили три модели: "Урал-П", "Урал-14" и "Урал-16". Первые две модели стали выпускаться серийно с 1964 года, а последняя — с 1969 года. Выпуск моделей этого семейства ознаменовал новую веху в творческом наследии главного конструктора Б. И. Рамеева. Это первое в нашей стране семейство машин с унифицированной системой организации связи с периферийными устройствами (унифицированный интерфейс), унифицированной оперативной и внешней памятью. Модели ряда «Урал-11» — «Урал-14» — «Урал-16» были аппаратно и программно совместимы между собой, имелся широкий набор периферийных устройств с унифицированным способом подключения. Это

позволяло собирать комплект, оптимально подходящий для каждого конкретного заказчика.

В моделях этого семейства нашли свое воплощение многие идеи, которые затем широко использовались в машинах третьего поколения (развитая система прерываний, эффективная система защиты памяти, развитое программное обеспечение и т. д.). Причем некоторые идеи разработчиков семейства полупроводниковых "Уралов" были высказаны раньше концепции семейства IBM/360.

2.3 Серия ЭВМ «Минск»

В течение 10 лет с 1959 по 1969 гг. в Белоруссии было разработано несколько типов ЭВМ общего назначения, ставших основой парка ЭВМ страны, и налажено их крупносерийное производство.

Машины типа «Минск» появились в то время, когда в Москве уже несколько лет работали ЭВМ БЭСМ, семь машин «Стрела», первые машины М-20, в Пензе серийно выпускались малые универсальные машины «Урал-1», в Ереване заканчивалась разработка полупроводниковой ЭВМ «Раздан», а в Киевском институте кибернетики АН УССР проводилась наладка первого образца полупроводниковой ЭВМ УМШН («Днепр»).

Тем не менее, машины «Минск» практически не столкнулись с конкуренцией в области малых машин общего назначения и быстро стали ведущим типом подобных ЭВМ.

В 1956 г. по окончании этапа создания первых ЭВМ («Стрела», БЭСМ, М-3, «Урал-1») вышло постановление Совета Министров СССР о расширении производства ЭВМ в стране. Постановление предусматривало строительство нескольких заводов по выпуску ЭВМ, их узлов и комплектующих, одним из них должен был стать завод по выпуску

ЭВМ в Минске. Пуск этого завода был существенно ускорен Совнархозом БССР, выделившим для него почти законченное здание, ранее предназначенное для другого предприятия и расположенное на одной из главных площадей города. Завод получил название Минский завод ЭВМ им. Г. К. Орджоникидзе. В 1958 г. на заводе было организовано специальное конструкторское бюро (СКБ) для сопровождения в производстве и модернизации выпускаемых ЭВМ.

Республиканские и городские власти, пригласили на работу несколько десятков специалистов, имевших опыт создания ЭВМ, среди них были Г. П. Лопато из Москвы, В. Я. Симхес, А. И. Бахир, Г. К. Столяров, А. П. Жигалов из Загорска, Э. И. Сакаев, С. Н. Реморов, В. В. Пржиялковский, В. Е. Ключков, Н. А. Мальцев, Р. М. Асцатуров из Ногинска, В. А. Аверьянов из Пензы, И. К. Ростовцев, Г. Д. Смирнов, Ю. Г. Бостанджян из Еревана. Вместе с минскими специалистами они возглавили в СКБ и на заводе разработку и изготовление ЭВМ. Это был второй фактор, существенно ускоривший становление Минского промышленного комплекса по выпуску ЭВМ. Престижность нового предприятия и контроль властей над его развитием привлекли к нему внимание лучших специалистов города.

Третьим фактором, положительно повлиявшим на развитие Минского завода ЭВМ им. Г. К. Орджоникидзе, было объединение в рамках одного предприятия разрабатывающего и производственных подразделений. Такое организационно-финансовое построение было уникальным в СССР, по крайней мере, в промышленности, выпускающей ЭВМ. Оно позволило совместить процесс разработки изделия с подготовкой его серийного производства, что привело к существенному сокращению сроков освоения новых ЭВМ и быстрому росту темпов их выпуска. В современных условиях рыночной экономики целесообразность объединения разработчика и производителя в рамках одного предприятия очевидна, но в конце

пятидесятых годов в рамках существовавшего тогда хозяйственного механизма осуществить такое объединение было делом не простым. Решающую роль в разрешении конфликтов между днем сегодняшним (обеспечение производства) и днем завтрашним (разработка очередного изделия) сыграла правильная, учитывающая перспективы развития политика руководства предприятия (директор — Гольдберг В. К., главный инженер — Кирилук Н. И.). В конкретных условиях Минского завода ЭВМ им. Г. К. Орджоникидзе сроки между окончанием разработки (государственными испытаниями) и выпуском установочной партии ЭВМ в ряде случаев («Минск-1», «Минск-22», «Минск-23», «Минск-32», ЕС-1020, ЕС-1022) составляли от одного до трех месяцев. При этом сроки проектирования очередной модели составляли менее двух лет, а сметы разработок были рекордно малы: «Минск-2» — 800 тыс. руб., «Минск-23» — 1100 тыс. руб., «Минск-32» — 2200 тыс. руб.

К сожалению, с ростом сложности ЭВМ, появлением новых заводов-изготовителей (Брестский электромеханический завод, 1966 г.), расширением номенклатуры создаваемых изделий и в связи с этим существенным ростом затрат на разработку удержать сложившееся организационное единство в рамках существовавшего хозяйственного механизма оказалось невозможным и СКБ завода сначала выделилось на самостоятельный баланс (1966 г.), а в дальнейшем получило полную хозяйственную независимость (филиал НИЦЭВТ — 1969 г., НИИЭВМ — 1972 г.) В новых условиях сотрудничество разработчиков и изготовителей продолжалось в основном только на официальном уровне руководства самостоятельных предприятий, т. е. по общепринятым правилам тогдашнего хозяйственного механизма, что существенно снизило эффективность совместной деятельности.

Весной 1959 г. на должность главного инженера СКБ завода им. Г. К. Орджоникидзе был приглашен Г. П. Лопато, один из разработчиков ЭВМ М-3,

созданной в 1956 г. в Лаборатории электро моделирования АН СССР совместно с ВНИИ электромеханики АН СССР.

Производственные площади завода были готовы к выпуску ЭВМ, а в СКБ только комплектовались кадры и составляли планы разработок. В этих условиях руководство завода приняло естественное и разумное решение — в качестве стартового изделия использовать ЭВМ М-3.

В сентябре 1959 г. завод выпустил первую ЭВМ. Это был вариант машины с оперативной памятью на магнитном барабане и быстродействием всего 30 операций в секунду. Но на ней были освоены все технологические процессы, обучены кадры разработчиков и наладчиков. В 1960 г. закончилась разработка для М-3 оперативной памяти на ферритовых сердечниках емкостью 1024 31-битных слова (Лопато Г. П., Симхес В. Я., Сакаев Э. И., Бахир А. И.).

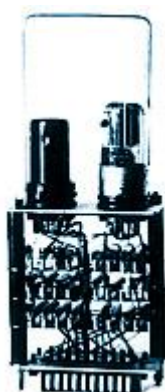
До конца 1960 г. было выпущено 26 машин М-3, из них 10 машин с ферритовой памятью, позволившей увеличить их быстродействие до 1000 операций в секунду. Программирование для машин М-3 велось в машинных кодах в восьмеричной системе счисления.

Для минского завода эта ЭВМ ценна как стартовая машина, но влияние ее на дальнейшие разработки ЭВМ было практически нулевое.

«Минск-1»

В августе 1960 г. закончилось создание первой собственной ЭВМ — «Минск-1» (800 ламп, 2500 операций в секунду, ферритовая память 1К слов, длина слова — 31 бит, двухадресная система команд, фиксированная перед старшим разрядом запятая, внешняя память на магнитной ленте 64К слов, перфоленточный ввод 80 слов в секунду, вывод на цифровую печать 20 слов в секунду. Главным конструктором ЭВМ был Г. П. Лопато, основными разработчиками — Сакаев Э. И., Симхес В. Я., Бахир А. И., Салов В. Л.,

Реморов С. Н., Столяров Г. К., Цагельский В. И.,
Генделев Г. М.



Ячейка ЭВМ «Минск-1»

ЭВМ «Минск-1» не имела никакой совместимости с ЭВМ М-3. От своей предшественницы она унаследовала практически только две архитектурные характеристики — длину слова и двухадресную команду.

Двухадресная команда при длине слова от 30 до 36-38 двоичных разрядов (когда нельзя реализовать трехадресную команду) является наиболее рациональной, поскольку она эффективнее двух одноадресных команд в слове, так как позволяет увеличить разрядность адресов. Этим объясняется популярность двухадресной команды у малых ЭВМ общего назначения («Минск-1», «Минск-2», "Раздан-1", "Раздан-2".) Что касается 31-битной длины слова, то она более или менее целесообразна только для малых машин с фиксированной запятой при длине адреса не более 12 двоичных разрядов.

ЭВМ «Минск-1» выпускалась до 1964 г. и помимо основного варианта имела несколько полностью совместимых модификаций:

ЭВМ «Минск-11» предназначалась для обработки сейсмической информации и работы с удаленными пользователями. Главный конструктор — Манжале В. М. Выпущено 11 машин этой модификации;

ЭВМ «Минск-12» имела расширенную оперативную память емкостью 2048 Кслов и лентопротяжные механизмы емкостью 100К слов. Главный конструктор — Симхес В. Я. Выпущено 5 машин этой модификации.

ЭВМ «Минск-14» и «Минск-16» предназначались для обработки телеметрической информации, для чего имели в своем составе соответствующие считывающие устройства телеметрии. Главные конструкторы — соответственно Каберник Л. И. и Манжалей В. М. Выпущено 36 машин «Минск-14» и 1 машина «Минск-16».

Помимо этого на базе ЭВМ «Минск-1» выпущена система для хранения и распознавания отпечатков пальцев для Министерства внутренних дел СССР. Главным конструктором этой системы был А. М. Толмачев.

Всего в течение 1960-1964 гг. выпущено 220 машин «Минск-1», ставших в этот период наиболее массовыми ЭВМ в стране.

Программирование для ЭВМ «Минск-1» велось в машинных кодах, однако в комплекте поставки была библиотека стандартных программ, содержащая около 100 программ с общим объемом 7500 команд. В этот период велись серьезные работы по созданию первых систем автопрограммирования — трансляторов "Автокод ИНЖЕНЕР" и "Автокод ЭКОНОМИСТ". Работы вела лаборатория программирования СКБ во главе с Г. К. Столяровым, в которой выросла целая плеяда известных программистов — М. С. Марголин, М. Е. Неменман, Э. В. Ковалевич, В. И. Цагельский, Н. Т. Кушнерев и др.



Столяров Г. К.

«Минск-2»

Следующей разработкой СКБ завода им. Г. К. Орджоникидзе стала ЭВМ второго поколения «Минск-2». Главным конструктором был В. В. Пржиялковский, основными разработчиками — В. Е. Клочков, Г. Д. Смирнов, Н. А. Мальцев, А. И. Бахир, Ю. Г. Бостанджян, В. К. Надененко, Г. К. Столяров, М. Б. Тёмкин.

Машина разрабатывалась в течение 1960-1962 гг. параллельно с выпуском «Минск-1», складывающаяся обстановка не требовала обеспечения программной совместимости этих ЭВМ. Да и обеспечить такую совместимость было бы далеко не просто, хотя бы по причине бесперспективности 31-битной разрядной сетки. Для новой ЭВМ была принята 37-битная разрядная сетка, в которой размещались знак числа и 12 восьмеричных или 9 десятичных разрядов числа. В ЭВМ «Минск-2» впервые в ЭВМ серии «Минск» появляется плавающая запятая для представления чисел, в связи с чем семь разрядов отводились под представление порядка (включая знак порядка). Остальные разряды в этом случае представляли мантиссу числа с её знаком. Это обеспечивало представление чисел от 10^{-19} до 10^{19} степени, что вполне достаточно для малой ЭВМ общего назначения.

Впервые в отечественной вычислительной технике в ЭВМ «Минск-2» в явном виде предусмотрена обработка алфавитно-цифровой информации, для

чего в машинном слове размещалось шесть алфавитно-цифровых символов, кодированных телеграфным кодом МТК-2. В этом случае знаковый разряд использовался для разделения между собой документов и сообщений.

Команда ЭВМ «Минск-2» состоит из кода операции (7 разрядов), номера блока оперативной памяти (2 разряда), адреса индексной ячейки (4 разряда) и двух адресов по 12 двоичных разрядов в каждом. Таким образом, обеспечивалось функционирование 127 команд, пятнадцати индексных регистров, адресация 8196 слов в оперативной памяти.

Система команд машины — двухадресная, наиболее эффективная при такой разрядности слова. Система команд содержит помимо стандартных арифметических команд и команд ввода-вывода команды специальной арифметики, обеспечивающие выполнение операций с двойной точностью, оригинальную команду образования циклов и целый ряд команд, существенно ускоряющих обработку информации.



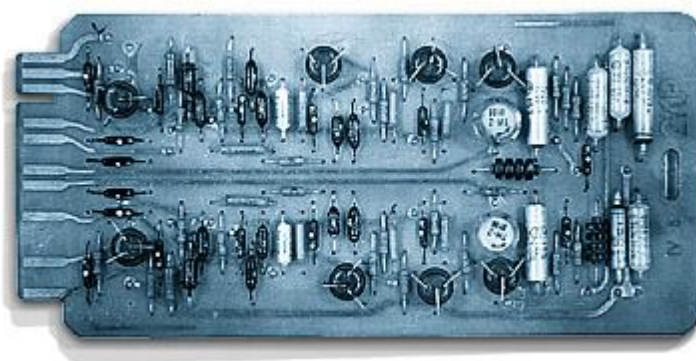
Бостанджян Ю. Г.

Всего в машине задействовано 100 команд, из них 40 арифметических. Из 27 незадействованных команд часть использована в ЭВМ «Минск-22», часть — в качестве экстракодов, оставшиеся оставлены в резерве для организации специализированных систем.

Для ЭВМ «Минск-2» разработана система полупроводниковых элементов, основанная на недорогих и широко распространенных транзисторах типа П-16А. Потенциально-импульсная система элементов использует диодно-трансформаторные схемы на оксиферовых сердечниках. Тактовая частота комплекса составляла 250 кГц. Элементы расположены на сменных ячейках, имеющих двухсторонний печатный монтаж и печатный разъем. Из 23 типов ячеек 5 типов составляет 70% всего оборудования. Всего в машине на 1286 ячейках расположены 7500

транзисторов и 18 тыс. диодов. Этот комплекс элементов благодаря простоте, дешевизне и надежности использовался в течение 6 лет в ЭВМ "Минск-2/22" и «Минск-23».

Для ЭВМ «Минск-2» было разработано ферритовое запоминающее устройство с полупроводниковым управлением. Это одно из первых полупроводниковых ЗУ такого объема (4096 слов) в СССР выполнено А. И. Бахиром и Ю. Г. Бостанджяном. ОЗУ на ферритовых сердечниках с наружным диаметром 1,4 мм собственного изготовления имело цикл 20 мкс, время ожидания 7,5 мкс, содержало 740 транзисторов и 1550 диодов. Потребляемая ОЗУ мощность составляла всего 800 Вт. Для 1962 г. это была пионерская и очень удачная разработка. Временные характеристики ОЗУ и комплекса элементов определили быстродействие ЭВМ, которое составило 5-6 тыс. двухадресных операций в секунду.



Ячейка ЭВМ«Минск-2/22»

Для машины были также созданы новый накопитель на магнитной ленте с плотностью записи 12 импульсов на 1 мм и фотосчитывающий механизм для бумажной перфоленты, работающий со скоростью 800 строк в секунду. Распечатка алфавитно-цифровой информации производилась на рулонном телеграфном аппарате РТА-50.

В ЭВМ «Минск-2» впервые в минских машинах использовано аппаратно-программное прерывание программ методом приостановок для

работы с устройствами вывода информации и с экстракодами. Экстракоды, или макрокоды — это тоже нововведение для машин «Минск». Прерывание программ и экстракоды были рассчитаны на будущее и более эффективно использовались в расширенном комплекте машины — ЭВМ «Минск-22».

Полный комплект ЭВМ размещался на площади 40 кв. метров и потреблял от трехфазной сети 380/220 В не более 4 кВт·А.

Разработка «Минск-2» завершилась в сентябре 1962 г. В 1963 г. начался ее выпуск заводом им. Г. К. Орджоникидзе. До конца 1964 г. было выпущено 118 ЭВМ, цена которых составляла всего 100 тыс. руб.



Мальцев Н. А.

К концу 1964 года закончились работы по созданию на базе «Минск-2» трех модификаций, различавшихся составом дополнительного оборудования ввода и вывода информации. ЭВМ "Минск-26" (Мальцев Н.А.) и "Минск-27" (Клочков В. Е.) предназначались для обработки телеметрических данных, поступающих с метеорологических ракет и спутников земли "Метеор". ЭВМ «Минск-22» (Надененко В. К.) в которой к "Минску-2" были подключены устройства ввода и вывода перфокарт, а также алфавитно-цифровое печатающее устройство продолжила линию машин общего назначения.

С ЭВМ "Минск-2/22" поставлялась обширная библиотека стандартных программ (260 программ, 38 тыс. команд), автокод "Инженер" (АКИ) (8 тыс. команд), система символического кодирования ССК, трансляторы с языков

Фортран и Алгол, транслятор с языка АЛГЭК (язык, объединяющий свойства языков Кобол и Алгол-60). Несколько позднее в комплект поставки были включены транслятор с языка Кобол и система обработки данных САОД (55 тыс. команд). Это был наиболее богатый комплект программ, поставлявшихся производителем с машинами общего назначения и вообще с ЭВМ в СССР.

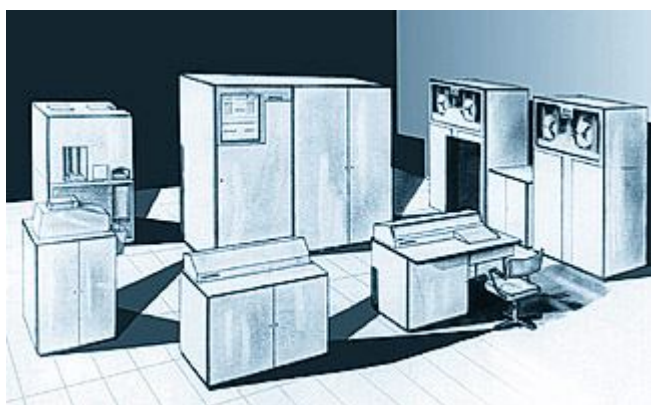


Надененко В. К.

Всего было выпущено 734 ЭВМ «Минск-22», или 852 ЭВМ "Минск-2/22", в результате чего лидирующие позиции минских ЭВМ в общем парке ЭВМ страны существенно укрепились.

Создание ЭВМ "Минск-2/22" наглядно демонстрирует, как в процессе работы менялась и расширялась область применения проектируемой машины. Если вначале «Минск-2» предназначалась для научно-технических и инженерных расчетов, то модель «Минск-22» по составу оборудования и ПО помимо этого уже могла эффективно использоваться для расчетов экономического характера. За счет новых областей применения разработчики стремились расширить сбыт, а следовательно, и выпуск машин. Эксперименты по использованию ЭВМ для производственных расчетов начались еще в 1959 г. на М-3. Несколько позже начались работы по автоматизации проектирования ЭВМ с помощью ЭВМ. Благодаря трудам академика В. М. Глушкова и пропаганде им автоматизированных систем управления в стране постепенно нарастал интерес к машинной обработке деловой и

производственной информации. В западных странах в это время крупными сериями выпускались простые и относительно недорогие машины для деловых расчетов — IBM-1401, IBM-1440, Гамма-30 и др. Десятично-двоичная система счисления, переменная длина слова, развитые средства логической обработки алфавитно-цифровой информации, которыми обладали эти ЭВМ и которых не было в наших ЭВМ, существенно повышали эффективность обработки деловой информации.



Первый вариант ЭЦВМ «Минск-23»

В 1966 г. в СКБ завода закончилось создание ЭВМ «Минск-23», предназначенной для обработки данных при решении планово-экономических задач, задач статистики, управления производством, информационного поиска. Главным конструктором был В. В. Пржиялковский, заместителем главного конструктора — Г. Д. Смирнов.

Быстродействие «Минск-23» составляло около 7 тыс. операций в секунду. Емкость оперативной памяти — 40 тыс. восьмибитных символов (байтов). Цикл работы ОЗУ и машины — 13 мкс. Емкость адресного ЗУ, предназначенного для хранения адресов команд и операндов, программных и информационных базисов, а также текущих адресов обмена с устройствами ввода-вывода — 127 ячеек по девятнадцать бит каждая. Система счисления — десятичная (десятично-двоичная), запятая фиксирована после младшего разряда, форма представления чисел и команд — символьная

последовательность переменной длины. Адресность команд — переменная. Адреса команды базируются и индексируются. Имеются команды, представляющие собой целые процедуры обработки данных.



Смирнов Г. Д.

«Минск-23» имела структуру и систему команд, полностью отличающуюся от существовавших до этого ЭВМ. Эта первая отечественная машина с символьной логикой и переменной длиной слова и команды. Машина имела развитую систему прерывания и приостановок, универсальную связь с внешними устройствами (фактически — байт-мультиплексный канал), защищенную область памяти с обслуживающими программами, возможность использования большого количества индексных полей для каждого программного массива, специальные команды редактирования и обработки полей переменной длины, состоящих из алфавитно-цифровых символов.

В ЭВМ «Минск-23» реализован мультипрограммный режим работы. Она обеспечивает выполнение трех рабочих и пяти служебных программ одновременно. При этом она могла взаимодействовать по восьми направлениям с 64 внешними устройствами одновременно.

В комплект поставки входили устройство ввода с перфокарт (600 карт/с), устройство ввода с перфоленты (1000 строк/с), алфавитно-цифровое печатающее устройство (400 строк/мин), перфоратор карт (100 карт/мин), ленточный перфоратор (80 символов/с).

Впервые в отечественной вычислительной технике с «Минск-23» началась поставка накопителя на магнитной ленте НМЛ-67 — накопителя рулонного типа с плотностью записи 32 имп./мм, совместимого с западными накопителями. Накопитель был разработан в КБПА (Конструкторское бюро промышленной автоматики) бригадой во главе с В. Г. Макурочкиным и доведен до промышленных норм в СКБ завода им. Г. К. Орджоникидзе (с 1966 г. — Минское проектное бюро завода им. Г. К. Орджоникидзе). Для специализированных систем, использующих ЭВМ «Минск-23», в МПБ завода им. Г. К. Орджоникидзе были разработаны устройство "Бланк", считывающее 150 формализованных бланков с карандашными отметками (гл. конструктор — Надененко В. К.), и аппаратура передачи данных по телефонным каналам "Минск-1500" (В. Е. Клочков и Е. И. Мухин).

Для машины «Минск-23» был предложен язык символьного кодирования ССК, на котором составлялось все системное программное обеспечение. Библиотека системных стандартных программ помимо модулей, предназначенных для вычисления элементарных функций, содержала программы, осуществляющие обращение к устройствам ввода-вывода с перекодировкой и редактированием, программу сортировки, обслуживания накопителя на магнитной ленте, служебные программы.

В комплект поставки входил также транслятор с Автокода, машинно-ориентированного языка с большим количеством макросов, обслуживающих ввод-вывод и библиотеку стандартных программ. В состав транслятора был включен также загрузчик, готовивший модули загрузки.

Впервые в состав программного обеспечения отечественных ЭВМ в СПО «Минск-23» вошла операционная система (монитор пакетной обработки, сборщик-загрузчик, связь оператора с машиной, система определения сбоев, координатор мультипрограммной обработки). Возглавлял разработку программного обеспечения машины Марголин М. С.

На базе ЭВМ «Минск-23» были созданы автоматизированные системы управления Новочеркасского электровозостроительного завода, Московского объединения «Мосмолоко», система продажи и резервирования авиабилетов Аэрофлота. Но, к сожалению, ожидаемого коммерческого успеха машина не имела. Выпуск составил всего 28 ЭВМ, что совершенно не соответствовало возможностям завода им. Г. К. Орджоникидзе. Главными причинами неудачи этой ЭВМ, видимо, нужно считать непривычность для пользователя ее основных концепций, отсутствие совместимости с предыдущей моделью, недостаточную производительность на задачах научно-технического характера и не развившуюся еще у предприятий и организаций потребность в обработке деловой информации.

«Минск-32»

Завершает серию машин «Минск» ЭВМ «Минск-32». Машина создана под руководством главного конструктора Пржиялковского В. В. в 1968 г. и в том же году началось ее производство.

Главная цель разработки — выпуск современной машины массового применения, объединяющей в себе лучшие черты машин «Минск-23» и «Минск-22М» при полной совместимости с последней на уровне носителей информации и прикладных программ. Необходимость обеспечения совместимости с широко распространенной к тому времени ЭВМ «Минск-22М» серьезно сдерживала возможности развития логической структуры «Минск-32». Однако опыт предыдущей модели показал, насколько преемственность важна для пользователя

Для обеспечения совместимости в «Минск-32» сохранены разрядная сетка машины «Минск-22М», состоящая из 37 двоичных разрядов, форматы чисел с фиксированной и плавающей запятой, а также форматы всех арифметических, логических команд и команд переходов. Выполнение этих команд происходит точно так же, как в «Минск-22М». Операции ввода-

вывода, система прерывания и обслуживания сбоев, реакция на работу оператора осуществляется с помощью программ. Таким образом ЭВМ «Минск-32» производила аппаратно-программную эмуляцию программ «Минск-22М». Проведенные исследования показали, что это самый экономичный и эффективный метод обеспечения совместимости в условиях, когда производительность эмулирующей ЭВМ всего в 5 раз превышает производительность эмулируемой ЭВМ и программное моделирование системы команд невозможно. Сохранение 37 разрядной сетки — это основная проблема, серьезно усложнившая развитие логической структуры и функциональных возможностей новой ЭВМ.

Тем не менее, в логическую структуру «Минск-32» удалось внести целый ряд нововведений, повышающих эффективность работы и расширяющих функциональные возможности.

Во-первых, в качестве единицы информации фигурирует помимо 37-разрядного слова семибитный символ (байт), дающий возможность представления 128 кодовых комбинаций, включая латинский и русский алфавиты. В слове размещается 5 символов, каждый из которых адресуется отдельно. Введены также команды, оперирующие с последовательностями байтов произвольной длины (аналогично тому, как это сделано в «Минск-23»). Имеются команды десятичной арифметики, сравнения, редактирования.

Во-вторых, машина получила многопрограммный режим, позволивший обрабатывать одновременно до четырех рабочих программ.

Для машины создано новое экономичное ферритовое ЗУ емкостью 65 536 38-разрядных слов и циклом 5 мкс (Бахир А. И., Бостанджян Ю. Г.). Для логических схем разработан новый комплекс элементов диодно-трансформаторного типа с тактовой частотой 600 кГц. В результате среднее быстродействие ЭВМ составило 30-35 тыс. операций в секунду, что в 5-6 раз больше, чем у «Минск-22М».

Существенным усовершенствованием было введение в структуру машины селекторного и байтмультиплексного каналов и системы универсальной связи с внешними устройствами (СУС ВНУ), позволивших подключать стандартным образом до 136 различных внешних устройств.

Машина имела средства защиты области памяти для каждой рабочей программы, адресное запоминающее устройство и эффективную систему прерывания (приостановок, как у "Минск23"), электронный датчик времени.



Пыхтин В. Я.

Была предусмотрена возможность с помощью специального коммутатора объединить в комплексы до восьми ЭВМ для работы над общей проблемой.

Машина получила программу "Диспетчер", являющуюся достаточно развитой операционной системой ленточного типа. С машиной поставлялись система символического кодирования, макрогенератор, трансляторы с языков Кобол, Алгамс, Фортран. Общий объем поставляемых программ превышал 500 тыс. команд, 8 тыс. листов документации. Возглавлял работы по программному обеспечению Неменман М. Е. Главным конструктором процессора был Пыхтин В. Я.

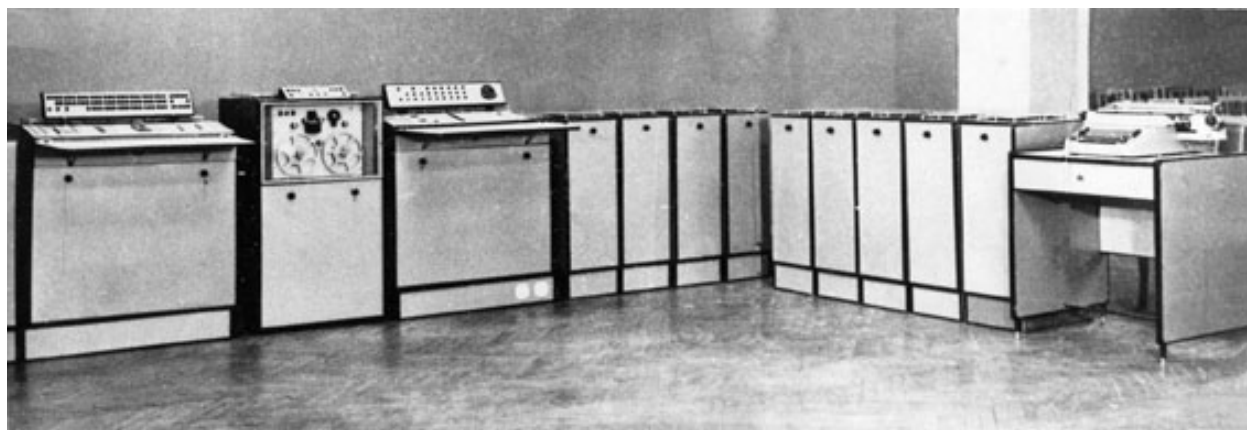
Заключение.

ЭВМ «Минск-32» выпускалась вплоть до 1975 г. Выпущено 2889 машин, в результате «Минск-32» стала самой распространенной ЭВМ общего

назначения в СССР. Более того, если понимать под ЭВМ общего назначения такую ЭВМ, которая имеет равную или, по крайней мере, близкую производительность на расчетных и планово-экономических задачах, то следует признать, что «Минск-32» до появления машин ЕС ЭВМ была единственной ЭВМ общего назначения в стране. По своей логической структуре эта машина ничем не уступала зарубежным ЭВМ аналогичного класса. В этом плане коллектив Минского СКБ на конец 60-х годов был самым квалифицированным в стране и наиболее подготовленным для создания ряда совместимых ЭВМ на базе архитектуры IBM 360.

В 1970 г. коллективу разработчиков и изготовителей ЭВМ «Минск», выпустивших более 4000 ЭВМ (более 70% всего парка ЭВМ страны) была присуждена Государственная премия СССР. Лауреатами стали: В. В. Пржиялковский, Г. П. Лопато, Ю. Г. Бостанджян, Г. Д. Смирнов, Н. А. Мальцев, Г. К. Столяров, И. К. Ростовцев, М. Е. Екельчик, Ю. В. Карпилович, Л. И. Шуняков.

2.4 ДНЕПР - полупроводниковая управляющая машина широкого назначения



Руководители разработки: В.М. Глушков, Б.Н. Малиновский

Основные разработчики: А.Г. Кухарчук, Л.А. Корытная, Э.П. Райчев, С.С. Забара, Г.А. Михайлов, Б.Б. Тимофеев, Г.И. Корниенко

Разработчики программного обеспечения (ПП-УМШН): Е.Л. Ющенко, Г.А. Полищук, Р.А. Годзь, А.И. Стиранко, Э.К. Ядренко, А.И. Никитин.

История создания:

Одновременно с теоретическими исследованиями в Институте кибернетики Академии наук Украины были развернуты работы по созданию и применению вычислительной техники в Украине. Для автоматизации управления технологическими процессами в то время использовались простейшие аналоговые вычислительные устройства. Для каждого процесса создавалось специальное устройство. Причем в основном для тех, которые описывались дифференциальными уравнениями (не очень сложными).

Поэтому когда в 1958 г. на Всесоюзной конференции в Киеве была выдвинута идея создания универсальной управляющей машины, она была встречена в штыки. Многие специалисты в области вычислительной техники дружно выступили против. Дело в том, что в тот период универсальная машина представлялась обязательно ламповой, а это требовало громадных залов, кондиционированного воздуха, т.е. никак не увязывалось с производством и управлением технологическими процессами.

Но уже в то время [Б.Н.Малиновский](#) (заведующий отделом Института) занимался полупроводниковыми элементами для электронных вычислительных машин. В отдел, которым руководил Б.Н.Малиновский, пришли молодые специалисты из Киевского политехнического института, и смело взялись за решение этой задачи, несмотря на удивительно единогласную оппозицию. Были высказаны все основные идеи, которые потом стали господствующими, - прежде всего о том, что машина обязательно должна быть полупроводниковой, транспортабельной, высоконадежной,

малоразрядной (26-разрядной) - этого достаточно для управления технологией в большинстве процессов, и самое главное, идея об универсальном устройстве связи с объектом (УСО). УСО - это набор аналого-цифровых и цифро-аналоговых преобразователей, управляемых от машины, с помощью которых машина подсоединяется к производственному процессу.

Разработка машины была поручена Б.Н.Малиновскому, он был главным конструктором, а В.М. Глушков - научным руководителем. Работа была выполнена в рекордно короткий срок: от момента высказывания идеи на конференции в июне 1958 года до момента запуска машины в серию в июле 1961 года и установки ее на ряде производств прошло всего три года. Этот результат остается мировым рекордом скорости разработки и внедрения.

Параллельно с созданием УМШН, получившей впоследствии название Днепр, была проведена с участием ряда предприятий Украины большая подготовительная работа по ее применению для управления сложными технологическими процессами. Вместе с сотрудниками Metallургического завода имени Дзержинского (Днепродзержинск) исследовались вопросы управления процессом выплавки стали в бессемеровских конверторах, с сотрудниками Содового завода в Славянске - колонной карбонизации и др.

Днепр стала первой отечественной полупроводниковой машиной (если не считать спецмашин), она прекрасно выдерживала различные климатические условия, тряску и пр.

Потом выяснилось, что американцы несколько раньше нас начали работы по универсальной управляющей полупроводниковой машине, аналогичной Днепру, но запустили ее в производство в июне 1961 года, одновременно с нами (вероятно имеется ввиду американская машина РВ-300). Эта первая универсальная полупроводниковая машина, пошедшая в серию, побила и другой рекорд - рекорд промышленного долголетия, поскольку выпускалась десять лет (1961-1971), тогда как этот срок обычно не превышает

пяти- шести, после чего требуется уже серьезная модернизация. И когда, во время совместного космического полета "Союз Аполлон", надо было привести в порядок демонстрационный зал в Центре управления полетами, то после длительного выбора существовавших в то время машин (в 1971 или 1972 г. началась эта работа) выбор все-таки остановился на [Днепре](#), и две машины управляли большим экраном, на котором все отображалось. Машина эта пошла на экспорт и работала во многих социалистических странах.

Первые машины Днепр выпускал Киевский завод "Радиоприбор". Одновременно с разработкой машины Днепр в Киеве стал строиться, по инициативе Института кибернетики, поддержанной правительством, завод вычислительных и управляющих машин (ВУМ) - ["Электронмаш"](#). Так что разработка Днепра положила начало крупному заводу по производству ЭВМ.

Технические характеристики:

Элементная база		импульсно-потенциального типа на транзисторах
Память	Оперативная	на ферритовых сердечниках объем 512 слов цикл обращения 14 мс до 3 дополнительных блоков
	Постоянная (хранение сменных программ)	феррит-трансформаторного типа объем 6 блоков по 512 слов
	Внешняя	на магнитной ленте объем до 200 тысяч слов
Структура команд		двухадресная 25 основных операций 29 модифицированных операций

	7 операций для связи с оператора и объекта
Представление чисел	с фиксированной запятой
Длина слова	26 бит
Быстродействие	5-30 тысяч операций в секунду

Цифровая полупроводниковая управляющая машина широкого назначения Днепр разработана в Вычислительном центре АН УССР (с 1962 г. Институт кибернетики АН УССР). Разработки велись в 1958-1961 годах, а уже в декабре 1961 ЭВМ была принята Государственной комиссией и рекомендована к серийному производству. Начало серийного производства в 1962 г. Первая в Советском Союзе серийно выпускавшаяся с 1961 г. по 1971 г. Предназначена для контроля и управления непрерывными технологическими процессами и сложными физическими экспериментами, а также для изучения процессов в период их алгоритмизации. Быстродействие: при управлении (включить - выключить) - 50000 операций/с; при сложении и вычитании - 20000 операций/с; при умножении и делении - 4000 операций/с. Среднее быстродействие 10000 операций/с.

Устройство ввода и вывода на перфоленту на базе телеграфного аппарата СТА-2М. С телеграфной перфоленты (17,5 мм) со скоростью 45 чисел/с, с клавиатуры телеграфного аппарата и с линий связи Устройство вывода информации на печать на базе электрифицированной пишущей машины.

Пульт оператора имеет три группы клавишных устройств, позволяющие вводить в УС:

- 6-разрядные десятичные “слова”;
- 30 признаков внеочередного вызова на печать контролируемых параметров;
- 6 признаков режима.

Питание машины — от трехфазной сети переменного тока 220/380 В, 50 Гц. Допускается отклонение питающих напряжений $-10 +10\%$ и работа при одной отключенной фазе. Потребляемая мощность — 4 кВт.

Занимаемая площадь: 35-40 кв. метров. Температура помещения, где работает машина, не должна выходить за пределы $10 — 35^{\circ}\text{C}$ при влажности воздуха не более 80%.

Эксплуатация:



Из воспоминаний

Б.Н.Малиновского:

О широком внедрении управляющей машины широкого назначения (УМШН) можно было думать только при организации ее серийного производства. В то время в стране были совнархозы, многие сложные вопросы решались на месте, и мне повезло. Когда пришел к руководителю промышленного отдела Киевского совнархоза П.И.Кудину, рассказал об УМШН, ее применениях, многочисленных запросах и необходимости организовать серийное производство, он, подумав, назвал мне завод "Радиоприбор", где директором был М.З.Котляревский.

Идти к директору завода один я не решился, попросил Виктора Михайловича. Пошли вдвоем.

Котляревский, к нашей радости, без особых разговоров и пояснений согласился. Единственное, что его интересовало, - так это размеры машины. Поскольку завод выпускал осциллографы, то мы сравнили УМШН с ними, сказав, что машина в 5-6 раз больше осциллографа. Директора этот ответ удовлетворил. Сказал, что подготовит помещение, наберет монтажников и выделит, если понадобится, людей для доработки документации на машину.

Мы ушли в восторженном состоянии, восхищаясь энергичным директором. Свою ошибку - сравнение УМШН с осциллографами - я понял позднее.

Однако подготовка серийного выпуска УМШН потребовала огромного труда, настойчивости, преодоления разного рода трудностей.

Во-первых, признание необходимости универсальной управляющей машины не пришло само собой. В тот период все увлекались только машинами специализированными ("Сталь-1", "Сталь-2", бортовые ЭВМ и др.). Помню, я подготовил статью "Управляющая машина широкого назначения". Из журнала "Автоматика и телемеханика", куда была послана статья, ее вернули, отметив, что вопрос не актуален. Это было, если не ошибаюсь, в 1958 году, когда в одном из американских журналов появилась статья о машине РВ-300, главным достоинством которой отмечалась ее универсальность.

В 1959 г. в Москве проводилось первое всесоюзное совещание по управляющим машинам. Прозвучал там и мой доклад об УМШН, которая уже начинала оживать. Доклад вызвал многочисленные вопросы. Меня включили в комиссию по подготовке решения совещания. В проект включили фразу: "Одобрить разработку УМШН в АН УССР". На заключительное заседание комиссии явился начальник отдела вычислительной техники Госплана СССР Лоскутов. Я знал его по книге, посвященной различного рода РЦУ и специализированным ЭВМ (довольно примитивной). Держался он как царский вельможа. Услышав фразу об УМШН, сказал: «Убрать, чтобы и духу не было. Эта машина делается ради похоти академиков и никому не нужна». Фраза была вычеркнута.

Против УМШН началась война, только бескровная. С одной стороны - бюрократическая, с другой - от нежелания понять и поддержать прогрессивную разработку. Да и работать приходилось по-фронтовому, - затянувшуюся комплексную отладку вели круглосуточно.

Я приходил на работу к восьми утра, час-полтора занимался замдиректорскими делами - читал, составлял и подписывал разные "бумаги", остальные дневные часы уходили на организацию дел по УМШН. Возвращался домой не раньше двенадцати ночи. Перед уходом опять просматривал накопившуюся почту. И так каждый день, за исключением командировок, на протяжении всех трех с лишним лет, пока создавалась УМШН.

Очень трудно было работать с заводчанами. Когда получили с завода первую изготовленную там машину, нас объял ужас. Это было скопище деталей - и только. Все многочисленные паянные соединения - а их было более 100 тысяч, - были выполнены самым отвратительным образом и постоянно отказывали. Контакты в разъемах - а их было тоже немало (около 30 тысяч) - постоянно нарушались. Отладить такую машину было просто невозможно. Что же выяснилось после посещения цеха, где собирали УМШН ?

Директор завода, услышав лишь то, что машина в 6 раз больше осциллографа, набрал мальчишек и девчонок, только что окончивших школу, посадил их на рабочие места во вновь оборудованном помещении, вооружил паяльниками, и вот они-то и начали "паять" элементы машины (пайки волной еще не было) и ломать разъемы неосторожным обращением.

Поскольку срок установки первой УМШН в бессемеровском цехе приближался, пришлось перепаять практически всю машину, заменить многие разъемы, и тогда отладка пошла.

Внедрение:

1. Система управления плавкой стали в конвертере бессемеровского цеха Днепровского металлургического завода им. Ф.Э. Дзержинского (ДМЗ). Разработка системы проводилась с 1959 г. одновременно с созданием УМШН Институтом кибернетики АН УССР совместно с Днепродзержинским

металлургическим заводом-вузозом (ДМЗВ) и ДМЗ. Системы, решающие аналогичную задачу, но отличающиеся существенно большим числом учитываемых параметров процесса и объемом выводимой информации, разрабатывались для новых кислородно-конвертерных цехов, которые тогда строились на Украине.

2. Система комплексной автоматизации проектирования и изготовления деталей судовых корпусов для Николаевского судостроительного завода. Была разработана в Институте кибернетики АН УССР В.И. Скурихиным, В.Г. Тьопа, Ю.И. Опрыско. Алгоритм составления карт раскроя был предложен Г.Я. Машбиц.

3. Система управления колонной карбонизации на Славянском содовом заводе. Была создана Институтом кибернетики АН УССР совместно с НИОХИМ.

4. Система автоматизации процессов измерения при продувке изделий в аэродинамических трубах внедрена в ЦАГИ под руководством А.Д. Смирнова.

Замысел универсальной управляющей машины (в противовес распространенной в то время точке зрения о необходимости создания специализированных управляющих машин) созрел у В. М. Глушкова в 1957 г. В 1958 г. появилась информация о такой машине РВ-300, разрабатываемой в США.

Производство РВ-300 было начато в США в 1961 г. В настоящее время УМШН “Днепр” экспонируется в Политехническом музее в Москве.

2.5 ПРОМИН-компьютер для инженерных расчётов



Руководитель разработки: В.М. Глушков

Главный конструктор: М.Б. Погребинский

История создания:

В середине 50 годов работы над созданием электронных вычислительных машин в СССР развернулись широким фронтом. Кроме упоминавшихся уже центров разработки ЭВМ, были организованы новые институты в Киеве, Минске, Ереване и других городах. В Киеве работы над ЭВМ сосредоточились в созданном 1957 году Институте кибернетики, который возглавил 34-летний доктор физико-математических наук Виктор Михайлович Глушков, академик, лауреат Ленинской и Государственных премий. Первая машина молодого института, получившая название "Киев" была закончена в начале 60 годов.

Когда работы по ЭВМ "Киев" закончились, он назначил Погребинского главным конструктором ЭВМ "Проминь" (а затем и МИРов). Вряд ли Глушков

ожидал, что его идея личной машины для инженера (сейчас ее назвали бы персональной) будет реализована в ЭВМ. "Проминь" всего за восемь месяцев!

В 1959 году В.М.Глушков предложил программу работ по созданию машин для инженерных расчетов. Она была начата с разработки макета цифрового вычислительного автомата "МИМ". Затем в 1963 году была закончена разработка и началось серийное производство первой машины этого типа "Проминь".

«Проминь» — серия малогабаритных электронных вычислительных машин для инженерных расчётов, одна из первых машин такого класса. Машина была новым словом в мировой практике, имела в техническом отношении целый ряд новшеств, в частности, память на металлизированных картах и так называемое ступенчатое микропрограммное управление на которое В.М.Глушков получил авторское свидетельство.

Электронная цифровая вычислительная машина "Проминь" предназначалась для автоматизации инженерных расчетов в конструкторских бюро и НИИ. Машина вычисляла сложные формулы, решала системы обыкновенных дифференциальных уравнений 3-4-го порядка, находила корни и экстремумы нелинейных алгебраических и трансцендентных уравнений, значения определенных интегралов, интерполировала по методу Ньютона, проводила квадратичное интерполирование по Чебышеву при количестве заданных точек не более 30 и т.д. Характерная особенность машины, которая затем была существенно развита в ЭВМ серии «МИР» — микропрограммное выполнение вычислений элементарных функций. Микропрограммы были записаны в микропрограммную матрицу.

Машина выполняла 32 различные операции: арифметические и операции управления, вычисление тригонометрических, обратных тригонометрических и гиперболических функций, натурального логарифма, экспоненциала, корня квадратного, скалярного произведения вектора не выше

30 ранга, решение системы линейных алгебраических уравнений не выше 7-го порядка, а также операции с адресами второго ранга.

Набор вычислительного алгоритма осуществлялся штеккерами или фольгированными перфокартами на бесконтактном магнитном коммутаторе объемом в 100 одноадресных команд. Каждая команда набиралась тремя штеккерами; на одной перфокарте размещается 10 команд.

Технические характеристики:

Элементная база		импульсно-потенциального типа на транзисторах
Память	Оперативная	на ферритовых сердечниках объем 140 слов:
	Постоянная (хранение сменных программ)	объем 100 ячеек: 80 - хранение исходной и промежуточной информации 20 - хранение часто встречающихся констант
	Внешняя	на металлизированных картах
Структура команд		Одноадресная
Представление чисел		с плавающей запятой
Длина слова		5 десятичных разрядов мантиисы числа + порядок диапазон чисел от 1×10^{10} до 1×10^{128} .
Быстродействие		100-1000 операций в секунду

Ввод чисел в память осуществлялся с помощью полноразрядной клавиатуры. Вывод результата - десятичные индикаторные лампы. Команды в систему вводились посредством штекеров, или могли быть записаны на металлические перфокарты (по 10 на каждую карту). В комплект машины также входило цифропечатающее устройство ЭУМ-23.

Среднее время выполнения операций:

- типа сложения-1000 оп/сек - типа умножения-100 оп/сек.

Мощность, потребляемая машиной по переменному току, не превышала 450 вт.

Эксплуатация:



«Проминь-М» — модифицированный вариант машины «Проминь» — отличался от неё более развитой системой команд, улучшением качества микропрограмм, развитыми структурами микропрограммного управления, что позволило в 3-4 раза ускорить выполнение элементарных операций. В комплектацию машины также было включено печатное устройство.

Машину начал выпускать Северодонецкий завод вычислительных машин (ВУМ - Киевское научно-производственное объединение "Электронмаш" еще строился).

Машина была по сути новым словом в мировой практике, имела в техническом отношении целый ряд новшеств, в частности, память на металлизированных картах. Но самое главное: это была первая широко применявшаяся машина с так называемым ступенчатым микропрограммным управлением (на которое позже В.М.Глушков получил авторское свидетельство).

К сожалению, новая схема управления не была запатентована, так как тогда СССР не входил в Международный патентный союз.

Позднее ступенчатое микропрограммное управление было использовано в машине для инженерных расчетов, сокращенно - [МИР-1](#), созданной вслед за ЭВМ "Проминь" (1965 г.).

В 1965 году основе ЭВМ «Проминь» был создан первый советский и один из первых в мире [персональных компьютеров](#) — [МИР](#).

Первая электронная вычислительная машина (ЭВМ) ЕНИАК была создана в США в 1945 г. В континентальной Европе первая ЭВМ - малая электронная счетная машина (МЭСМ) - была разработана в 1950 г. в Киеве под руководством академика С.А.Лебедева.

С тех пор вычислительная техника достигла огромного прогресса. Несколько схематизируя этот процесс развития, можно выделить два определяющих фактора. Первым является увеличение производительности машин, которое обуславливалось совершенствованием электронных технологий и мастерством конструкторов. Другим важным фактором, определяющим не только процесс совершенствования ЭВМ, но и тенденции этого процесса, явились потребности пользователей ЭВМ. Он включает стремление расширить области применения машин, совершенствовать саму технологию работы пользователей на машинах, сделать этот процесс более комфортным, учитывая то, что повсеместное распространение ЭВМ вовлекало в круг пользователей непрофессионалов в области программирования. Для удовлетворения требований, исходящих от применения, машина должна быть не только "сильной" (все увеличивающееся быстродействие, память и пр.), но и "умной", т. е. обладать высоким машинным интеллектом.

Первые ЭВМ обладали низким машинным интеллектом. Их структурные решения базировались на четырех принципах фон Неймана.

1. Первый принцип - максимальная простота операционного устройства, а следовательно, простой машинный язык, его низкий уровень. Простота диктовалась тем, что операционные устройства были более дорогими по сравнению с памятью. Сложные операции осуществлялись за счет усложнения программ, размещенных в памяти ЭВМ.

2. Второй принцип - последовательный командно-адресный характер управления, в соответствии с которым команды содержат информацию о данных, размещенных в памяти, и выполняются последовательно - одна за другой.

3. Третий принцип - линейная организация памяти, последовательная нумерация ячеек, и, как следствие, непосредственное представление лишь простейших структур данных. Сложные структуры организуются программным способом (посредством различного рода указателей, связей и пр.), что существенно усложняет применение машин для обработки таких структур.

4. Четвертый принцип - "жесткая" архитектура - отсутствие возможности изменения набора команд, связей между устройствами и пр.

Однако уже при создании машин второго поколения эти принципы ограничивали дальнейшее развитие вычислительной техники. В Институте кибернетики АН Украины под руководством академика Глушкова возникло направление, связанное с повышением уровня машинного интеллекта и прежде всего уровня машинного языка. Впервые идея "интеллектуализации" машин реализована в ЭВМ МИР-1 (серийный выпуск с 1965 г.). В 1966 г. разработан проект машины "Украина" [3] с возможностью интерпретации многих алгоритмических языков. Отступление от принципов фон Неймана в это же время (1967- 1968) получило дальнейшее развитие в машинах BURROUGHS (B-5000, B-7000 и др.), в которых разработчики снизили жесткость архитектуры за счет связи с внешними устройствами. Начиная с 70-

х годов идея "интеллектуализации" машин получила признание и широкое распространение [32,43]. ЭВМ МИР обладали высоким машинным интеллектом. В них были предвосхищены многие программно-технические решения современных ЭВМ [1,2,5-9,13-15,34,38,41], получивших высокую оценку не только у нас в стране, но и за рубежом [31].

Создание машин серии МИР внесло значительный вклад в мировое развитие вычислительной техники. В ЭВМ МИР впервые сделаны отступления от принципов построения машин, сформулированных американским ученым фон Нейманом. Новые принципы ориентированы на повышение машинного интеллекта, в частности на более высокий уровень внутреннего языка.

В ЭВМ МИР впервые структурным способом была реализована единая система арифметических, аналитических и символьных преобразований.

Численный аппарат машин серии МИР примечателен тем, что допускает целые и действительные числа с произвольной динамически изменяемой разрядностью, а также рациональные числа, что позволяет во многих случаях получать результаты точные или с большой точностью.

Аппарат аналитических преобразований, реализованный в этих машинах, позволяет отойти (полностью или частично) от численного моделирования всех этапов решения задачи, при котором машинная модель объекта или процесса отдаляется от исходной модели, что неизбежно искажает точность расчетов и недопустимо при решении многих задач. Сочетание аналитических методов с численными дает возможность описывать и преобразовывать математические модели объектов и процессов в форме, естественной для данной предметной области, а получение общего решения в аналитической форме позволяет проводить их дальнейший качественный анализ и оптимизацию.

За годы разработки ЭВМ серии МИР (1961-1981) выпущено свыше 3000 этих машин, накоплено богатое математическое обеспечение. При этом изучены особенности решения на ЭВМ невычислительных задач и сформулированы требования к структуре машин, ориентированных на решение таких задач; созданы новые принципы построения машин с микропрограммной интерпретацией языка высокого уровня и разработаны инженерные методы их проектирования.

Машины МИР - оригинальные разработки, не имеющие аналогов в мире, патентно чистые, защищены авторскими свидетельствами СССР и других стран.

Коллектив разработчиков ЭВМ серии МИР во главе с В.М.Глушковым в 1968 г. был удостоен Государственной премии СССР. Это была первая в нашей стране Государственная премия СССР, присужденная за работу в области вычислительной техники.

Машины создавались и внедрялись единым коллективом математиков и конструкторов. При этом происходило взаимное влияние математических и инженерных подходов. Структура машины "приспосабливалась" к математике, в свою очередь, корректировались многие математические (языковые) конструкции для их более эффективной реализации.

Важную роль во внедрении и сопровождении машин, а также в обучении пользователей сыграла [Ассоциация пользователей ЭВМ МИР](#).

Перечисленные возможности ЭВМ серии МИР, их ориентация на непрофессионального в программировании пользователя, развитый и дружественный человеко-машинный интерфейс, незначительные для того времени габариты машины - все это свидетельствует о том, что была создана высокоинтеллектуальная персональная ЭВМ.

С выбором в бывшем СССР принципиально другой, заимствованной в западных странах идеологии развития вычислительной техники, возможность совершенствования отечественной персональной ЭВМ была утрачена.

2.6 ЭВМ МИР-1

Назначение и технические характеристики ЭВМ “МИР-1”

ЭВМ “МИР-1” (Машина для Инженерных Расчётов) была разработана Институтом кибернетики АН УССР под руководством академика В.М. Глушкова. Входной язык машины, названный АЛМИР-65, был разработан коллективом в составе В.М. Глушкова, А.А. Стогния, А.А. Летичевского, В.П. Клименко, А.А. Дородницыной и др.

В более поздних моделях ЭВМ – “МИР-2” и “МИР-3” – язык АЛМИР-65 трансформировался в язык Аналитик, однако сохранилась программная совместимость “снизу вверх”.

Машина “МИР-1” относится к классу малых ЭВМ 2-го поколения. Она предназначена для автоматизации инженерных расчётов. В частности, на ней могут решаться следующие задачи:

- системы линейных алгебраических уравнений до 20-го порядка;
- системы обыкновенных дифференциальных уравнений до 16-го порядка;
- дифференциальные уравнения в частных производных;
- системы нелинейных уравнений до 6-го порядка;
- интегральные уравнения;
- нахождение собственных векторов для матриц до 10-го порядка;
- нахождение максимальных собственных значений для матриц до 18-го порядка.

Вычислительная машина фактически является аппаратно-микропрограммно-программным интерпретатором языка АЛМИР-65. С точки

зрения программиста она оперирует десятичными числами любой разрядности в пределах имеющегося объёма памяти (требуемая разрядность указывается в самой программе).

Ввод программы и вывод результатов осуществляется посредством электронной пишущей машинки с широкой кареткой. Скорость печати достигает 10 символов в секунду.

ЭВМ имеет оперативную память объёмом 4096 12-разрядных ячеек. Каждая ячейка может хранить один из символов входного языка, служебное слово или идентификатор стандартной функции.

В качестве внешней памяти используется восьмидорожечная перфолента (шесть дорожек – код символа, седьмая – признак буквы, восьмая – контрольная). Скорость вывода на перфоратор ПЛ-80 – до 80 символов в секунду, скорость ввода с устройства FS-1501 – до 1500 символов в секунду.

Быстродействие машины при выполнении арифметических операций над 5-разрядными числами составляет 200 – 300 оп/с.

Машина потребляет не более 1,5 кВт энергии, питаясь от трёхфазной сети переменного тока (380 В, 50 Гц). Допускается колебание напряжения в пределах от +10 до -15 %.

Для работы необходима относительная влажность воздуха не более 80 % и температура от +10 до +35 °С.

Для нормальной эксплуатации ЭВМ требуется площадь не менее 16 м². Масса машины около 400 кг.

Время перехода в рабочий режим – не более 2 мин.

Устройство ЭВМ

Конструктивно вычислительная машина “Мир-1” выполнена в виде двух столов. На одном из них смонтирована пишущая машинка, на другом – отладочный пульт. Кроме этих внешних устройств, в состав машины входят:

- устройство обмена информацией;
- устройство микропрограммного управления;
- запоминающее устройство;
- арифметическое устройство;
- устройство электропитания.

Устройство обмена информацией (УОИ)

Основной функцией УОИ является обеспечение связи человека с машиной. Это достигается с помощью соответствующих устройств, позволяющих выполнять следующие действия.

1. Вводить программы и исходную информацию в запоминающее устройство машины в следующих режимах:

- с пишущей машинки;
- с пишущей машинки с одновременной перфорацией;
- с устройства ввода с перфоленты;
- с устройства ввода с перфоленты с одновременной печатью на пишущей машинке.

2. Выводить результаты работы на пишущую машинку.

3. Выводить программу из запоминающего устройства на перфоратор и пишущую машинку по вторичным программам “Проверить”, “Перфорировать”, “Печатать”.

4. Задавать рабочие и отладочные режимы работы машины.

5. Запускать и останавливать работу машины.

6. Вручную заносить коды в основные регистры и память машины.

7. Заносить содержимое любой ячейки памяти в регистр числа.

8. Отображать состояние основных регистров и управляющих схем.

Для выполнения этих функций УОИ имеет следующие устройства и узлы:

- пишущую машинку “SOEMTRON”;

- устройство ввода с перфоленты FS-1501;
- ленточный перфоратор ПЛ-80;
- отладочный пульт;
- схемы управления.

Пишущая машинка “SOEMTRON” предназначена для определения режима работы машины, ручного ввода программы, вывода программы и результатов работы на печать.

Режимы работы определяются с помощью десятиклавишного переключателя. Предусмотрены следующие режимы.

1. ВВОД – ввод информации с пишущей машинки с одновременной перфорацией (при нажатой клавише “ВП”) или без неё либо ввод с устройства ввода с перфоленты без печати или с одновременной печатью вводимой информации (при нажатой клавише “ВТ”).
2. СЧЕТ – работа по заданной программе.
3. С₁ (СТОП 1) – работа с остановкой на каждой микрокоманде.
4. Т₂ (СТОП 2) – работа с остановкой после выполнения оператора внутреннего языка машины.
5. О₃ (СТОП 3) – работа с печатью и остановкой после выполнения каждого арифметического выражения.
6. П₄ (СТОП 4) – работа с остановкой после выполнения каждого оператора входного языка.
7. П.ВВОД (повторный ввод) – ввод вторичных программ с пишущей машинки с перфорацией и без неё либо с устройства ввода с перфоленты без печати или с печатью.
8. ТЕСТ 1 – выполнение тестовой задачи № 1.
9. ТЕСТ 2 – выполнение тестовой задачи № 2.
10. РЕЖИМ – определение кодов начала работы программ одного из выбранных режимов ВВОД, П.ВВОД, СЧЕТ, ТЕСТ 1, ТЕСТ 2. Режимы

работы с остановкой (C_1 , T_2 , O_3 и Π_4) имеют тот же код начала программы, что и режим СЧЕТ. Кроме того, клавиша РЕЖИМ обеспечивает установку в нуль необходимых регистров, счётчиков и триггеров перед пуском машины, т.е. производит начальную установку ЭВМ.

С помощью клавиши “РЕЖИМ” можно остановить машину в процессе работы.

Ручной ввод программы в память машины осуществляется с помощью клавиатуры пишущей машинки, на которой имеются все символы и знаки, составляющие алфавит языка АЛМИР-65. Каждый символ кодируется девятиразрядным двоичным кодом, поступающим в память ЭВМ.

При выводе результатов работы пишущая машинка распечатывает символ, соответствующий коду, находящемуся в регистре числа.

Устройство ввода с перфоленты FS-1501 служит для ввода информации с перфоленты в память ЭВМ. Считывание ведётся фотоэлектрическим способом. Устройство обеспечивает работу с пяти-, шести-, семи- и восьмидорожечными перфолентами. В машине “Мир-1” используется восьмидорожечная перфолента шириной 25,4 мм.

Для непосредственного кодирования символов используются первые шесть дорожек перфоленты. На седьмой дорожке пробивается признак буквы, а на восьмой – признак чётности числа всех пробивок на первых семи дорожках.

Ленточный перфоратор ПЛ-80 обеспечивает вывод на перфоленту информации, находящейся в памяти машины.

Отладочный пульт предназначен для определения отладочных режимов работы машины, занесения кодов в регистры и счётчики и для отображения состояния последних. Он используется также при выполнении профилактических работ и поиске неисправностей.

Основными органами управления и индикации отладочного пульта являются:

- две кнопки “ПИТАНИЕ”, предназначенные для включения и выключения электропитания;
- кнопка “ПУСК”, запускающая работу машины. Её функция совпадает с клавишей “СЧЕТ”. Когда ЭВМ работает, горит сигнальная лампа “ПУСК”;
- кнопка “Н.УСТ”, включенная параллельно клавише “РЕЖИМ” и выполняющая те же функции, т.е. начальную установку ЭВМ;
- сигнальная лампа “ОСТ”, сигнализирующая об останове машины;
- кнопки “ЗАНЕСЕНИЕ”, служащие для ручного занесения кодов, набранных на соответствующих тумблерных регистрах “ЗАНЕСЕНИЕ” в оперативные регистры Р1 – Р6, регистр адреса РА и регистр числа РЧ, а также в счётчики матрицы операторов (СчМОп) и матрицы информационной (СчМИ). Любое занесение информации производится в остановленном состоянии машины;
- тумблеры “ОСТАНОВКА”, предназначенные для останова машины при совпадении набранного кода с кодом, находящимся в СчМИ, СчМОп или РЧ в зависимости от того, какой из тумблеров включен;
- тумблеры “КОНТРОЛЬ”, управляющие различными режимами работы. Тумблер “КОНТРОЛЬ 4” управляет шириной печатаемой на пишущей машинке информации (65 или 141 символ в строке). Тумблер “КОНТРОЛЬ 5” отключает контроль нечётности информации, считываемой с перфоленты; он может использоваться для чтения семидорожечных перфолент. Тумблер “КОНТРОЛЬ 6” обеспечивает режим ввода информации с перфоленты, а также вывод на перфоленту с одновременной печатью на пишущей машинке. Тумблеры “КОНТРОЛЬ 7” (“запись”), “КОНТРОЛЬ 8” (“чтение”) и “КОНТРОЛЬ 9” (“чтение массива”) позволяют выполнить операции обращения к памяти машины. Обращение происходит при нажатии кнопки “ПУСК” в режиме “СЧЁТ”. Если включен тумблер “КОНТРОЛЬ 7”,

произойдёт запись кода из регистра РЧ в память по адресу в РА. Для тумблера “КОНТРОЛЬ 8” будет выполнено чтение ячейки по адресу РА в регистр РЧ. При включенном тумблере “КОНТРОЛЬ 9” при каждом нажатии на кнопку “ПУСК” также будет производиться чтение ячейки памяти по адресу в РА в регистр РЧ, после чего содержимое РА будет увеличиваться на единицу;

- группа индикаторных ламп, информирующих о состоянии регистров РА, РЧ, Р1 – Р6, СчМИ, СчМОп, регистров арифметического устройства Р11, Р12, Р13, РП, триггеров схемы сравнения и управления печатью. Последние две группы лампочек используются при поиске неисправностей.

Устройство микропрограммного управления (УМУ)

Устройство микропрограммного управления служит для обеспечения выполнения рабочей программы. Оно также организует взаимодействие всех других устройств машины.

В состав УМУ входят следующие узлы:

- блок матрицы информационной (МИ);
- матрица операторов (МОп);
- счётчик матрицы информационной (СчМИ);
- счётчик матрицы операторов (СчМОп);
- схемы управления матрицами.

Информационная матрица содержит алгоритм работы машины, записанный на её внутреннем языке. Алгоритм представляет собой набор следующих программ:

- предварительной обработки входной информации;
- распознавания и выполнения операторов программы на языке АЛМИР-65;
- выполнения арифметических операций;
- вычисления элементарных функций.

Всего МИ содержит 4096 команд.

Матрица операторов хранит микропрограмму, обеспечивающую выполнение операторов информационной матрицы. Всего в МОп размещено 1024 микрокоманды.

Счётчик МИ хранит адрес оператора в информационной матрице, а *счётчик МОп* – адрес микрокоманды в матрице операторов.

Схема управления матрицами обеспечивает выработку необходимых управляющих сигналов.

Запоминающее устройство (ЗУ).

Запоминающее устройство служило для хранения символьной, числовой и адресной информации, вводимой в машину или вырабатываемой в процессе выполнения программы.

Основными узлами ЗУ являются:

- магнитное оперативное запоминающее устройство (МОЗУ);
- регистр адреса (РА);
- блок оперативных регистров;
- схема сравнения и анализа кодов.

Магнитное оперативное запоминающее устройство построено по матричной схеме и включает в себя блок числовых матриц (БЧМ, всего 12 матриц), диодную матрицу и матрицу сопротивлений.

Запоминающими элементами числовых матриц являются кольцевые ферриты с прямоугольной петлёй гистерезиса. Размер ферритов $1,4 \times 1 \times 0,65$ мм. Каждая числовая матрица имеет 4096 ферритов. Для хранения каждого разряда запоминаемого слова служит один феррит. Индекс разряда определяется номером числовой матрицы в МОЗУ. Все 12 числовых матриц работают параллельно, обеспечивая одновременный доступ к каждому разряду одной и той же 12-разрядной ячейки памяти.

Ёмкость МОЗУ – 4096 12-разрядных слов. Время выборки числа из ячейки памяти не превышает 2,5 мкс, а полный цикл обращения к МОЗУ занимает четыре такта машины и занимает 16 мкс.

Регистр адреса служит для приёма адреса ячейки и его хранения в процессе выполнения операции обращения к ЗУ. Устройство микропрограммного управления, запрашивая доступ к памяти, задаёт первоначальное содержимое РА и направление его изменения, поскольку разряды чисел хранятся в соседних ячейках памяти и выбираются или записываются последовательно. РА состоит из 12 разрядов.

Регистр числа является временным хранилищем содержимого, читаемого или записываемого в МОЗУ. Он содержит 12 разрядов.

Блок оперативных регистров состоит из оперативных регистров Р1 – Р6 и блока кодовых формирователей ФК1. Регистры Р1 – Р6 являются сверхоперативной памятью ЭВМ и обеспечивают хранение числовой, адресной и символьной информации. Совместно с РА они образуют счётчик, работающий по сигналам устройства микропрограммного управления. Приём информации, поступающей из РЧ и СчМИ, в регистры осуществляется через кодовые формирователи.

Блок ФК1 служит для формирования сигналов обмена информацией между регистрами, СчМИ и МИ.

Схема сравнения и анализа кодов выполняет анализ и сравнение содержимого РЧ с выходами ФК1. Результатом является выработка соответствующего сигнала, передаваемого в устройство микропрограммного управления.

Арифметическое устройство (АУ).

Арифметическое устройство предназначено для преобразования числовой информации. Преобразование чисел осуществляется посредством

выполнения операций алгебраического сложения и умножения десятичных цифр, запоминания переноса и прибавления переноса, полученного на предыдущем такте.

Конструктивно АУ является последовательным десятичным арифметическим устройством табличного типа, обеспечивающим обработку чисел произвольной разрядности. Особенностью ЭВМ “Мир-1” является хранение чисел в виде комбинации цифр, каждая из которых имеет собственный знак. В общем виде целое число в такой системе может быть записано так:

$$A = \alpha_n a_n 10^n + \alpha_{n-1} a_{n-1} 10^{n-1} + \dots + \alpha_1 a_1 10^1 + \alpha_0 a_0,$$

где $a_0 - a_n$ – десятичные цифры, принимающие значения от 0 до 9; $\alpha_0 - \alpha_n$ – знаки каждого разряда десятичного числа, принимающие значения -1 и +1.

В состав АУ входят следующие функциональные узлы:

- матрица арифметическая (МА);
- блок регистров (Р11, Р12, Р13, Р13', РП, РП');
- схема формирования сигналов.

Арифметическая матрица представляет собой постоянное запоминающее устройство, в котором хранятся таблицы сложения и умножения двух десятичных цифр. Кроме того, МА содержит вспомогательную таблицу для приведения всех цифр числа к одному знаку.

Блок регистров служит для непосредственного управления МА, для приёма исходной цифровой информации и результатов выполнения арифметических операций.

Регистр Р11 служит для приёма из РЧ очередной цифры множителя и хранения её до окончания операции умножения.

Регистр Р12 служит для приёма первого операнда и управления МА.

Регистр Р13 предназначен для приёма второго операнда, а также фиксации результата выполнения арифметической операции.

Регистр P13' обеспечивает приём кода второго операнда из регистра P13 и управляет работой МА.

Регистры РП и РП' предназначены для приёма и хранения возможного переноса при выполнении арифметических операций.

Каждый из перечисленных регистров имеет пять двоичных разрядов: четыре предназначены для хранения собственно цифры, пятый – знака цифры.

Схема формирования сигналов служит для выработки управляющих сигналов, выбирающих нужную таблицу МА.

Управление работой АУ осуществляет устройство микропрограммного управления. Оно выдаёт в арифметическое устройство сигналы арифметических операций, передачи кодов в регистры, а также управляет обменом информацией с запоминающим устройством.

Устройство электропитания (УЭП).

Устройство электропитания преобразует трёхфазное переменное напряжение электрической сети в постоянные напряжения, необходимые для функционирования вычислительной машины: -60, -27, -12,6, -6,3 и +6,3 В. Необходимые **нена** серия уникальных в то время экспериментов по искусственному интеллекту, машинного распознавания простых геометрических фигур, моделирование автоматов для распознавания печатных и письменных букв, автоматическом синтеза функциональных схем.

2.7 СЕРИЯ ЭВМ-ЕС

ЕС ЭВМ (Единая система электронных вычислительных машин) — серия компьютеров. Аналогия серий System/360 и System/370 фирмы IBM, выпускавшихся в США с 1964 года. Программно и аппаратно (аппаратно —

только на уровне интерфейса внешних устройств) совместимы со своими американскими прообразами.

Предпосылки возникновения серии.

В середине 1960-х годов в СССР в области вычислительной техники выявился ряд проблем, а именно:

- общее количество ЭВМ было явно недостаточным;
- производились десятки различных несовместимых друг с другом моделей ЭВМ, что затрудняло решение крупных вычислительных и организационных задач; для осуществления проектов АСУ (автоматизированных систем управления) была крайне желательна унификация компьютерных средств;
- ориентация советских ЭВМ того времени исключительно на численные расчёты и отчасти на управление оборудованием, а также ориентация вычислительной техники на специалистов в области математики и физики;
- значительным было отставание в области системного программирования: в то время в СССР всё ещё нормой были работа без операционной системы и программирование непосредственно в машинных кодах (даже без ассемблера);
- бедность периферийного оборудования.

Назревала необходимость «большого скачка» — перехода к массовому производству унифицированных ЭВМ, оснащённых большим количеством стандартизированного программного обеспечения и периферийного оборудования. Для решения этой задачи в 1966 году в народнохозяйственном плане появилось задание МРП разработать аванпроект по ОКР «Ряд», сформулированное начальником Главного управления по вычислительной технике МРП М. К. Сулимом.

Первоначально разработка аванпроекта была поручена Институту точной механики и вычислительной техники (ИТМиВТ). Отчёт, представленный институтом в середине 1966 года, не удовлетворил министерство, поскольку показал отсутствие интереса авторов отчёта к созданию такого ряда машин в СССР. В результате Министерство радиопромышленности приказом от 22 февраля 1967 года поручило руководство разработкой аванпроекта конструкторскому бюро промышленной автоматики (КБПА), проявившему гораздо больший интерес.

С вопросами по составу и характеристикам периферийного оборудованием было всё более-менее ясно: материалы по этим вопросам, представленные НИИСчётМаш ещё для отчёта ИТМ, практически не вызвали дискуссий. Наибольшие споры вызвали принципы организации будущего «ряда»: логическая структура процессоров, система команд, принципы связи с внешними устройствами — то, что позднее стали называть «архитектурой ЭВМ».

В целом результаты дискуссии сводились к тому, что целесообразно взять за основу архитектуру широко распространённой на Западе системы System/360:

- архитектура ЭВМ в то время не подлежала патентованию, патентовалось лишь её конкретное исполнение, которое — по причине действовавшего эмбарго на экспорт вычислительной техники — предполагалось создать самостоятельно
- большинство элементов этой архитектуры были уже известны советским разработчикам
- данную архитектуру приняли и успешно разрабатывали независимо уже несколько ведущих зарубежных фирм — RCA (США), ICL (Англия) и Siemens (ФРГ), и даже ROBOTRON в ГДР.

- согласно исследованиям ИПМ АН СССР, программы, составленные для IBM/360, требовали в 1,5—2 раза меньше памяти, чем аналогичные для БЭСМ-6, «Весна», М-20.
- в серии System/360 был впервые реализован ряд уникальных для того времени перспективных решений: универсальная архитектура, ориентированная как на расчёты, так и на обработку данных; линейка совместимых моделей ЭВМ различной производительности; байтовая адресация памяти, микрокод. Кроме того, System/360 была одной из первых систем с виртуальной памятью (в отдельных моделях System/360, а позже во всех моделях System/370) и первой системой (не считая исследовательских прототипов), в которой была реализована концепция виртуальных машин.

Главный вопрос для сторонников клонирования, фактически, был в том, возможно ли скопировать аппаратную часть системы без полной технической документации, или же её целесообразнее реализовать заново «с нуля», одновременно дополнив и улучшив.

В качестве альтернативных вариантов рассматривалось сотрудничество на равноправных условиях с какой-либо из западноевропейских фирм. Академик А. А. Дородницын, сторонник этого варианта, в качестве партнёра рассматривал английскую фирму ICL.

Руководство IBM, которое он же принимал в стенах ВЦ РАН, от подобного сотрудничества отказалось.

Свою роль сыграла и презентация, сделанная в США для советской правительственной делегации во главе с премьер-министром А. Н. Косыгиным в 1971 году, демонстрировавшая успешное повсеместное использование линии System/360.

2.7.1 Архитектура и система команд

Основными кодами для ЕС ЭВМ являются КОИ-8 и внутренний код ДКОИ, разработанный на основе международного кода EBCDIC.

Архитектура для программиста представляла собой ЭВМ с одно-, двух- и трёхадресными командами шести форматов длиной от 2 до 6 байт, шестнадцатью 32-разрядными регистрами общего назначения (РОН) и четырьмя 64-разрядными регистрами для операций с плавающей запятой. Также имелся 64-битный регистр PSW, содержащий счётчик команд, признак результата и другую системную информацию. Ввод-вывод осуществлялся каналами, представляющими собой узкоспециализированные процессоры, выполняющие собственные цепочки команд. Предусматривались байт-мультиплексные, блок-мультиплексные и селекторные каналы. Мультиплексные каналы поддерживают одновременную работу с несколькими периферийными устройствами в рамках одного сеанса (цепочки команд), селекторные — работают только с одним периферийным устройством за сеанс. В поздних моделях семейства ЕС, как правило, использовались только мультиплексные каналы, как более гибкие в работе.

На аппаратном уровне каналов поддерживались довольно сложные операции: например, поиск в индексно-последовательном файле.

Физическая реализация зависела от модели. Так, в младшей модели (ЕС-1020) РОН организовывались в оперативной памяти.

В то же время, в серию из «политических» соображений было включено несколько моделей совершенно другой архитектуры, например, серия ЕС-1010 (1012, 1011), выпускавшаяся в ВНР, и ЕС-1021 (Чехословакия).

2.7.2 Развитие серии.

Специально для этого проекта был создан Научно-исследовательский центр электронной вычислительной техники (НИЦЭВТ). Значительная часть работы НИЦЭВТа состояла в клонировании оригинального программного обеспечения System/360, множество сотрудников были заняты исследованием дизассемблированного машинного кода оригинального компьютера и его адаптацией.

К счастью, фирма IBM поставляла значительную часть ОС в виде исходных текстов, что дало возможность доработать систему, устранить многие ошибки в коде системы и ввести дополнительные возможности. Поздняя система ОС ЕС 6.1.9 была уже гораздо стабильнее оригинала OS/360 21.8 (последней системы линии).

Новая советская ОС ЕС 7 уже не имела прямого IBM-овского аналога, представляя собой увязанные в единый пакет Систему виртуальных машин (СВМ, аналог VM) и Базовую операционную систему (БОС, не имевшую IBM-овского аналога и представлявшую собой развитие ОС ЕС версии 6).

Отсутствие прямых аналогов среди операционных систем IBM для ОС ЕС 7.xx -спорное утверждение. Как правило, оно базируется на наличии подсистемы БОС, функционировавшей в качестве приглашенной под управлением Гипервизора (супервизора) системы VM. Наличие данной подсистемы (БОС) не является необходимым. Более того, для повышения производительности, как правило, БОС исключался из состава загружаемого ПО. Операционные системы IBM VM (оригинальные), с другой стороны, прекрасно функционировали на отечественных машинах ЕС-104х/106х (даже без доработок при отсутствии специфических аппаратных средств сугубо отечественной разработки). На практике зачастую использовались оригинальные операционные системы IBM VM, т.к. в них присутствовало

гораздо меньшее количество ошибок, они обладали лучшими характеристиками производительности и надежности, а все необходимые доработки (для использования специфических отечественных аппаратных средств) мог выполнить квалифицированный системный программист, как правило, имевшийся в штате организации, эксплуатирующей данную машину. Легенда об уникальности ОС ЕС 7.xx, скорее всего, служит для оправдания средств, истраченных на ее разработку в НИИЭВМ, НИЦЭВТ и других организациях - соисполнителях (НИИАА и т.д.)

В ЕС ЭВМ скопирована была только архитектура системы, аппаратная же реализация была создана заново. На надёжность и эксплуатационные характеристики этой серии отрицательно влияло низкое качество советских компонентов.

2.7.3 Модели, технические характеристики и конфигурации.

Первые компьютеры появились в 1971 году. Выпускались, в частности на заводах в Казани, Минске и Пензе. Последние машины были выпущены в 1998 году (ЕС-1220). Всего было выпущено свыше 15 тыс. машин ЕС ЭВМ.

Компьютеры серии ЕС ЭВМ условно относили, в соответствии с их архитектурой, к т. н. «Ряду 1», «Ряду 2», «Ряду 3», «Ряду 4».

К «Ряду 1» (аналог серии System/360) принадлежали модели 1020, 1030, 1032, 1040, 1050, 1060 (на самом деле выпускалась в рамках Ряд 2) и основанные на них усовершенствованные модели, напр., ЕС-1022.

К «Ряду 2» (аналог серии System/370) принадлежали модели 1025, 1035, 1045, 1055, 1065.

К «Ряду 3» принадлежали модели 1036, 1046, 1066, 1068.

Разработанные и выпускавшиеся в Венгерской Народной Республике модели 1010, 1011, 1012 и 1015 номинально относились к Ряду 1 и Ряду 2,

соответственно, но имели собственную архитектуру, отличавшуюся от System/360/370.

В сериях устройств Ряд 3 и особенно Ряд 4 был запланирован и частично реализован ряд технических усовершенствований, не имевших аналогов в IBM-овской серии машин. Реализовывались специализированные вычислительные блоки, такие как векторные и матричные процессоры, процессоры, работавшие на иных физических принципах (например оптический) и т. д.

Практически все эти разработки были остановлены в 1990-х годах после распада СССР.

Последние машины серии ЕС выпускались уже под лицензией и с использованием оборудования IBM.

Аппаратная основа всех компьютеров — платы с микросхемами размером 140×150 мм (т. н. ТЭЗ — типовые элементы замены, или «радиоэлектронные модули 1-го уровня»). Конструктивно компьютеры представляли собой большие стойки («шкафы», или «радиоэлектронные модули 3-го уровня») примерно в рост человека (1200×750×1600 мм для ЕС-1030 и 1200×860×1600 мм для ЕС-1046) и соответствующие им по размерам периферийные устройства — принтеры, накопители на магнитных лентах, накопители на магнитных дисках.

Имели чёткое разделение функциональных блоков: стойка процессора, стойка (или стойки) с оперативной памятью, и т. д.

Для обозначения блоков и периферийных устройств, от процессора и памяти до периферии, была установлена специальная числовая классификация. Коды устройств:

- 20XX — процессор;
- 32XX — оперативная память;
- 4XXX — мультиплексный или селекторные каналы;

- 5XXX — устройства управления накопителями и сами накопители на магнитной основе (НМЛ и НМД);
- 6XXX — устройства ввода информации (с ПК — перфокарт, ПЛ — перфолент);
- 7XXX — устройства вывода информации (например, дисплей модель 7927),
- 8XXX — устройства телеобработки данных (например, мультиплексор передачи данных ЕС-8400) и т. д.

Для установки и размещения всех блоков компьютера требовалось отдельное помещение (или даже несколько помещений) площадью не меньше 25—30 м², со специальным фальшполом (для прокладки под ним всех соединительных кабелей), и с системами вентиляции и охлаждения.

Машины, произведённые по требованиям военприёмки, были способны выдерживать ударные нагрузки до 15g по трём осям. ЭВМ ЕС-1033 и ЕС-1045 устанавливались на кораблях Военно-морского флота СССР и выдерживали качку до 10 градусов.

Технические характеристики вкратце описывались быстродействием процессора (от десятков тысяч до миллионов операций в секунду), а также объёмом оперативной памяти — ориентировочные значения от 64 КБ на самых первых и младших моделях до 16 МБ у последних по времени выпуска старших моделях.

Периферийные устройства были взаимозаменяемы, но процессоры, память и т. п. — нет.

2.7.4 Ряд 1

ЕС-1010, ЕС-1011 и ЕС-1012 производились в Секешфехерваре, Венгрия. Кроме того, в Будапеште производились терминалы VIDEOTON для серии ЕС ЭВМ.

ЕС-1020 была разработана и производилась в Минске. Главный конструктор — В. В. Пржиялковский. Состояла из процессора ЕС-2020, блока ОЗУ ЕС-3220, внешних ЗУ: накопителей на магнитных дисках ЕС-5551 и накопителей на магнитной ленте ЕС-5511. Устройствами ввода-вывода — аппаратура связи оператора с ЭВМ ЕС-7070, ЕС-6012, ЕС-6022, устройства вывода ЕС-7030, ЕС-7010, ЕС-7022. Машина требовала помещение площадью 100 м² и потребляла 21 кВА. Выпущено 755 машин.

ЕС-1021 была разработана в Чехословакии. Выпускалась на заводе ЗПА в городе Чаковице (чеш. Šakovice), занимала помещение площадью 50 м².

ЕС-1022 разрабатывалась под руководством И. К. Ростовцева в Минске. Основные разработчики — В. П. Качков, М. И. Коротченя, М. И. Кривонос, В. М. Ленкова, Г. Д. Смирнов, М. Ф. Чалайдюк, В. П. Шершень. Производилась в Минске, Бресте и Софии. Процессор ЕС-2422, ОЗУ ЕС-3222, накопитель на магнитных дисках ЕС-5052 или ЕС-5056, накопитель на магнитной ленте ЕС-5012 или ЕС-5017. Выпуск закончен в 1982 году, всего произведено 3929 машины (самая массовая модель ЕС ЭВМ).

АЛУ 16-разрядное. Элементная база — ИС серии 155. Машина требовала помещение площадью 108 м² и потребляла 25 кВА.

ЕС-1030 была разработана под руководством М. Семирджана в Ереване и производилась в Казани. Машина требовала помещение площадью 110 м² и

потребляла 21 кВА. На базе этой модели был создан первый в серии ЕС ЭВМ двухмашинный комплекс ВК-1010. Выпущено 436 машин.

ЕС-1032 была разработана в Вроцлаве, Польша и в СССР не поставлялась. В отличие от всех остальных машин первых трёх рядов, она использовала элементную базу производства Texas Instrument (серия ИС SN-74) и увеличенные до 280x150 мм ТЭЗы. Это была первая машина серии ЕС с многослойными печатными платами и полупроводниковым ОЗУ.

ЕС-1033 разрабатывалась под руководством В. Ф. Гусева в Казани. Выпускалась там же по 1983 год, всего выпущено 1963 машины. Элементная база — ИС серии 155, специализированные микросхемы АЛУ. Процессор — ЕС-2433, ОЗУ — ЕС-3207 или ЕС-3208. Машина требовала помещение площадью 120 м² и потребляла 40 кВА.

ЕС-1040 создана и производилась в Карлмаркштадте (ныне Хемниц) под руководством М. Гюнтера.

Разработкой ЕС-1050 руководил В. С. Антонов. Разработка и производство — Москва, Пенза. Использовалась ECL-логика. В процессоре реализован трёхстадийный асинхронный конвейер. Выпущено 87 машин.

ЕС-1052 отличалась от ЕС-1050 в первую очередь полупроводниковым ОЗУ и использованием расширенного набора ИС 155, 137 и 138 серий. Модернизация под руководством В. С. Антонова и В. А. Ревунова. Выпущено 74 машины, все произведены на Пензенском заводе «ВЭМ».

В ЕС-1060 впервые для серии появилась поддержка механизма виртуальной памяти, вычислений с 128-битной точностью и автоматического повторения сбойных команд. Разрабатывалась под руководством главного конструктора В. С. Антонова в Москве и Пензе. Основные разработчики — Ю. С. Ломов, Е. М. Уробушкин, А. А. Шульгин. Использовались ИС серии ИС-500. Машина требовала помещение площадью 200 м² и потребляла 80 кВА. Выпущено 315 машин.

2.7.5 Ряд 2

ЕС-1015 производилась в Секешфехерваре, Венгрия.

ЕС-1025 была разработана в Чехословакии. Использовались ИС серии ИС-500.

ЕС-1035, первая в Ряду-2, разработана под руководством Г. Д. Смирнова в Минске. В отличие от аналога из Ряда-1, поддерживала виртуальную память.

Основные компоненты:

- Процессор ЕС-2635 (исполнения .03 или .21, стойка) в составе:
 - собственно процессора ЕС-2435 или ЕС-2435.21 (микропрограммный, микрокод вертикальный, шириной 32 бита, память микрокода объёмом 32-48 КБайт)
 - ОЗУ ЕС-3235, ЕС-3237 или ЕС-3238 (на DRAM чипах ёмкостью по 4 килобита)
 - пульта оператора ЕС-1535.01 или .03
 - пульта накопителя для ввода микропрограмм (ленточного) ЕС-3535 (иногда в процессе эксплуатации заменялся на дисковод)
 - блока питания ЕС-0835.01
- Различный комплект накопителей, таких как накопитель на магнитных дисках ЕС-5061, накопитель на магнитной ленте ЕС-5017. Большинство машин использовались с НЖМД серии ЕС-5067 (ёмкость 100 или 200 МБ), как правило моделей ИЗОТ А544Е или ИЗОТ А529Е.
- Терминалы
- Средства ввода-вывода информации (на перфокарты и на перфоленты), АЦПУ

Имела сопроцессор, обеспечивающий совместимость с ЭВМ Минск-32. Использовались ЭСЛ ИС серии ИС-500. Выпущено 2138 машин.

ЕС-1045 разрабатывалась под руководством А. Т. Кучукяна, производилась в Ереване и Казани. Использовались ИС серии ИС-500. Выпущено 1865 машин.

ЕС-1055 и ЕС-1055М выпускались в ГДР. Использовались ИС серии ИС-500.

Главный конструктор ЕС-1061 — Ю. В. Карпилович. Выпущено 566 машин.

ЕС-1065 создавалась под руководством А. М. Литвинова, позже — В. У. Плюснина. Выпущено 5 машин.

2.7.6 Ряд 3

ЕС-1016 производилась в Венгрии и в СССР не поставлялась.

ЕС-1026 производилась в Чехословакии и в СССР не поставлялась. Наличие военной приемки (комплекса мер по защите от несанкционированного доступа к обрабатываемой информации) - основное отличие от машин, перечисленных в списке "Ряд 2". В остальном перечисленные ниже машины были практически идентичны по архитектуре перечисленным в списке "Ряд 2" и отличающимся от приводимых ниже на одну последнюю цифру (10X6 вместо 10X5). Данный подход в нумерации модельного ряда сохранился в серии ПЭВМ (ЕС ПЭВМ): ЕС-1840/1841 (аналог IBM PC)- ЕС-1845 (с военной приемкой) и ЕС-1842 (аналог IBM PC XT/AT) - ЕС-1846 (1855?). С некоторой натяжкой на архитектурную самостоятельность данного модельного ряда могут претендовать лишь модель 1068.

Главный конструктор ЕС-1036 — Р. М. Асцатуров. Процессор имел кэш-память объёмом 8 КБ, ОЗУ использовало микросхемы DRAM объёмом 4 Кбита. Использовались ИС серии ИС-500. Машина требовала помещение площадью 100 м² и потребляла 40 кВА. Выпущено 2073 машины.

ЕС-1046 разрабатывалась под руководством А. Т. Кучукяна, производилась в Ереване и Казани. Использовались ИС серии ИС-500. Микрокод процессора - горизонтально-вертикальный, ширина команды - 72 бита, объём - 8192 команды. Выпущено 800 машин.

Разработкой ЕС-1066 руководил Ю. С. Ломов и В. А. Ревунов. Использовались ИС серии ИС-500. Производились в Пензе и Минске. Выпущено 422 машины.

ЕС-1068 был двупроцессорным комплексом на базе ЕС-1066 с сопроцессором плавающей точки ЕС-2617. Производились в Пензе и, в основном, в Минске. Выпущено 18 машин.

2.7.7 Ряд 4

ЕС-1087 архитектурно близка к ЕС-1066, но основана на микросхемах БМК, каждая из которых заменяет один из ТЭЗ прототипа. Серийное производство предполагалось в Пензе, но развёрнуто не было.

ЕС-1130 разрабатывался в Минске при участии специалистов из Москвы и Киева. Главный конструктор - В. П. Качков, основные разработчики - М. Е. Неменман, М. П. Котов и А. Г. Рымарчук. Использовался микропроцессорный набор К-1800 (производство завода «Вента», Вильнюс). Конвеерный процессор, до 1 инструкции за такт, мощная система самодиагностики. В качестве системного терминала и инженерного пульта использовался ЕС ПЭВМ-1840. Выпущено 230 (по другим данным - 437) машин.

ЕС-1170 разрабатывалась в Ереване. В 1989 году финансирование работ было прекращено.

ЕС-1181 разрабатывалась в Москве. Использовались микросхемы серии И-300Б, адресное пространство расширено до 2 ГБ, введены дополнительные команды. Машина не требовала приточно-вытяжной вентиляции и располагалась в одной стойке. Был собран один экземпляр, прошедший госиспытания. Серийное производство организовано не было. В 1986 году была анонсирована разработка суперкомпьютера ЕС-1191. Работы завершены не были.

Кроме того, следует упомянуть о БЦВМ с архитектурой серии ЕС. ЭВМ А-30 (В. М. Карасик и В. И. Штейнберг) имела урезанный (без операций с плавающей точкой и десятичной арифметики) набор команд, А-40 была полностью совместима с ЕС ЭВМ. В 1967 году в НИИ автоматической аппаратуры Минрадиопрома СССР под руководством Н. Я. Матюхина была начата разработка ЭВМ 5Э76, использующей систему команд ЕС ЭВМ и гибридные ДТЛ ИС серии «Посол» (217 серия). На основе этой ЭВМ, а так же её модернизированного варианта, 5Э76Б (выпуск с 1970 года), были построены многомашинные вычислительные комплексы 65С180, 5Э12, ВК 11лб.

Все модели ЕС ЭВМ Ряд-1, Ряд-2 и Ряд-3, как и их прототипы фирмы IBM, имели с точки зрения программиста 32-разрядную архитектуру с 24-разрядной шиной адреса, что позволяло адресовать максимум 16 мегабайт физической оперативной памяти. Для того времени это был очень большой объём. В более поздних моделях IBM шина адреса была расширена до 31 разряда, а затем введён 64-разрядный режим, но эти изменения в серии ЕС ЭВМ были воспроизведены только в единичных предсерийных машинах Ряда-4. Следует так же упомянуть о ЕС-1220, формально входящей в Ряд-4, реально же представляющую собой адаптированную версию System/390 с 64-битным

процессором производства IBM и периферией советской сборки, во многом также из импортных комплектующих.

2.7.8 Средства телеобработки данных.

Все модели ЕС ЭВМ имели возможности обработки данных, формируемых на удалении от ЭВМ и передаваемых по телекоммуникационным каналам связи. С этой целью был разработан и запущен в серийное производство ряд мультиплексоров передачи данных и абонентских пунктов.

Мультиплексор передачи данных (МПД) ЕС-8400 (прототип IBM2702) был разработан в научно-исследовательском институте вычислительной техники (НИИВТ, Пенза). Главный конструктор - Лось С. Г. МПД ЕС-8400 обеспечивал сопряжение ЭВМ через 15 телефонных и/или телеграфных каналами связи с абонентскими пунктами ЕС ЭВМ (или совместимыми с ними) и стандартными телеграфными аппаратами. Серийное производство.

Мультиплексор передачи данных ЕС-8402 (прототип IBM2703) был разработан в Научно-исследовательском центре электронной вычислительной техники (НИЦЭВТ, Москва) и обеспечивал аналогичные функции при работе по 176 каналах. Серийное производство — завод ВЭМ (Пенза).

Абонентский пункт ЕС-8561 (разработка НИИВТ, Пенза) — одиночный дисплейный терминал, оснащённый пишущей машиной. Серийное производство — в Баку.

Абонентский пункт ЕС-8563 (разработка НИИВТ, Пенза) — групповой абонентский пункт, имеющий до 32 дисплейных терминалов, оснащённый пишущей машиной. Серийное производство — в Баку.

2.7.9 Программное обеспечение.

Компьютеры обычно работали либо под управлением однозадачной операционной системы ДОС ЕС (обычно, ранние/младшие модели), либо многозадачных операционных систем ОС ЕС, СВМ (Система виртуальных машин), ТКС и МВС (более продвинутые модели), все эти системы были аналогами продуктов IBM. Операционная система СВМ была совмещена с ОС ЕС в версии 7.

Все компьютеры были многопользовательскими.

Для начала работы с операционной системой требовалась сложнейшая процедура генерации операционной системы из дистрибутива, с настройкой для работы на конкретном экземпляре компьютера в конкретной конфигурации (процессор, память, каналы) и всей его периферии, и, затем, невероятно трудоёмкая установка и наладка (общее затрачиваемое время — до нескольких недель). В разработанной в ГДР ТКС эта проблема была решена напрямую: система ставилась без генерации с готового загрузочного образа. В ОС ЕС версии 7 и входящей в её состав СВМ проблема решалась следующим путём: генерацию и установку новой версии системы можно было производить на виртуальной машине под управлением старой версии, а затем просто перенести с виртуальной машины на реальную.

Для компьютеров серии ЕС ЭВМ разрабатывались также другие операционные системы, но сколько-нибудь широкого распространения они не получили. Так, например, в МГУ для ЕС-1010 и ЕС-1011 была разработана ОС MISS. Также существовала Мобильная Операционная Система МОС ЕС, представлявшая собой реализацию ОС Unix на ЕС ЭВМ. Но Unix в те времена считался упрощённой «системой для домохозяек» (буквальная цитата из) в сравнении с «настоящими» системами МВС, ОС ЕС и СВМ, поэтому за рамки академических экспериментов МОС ЕС практически не вышла.

Для решения прикладных задач использовались языки программирования Фортран, Кобол, ПЛ/1. Для запуска программ и управления заданиями имелся специальный язык JCL (Job Control Language, язык управления заданиями). Были и другие, менее распространённые языки.

Подавляющее большинство пользователей ЕС ЭВМ использовали Фортран и ПЛ/1. Последний был внедрён как универсальный язык, обладавший более широкими выразительными возможностями, однако, из-за очень высокой сложности написания компилятора и значительной сложности изучения языка, не получил значительного распространения вне мэйнфреймов.

2.7.10 Кооперация в СЭВ.

Ряд моделей и многие периферийные устройства выпускались в кооперации с другими социалистическими странами (ГДР, Венгрия, Болгария, Чехословакия, Румыния, Польша, Куба). Целью этого было, прежде всего, достижение объединённого научного и производственного потенциала, сравнимого с Западом.

В ГДР, наиболее технически и научно развитом после СССР члене СЭВ, разработками и производством по проекту ЕС занимался научно-производственный комбинат «ROBOTRON», специально объединённый из множества предприятий, уже успешно производивших до этого ЭВМ серий «Роботрон» и «R» и разнообразную периферию.

В Чехословакии координация работы проводилась под эгидой созданного в 1969 году «Объединённого коллективного предприятия по автоматизации и вычислительной технике» (ZAVT). Производственные мощности включали национальное народное предприятие ТЕСЛА, заводы

«Зброевка», организации по сбыту и обслуживанию «Kancelarske stroje» в Чехии и «Datasystem» в Словакии и ещё ряд предприятий, разбросанных по всей стране. Научный потенциал был представлен рядом научно-исследовательских институтов.

Венгрия занималась в основном научными и техническими разработками (в том числе в области организации вычислительных сетей), а также подготовкой технических кадров и разработкой ПО (именно венгерские специалисты, оставшиеся после развала СЭВ без работы, организовали там в 1990-х годах крупнейший в мире центр компьютерного подполья — BBS Virus Exchange).

Польша до вступления в проект уже активно разрабатывала ряд моделей ЭВМ семейства ODRA, периферийно совместимых с различными модификациями IBM/360 и ICL-900 (в том числе по совместным проектам). В рамках ЕС Польша производила машины ЕС-1030, ЕС-1032 и ЕС-1045, а также периферию — в первую очередь, устройства для работы с перфокартами.

Прочие страны СЭВ, не имевшие столь развитых научных и технических наработок, использовались в основном как производственная база для периферии. Широко практиковалось обучение студентов за рубежом, в том числе по обмену.

Не обходилось без внутренних трений: так, возник серьёзный внутренний скандал, когда обнаружилось, что разработанная в ГДР машина 1040 оказалась быстрее и стабильнее советской 1050 (были построены всего два экземпляра) и даже экспортируется в Западную Европу. Ряд соучастников по разработке осуществлял тихий саботаж проекта, например, разработанные в ВНР младшие модели ЕС-1010 и ЕС-1011 не были совместимы с остальной серией, так как при их создании было осуществлено клонирование французского компьютера системы Mitra, не совместимого с System/360.

2.7.11 Роль серии ЕС в развитии советской информатики.

Роль ЕС ЭВМ в развитии советской информатики неоднозначна.

На начальном этапе появление ЕС ЭВМ привело к унификации компьютерных систем, позволило установить начальные стандарты программирования и организовывать широкомасштабные проекты, связанные с внедрением программ. До этого программы, как правило, эксплуатировались исключительно организацией-разработчиком, а внедрение было затруднительным из-за разнородности компьютерной техники по стране. Без подобного рода унификации постановка глобальных задач типа АСУ была бы просто невозможна.

В целом, внедрение ЕС ЭВМ позволило сократить отставание советской компьютерной отрасли от США по ряду позиций (проектирование архитектуры аппаратно-программных комплексов, разработка программного обеспечения, системотехника, применение ЭВМ для управления данными), а по отдельным направлениям даже выйти на лидирующие позиции (разработка матричных процессоров, разработка эффективных методов интеграции нескольких ОС на одной ЭВМ).

Ценой этого было повсеместное свёртывание собственных оригинальных разработок и попадание в зависимость от идей и концепций фирмы IBM.

В 1980-е годы повсеместное внедрение ЕС ЭВМ превратилось в серьёзный тормоз для развития отрасли. После дорогостоящих и заранее спланированных закупок руководители предприятий были вынуждены эксплуатировать морально устаревшие компьютерные системы. Параллельно развивались системы на малых машинах и на персональных компьютерах, которые были существенно дешевле как при приобретении так и в

эксплуатации, обладали достаточной для многих задач вычислительной мощностью, и, поэтому, становились всё более и более популярны. В то время мало кто имел взвешенную оценку достоинств и недостатков различных архитектур, и точки зрения, как правило, сводились к двум полярным мнениям: «персоналки — это несерьёзно, солидные задачи надо решать на солидных машинах» и «большие ЭВМ — это каменный век, мы сейчас быстренько всё перепишем на персональном компьютере». К сожалению, у части специалистов такая однобокость во взглядах не преодолена до сих пор.

На позднейшем этапе, в 1990-е годы, наступил переломный момент. Советская промышленность, вступившая в глубокий экономический и структурный кризис, не смогла создать ни аналогов, ни заменителей ЕС ЭВМ на новой элементной базе. В итоге произошёл полный переход на импортные компьютеры и окончательное свёртывание программы по разработке советских компьютеров, возникли проблемы переноса технологий на современные компьютеры, модернизации технологий, трудоустройства и переквалификации сотен тысяч специалистов.

2.7.12 Причины трудностей, связанных с внедрением серии.

- Объективные трудности мировой компьютерной индустрии, связанные с выработкой единых норм и стандартов на программы и оборудование;
- Эмбарго на продажу компьютерной техники (ограничения КОКОМ), объявленное Советскому Союзу после ввода советских войск в Афганистан в 1980 году, что затрудняло апробацию альтернативных решений;
- Недостаточный анализ опыта и ошибок компьютерной индустрии капиталистических стран, который вполне был представлен в

литературе, отчего те же ошибки повторялись с ещё более пагубными последствиями;

- Неправильная ориентация на экономию процессорного времени вместо экономии общих затрат — (времени программистов, исследователей и персонала) для разработки проектов:
 - На начальном этапе не уделялось внимания средствам для подготовки и отладки программ — перед программистами и пользователями ставились жёсткие условия готовить задания без единой ошибки, а объёмы человеческой работы для выполнения этих требований не имели значения, это приводило к крайней неэффективности использования компьютера;
 - На позднем этапе общей тенденцией стало распределение процессорного времени путём создания многотерминальных станций, при этом недостаточное внимание уделялось организации диалога и развитию графических устройств, отчего в дальнейшем серия ЕС стала неконкурентоспособна по отношению к значительно менее мощным малым машинам и персональным компьютерам.

Прочее.

- Посетивший в конце 1970-х СССР классик программирования Э. Дейкстра сказал в своём публичном выступлении в Большом зале Академии наук в Ленинграде, что он считает крупнейшей победой США в холодной войне тот факт, что в Советском Союзе производятся компьютеры фирмы IBM.
- Серия ЕС ЭВМ в последние пару десятилетий существования СССР была самым распространённым видом компьютерной техники. (С другой стороны, за всё время существования серии ЕС было выпущено 15 576 машин, между тем как выпуск СМ ЭВМ был более 70 тыс.

Данное расхождение может быть объяснено тем, что ЕС ЭВМ, в среднем, обслуживала большее количество пользователей.)

- Следует отметить, что в период первоначального создания ЕС ЭВМ мировая практика не распространяла авторские права на программное обеспечение. Его копирование было не эксклюзивной затеей СССР, а было также осуществлено многочисленными западными конкурентами IBM. Мейнфреймы клонировали американская Amdahl, немецкий Siemens, японские Fujitsu и Hitachi, несколько других фирм. Таким образом, обвинения советских разработчиков в каком-то особом цинизме, нарушении авторских прав и т. д. не имеют под собою серьёзных оснований.
- Экономический развал, произошедший в годы перестройки, послужил причиной массового вывода из эксплуатации ЕС ЭВМ. Громадный объём установленного программного обеспечения оказался ненужным, новое разрабатывалось уже в основном для персональных компьютеров. Там, где требовалось продолжение работы именно на мейнфреймах — происходила замена на более производительные и надёжные западные модели, в том числе бывшие в употреблении. Разработчики из бывшего СССР не смогли долго бороться за рынок — они лишились госзаказов, средств на разработку, нередко их организационные структуры подвергались приватизации и ликвидации. Наиболее серьёзные специалисты перешли на работу в IBM или какие-то другие западные компании, связанные с этой техникой. Последние попытки восстановить разработку продолжались до середины 1990-х годов.
- Финалом жизненного цикла ЕС-овских мейнфреймов стала их массовая скупка в целях извлечения из них драгоценных металлов. В составе комплектующих машины имелось несколько десятков граммов золота и порядка одного или нескольких килограммов серебра. В период с 1990

по 1993 годы свыше 90 % эксплуатировавшихся в СССР мейнфреймов ЕС ЭВМ оказались демонтированы и утилизированы в этих целях.

2.8 СЕРИЯ ЭВМ «ЭЛЬБРУС»

«Эльбрус» — серия советских суперкомпьютеров, разработанных в Институте точной механики и вычислительной техники (ИТМиВТ) в 1970—1990-х годах, а также процессоры и системы на их основе, разработанные в МЦСТ. Производство велось на заводе счётно-аналитических машин имени В.Д.Калмыкова.

Эльбрус серий 1 и 2 разрабатывался под руководством Всеволода Сергеевича Бурцева, одного из разработчиков БЭСМ, преемника Сергея Алексеевича Лебедева. До создания Эльбрус Всеволод Сергеевич занимался военными применениями создаваемых машин, в том числе трёхпроцессорной ЭВМ 5Э26 для ЗРК С-300. В ней аппаратным контролем охватывается каждый процессор, каждый модуль памяти. Все процессоры работают на единую память и при сбое отключается один процессор, а не машина. Занимая объем около 2м³, 5Э26 обладала производительностью на уровне БЭСМ-6 – около 1 млн. оп./с с фиксированной запятой. Этот комплекс был сдан государственной комиссии в 1972–1974 годах.

2.8.1 Эльбрус-1 и Эльбрус-2

Следующим этапом развития ЭВМ было создание второго поколения противоракетного комплекса. Возглавлявший эту работу Г.В. Кисунько поставил задачу разработать вычислительную систему с производительностью 100 млн. оп./с. В 1969 году это было практически невозможно вычислительная мощность существовавших процессоров была порядка 1 млн. оп./с на один

процессор, за рубежом не превосходили уровень 3–5 млн. оп./с. Тогда возникла идея многопроцессорного вычислительного комплекса (МВК) “Эльбрус”. Роль главного конструктора данной темы С.А.Лебедев предложил Всеволоду Сергевичу.

Основная идея нового комплекса – использовать многопроцессорную архитектуру не только для повышения надежности, как это было до сих пор, но и в целях увеличения производительности. Машину заложили в 1970 году. При этом изучали лучшие достижения того времени, такие как проект Манчестерского университета MU-5, американские разработки – ОС Multics (General Electric), ЭВМ фирмы Burroughs, ЭВМ серии IBM. Но в целом “Эльбрус” не похож ни на какую из них – это полностью отечественная разработка. Была создана многопроцессорная структура, где при увеличении числа процессоров производительность практически не падает. По данным исследований IBM, уже четвертый процессор не давал прибавки производительности. Однако в “Эльбрусе” заложены такие схемотехнические, архитектурные и конструкторские решения, благодаря которым производительность МВК практически линейно возрастает при увеличении числа процессоров до 10.

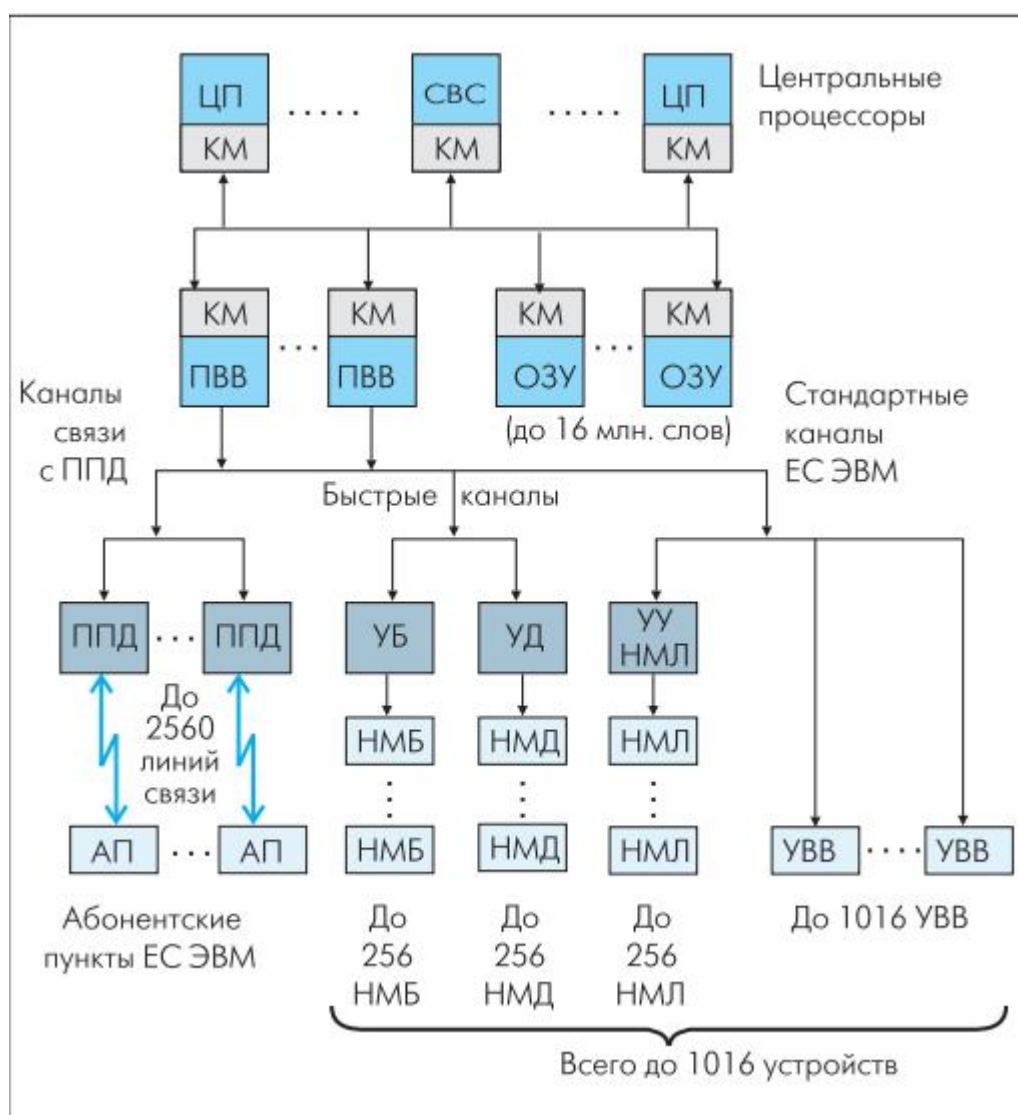
Основной принцип, который исповедовал С.А. Лебедев и передавал своим ученикам, – вести работу шаг за шагом. Следуя этому принципу, МВК “Эльбрус-1” полностью создавался на элементно-конструкторской базе ЭВМ 5Э26, используя ТТЛ-логику с временами задержки порядка 10–20 нс на вентиль. В то же время в Зеленограде в НИИ молекулярной электроники (НИИМЭ) под руководством академика К.А. Валиева осваивали производство быстродействующих ЭСЛ ИС серии ИС-100 (аналог серии Motorola 10000) с задержкой 2–3 нс. Пока шла разработка ИС, была полностью отработана идеология, математическое обеспечение, язык и т.д. на проверенной элементной базе. “Эльбрус-1” с производительностью ~15 млн. оп./с был сдан

государственной комиссии в 1980 году. Он имел самостоятельное значение, работая во многих системах военного назначения – в системе ПРО, Центре контроля космического пространства и многих других.

МВК “Эльбрус-2” строился уже на новой элементной базе. Это вызывало массу проблем. ИС оказались чрезвычайно ненадежными: поскольку их копировали, многое не докопировали, были системные ошибки. Мы целый год стояли, не зная что делать, особенно с памятью. МЭП разместило производство ИС на разных заводах, и пришлось организовывать входной контроль, потому что, например, зеленоградские схемы (завод “Микрон”) работали прекрасно, а у ИС, произведенных в Каунасе, происходила разгерметизация корпуса.

Работа была доведена до конца и в 1985 году “Эльбрус-2” был сдан госкомиссии. Его производительность составляла 125 млн. оп./с на восьми процессорах – два считались резервными - при ОЗУ объемом 160 Мбайт на элементной базе ИС ЭСЛсерии 100 (типа Motorola 10000) с задержкой 2–3 нс на вентиль. МВК строился по модульному принципу, с учетом особенностей обеспечения надежности, главным образом – достоверности выдаваемой информации и в зависимости от комплектации мог включать от 1 до 10 центральных процессоров, от 4 до 32 модулей ОЗУ, до 4 процессоров ввода-вывода и устройств внешней памяти (магнитных барабанов, дисков, магнитных лент), до 16 процессоров передачи данных и ряд устройств ввода-вывода, подключенных либо непосредственно к процессору ввода-вывода, либо через линии передачи данных посредством процессора передачи данных. Компоненты комплекса, включая разнесенные по ним узлы центрального коммутатора, имели стопроцентный аппаратный контроль. При появлении хотя бы одиночной ошибки выдавался сигнал неисправности, операционная система производила реконфигурацию системы и неисправный модуль исключался из работы. Время подключения резервного модуля не превышало

0,01 с, что обеспечивало работу комплекса без сбоев и с заданной надежностью для всех боевых систем. МВК "Эльбрус2" аппаратно поддерживал автокод, являющийся языком высокого уровня. Операционная система, включая диспетчер работы с внешними устройствами, имела эффективную аппаратную поддержку. В качестве одного из центральных процессоров мог быть подключен спецпроцессор с системой команд БЭСМ-6 или векторный процессор.



Характеристики МВК "Эльбрус"

Модульный принцип построения МВК "Эльбрус" обеспечивает:

- возможность создания различных по характеристикам ВК за счет изменения набора модулей;
- высокие показатели надежности за счет автоматического исключения неисправных модулей из состава ВК.

Аппаратные средства “Эльбрус” реализуют эффективное программирование на языках высокого уровня.

Элементная база

“Эльбрус-1” — ТТЛ схемы средней интеграции (15 нс).

“Эльбрус-2” — ЭКЛ схемы (2 нс) сборки мультичипов и микросхемы ИС-100.

Конструкция

Ячейки с многослойными печатными платами.

Система охлаждения:

“Эльбрус-1” — двухконтурная замкнутая воздушно-жидкостная.

“Эльбрус-2” — жидкостная кондуктивная система охлаждения для центрального процессора и оперативной памяти и двухконтурная замкнутая, воздушно-жидкостная для других устройств.

Программное обеспечение

Автокод высокого уровня (ЭЛЬ-76), трансляторы со всех основных языков (Фортран, Алгол и т. д.).

В состав комплексов входят центральные процессоры (до 10) и предусмотрена возможность использования наряду с универсальными специализированных процессоров: СВС — для реализации прикладных программ, написанных для ЭВМ БЭСМ-6, и БПФ — для быстрого преобразования Фурье; оперативная память (до 32), процессоры ввода-вывода (до 4); процессоры приема-передачи данных (до 16); синхронизатор центральный; внешние запоминающие устройства; устройства ввода-вывода, обеспечивающие использование до 1016 внешних устройств и до 2560 линий связи.

Типовые комплектации

Однопроцессорная, двухпроцессорная, четырехпроцессорная и десятипроцессорная.

Производительность

Производительность “Эльбрус-1” до 15 млн. операций в секунду, “Эльбрус-2” до 125 млн. операций в секунду, емкость памяти “Эльбрус-1” до 1 Мслов, “Эльбрус-2” до 16 Мслов.



2.8.2 Дальнейшее развитие серии “Эльбрус”

Дальнейшим развитием “Эльбруса-2” должно было стать введение векторных процессоров. Разработанный векторный процессор имел быстродействие порядка 200–300 млн. оп./с. Три–четыре таких процессора в составе МВК обеспечивали оптимальное сочетание скалярных и векторных операций. На тот момент это была бы одна из наиболее высокопроизводительных машин в мире – ~1 млрд. оп./с.

Во время перестройки основные разработки в области суперЭВМ – векторный процессор МВК “Эльбрус”, ЭВМ “Электроника ССБИС”,

модульный конвейерный процессор (МКП), проект ОСВМ РАН – были закрыты деятелями вышестоящих организаций. К сожалению, с подачи и членов РАН в том числе, в 1985 году академик Бурцев перешел из ИТМ и ВТ в лабораторию академика Г.И. Марчука. К тому моменту конструкторская документация векторного процессора уже была принята заводом-изготовителем. Но эти работы прекратили по совету Б.А. Бабаяна и ставшего директором ИТМ и ВТ Г.Г. Рябова, поставивших вопрос – зачем делать процессор на старой элементной базе, не лучше ли сразу на новой – МКВ “Эльбрус-3”? При этом забыли принцип С.А. Лебедева – “шаг за шагом”.

Перед уходом Бурцева из ИТМ и ВТ была поставлена очень интересная разработка – модульный конвейерный процессор (МКП). Его главным конструктором был А.А. Соколов – чрезвычайно талантливый человек. Он очень многое сделал и для создания БЭСМ-6, большой вклад внес в М-20, был главным конструктором АС-6. Идея МКП – возможность подключения процессоров с различной специализацией (радиолокационная обработка, структурная обработка, быстрые преобразования Фурье и т.д.). У МКП было несколько счетчиков команд, поэтому он мог работать с несколькими потоками команд. Одновременно на едином поле памяти в процессоре выполнялось до четырех потоков команд. Это была абсолютно новая и очень интересная работа, на новой элементной базе.

К сожалению, поторопился директор Института Г.Г. Рябов, представив госкомиссии недоведенную разработку. Государственная комиссия, на которую меня не пригласили, работу приняла, но сделала ужасный вывод – для серийного производства МКП не доведен – и все! А ведь в таких случаях обычно в заключении госкомиссии писали “рекомендовать в серийное производство после выполнения таких-то работ”. Но этого сделано не было, и денег на доводку А.А. Соколову не дали.

В то время Бурцев возглавлял Вычислительный центр коллективного пользования (ВЦКП) АН. Чтобы завершить работы по МКП, пришлось обратиться к экс-президенту АН Г.И. Марчуку и академику В.Е. Фортову – председателю Фонда фундаментальных исследований. Фонд выделил около 100 тыс. руб. по сегодняшним ценам. Работы велись в ВЦКП в новом здании Президиума АН. Все шло нормально, но неожиданно на Президиуме АН в разделе “Разное” был поставлен и решен вопрос о закрытии ВЦКП. Ликвидировали ВЦКП потому, что он основывался на “Эльбрусах” – это-де устаревшая техника. Вместе с ВЦ “закрыли” и МКП – люди, принимавшие это решение, даже не знали, что сделали.

Еще одна значимая работа, которую вели в Институте проблем кибернетики (ИПК) под руководством академика В.А. Мельникова, – векторно-конвейерная суперЭВМ “Электроника ССБИС”. Конечно, это была громоздкая машина – аналог Cray, но в ней содержалось много интересных решений. Когда В.А.Мельников умер, Бурцеву пришлось объединить два института, но сохранить разработку не удалось. Эту работу ликвидировали под предлогом недостатка средств. Было изготовлено четыре машины “Электроника ССБИС”, и их пришлось разбирать. Колоссальные деньги оказались затраченными впустую.

Таким образом, перестал существовать весь передовой фронт работ над суперЭВМ. Но осталась одна разработка суперЭВМ нового поколения – проект оптической сверхвысокопроизводительной вычислительной машины (ОСВМ) РАН.

2.8.3 Эльбрус-3

Разработка линии суперскалярных многопроцессорных вчислительных комплексов “Эльбрус” прекратилась с уходом Бурцева из Института. Не

последняя роль в этом принадлежит Б.А. Бабаяну. “Эльбрус-3” основывался уже на совершенно иных принципах, чем “Эльбрус-1” и “Эльбрус-2”.

В МВК “Эльбрус” было динамическое распределение вычислительных ресурсов внутри процессора – регистров, памяти, процессов. У первых “Эльбрусов” не было прямой адресации регистров, их назначение происходило автоматически. Б.А. Бабаян же в МВК “Эльбрус-3” применил статический подход, связанный с длинным командным словом – ресурсы распределяет транслятор до начала вычислений. Поэтому нельзя сказать, что “Эльбрус-3” – это продолжение линии “Эльбрус”.

Но что самое главное – действующей ЭВМ “Эльбрус-3” не существовало! Опытный образец этой машины изготовили в 1988 году, но она даже не была отлажена. В 1994 году машину разобрали и пустили под пресс. Около трех миллиардов рублей ушло в никуда. И причина тому – не в сложности эпохи. На отладку этого комплекса Правительство многократно выделяло те средства, которые Б.А. Бабаян просил. “Эльбрус-3” по многим причинам был мертворожденным ребенком. Для профессионала это было ясно с первого взгляда. А Б.А. Бабаян даже не приложил усилий, чтобы его реанимировать.

Со слов академика Бурцева[2]:

“Я знаю Бориса Арташесовича с тех пор, когда он еще студентом МФТИ пришел ко мне в лабораторию. Его первая работа – отладка М-40 на полигоне, он показал себя как хороший отладчик. Затем участвовал в разработке 5Э92б. Но тут проявилось его неумение доводить работу до конца. Ему поручили тесты для 5Э92б – он их не закончил. Когда начались работы с интегральными схемами, я доверил Б.А.Бабаяну разработку САПР. Начал он бурно, но результата мы не дождались. Используемую впоследствии САПР сделал Г.Г. Рябов.

В проекте “Эльбрус” Б.А.Бабаян возглавил работы над матобеспечением, в том числе и над операционной системой (ОС). Должен сказать, что ни на одном объекте его ОС не работает, там создавали свои операционные системы. Не довел Б.А.Бабаян и ОС гражданского использования. В пакетном режиме она еще работала, а в режиме разделения времени уже при пяти пользователях начинались сбои. Примеров начатых Б.А.Бабаяном и не доведенных до практического выхода работ можно указать много. К ним относится “Единый ряд МКБ Эльбруса” – затрачено много миллиардов народных денег – выхода никакого, проект мертворожденный и не имеющий смысла. Микропроцессор “Эльбрус-90” не доведен – виноват, по мнению Б.А.Бабаяна, Зеленоград. Микропроцессор по заказу фирмы Sun заказчиком не принят, больше заказов по аппаратным средствам эта компания не дает. Перечень можно продолжать. После неудачи с проектом для Sun компания Б.А.Бабаяна в основном занимается поддержкой западных программных продуктов, что, безусловно, важно и нужно <...> Таким образом, Б.А. Бабаян приписывает своей фирме достижения целого коллектива ИТМ и ВТ. Еще раз отмечу – сам он и руководимая им лаборатория занимались только математическим обеспечением. Вся изложенная на его сайте история коллектива – это история достижений ИТМ и ВТ. Руководителем упомянутых там работ до 1973 года был С.А. Лебедев, затем до 1985-го – я. Как ни прискорбно, нет работ, выполненных ИТМ и ВТ, на которые можно было бы сослаться Б.А. Бабаяну за период с 1985 года по настоящее время”

2.8.4 Современные процессоры под маркой “Эльбрус”

В настоящее время процессоры под маркой “Эльбрус” выпускает московская компания ЗАО “МЦСТ” - преемник фирмы “Московский центр

SPARC-технологий”, основанной в 1992 году Б.А. Бабаяном на базе его группы, занимавшейся разработкой Эльбруса-3.

После неудачи с Эльбрус-3 в компании развиваются два направления:

- процессоры, основанные на SPARC-архитектуре
- процессоры, основанные на VLIW-архитектуре

Процессоры, основанные на SPARC-архитектуре

Первым процессором, разработанным на основе SPARC-архитектуры (предложенной компанией Sun в 1985 году), стал R-100, разработанный в 1998 году. Однако, в серию он не пошёл - решено было перейти на новый технологический процесс (0.35 мкм). В итоге первым серийным процессором стал R-150, выпущенный в 2001 году. Дальнейшее развитие эта серия получила в процессорах R-500 (0.13 мкм, 2004) и двухядерном R-500S (0.13мкм, 2008). В данное время разрабатывается четырёхядерный МЦСТ-4R (0.09 мкм), предназначенный для использования в мобильных устройствах и встраиваемых системах.

На основе процессоров R150 и R500 разработан вычислительный комплекс “Эльбрус-90микро”, доступный в нескольких конструктивных исполнениях:

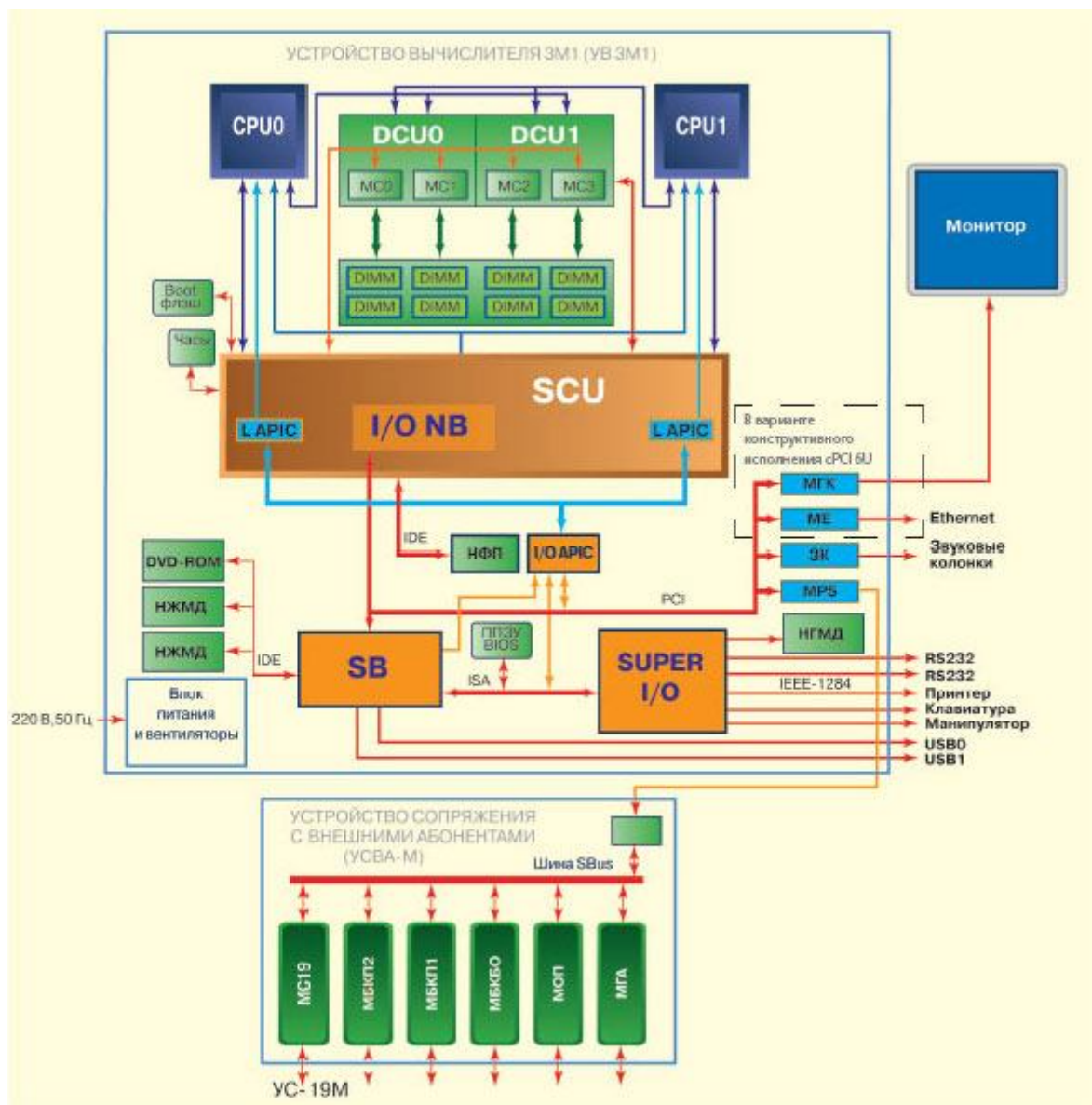
- в шкафном исполнении
- в конструктиве “евромеханика”
- в конструктиве ноутбука
- в конструктиве АРМ оператора
- в конструктиве РС

Процессоры, основанные на VLIW-архитектуре

Процессоры, основанные на VLIW-архитектуре продолжают линейку “Эльбруса-3”. Проект под названием “Эльбрус-2000”, разрабатываемый с середины 1990-х годов, позиционировался в начале 2000-х годов как конкурент Intel Itanium. Однако его упрощённая версия - “Эльбрус 3м” -

увидела свет только в 2005 году. Процессор имеет режим, обеспечивающий поддержку инструкций процессоров семейства x86. При технологическом процессе 0.13 мкм была достигнута пиковая производительность 23.7 GIPS/2.4GFLOPS. В 2007 году были завершены государственные испытания вычислительного комплекса “Эльбрус 3М1”. В настоящее время ВК «Эльбрус-3М1» выполняется в двух вариантах конструктивного исполнения: серверном варианте, пригодном также для использования в качестве настольного, и в исполнении cPCI.

Следующее поколение процессоров - Эльбрус S, государственные испытания которого завершились в конце 2010 года.



Вычислительные комплексы:

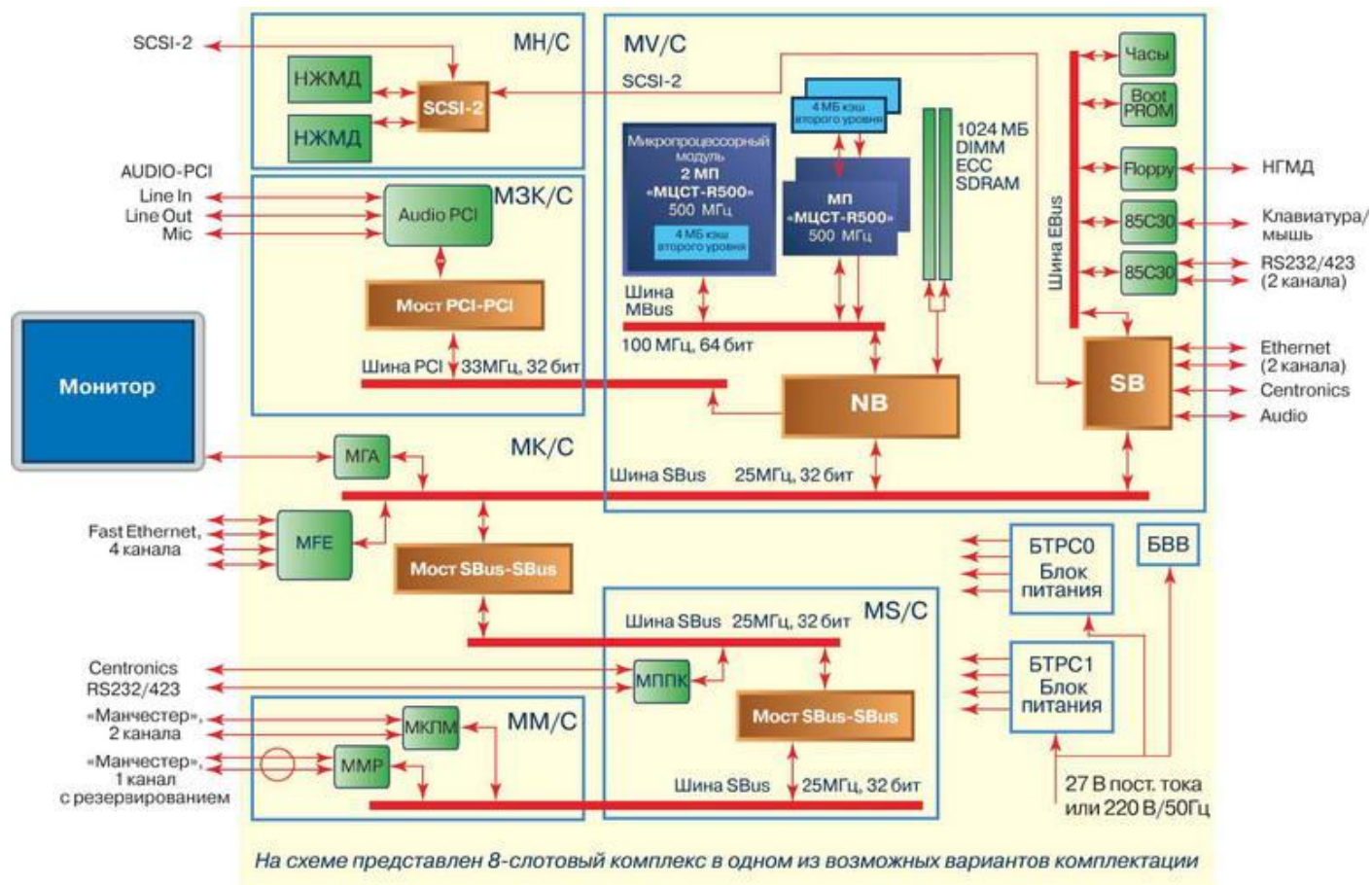
- SPARC: Эльбрус-90микро (доступен в нескольких исполнениях)
- ELBRUS: Эльбрус-3М1

Микропроцессоры VLIW/EPIC архитектуры ELBRUS (E2K):

- Эльбрус E2K (1891BM4Я, техпроцесс 0,13 мкм, 300 МГц, 50 млн транзисторов, до 23 инструкций за такт) 2007
- Эльбрус S (микропроцессор) (техпроцесс 0,09 микрон, 500 МГц, 90 млн транзисторов, 190 мм²) 2010

Микропроцессоры архитектуры SPARC:

- МЦСТ-R100 (техпроцесс 0,5 мкм, 100 МГц)
- МЦСТ-R150 (1891BM1, техпроцесс 0,35 мкм, 150 МГц, 2.8 млн транзисторов, 100 мм²) 2001



- МЦСТ-R500 (1891BM2, техпроцесс 0,13 мкм, 500 МГц, 4.9 млн транзисторов, 25 мм²) 2004
- МЦСТ-R500S (1891BM3, техпроцесс 0,13 мкм, 2 ядра, 500 МГц, 45 млн транзисторов, 81 мм²) 2008

Разрабатываемые микропроцессоры архитектуры SPARC:

- МЦСТ-4R (техпроцесс 0,09 микрон, 4 ядра, 1 ГГц, около 150 млн транзисторов, около 100 мм²) Для использования в мобильных устройствах и встраиваемых системах.

2.9 Семейство отечественных ЭВМ ДВК

Диалоговый вычислительный комплекс (ДВК) — семейство советских персональных компьютеров середины 80-х — начала 90-х годов XX века. Разработан в НИИТТ НПО «Научный Центр», г. Зеленоград. Архитектурно ДВК повторяют мини-ЭВМ фирмы DEC PDC-11 и PDP-11, но на более современной элементной базе, в частности с использованием однокристалльных [микропроцессоров](#). Все компьютеры ДВК были программно и аппаратно (по шине МПИ) совместимы с серией управляющих Микро-ЭВМ Электроника-60, МС 1212 и СМ-1425. Выпускались на заводе «[Квант](#)» [Министерства электронной промышленности СССР](#). В 1990 году выпуск всех моделей ДВК составил 200 тыс. машин.

Тип ДВК	Наименование ДВК	
	По документации	Упрощенное
ДВК-1	МС 0501 (НМС 01100.1)	ДВК-1
	МС 0501.04 (НМС 01100.1.-04)	ДВК-1М
	МС 0501.03 (НМС 01100.1.-03)	ДВК-1МШ
ДВК-2	НМС 01900.01	ДВК-2
	МС 0501.02 (НМС 01100.01-02)	ДВК-2М
	МС 0501.05 (НМС 01100.01-05)	—
	МС 0501.06 (НМС 01100.01-06)	ДВК-2МШ
	МС 0501.07 (НМС 01100.01-07)	—
ДВК-3	МС 0502	—
	МС 0502.01	—
	МС 0502.02	—
	МС 0502.03	—
	МС 0502.07	ДВК-3М2
ДВК-4	МС 0502.09	ДВК-4
	?	ДВК-4М

ДВК-1

Первая модель ДВК-1 разработана в [1981 году](#), выпуск с [1982 года](#).
Выпускались на основе микро-ЭВМ МС 1201.

- Процессор: Микро-ЭВМ НМС 11100.1 или МС 1201 (МС 1201.01) на основе микропроцессора [K1801BM1](#).
- Объём ОЗУ — 48 килобайт

- Встроенный [BASIC](#) или [Фокал](#) в пользовательском ПЗУ объёмом 8 килобайт
- Алфавитно-цифровой терминал: 15ИЭ-00-013 или 15ИЭ-00-013-01, [токовая петля](#) 20mA (ИРПС) 9600 бод.
- Термопринтер 15ВВП80-002, подключаемый по интерфейсу [ИРПР](#) (интерфейс радиальный параллельный).
- Быстродействие — около 330 тыс. операций/с.
- Не поддерживает команды арифметики с плавающей запятой.

В исполнениях ДВК «Электроника НМС 01100.1» и ДВК «НМС 01100.1-01» микроЭВМ устанавливалась в корпусе дисплея 15ИЭ-00-013-01 и подключение по токовой петле 20mA осуществлялось внутри корпуса дисплея. Эти исполнения комплектовались ПЗУ с интерпретатором Бэйсик.

Во всех остальных исполнениях ДВК-1 плата микро-ЭВМ устанавливается в отдельном блоке с собственной корзиной МПИ (магистральный параллельный интерфейс) и блоком питания.

В исполнении ДВК «Электроника НМС 01100.1-02» в комплект входят: алфавитно-цифровой терминал 15ИЭ-00-013, блок сопряжения с микро-ЭВМ МС 1201.01 и контроллером КНГМД, вдвоенный накопитель на гибком магнитном диске «Электроника НГМД 6022», печатающее устройство УВВПЧ, 15ВВП80-002 или DZM-180. Пользовательское ПЗУ не установлено.

Исполнение ДВК «Электроника НМС 01100.1-03» предназначено для работы в составе [КУВТ](#)-ДВК в качестве машины ученика. В состав входят: терминал 15ИЭ-00-013, блок сопряжения с микро-ЭВМ МС 1201.01 и блоком КГД. В пользовательском ПЗУ — язык Фокал.

Исполнение ДВК «Электроника НМС 01100.1-04» аналогично исполнению «-01» но микро-ЭВМ установлена в блоке сопряжения. В состав входят: терминал 15ИЭ-00-013, блок сопряжения с микро-ЭВМ МС 1201.01. В гнездо пользовательского ПЗУ установлена прошивка с языком Бэйсик.

Исполнение ДВК «Электроника НМС 01100.1-05» отличается от исполнения «-02» тем, что вместо накопителя «Электроника НГМД 6022» использован накопитель на 8" дискетах «Электроника ГМД-7012» (15ВВМД-1000-003) и отсутствует плата КНГМД, так как ГМД-7012 подключается непосредственно к плате микро-ЭВМ через разъем на корпусе сопряжения.

Электроника МС 1201

МикроЭВМ Электроника МС 1201 (НМС 11100.1) выполнена на микропроцессоре К1801ВМ1. Включает в себя

- Устройство управления ОЗУ выполнено на микросхеме К1801ВП1-030 и буфере К1801ВП1-034
- ОЗУ 56 Кбайт (К565РУ3 организация 16К*1, три напряжения питания)
- системное ПЗУ емкостью 8 Кбайт (4К слов по 16 бит)
- сокет под пользовательское ПЗУ емкостью 8 Кбайт
- Интерфейсные средства:
 - устройство подключения терминала по последовательному каналу К1801ВП1-035 (Стык С2, токовая петля 20 мА, 9600 бод)
 - устройство подключения печатающего устройства по байтовому каналу К1801ВП1-033 и К1801ВП1-034 ([ИРПР](#))
 - устройство подключения накопителя на магнитных дисках «Электроника ГМД-7012» на микросхеме К1801ВП1-033.

Эта модель и МС 1201.01 выпускались в двух отличающихся схемотехнически вариантах. В раннем варианте процедура регенерации динамической памяти осуществлялась периодически специальным циклом чтения памяти по запросу ПДП контроллером К1801ВП1-034 (вернее, его обвязкой). В более позднем регенерация была сделана прозрачной, для выполнения жёстких требований при разработке приложений реального времени.

Системное (тенивое) ПЗУ содержит программы пультового терминала, тесты самодиагностики, программы расширенной арифметики и начальные загрузчики с устройств «Электроника ГМД-7012» и позднее — «Электроника НГМД-6022». Пользовательское ПЗУ размещается в основном адресном пространстве и для его использования требуется отключить один банк памяти.

Электроника МС 1201.01 (НЦ 80-01Д) практически аналогична МС 1201, но ОЗУ заменено на микросхемы К565РУ6, отличающееся одиночным питанием.

Вариант микро-ЭВМ Электроника МС 1201.01-01 не имеет канала подключения накопителя на гибком 8 дюймовом магнитном диске «Электроника ГМД 7012», нет соответствующей микросхемы К1801ВП1-033 и разъёма.

Микропроцессор К1801ВМ1

1801ВМх — серия советских 16-разрядных однокристальных микропроцессоров. Производились на заводах «Ангстрем», г. Зеленоград и «Экситон», г. Павловский Посад.

Основные характеристики К1801ВМ1:

- Количество команд — 64, базовый набор PDP-11 и некоторые команды расширенного набора EIS: XOR, SOB (дополнительно MUL для 1801ВМ1Г). Также имеется несколько дополнительных команд для организации пультового режима.
- Выполнен по n-канальной МДП технологии
- Кристалл содержит около 50 тыс. транзисторов, размер 5×5 мм.
- Системная магистраль: типа МПИ, с совмещённой шиной передачи адреса и данных
- Тактовая частота: 100 кГц — 5 МГц
- Быстродействие: до 500 тыс. оп/с — для операций типа сложения над регистрами

- Напряжение питания +5В
- Потребляемая мощность: до 1,2 Вт
- Корпус 42-выводный, планарный, металлокерамический типа 429.42-5 или пластиковый для исполнения КР1801ВМ1
- Микропроцессор имеет некоторые рудименты микро-ЭВМ К1801ВЕ1, в частности, программируемый таймер и регистры межпроцессорной связи.
- Микропроцессор поддерживает работу в многопроцессорной (до 4-х процессоров) конфигурации.

При производстве, после тестирования процессор маркировался:

- А (либо одна точка) — частота до 5 МГц
- Б — до 4 МГц
- В — до 3 МГц
- Г (или две точки) — до 5МГц и блок умножения для операции MUL

ДВК-2

Представляет собой ДВК-1 с подключенным дисководом ГМД-7012 и отключенным пользовательским ПЗУ.

Объём ОЗУ — 56 килобайт.

ДВК-2М

Процессор: МикроЭВМ МС 1201.01 на основе процессора КМ1801ВМ1 или МС 1201.02 на основе процессора КМ1801ВМ2.

Присутствует КНГМД.

Два 5-дюймовых накопителя на гибких магнитных дисках НГМД 6022 (40 дорожек) МХ:

Алфавитно-цифровой терминал 15ИЭ-00-013

В этой модели ДВК было введено разделение «корзин» дисплея и собственно ЭВМ. В корзине дисплея осталось свободное место, а платы

микроЭВМ и КНГМД были помещены в отдельную корзину, в которой оставалось ещё 2 посадочных места под полные платы. Первые экземпляры ДВК-2М имели всего 48 килобайт ОЗУ. 8 килобайт адресного пространства были заняты микросхемой пользовательского ПЗУ с начальным загрузчиком с МХ. Позднее было заменено системное ПЗУ на микроЭВМ. В него был включен начальный загрузчик с МХ, в результате чего надобность в пользовательском ПЗУ отпала и объём ОЗУ вернулся к 56 килобайтам. Контроллер КНГМД поддерживал подключение до 4 накопителей.

Возможность подключения ГМД-7012 осталась, но требовала пайки специального кабеля. Пользователи собирали подобные комплексы для переноса информации с 8-дюймовых дискет на 5-дюймовые.

Электроника МС 1201.02

Электроника МС 1201.02 выполнена на микропроцессоре КМ1801ВМ2. Выпускалась в трёх модификациях: МС 1201.02, МС 1201.02-01 (без интерфейса УИГМД) и МС 1201.02-02 (без интерфейсов УИГМД, ИРПС и ИРПР).

Применяемые микросхемы:

- КР1801РЕ2-055 – устройство хранения программ пультового терминала
- КР1801ВП1-035 – устройство последовательного ввода-вывода ИРПС
- КР1801ВП1-034 и КР1801ВП1-033 – устройство байтового параллельного интерфейса ИРПР
- КР1801ВП1-033 – устройство управления интерфейса накопителя на гибком магнитном диске УИГМД типа ГМД 7012 (DX). Имеется только в исполнении МикроЭВМ МС 1201.02
- КР1801ВП1-013 и КР1801ВП1-034 – устройство управления ОЗУ
- КР565РУ6 x32 (использовалось 56Кбайт из 64Кбайт) или К565РУ5 x16 (использовалось 56Кбайт из 128Кбайт)

Микропроцессор КМ1801ВМ2

Процессор К1801ВМ2 разработан в 1982 году в НИИТТ, выпускался на заводах «Ангстрем» и СЭМЗ. Главный конструктор — В. Л. Дшхунян.

Основные характеристики К1801ВМ26

- Количество команд — 72
- Выполнен по n-канальной МОП-технологии
- Кристалл содержит около 120 тысяч элементов, размер $5,3 \times 5,45$ мм
- Тактовая частота: до 10 МГц
- Быстродействие на частоте 10 МГц: около 1000 тыс. оп/с — для операций типа сложения над регистрами, 100 тыс. оп/с — для операции умножения, около 83,3 тыс. оп/с — для операции деления
- Напряжение питания +5В
- Потребляемая мощность: до 1,7 Вт
- Корпус 40-выводный, металлокерамический типа 2123.40-6 (CERDIP) для КМ1801ВМ2 или пластиковый (PDIP) для КР1801ВМ2

В отличие от К1801ВМ1, ВМ2 имеет полноценный «пультовый» режим (HALT-режим). В пультовом режиме при формировании адреса на магистрали устанавливается сигнал SEL, что позволяет использовать в этом режиме отдельное адресное пространство — таким образом, общее доступное процессору поле памяти увеличивалось до 128 КБ. Так, например, на ДБК в пультовом режиме включалось специальное «тенивое» системное ПЗУ (К1801РЕ2-055 или подобное, содержащее монитор и подпрограммы загрузки с внешних устройств). При переходе в пользовательский режим работы оно отключалось.

По сравнению с К1801ВМ1, добавлены команды расширенной арифметики (MUL, DIV, ASH, ASHC — часть набора инструкций EIS), а также операции с плавающей запятой (FIS-команды). Команды FIS

(FADD, FSUB, FMUL, FDIV) реализованы полупрограммно — при выполнении этих команд происходит особый вид прерывания и исполняется программный обработчик в памяти пультавого режима.

ДВК-2МШ

Школьная модификация ДВК-2М для работы в качестве рабочего места преподавателя в составе учебных классов КУВТ-86 на основе Электроника БК-0010. Комплектовался контроллером последовательного канала КТЛК-4 или КТЛК-6 для организации сети класса.

ДВК-3

ДВК-3 (или Электроника 0507.02 или 0507.03) был собран в корпусе типа «моноблок», который совмещал в себе монитор МС 6105, источник питания У12.087.314 мощностью 250Вт, дисководы и «корзину» с системной шиной. Отдельно подключалась клавиатура МС 7004. ДВК-3 имел в своем составе плату микро-ЭВМ «Электроника МС 1201.02» на основе процессора КМ1801ВМ2 (в керамическом корпусе), плату КНГМД, плату КСМ и плату КГД.

ДВК-3М

В дальнейшем, появилась модификация ДВК-3М («Электроника МС0502» исполнений –05, –06 и –07) в составе платы микро-ЭВМ «Электроника МС 1201.03» на основе КМ1801ВМ3. С этим процессором использовался объем памяти 248 КБ.

Электроника МС 1201.03

Электроника МС 1201.03 выполнена на микропроцессоре КМ1801ВМ3, который имеет средства защиты памяти. Значительно повышено быстродействие (800 тысяч команд регистр-регистр в секунду). Системный контроллер КР1801ВП1-119.

Вместо микросхем K565PY6 на плате установлены микросхемы K565PY5, что позволило увеличить емкость ОЗУ до 248 Кбайт. Применено исправление одиночных ошибок памяти по коду Хэмминга ([555ВЖ1](#)). Однако реальное быстродействие схема исправления ошибок уменьшала на 12-15 %. Поэтому ряд экземпляров был выпущен с запаянными на месте этого контроллера перемычками.

Применен более скоростной контроллер последовательного канала КР1801ВП1-065.

Системное ПЗУ содержит загрузчики с контроллеров дисководов DX («ГМД-70», «ГМД-7012»), MX (дисководы 5.25 дюйма, «одинарная плотность записи»), MY (дисководы 5.25 дюйма, «двойная плотность записи»), DW (жёсткий диск, контроллер MFM, выпускались 5Мб, 10Мб и 20Мб диски).

Микропроцессор КМ1801ВМ3

Процессор КМ1801ВМ3 отличается большим объёмом адресуемой памяти (до 4 МБ), более высоким быстродействием (сложение регистр/регистр — 1,5 млн оп/с, умножение — 100 тыс. оп/с, деление — 50 тыс. оп/с), а также возможностью подключения сопроцессора арифметики с плавающей запятой. Менеджер памяти не полностью совместим с аналогом от DEC. В случае использования лишь 18-разрядной адресной шины (до 256 кБ) совместимость диспетчера памяти была достаточна для использования программного обеспечения без переделок, но при использовании полной, 22-разрядной адресной шины (4 МБ) требовалась адаптация программного кода.

Число команд — 72, при подключении сопроцессора — дополнительно 46 команд с плавающей запятой. Система команд расширена средствами работы с диспетчером памяти: MFPD, MFPI, MTPD, MTRI.

Имеется один набор из шести регистров общего назначения R0—R5, два регистра-указателя стека R6 (режима пользователя и режима системы) и регистр счетчика команд PC (R7). Еще один дополнительный регистр стека R6

используется в режиме останова. Регистр состояния PSW процессора также доступен программно по адресу 17777776.

- Выполнен по n-канальной МДП технологии
- Кристалл содержит около 200 тыс. транзисторов, размер 6.65×8 мм.
- Тактовая частота 6,5,4 МГц (А,Б,В)
- Корпус 2136.64-2 (64-пиновый CERDIP)

ДВК-3М2

Смонтирован в настольном алюминиевом корпусе (блок сопряжения), подобно ДВК-2, но не комплектуется дисплеем 15-ИЭ-00-013. Вместо него имеет внешний монитор МС 6105 и клавиатуру МС 7004, которые подключены к контроллеру КСД. Комплектовался контроллером диска МХ :

ДВК-4

«Электроника МС0502» исполнения –09. В состав входит «Электроника МС 1201-03», контроллер накопителя на жестком магнитном диске КНЖМД с ёмкостью 5 или 10 МБ. Контроллер цветного графического дисплея КЦГД и цветной монитор «МС 6106».

ДВК-4М

На основе «Электроника МС 1201.04». Имеет память размером 1 Мбайт, которая могла использоваться как [RAM](#)-диск.

На части компьютеров стояла ОС ДЕМОС-ДВК. Было выпущено несколько компьютеров с сопроцессором плавающей точки К1801ВМ4.

Электроника МС 1201.04

Электроника МС 1201.04 выполнена на микропроцессоре КМ1801ВМ3. ОЗУ объёмом 1 Мегабайт на микросхемах К565РУ7. Первые партии этих микросхем памяти «прославились» одиночными выпавшими битами (а также необходимостью регенерировать 512 адресов, а не 256 и не 128), поэтому эта

модель выпускалась только со включённым контроллером исправления ошибок.

Микросхема K565PY7

Микросхема K565PY7 выпущена во второй половине 80х годов.

- выполнена по n-канальной МОП-технологии.
- емкость 262 144 бит.
- количество элементов в схеме – 831 550.

Накопитель ЗУ организован в виде матрицы, содержащей 512 строк и 512 столбцов. Кроме того, в состав накопителя входят две сдвоенные четвёрки резервных строк и четыре пары резервных столбцов, всего 8 256 резервных ячеек.

Схема управления ЗУ состоит из двух генераторов тактовых сигналов, которые включаются сигналами *RAS#* (строб адреса строки) и *CAS#* (строб адреса столбца). Для выборки любой из ячеек памяти требуется 18-разрядный код, подаваемый на 9-разрядный адресный регистр в мультиплексном режиме

- сперва в параллельном коде подаётся младшие девять разрядов адреса, которые служат для выборки нужной строки,
- код адреса строки фиксируется на адресном регистре при помощи сигнала *RAS#* тогда, когда тот переходит на нижний логический уровень,
- затем на те же выводы подаётся девять старших разрядов кода адреса, соответствующих адресу столбца,
- код адреса столбца фиксируется на адресном регистре при помощи второго синхронизирующего сигнала, *CAS#*.

Шифры кодов маркировки микросхем следующие:

- буква <В> кодируется двумя точками (..),
- буква <Г> кодируется тремя точками (:),
- буква <Д> точками на корпусе не выделяется.

Квант-4С

Комплектация аналогична ДВК-4М, но комплекс смонтирован в горизонтальном металлическом корпусе.

Контроллеры ДВК

КСД и КСМ

Контроллер символьного монитора (КСМ) и Контроллер символьного дисплея (КСД) отвечают за вывод на экран алфавитно-цифровой информации. Функционально повторяют возможности терминала 15ИЭ-00-013, обрабатывая подмножество системы команд [VT52](#) и имеют набор символов [КОИ-7Н0](#), [КОИ-7Н1](#), [КОИ-7Н0/1](#). Имеют исполнение в виде платы Q-Bus (МПИ), но потребляют с шины только питание. Выполнены на основе микропроцессора [KP580BM80A](#). К МикроЭВМ подключаются по ИРПС. В качестве внешних устройств к КСМ подключались 12" монитор МС 6105 (аналог DEC VR201) и клавиатура МС 7004 (функциональный аналог DEC LK201).

Контроллеры КСМ отличались от КСД тем, что в них реализован блок смещения видеосигнала для платы КГД. Для КСД требовалась отдельная плата смещения.

КГД

Контроллер графического дисплея (КГД) содержит 16 килобайт памяти (K565PY6), включается как надстройка и позволяет выводить монохромную графику 400 × 286 точек. Совместно с контроллерами КСМ или КСД это позволяло отображать текстовую и графическую информацию. Коммутация и смешивание видеосигналов осуществляется на плате КГД, и программно можно выбрать, показывать ли только текстовый, только графический или оба экрана.

Для платы КГД написаны множество графических программ: игры, графические редакторы, обучающие программы. Существуют версии языков [Бейсик](#) и [Фокал](#) с поддержкой КГД. Также существует драйвер электронного диска DE.SYS, позволяющий использовать память КГД как дисковое устройство. Несмотря на небольшую ёмкость, это позволяет радикально ускорить работу из-за уменьшения числа обращений к дисководам. Энтузиасты устанавливали на плату КГД микросхемы K565PY5 вместо PY6, что не мешало работе графического адаптера, но увеличивало ёмкость электронного диска в 4 раза, до 64К.

КНГМД

Контроллер накопителя на гибком магнитном диске (КНГМД), имеет подорожечную структуру записи и подключается в системе как устройство `MX:`. Первоначальный драйвер `MX:` обладает довольно низкой надёжностью, вскоре Потемкин М. И. и Бронштейн Р. А. создали новый драйвер, который быстро вытеснил «официальный».

КНГМД2

Контроллер накопителя на гибком магнитном диске (КНГМД) на базе КР1818ВГ93 и К1816ВЕ751 (i8751 с УФ стиранием, «Кочан»), ФАПЧ «Оптим», аналогичного используемого в ЭВМ [«Электроника 85»](#).

КМД

Контроллер мини-диска (КМД) «Электроника НГМД-6022» или «НГМД-6121» с посекторной записью (`MY:`). Выполнен на основе микропроцессора КР1801ВМ1, ПЗУ К1801РЕ1, ОЗУ К1809РУ1, интерфейс связи с МПИ КР1801ВП1-095 и КР1801ВП1-096 и микросхемы управления дисководом КР1801ВП1-097 (позднее КР1801ВП1-128).

КЦГД

Контроллер цветного графического дисплея (КЦГД) представляет собой плату расширения со своим процессором (КР1801ВМ2) и оперативной памятью на 128 КБ (16 микросхем К565РУ5). Контроллер обеспечивает разрешения:

прогрессивная развертка (60 Гц):

800×240, 2 бита (4 цвета)

400×240, 4 бита (16 цветов из палитры 64 цвета)

чересстрочная развертка (30 Гц):

800×480, 2 бита (4 цвета)

400×480, 4 бита (16 цветов из палитры 64 цвета)

КЦГД технически является полноценным компьютером и имеет возможность загружать и исполнять программы в памяти. Однако из-за чисто программной отрисовки символов на экране и из-за циклов работы видеоконтроллера, перемежающихся с обращениями процессора к памяти, имеет существенно более низкое быстродействие, нежели старый КСМ. Специально переписанная с нуля программа RX (автор Александр Белиц) обогнала по быстродействию оригинальную ПЗУ версию в 2-3 раза. Поддерживаемые протоколы обмена — VT-100 и VT-52.

КТЛК

Контроллер последовательного (телеграфного) канала КТЛК-4 или КТЛК-6 применяется для организации сети класса в составе [КУВТ ДВК](#). Выполнен на микросхемах КР1801ВП1-034 (селектор адреса), КР1801ВП1-055 (буфер) и КР1801ВП1-065 (контроллер последовательного порта) 4 или 6 штук, по одной в каждом канале.

КНЖМД

Контроллер накопителя на жестком магнитном диске. Позволяет подключать накопители 5, 10 и 20Мб по стандарту [MFM](#). Выполнен в виде полной платы МПИ (Q-Bus). Имеет собственный микроконтроллер КМ1818ВМ01 (аналог Scientific Microsystems/Signetics 8X300), микропрограмма записана в 3-х ПЗУ К1656РЕЗ (аналог Am79S29 или N82S147) с номерами прошивок -04, -05 и -06. Тракт MFM построен с использованием микросхем серии К1818 (аналог WD1100: К1818ВВ1—WD1100-01; К1818ВВ3—WD1100-03 К1818ВФ4—WD1100-04; К1818ВВ5—WD1100-05). В операционной системе RT-11 обслуживается драйвером DW.

Функционально аналогичный контроллер применяется в ЭВМ [Электроника 85](#).

Клавиатура

- Клавиша РУС/ЛАТ-обозначает переключение языка и имеет код 16/17(8-й), но код управляющих символов определяется сложением двух чисел как в кои-7 так и кои-8 и ASCII соответственно.
- символы 00-37 не имеют графического представления.ввод такого символа с клавиатуры осуществляется совместно с клавишей CTRL + символа с значением на 100
- больше например 8-е символы DC3(код 23)=CTRL+S(код 123);РУС(SO,код16)=CTRL+N/ЛАТ(S1,код17)=CTRL+ O ;коды с 14 по 33 переключаются на верхнем регистре.
- Клавиши ВР/НР переключают верхний/нижний (код36)RS/US(код37) регистр с прописными и строчными буквами правда строчные только в КОИ-8 и операционки и программы на коде
- КОИ-7 строчные буквы невыводят(в вики коды кои приводятся в 16-ном представлении). Тем самым приведённые там коды ASCII(верхняя

таблица)при переводе из 16-ричного в 8-чное счисление полностью соответствуют КОИ-7 а расширением таблицы КОИ-8R является код КОИ-8.

ГЛАВА 3. Зарубежные и многопроцессорные системы

3.1 Системы ЭВМ фирмы IBM

3.1.1 История фирмы IBM

IBM (International Business Machines) — транснациональная компания, один из крупнейших в мире производителей и поставщиков аппаратного и программного обеспечения, а также ИТ-сервисов и консалтинговых услуг.

Компания, известная сейчас под именем IBM, была основана 16 июня 1911 года и называлась CTR (Computing Tabulating Recording). Она включила в себя Computing Scale Company of America, Tabulating Machine Company (TMC — бывшая компания Германа Холлерита) и International Time Recording Company. Объединённая фирма выпускала широкий ассортимент электрического оборудования: весы, сырорезки, приборы учёта рабочего времени, перфорационные машины. Из-за сложности в управлении разнородным бизнесом в мае 1914 года на пост генерального директора был приглашён Томас Уотсон. После этого компания начала специализироваться на создании больших табуляционных машин. В 1924 году с выходом на канадский рынок и расширением ассортимента продукции, CTR меняет название на International Business Machines или, сокращённо, IBM.

В настоящее время фирмы IBM занимается программным обеспечением — операционные системы, файловые системы, системы управления базами данных, офисные пакеты, компиляторы. Также занимается компьютерами и устройствами — серверы, системы хранения данных, мейнфреймы, специализированные супер-компьютеры. И в последнее время в бизнесе IBM все отчетливее прослеживается стремление сместить фокус в сторону

поставки услуг, в первую очередь консалтинга – это подразделение приносит наибольшую прибыль в последние годы.

3.1.2 Электромеханические компьютеры

Automatic Sequence Controlled Calculator

Automatic Sequence Controlled Calculator — вычислитель, управляемый автоматическими последовательностями) — первый американский программируемый компьютер. Разработан и построен в 1941 году по контракту с IBM молодым гарвардским математиком Говардом Эйкеном и ещё четырьмя инженерами этой компании. После успешного прохождения первых тестов в феврале 1944 года компьютер был перенесён в Гарвардский университет и формально запущен там 7 августа 1944 года.

Компьютер содержал около 765 тысяч деталей (электромеханических реле, переключателей и т. п.) достигал в длину почти 17 м (машина занимала в Гарвардском университете площадь в несколько десятков квадратных метров), в



Harvard-IBM Mark 1

высоту — более 2,5 м и весил около 4,5 тонн. Общая протяжённость соединительных проводов составляла почти 800 км. Основные вычислительные модули синхронизировались механически при помощи 15-метрового вала, приводимого в движение электрическим двигателем, мощностью в 5 л. с. (4 кВт).

Компьютер оперировал 72 числами, состоящими из 23 десятичных разрядов, делая по 3 операции сложения или вычитания в секунду. Умножение

выполнялось в течение 6 секунд, деление — 15,3 секунды, на операции вычисления логарифмов и выполнение тригонометрических функций требовалось больше минуты. Фактически «Марк I» представлял собой усовершенствованный арифмометр, заменявший труд примерно 20 операторов с обычными ручными устройствами, однако из-за наличия возможности программирования некоторые исследователи называют его первым реально работавшим компьютером.

«Марк I» последовательно считывал и выполнял инструкции с перфорированной бумажной ленты. Компьютер не умел выполнять условные переходы, из-за чего каждая программа представляла собой довольно длинный ленточный рулон. Циклы организовывались за счёт замыкания начала и конца считываемой ленты (то есть действительно за счёт создания петель). Принцип разделения данных и инструкций получил известность, как гарвардская архитектура. Однако, главным отличием компьютера «Марк I» было то, что он был первой полностью автоматической вычислительной машиной, не требовавшей какого-либо вмешательства человека в рабочий процесс.

Selective Sequence Electronic Calculator

Selective Sequence Electronic Calculator (SSEC) электромеханический компьютер, построенный IBM. Начал разрабатываться в 1944, и использовался в 1948 - 1952. Он имел многие свойства машины, хранящей инструкции в электронной памяти (stored-program computer) и был первой вычислительной машиной, которая могла обрабатывать инструкции, также как данные, но тем не менее не была полностью электронной. Хотя SSEC был полезен для некоторых задач, но вскоре он стал устаревшим. Это был последний построенный электромеханический компьютер.

SSEC был необычным гибридом вакуумных трубок и электромеханических реле. Приблизительно 12,500 вакуумных трубок было

использовано в арифметическом устройстве и 8 регистрах, которые имели время доступа менее одной миллисекунды. Около 21,400 реле были использованы для 150 регистров со скоростью доступа 20 миллисекунд. В качестве АЛУ использовался модифицированный IBM 603 - электронный мультипликатор. Сложение занимало 285 микросекунд и умножение занимало 20 миллисекунд.

3.1.3 Серия IBM 700/7000

Серия IBM 700/7000 была серией больших универсальных ЭВМ, созданных в 1950 и ранние 1960 года. Эта серия включает несколько совершенно разных несовместимых архитектур процессоров. Компьютеры с номерами 700 использовали электронные лампы, и стали бесполезны с изобретением серии с номерами 7000 с использованием транзисторов. Серия IBM 7000 была в свою очередь заменена серией IBM System/360 в 1964 году. Но хотя серия System/360, появилась в 1964 году, компьютеры этой серии стали мощнее IBM 7000 только в ноябре 1965 года. И проблемы с OS/360 на раннем этапе и большой объем программ написанных для серии IBM 7000, позволяли ей оставаться еще долго на рынке.

Серии IBM 700/7000 имела шесть совершенно разных способов представления данных и инструкций:

- Первая машина из серии (36/18-битовые слова): IBM 701 (Defense Calculator)
- Серия машин для научных целей (36-битовые слова): IBM 704, IBM 709, IBM 7090, IBM 7094, IBM 7040
- Серия машин для коммерческого использования (строка символов переменной длины): IBM 702, IBM 705, IBM 7080

- Серия 1400 (строка символов переменной длины): IBM 7010
- Машины с десятичным представлением: IBM 7070, IBM 7072, IBM 7074
- Суперкомпьютер (64-битовое слово): IBM 7030

Серия IBM 700 использовала электронные трубки, серия IBM 7000 использовала транзисторы. Все машины (как и большинство ЭВМ того времени) использовали память на магнитных сердечниках, за исключением первых машин этих серий - IBM 701 и IBM 702, которые использовали запоминающие электронно лучевые трубки. Хотя архитектуры машины были разными, ЭВМ в одном классе использовали одинаковую периферию, включая принтеры, накопители на магнитных лентах (IBM 727 и 729), устройства для считывания с перфокарт и карточные перфораторы.

Ранние версии поставлялись без программного обеспечения. Когда стала появляться операционная система, для компании IBM стало трудно поддерживать 4 разных архитектуры мейнфреймов и еще архитектура 1400.

Серия System/360 совместила в себе лучшие свойства серий IBM 7000 и IBM 1400. Некоторые модели IBM 360 имели опциональные возможности, которые позволяли им эмулировать набор команд серий IBM 7000 и 1400. И одной из причин для покупки System/370, представленной в середине 1970, были улучшения в эмуляции серий IBM 1400/7000, который позволяли эмулировать с использованием операционной системы, а не выключая и перезагружая машину в режиме эмуляции, как это было сделано в IBM System\360.

Первая архитектура IBM 701

В процессе разработки в IBM Poughkeepsie лаборатории известен подназванием Defense Calculator. Выпущен был 7 апреля 1953 года под названием IBM 701 Electronic Data Processing Machine.

Данные были 36-бит или 18-бит, и только с фиксированной запятой. 36 бит хватало для представления отрицательных и положительных целых чисел с десятью цифрами (минимум нужно было 35 бит). 36 бит также позволяли хранить 6 буквенно-цифровых символов в кодировании 6 бит на символ. А такая точность – 10 цифровое целое значение - было выбрано, в связи с тем, что до появления компьютеров эталоном точности были механические калькуляторы с такой точностью.

Инструкции были длиной 18 бит:

- Знак(1 бит) – Целое слово (-) или половина слова (+)
- Код операции (5 бит) – 32 инструкции
- Адрес (12 бит) – 4096 адресов на половину слова

Для расширения памяти с 2048 слов до 4096, использовалась 33-ая инструкция, которая использовала наиболее значимый бит поля адреса для выбора хранилища.

Регистры процессора состояли из:

- AC (Accumulator) - 38-битовый аккумулятор (для сохранения непосредственных результатов выполнения арифметических и логических операций)
- MQ (Multiplier-Quotient) – 36-битовый множитель-частное



IBM 701 operator's console

ЭВМ использовала электростатическое хранилище, состоящее из 72 запоминающих электронно лучевых трубок (трубка Уильямса) с вместимостью 1024 бита каждая. В итоге суммарно получалась память для 2048 слов 36 бит каждое. Каждая трубка Уильямса была три дюйма в диаметре. Память могла быть расширена для хранения 4096 слов 36 бит каждое, путем добавления еще 72 двух трубок Уильямса или путем замены внутренней памяти памятью на магнитных сердечниках. Память с использованием трубок Уильямса и память на магнитных сердечниках имели цикл записи 12 микросекунд. Сложение занимало пять 12 микросекундных циклов памяти, два из которых были циклами обновления, умножение или деление занимало 38 циклов (456 микросекунд).

Было произведено 19 IBM 701 систем. Университет Калифорнии разработал компилятор для языка KOMPILE. IBM 701 конкурировал с Remington Rand's ERA 1103 на рынке компьютеров для научных целей. В начале 1954, комитет Joint Chiefs of Staff запросил для эти ЭВМ для сравнения, что лучше использовать проекте прогнозирования погоды. В результате тестов две эти машины имели примерно одинаковую скорость выполнения операций, с небольшим перевесом IBM 701. Но ввод\вывод у IBM 701 был значительно быстрее.

Приемником IBM 701 стала IBM 704, в которой уже были индексные регистры. Модель IBM 704 была представлена через 4 года после IBM 701. И она была несовместима с IBM 701. Появление IBM 704 ознаменовало переход на память на магнитных сердечниках.

3.1.4 Серия машин для научных целей (IBM 704, IBM 709, IBM 7090, IBM 7094, IBM 7040)

Числа были длиной 36 бит, могли представлять как с фиксированной запятой, так и с плавающей.

- Числа с фиксированной запятой хранились в формате знак\значение
- Числа с плавающей точкой с одинарной точностью имели 1 бит для знака, 8 битов для порядка и 27 бит для мантисы
- Числа с плавающей точкой с двойной точностью, которые были представлены в IBM 7094, имели 1 бит для знака, 17 бит для порядка и 54 бита для мантисы
- Буквенно цифровые символы кодировались 6 битами, таким образом в слове помещалось 6 символов

Основной формат системы команд имел 3 бита префикса, 15 бит для декремента, 3 бита для тега, и 15 битов для адреса. Поле префикса указывало класс, к которому относилась инструкция. Поле декремента часто содержало операнд для изменения результата операции, или использовалось по особым назначениям некоторыми типами инструкций. Три бита тега указывали на индексный регистр (3 индексных регистра во всех машинах кроме IBM 7094, там их было 7), значение которого необходимо было вычесть из адреса для получения исполнительного адреса.

Регистры процессора состояли из:

- AC (Accumulator) – 38 битовый аккумулятор
- MQ (Multiplier-Quotient) – 36 битовый множитель-частное
- xR (Index Registers) - 15-битовый индексный регистр (их было 3 или 7)

- SI (Sense Indicator) - 36-бит

Регистры аккумулятор и множитель-частное оперировали в прямом коде, а индексные регистры были в дополнительном коде, так как их необходимо было вычитать для получения исполнительного адреса. На машинах с



An IBM 704 computer

тремя регистрами, если в поле тэга выставлено 2 или 3 бита (то есть выбрано несколько индексных регистров одновременно), то к значениям этих регистров применялась операция дизъюнкция до вычитания. Модель IBM 7094, с семью индексными регистрами имела режим совместимости, для того чтобы ранее написанные программы правильно исполнялись. Регистр SI позволял взаимодействовать с оператором с помощью панели.

Память:

- IBM 704 - 4,096 or 8,192 or 32,768 – 36-битных слов
- IBM 709, 7090, 7094 - 32,768 – 36-битных слов

Основные улучшения в IBM 709 по сравнению с IBM 704 связано с добавлением объема памяти на магнитных сердечниках и с использованием независимых каналов ввода\вывода. В IBM 704 была функция центрального процессора, которая передавала данные из или в регистр ввода\вывода, одни данные за раз, используя инструкцию копирования. В IBM 709 был уже IBM-766 Data Synchronizer синхронизатор данных, в котором было уже два независимых программных каналов ввода\вывода. Синхронизаторы данных выполняли свою собственную несложную программу из памяти компьютера, которая контролировала передачу данных между памятью и устройствами ввода\вывода. Можно было подключить до IBM 766 к IBM 709, каждый из

которых мог контролировать до 20 накопителей на магнитной ленте. Это позволило выполнять ввод\вывод на несколько устройств параллельно с выполнением программы. Ввод\вывод с перфокарт и высокоскоростная печать обычно выполнялась путем присоединения магнитных лент к IBM 1401.

3.1.5 Серия машин для коммерческого использования (IBM 702, IBM 705, IBM 7080)

Модели IBM 702 и IBM 705 были похожи и на IBM 705 могли выполняться многие программы, написанные для IBM 702, без модификации, но они не были полностью совместимы. Модель IBM 7080 являлась IBM 705 со многими улучшениями, и выполненная с использованием транзисторов вместо электрических ламп. Для обратной совместимости она могла работать с режиме IBM 705.

Данные представлялись в виде строки символов с переменной длиной, заканчивающейся специальным символом.

Инструкции имели следующий формат: один символ для кода операции и четыре символа для адреса.

Модели этой серии имели следующие регистры:

- 702
 - Два регистра аккумулятора (A & B) – 512 символов (каждый регистр имел по 256 символов)
- 705
 - Один аккумулятор – 256 символов
 - 14 вспомогательных регистров – 16 символов
 - Один вспомогательный регистр емкостью 32 символа

- 7080
 - Один аккумулятор – 256 символов
 - 30 вспомогательных регистров – 512 символов
 - 32 регистра для коммуникации – 8 символов

Модели этой серии имели следующие характеристики памяти:

- 702
 - От 2,000 до 10,000 символов, используя запоминающие электронные трубки (трубки Уильямса)
 - Цикл памяти – 23 микросекунды
- 705 (models I, II, or III)
 - От 20,000 до 80,000 символов, используя память на магнитных сердечниках
 - Цикл памяти – от 17 микросекунд в ранних первой модели и 9,8 микросекунд в последней
- 7080
 - 80,000 или 160,000 символов, используя память на магнитных сердечниках
 - Цикл памяти – 2.18 микросекунд

3.1.6 Серия 1400 (IBM 7010)

Серия IBM 1400 – это была серия компьютеров для бизнеса среднего размера, продаваемых IBM в начале 1960-х годов. Позже, IBM представило полноразмерную версию IBM 1410, которая имела название IBM 7010. Машины этой серии могли работать как самостоятельно, так и как дополнительное оборудование в других компьютерных системах (например,

длы вывода данных). Цель выпуска данной серии была – заменить электромеханические табуляторы для обработки данных, сохраненных на перфокартах.

- Данные представлялись в виде строки символов переменной длины.
- Инструкции были переменной длины - 1, 2, 6, 7, 11 или 12 символов.
- Регистров в данной серии не было. Все инструкции выполнялись в памяти.
- Емкость памяти 100,000 символов.

3.1.7 Машины с десятичным представлением числовой информации (IBM 7070, IBM 7072, IBM 7074)

Модели IBM 7070, IBM 7072, и IBM 7074 были десятичными, со словом фиксированной длины. Они использовали десятичное слово, как более ранняя и меньшая модель IBM 650, но их набор команд был несовместим.

Формат данных:

- Длина слова – 10 десятичных цифр и знак
- Кодирование цифр – two-out-of-five code. (Каждое число представлялось в виде пяти битов, два из которых были равны единицам, а три других нулям. Это позволяло производить контроль значений. Для раскодирования использовалась последовательность 0-1-2-3-6.

Десятичная цифра	Представление в коде two-out-of-five (0-1-2-3-6)	Десятичная цифра	Представление в коде two-out-of-five (0-1-2-3-6)
0	01100	5	00110
1	11000	6	10001
2	10100	7	01001
3	10010	8	00101
4	01010	9	00011

- Плавающая запятая. Использовалась два знака для экспоненты.
- Для каждого слово использовалось три знака – плюс, минус и альфа.
 - Плюс и минус обозначали численные значения из 10 цифр
 - Альфа обозначал 5 текстовых символов с кодированием парами цифр 61 = A, 91 = 1.

Формат инструкций:

- Все инструкции были длиною в одно слово
- 2 цифры для кода операции
- 2 цифры для индексного регистра
- 2 цифры для поля контроля, которое позволяло сдвигать вправо или влево итд
- 4 цифры для адреса

Регистры:

- Все регистры были размерностью в одно слово
- Три регистра аккумулятора с адресами 9991, 9992, and 9993

- Программный регистр с адресом 9995. К нему можно было обращаться только из консоли для хранения текущей инструкции
- Счетчик инструкций с адресом 9999. Также был доступен только из консоли.
- 99 индексных регистров с адресами 0001-0099

Память:

- От 5000 до 9990 слов в стандартной версии
- От 15000 до 30000 слов в IBM 7074
- Время доступа - 6 микросекунд (IBM 7070/7072), 4 микросекунды (IBM 7074)
- Время сложения – 72 микросекунды (IBM 7070), 12 микросекунд (IBM 7072), 10 микросекунд (IBM 7074)

3.1.8 Суперкомпьютер IBM 7030

Модель IBM 7030 был первым суперкомпьютером IBM на транзисторах. Первая версия была поставлено в национальную лабораторию в Los Alamos в 1961. Первоначальная его цена была \$13.5 миллионов, но в связи с ошибкой оценки его максимальной производительности, его цена упала до \$7.78 миллионов. И хотя IBM 7030 имел меньше быстродействие, чем ожидалось, он все равно был наиболее быстрым компьютером в мире с 1961 года до 1964, когда появилась CDC 6600.

Форматы данных:

- Числа с фиксированной запятой были переменной длины. Хранились либо в двоичном виде (от 1 до 64 бит), либо в десятичном виде (от 1 до 16 цифр), либо в без знаковом формате. В десятичном формате цифры могли иметь переменную длину (либо 4 бита, либо 8 битов).

- Числа с плавающей запятой имели один бит для знака экспоненты, 10 бит для экспоненты, 1 бит для знака и 48 битов для мантисы, и 4 бита для «байта» знака в формате знак\значение.
- Буквенно-числовые символы были переменной длины и могли использовать любое кодирование в 8 битах или меньше.
- "Байты" были переменной длины (от 1 до 8 битов).

Инструкции были либо 32-х битные, либо 64-х битные. Основная память была от 16К до 256К 64-х битовых слов, в блоках по 16К.

3.1.9 Серия IBM System/360

Серия IBM System/360 — семейство компьютеров класса мейнфреймов, которое было анонсировано в 1964 году. Это был первый ряд компьютеров, в котором проводилось чёткое различие между архитектурой и реализацией.

В отличие от предыдущих серий, IBM создала линейку компьютеров, от малых к большим, от низкой к высокой производительности, все модели которой использовали один и тот же набор команд (с двумя исключениями из правила — для специфичных рынков). Эта особенность позволяла заказчику использовать недорогую модель, после чего обновиться до более крупной системы, с ростом компании — без необходимости переписывать программное обеспечение. Для обеспечения совместимости, IBM впервые применила технологию микрокода, который применялся во всех моделях серии кроме самых старших.

Дальнейшим развитием IBM/360 стали системы IBM System/370, IBM System/390 и System z. Архитектура IBM/360 была настолько удачной, что стала де-факто промышленным стандартом вплоть до сегодняшнего дня. Многие другие фирмы стали выпускать совместимые с IBM/360 компьютеры,

например, — мейнфреймы Hitachi, UNIVAC 9200/9300/9400 и др. В СССР аналогом IBM/360 были машины серии ЕС ЭВМ.



IBM System/360-20

Благодаря широкому распространению IBM/360, изобретённые для неё 8-битные символы и 8-битный байт как минимально адресуемая ячейка памяти стали стандартом для всей компьютерной техники. Также IBM/360 была первой 32-разрядной компьютерной системой.

Шестнадцатеричная система счисления, широко применявшаяся в документации IBM/360, практически вытеснила ранее доминировавшую восьмеричную.

Старшие модели семейства IBM/360 и последовавшее за ними семейство IBM/370 были одними из первых компьютеров с виртуальной памятью (соответственно, со страничной и сегментной адресацией памяти) и первыми серийными компьютерами, поддерживающими реализацию виртуальных машин.

Благодаря популярности System/360, принятые в ней решения стали стандартами для всей компьютерной техники:

- Байт из 8 бит (хотя финансовые проблемы в процессе разработки давили для уменьшения байта до 4 или 6 бит). Также решили отказаться от технологии, применяемой в IBM 7030, когда допускались байты переменной длины.
- Адреса в памяти разделялись байтами, а не битами или словами
- Слова состояли из 32 битов
- Коммерческое использование микрокода
- Стандарт IBM для представления числа с плавающей точкой

Серия IBM System/360 имела спецификацию своей архитектуры. В этой спецификации не указывалась, как реализовывать систему, а только описывались интерфейсы, которые должна предоставлять реализация системы. Ниже перечислены некоторые требования к этой архитектуре:

- Порядок записи байт от старшего к младшему
- Процессор имел:
 - 16 32-битных регистров общего назначения (R0-R15)
 - PSW (Program status word) – статус программы, состоящий из 64 бит, который описывал:
 1. Маску прерываний
 2. Статус привилегий
 3. 24-битный адрес инструкции
 - Механизм прерываний, маскирование классов прерываний
- Память имела следующие характеристики:
 - 8 битов в байте
 - Адрес состоял из 24 битов

Все модели серии System/360, за исключением Model 20, реализовывали эту спецификацию.

Двоичная арифметика и логические операции выполнялись в виде из регистра в регистр, из памяти в регистр\из регистра в память. Если была включена опция расширения набора инструкций для коммерческого использования, десятичная арифметика могла выполняться в виде из памяти в память с некоторыми операциями из памяти в регистр. Если была включена опция расширения набора инструкция для научных целей, становились доступны 4 регистра с плавающей точкой, которые могли быть запрограммированы для 32-битных или 64-битных операция с плавающей точкой. Модели Model 85 и Model 195 могли оперировать 128-битными

числами с плавающей точкой. Инструкции могли использовать в качестве операнда либо номер регистра, либо адрес в памяти, поэтому в итоге получилось достаточно большая система инструкций.

В памяти использовалась относительная схема адресации - метод адресации данных в памяти, при котором указанное в команде число добавляется к счету, который находится в установленном регистре. По этому методу адресации подпрограмма может быть перемещена в любую часть программы без необходимости что-либо менять в них. Использовались регистры процессора под номерами от 1 до 15. Для смещения выделялось 12 бит, тем самым смещение было в интервале от 0 до 4095 байт относительно адреса, записанного в регистре. Регистр с номером 0 не использовался для адресации, так как был зарезервирован для индикации адреса в первых 4 килобайтах памяти.

Инструкции в System/360 были длиной в 2 (без операндов), 4 (один операнд) или 6 байтов (два операнда). Операнд был длиной в два байта, первые 4 бита представляли базовый регистр и остальные 12 битов использовались для смещения

В серии System/360 была технология для разделения области системы и области пользователя. Это позволило обеспечить некоторый уровень безопасности и восстановления системы в случае ошибок. Программы из область пользователя не могли изменять данные, ассоциированные с областью системы. Ошибки связанные с адресацией, данными вызывали специальную процедуру из области системы, что позволяло операционной системы попытаться исправить ошибку или завершить программу.

Компания IBM изначально представила серию из шести компьютеров (модели 30, 40, 50, 60, 62 и 70) и сорока устройств периферии. Первый три модели продавались в середине 1965 года. Последние три предназначались для замены машин серии IBM 7000, но никогда не продавались и были

заменены моделями Model 65 и Model 75, которые были представлены в ноябре 1965 года и в январе 1966 года. Всего, за все время существования этой серии, в ней было 14 моделей, включая модели выполненные в единственном виде для NASA. Самой дешевой моделью была Model 20 – она позиционировалась для малого бизнеса. В ней было 4 килобайта памяти на магнитных сердечниках, восемь 16-битовых регистров, вместо шестнадцати 32-битовых в остальных моделях этой серии. Также в модели Model 20 использовался сокращенный вариант системы команд.

Модель Model 67, представленная в августе 1965, была первым компьютером IBM с блоком, обеспечивающим динамическую трансляцию адресов (DAT – dynamic address translation) для совместного использования компьютерных ресурсов, то есть для поддержки многозадачности. Сейчас DAT обычно называют – MMU (memory management unit). Хотя изначально в серии IBM System 370 блок DAT будет отсутствовать, он появится в этой серии в 1972 году. Также в модели 360\67 для адреса использовалось 32 бита, а не 24 бита, как в остальных моделях.

3.1.10 Серия IBM System/370

IBM System/370 (S/370) — серия мейнфреймов, выпущенная компанией IBM. Впервые анонсирована 30 июля 1970 года. Эти машины обладали теми же преимуществами, что и их предшественники System/360: высокой управляемостью, универсальностью, масштабируемостью и надёжностью при обработке приложений с большим объёмом данных в многопользовательской среде и были совместимы с системами System/360.

Основными новациями этой серии над IBM 360 являлись:

- Использование нескольких процессоров в рамках одной системы

- Использование памяти, основанной на интегральных схемах, а не на магнитных сердечниках
- Полноценная поддержка виртуальной памяти, включая блок DAT на моделях 370\155 и 370\165, которые были анонсированы в 1972 году
- 128-разрядный блок вещественной арифметики

В IBM System 370 было за 20 лет существования этой архитектуры на рынке были сделаны несколько улучшений. В одно из них S/370 XA было сделано значительное улучшение архитектуры, путем увеличения поля адреса с 24 бит до 31 бита. Это вызвало большие проблемы, так как система команд серии IBM System 360 использовала 24 бита для поля адреса. Например, часто используемая команда Load address, выставляла в нули первые 8 бит адреса, записанного в регистр. Это создало проблемы для портирования существующего программного обеспечения.

Для увеличения длины поля адреса необходимо было сделать три шага:

1. Изменения на физическом уровне, чтобы позволить системе использовать большее количество памяти
2. Изменения на уровне операционной системы, чтобы она могла использовать возросшее адресное пространство
3. Изменения в приложениях

Поскольку система команд System 360 оставалась связана с 24 битами, то этот третий шаг требовал значительных действий. Существующие программы на языке ассемблера конечно же не подходили, а чтобы мигрировать программы не на ассемблере, необходимо сначала выпустить новые компиляторы. Поэтому большинство программ по-прежнему использовали 24 бита для адреса.

В серии IBM System 370-ХА было выбрано для адреса использовать 31 бит, а не 32 бита, хотя в серии IBM System 360 была модель с длиной адреса 32 бита. Это было сделано по следующим причинам:

1. Было желание использовать старший бит, как бит контроля или для обозначения возвращаемого значения.
2. Некоторые инструкции не могли работать с адресами из 32 бит, а только с адресами из 31 битов
3. При разработке модели System 360\67 многие советовали использовать 31 бит для адреса, а не 32, как это было в итоге.

Большое значения отводилось тому, чтобы изменения в архитектуре оставляли ее совместимой. Ключевым моментов в этом было – объявлять заранее неиспользуемые поля и биты в командах. Таким примеров, например, может быть 32 бит в регистре состояния программы. Этот регистр не использовался в первоначальной архитектуре IBM System 370. Но в архитектуре System, 370-ХА он использовался для обозначения того, использует ли программа адресация из 24 бит или из 31 бита.

3.1.11 Серия IBM System/390

Серия IBM System/390 (S/390) — мейнфреймы компьютерной архитектуры ESA/390, разработанные компанией IBM. Архитектура IBM ESA/390 (*Enterprise Systems Architecture/390*) является развитием архитектур System/360 и System/370; о её выпуске было объявлено в 1990 году, которая кроме того, что поддерживала совместимость прикладных программ «снизу-вверх», явилась своего рода реализацией концепции системной интеграции. Система оказалась настолько приближенной к

пользователю, стабильной и детально описанной, что считается сегодня открытой.

Эта серия была первой, в которой компания IBM использовала комплементарную логику на транзисторах металл-оксид-проводник, а не биполярную логику. Архитектура была обратно совместима с 24\32 адресной IBM System 360 и с 24\31 адресной System 370 и System 370-XA. Регистры в этой системе были 32 битные, арифметические инструкции позволяли работать с 32 битами, вот только адрес в памяти по прежнему был 31 битным. Старший бит использовался, для обозначения, количества бит 24 или 31.

Общая память не ограничивалась 31 битом (2 гигабайтами). Хотя адресной пространство не могло превышать эти 2 гигабайта, но архитектура ESA\390 поддерживала несколько адресных пространств одновременно И эта память могла использоваться как «расширенная память»(expendable storage), 4 килобайтные страницы копировались из это расширенной памяти в основную и обратно.

В 1994 года появилось важное расширение - Parallel Sysplex, которое позволяло совместить до 32 машин в один кластер. Эти машины могли использовать общие данные и выполнять параллельные вычисления.

3.1.12 Серия IBM System z

IBM System z (более раннее название — IBM eServer zSeries) — бренд, созданный компанией IBM для обозначения линейки мейнфреймов. Буква Z происходит от «zero down time», которое означает нулевое время простоя, позволяющее непрерывно поддерживать работу сервера 24 часа в день 7 дней в неделю в течение 365 суток.

В 2000 году компания IBM на смену архитектуры IBM System/390 объявила новую 64-разрядную архитектуру IBM eServer zSeries, и

уже в октябре 2000 была выпущена первая модель этого семейства zSeries 900. В 2002 году была представлена новая базовая модель zSeries 800; в апреле появился сервер zSeries 890.

В 2005 году на смену моделям zSeries было представлено семейство IBM System z9. Тогда же было введено название «IBM System z», объединяющее эти семейства. В 2008 году было представлено семейство IBM System z10, реализующее новый уровень архитектуры z/Architecture 2.

Название «IBM System z» в настоящее время относится ко всем моделям, поддерживающим z/Architecture, то есть к семействам IBM zSeries, IBM System z9 и IBM System z10.

Машина z900 превосходила своих предшественников по производительности в более чем два раза

Основные особенности eServer zSeries семейства:

- ☐ Архитектура этой машины была 64 битная. В отличие от ее предшественника ESA/390, которая для адреса использовала 31 бит. Но все приложения написанные для ESA/390 были совместимы с новой архитектурой.
- ☐ Возможность использовать 32 процессора в фрейме (стойке)
- ☐ Механизм Parallel Sysplex позволяет сформировать до 32 фреймов
- ☐ Возможность использования процессора ZAAP – z Application Assist Processor. Этот процессор был представлен в 2004 году. Его предназначение состоит в выполнении специфичных для Java и XML рабочих нагрузок. Процессор zAAP содержит в себе тот же процессор, что и стандартные процессоры этой серии, но IBM использовала микрокод для выполнения Java и XML функций.

- Возможность использовать процессор IFL (Integrated Facility for Linux) – специализированные процессор для выполнения кода операционной системы Linux.

Технология Logical Partition Access Resources или LPAR — логический сервер в составе одного физического сервера, например, мейнфрейма IBM. Физический сервер может быть разбит на несколько LPAR. Каждый LPAR имеет своё подмножество реальных аппаратных средств и отдельную операционную систему. Всеми LPAR управляет гипервизор. Технология LPAR является одним из компонентов системы виртуализации серверов.

В архитектуре Z существуют три типа адресных пространств (и соответственно три типа адресов): абсолютное, реальное и виртуальное.

- Абсолютный адрес непосредственно, без всяких преобразований, определяет ячейку физической памяти. Абсолютный адрес уникален, и одной ячейке памяти не может соответствовать более одного абсолютного адреса.
- Реальный адрес, используется в многопроцессорных конфигурациях и преобразуется в виртуальный посредством префиксации. Основная цель префиксации — отображение начальной области реальной памяти (8KB) каждого процессора на одну из областей физической памяти с различными абсолютными адресами. Это необходимо для уменьшения числа конфликтов при обращении различных процессоров в ходе обработки прерываний.
- Виртуальные адреса формируются процессором в ходе исполнения программ и преобразуются в реальные посредством динамического преобразования адреса.

В июле 2005 года, IBM выпустила новое улучшение серии System z – System z9. В ней были следующие улучшения:

- ☐ Возможность использовать до 54 процессоров в фрейме
- ☐ Аппаратная реализация алгоритма AES - Advanced Encryption Standard
- ☐ Возможность использования процессора zIP - специализированный процессор, предназначенный главным образом для разгрузки центральных процессоров от обработки приложений DB2.

3.1.13 Серия IBM System z10

IBM System z10 является первым семейством с новой архитектурой z/Architecture 2. Новые операционные системы IBM, первой из которых анонсирована z/VM версии 6.1, ориентируются на z/Architecture 2, т.е. не могут работать на компьютерах предыдущих семейств.

Сравнение с System Z9:

- По оценкам специалистов Z10 по совокупности показателей превосходит предыдущую модель Z9 в 1.7 раза.
- Объём доступной основной памяти увеличен с 512 GB до 1.5 TB.
- Максимальное количество процессоров увеличено с 64 до 77.
- Пропускная способность канала ввода-вывода выросла с 172.8 до 288 GB/сек.
- Энергопотребление снижено на 14%.

3.2 Матричные вычислительные системы

3.2.1 Архитектура матричной ВС

Наиболее распространенными из систем, класса: один поток команд - множество - потоков данных (SIMD), являются **матричные вычислительные системы**, которые лучше всего приспособлены для решения задач, характеризующихся параллелизмом независимых объектов или данных. Организация систем подобного типа на первый взгляд достаточно проста. Они имеют общее управляющее устройство, генерирующее поток команд и большое число процессорных элементов (ПЭ), работающих параллельно и обрабатывающих каждая свой поток данных. Таким образом, производительность системы оказывается равной сумме производительностей всех процессорных элементов. Однако на практике, чтобы обеспечить достаточную эффективность системы при решении широкого круга задач необходимо организовать связи между процессорными элементами с тем, чтобы наиболее полно загрузить их работой. Именно характер связей между процессорными элементами и определяет разные свойства системы.

Структуру матричной вычислительной системы можно представить в следующем виде.



Обобщенная модель матричной ВС

Рассмотрим компоненты обобщенной модели матричной ВС.

- *Массив процессоров* (МПр) осуществляет параллельную обработку множественных элементов данных.
- *Контроллер массива процессоров* (КМП) генерирует единый поток команд, управляющий обработкой данных в массиве процессоров, выполняет последовательный программный код, реализует операции условного и безусловного переходов, транслирует в МПр команды, данные и сигналы управления. Команды обрабатываются процессорами в режиме жесткой синхронизации.
- *Сигналы управления* используются для синхронизации команд и пересылок, а также для управления процессом вычислений, в частности определяют, какие процессоры массива должны выполнять операцию, а какие - нет.
- *Шина широковещательной рассылки* служит для передачи команд, данных и сигналов управления из КМП в массив процессоров.
- *Шина результата* служит для трансляции результатов вычислений из МПр в КМП (это требуется, поскольку выполнение операций условного перехода зависит от результатов вычислений).

- *Интерфейсная ВМ (front-end computer)* служит для обеспечения пользователя удобным интерфейсом при создании и отладке программ. В роли такой ВМ выступает универсальная вычислительная машина, на которую дополнительно возлагается задача загрузки программ и данных в КМП. Кроме того, загрузка программ и данных в КМП может производиться и напрямую с устройств ввода/вывода, например с магнитных дисков. После загрузки КМП приступает к выполнению программы, транслируя в МПр по широковещательной шине соответствующие SIMD-команды.

Рассматривая массив процессоров, следует учитывать, что для хранения множественных наборов данных в нем, помимо множества процессоров, должно присутствовать и множество модулей памяти. Кроме того, в массиве должна быть реализована сеть взаимосвязей, как между процессорами, так и между процессорами и модулями памяти.

Таким образом, под термином массив процессоров понимают блок, состоящий из процессоров, модулей памяти и сети соединений. Дополнительную гибкость при работе с рассматриваемой системой обеспечивает механизм маскирования, позволяющий привлекать к участию в операциях лишь определенное подмножество из входящих в массив процессоров. Маскирование реализуется как на стадии компиляции, так и на этапе выполнения, при этом процессоры, исключенные путем установки в ноль соответствующих битов маски, во время выполнения команды простаивают.

3.2.2 Интерфейсная ВМ

Интерфейсная ВМ (ИВМ) соединяет матричную SIMD-систему с внешним миром, используя для этого какой-либо из сетевых интерфейсов, например Ethernet, как это имеет место в системе MasPar MP-1. Интерфейсная ВМ работает под управлением операционной системы, чаще всего ОС UNIX. На ИВМ пользователи подготавливают, компилируют и отлаживают свои программы. В процессе выполнения программы сначала загружаются из интерфейсной ВМ в контроллер управления массивом процессоров, который выполняет программу и распределяет команды и данные по процессорным элементам массива. В некоторых ВС, например в Massively Parallel Computer MPP, при создании, компиляции и отладке программ КМП и интерфейсная ВМ используются совместно.

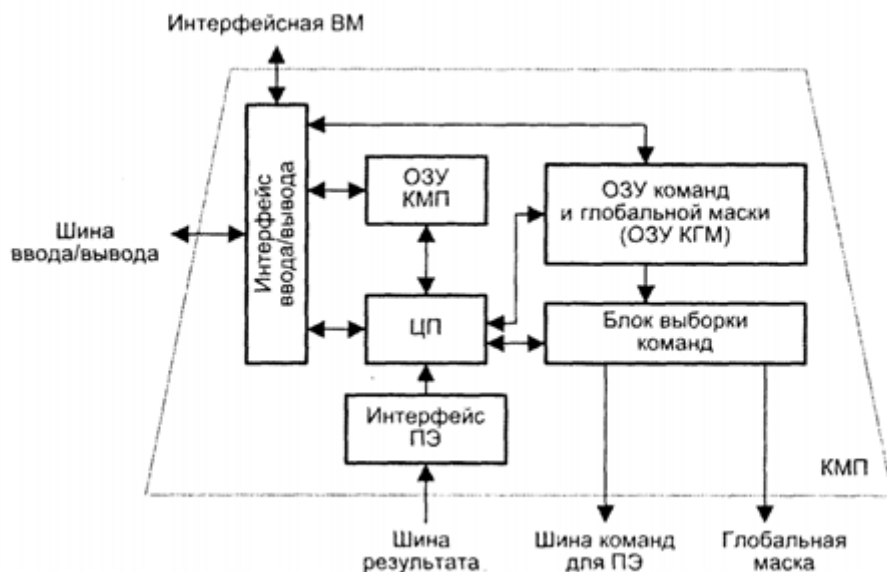
На роль ИВМ подходят различные вычислительные машины. Так, в системе CM-2 в этом качестве выступает рабочая станция SUN-4, в системе MasPar — DECstation 3000, а в системе MPP - DEC VAX-11/78.

3.2.3 Контроллер массива процессоров

Функции контроллера массива процессоров:

- выполняет последовательный программный код,
- реализует команды ветвления программы,
- транслирует команды и сигналы управления в процессорные элементы.

Рисунок иллюстрирует одну из возможных реализаций КМП, в частности принятую в устройстве управления системы PASM (Partitioned SIMD/MIMD computer).



Контроллер массива процессоров

При загрузке из ИВМ программа через интерфейс ввода/вывода заносится в оперативное запоминающее устройство КМП (ОЗУ КМП). Команды для процессорных элементов и глобальная маска, формируемая на этапе компиляции, также через интерфейс ввода/вывода загружаются в ОЗУ команд и глобальной маски (ОЗУ КГМ). Затем КМП начинает выполнять программу, извлекая либо одну скалярную команду из ОЗУ КМП, либо множественные команды из ОЗУ КГМ. Скалярные команды - команды, осуществляющие операции над хранящимися в КМП скалярными данными, выполняются центральным процессором (ЦП) контроллера массива процессоров. В свою очередь, команды, оперирующие параллельными переменными, хранящимися в каждом ПЭ, преобразуются в блоке выборки команд в более простые единицы выполнения - *нанокоманды*. Нанокоманды совместно с маской пересылаются через шину команд для ПЭ на исполнение в массив процессоров. Например, команда сложения 32-разрядных слов в КМП

системы MPP преобразуется в 32 наноккоманды одноразрядного сложения, которые каждым ПЭ обрабатываются последовательно,

В большинстве алгоритмов дальнейший порядок вычислений зависит от результатов и/или флагов условий предшествующих операций. Для обеспечения такого режима в матричных системах статусная информация, хранящаяся в процессорных элементах, должна быть собрана в единое слово и передана в КМП для выработки решения о ветвлении программы. Например, в предложении

IF A (условие A) THEN DO B

оператор B будет выполнен, если условие A справедливо во всех ПЭ.

Для корректного включения/отключения процессорных элементов КМП должен знать результат проверки условия A во всех ПЭ. Такая информация передается в КМП по однонаправленной шине результата. В системе СМ-2 эта шина названа GLOBAL. В системе MPP для той же цели организована структура, называемая деревом SUM - OR. Каждый ПЭ помещает содержимое своего одноразрядного регистра признака на входы дерева, которое с помощью операции логического сложения комбинирует эту информацию и формирует слово результата, используемое в КМП для принятия решения.

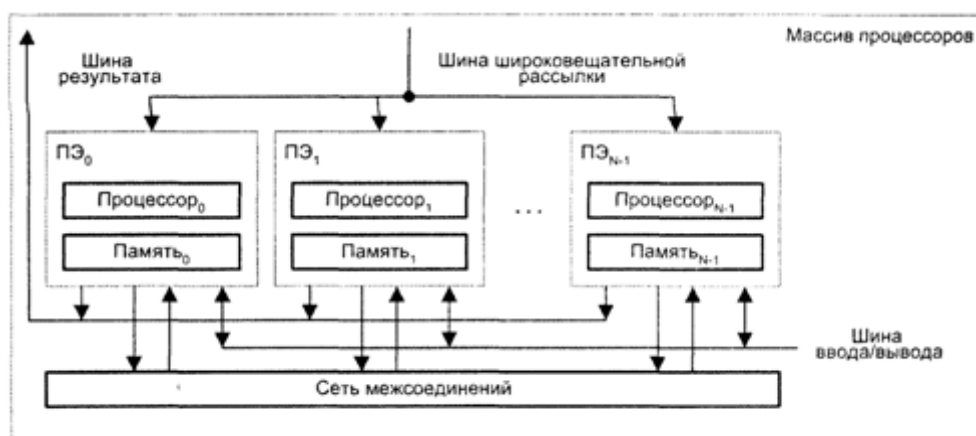
3.2.4 Массив процессоров

В матричных SIMD-системах распространение получили два основных типа архитектурной организации массива процессорных элементов.

В первом варианте, известном как архитектура типа «процессорный элемент - процессорный элемент» («ПЭ-ПЭ»):

- N процессорных элементов (ПЭ) связаны между собой сетью соединений.
- Каждый ПЭ - это процессор с локальной памятью.

- Процессорные элементы выполняют команды, получаемые из КМП по шине широковещательной рассылки, и обрабатывают данные как хранящиеся в их локальной памяти, так и поступающие из КМП.
- Обмен данными между процессорными элементами производится по сети соединений, в то время как шина ввода/вывода служит для обмена информацией между ПЭ и устройствами ввода/вывода.
- Для трансляции результатов из отдельных ПЭ в контроллер массива процессоров служит шина результата.
- Благодаря использованию локальной памяти аппаратные средства ВС рассматриваемого типа могут быть построены весьма эффективно. Во многих алгоритмах действия по пересылке информации по большей части локальны, то есть происходят между ближайшими соседями. По этой причине архитектура, где каждый ПЭ связан только с соседними, очень популярна. В качестве примеров вычислительных систем с рассматриваемой архитектурой можно упомянуть MasPar MP-1, Connection Machine CM-2, GF11, DAP, MPP, STARAN, PEPE, ILLIAC IV.

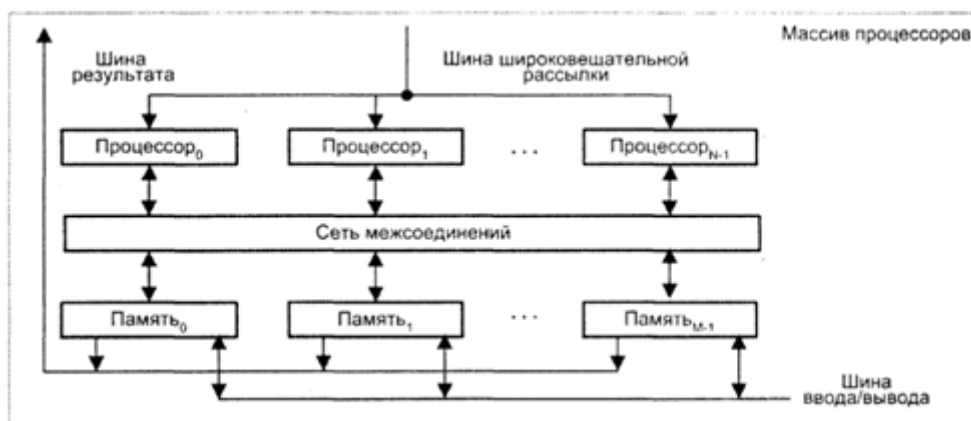


Архитектура типа «процессорный элемент - процессорный элемент»

Второй вид архитектуры — «процессор-память».

В такой конфигурации двунаправленная сеть соединений связывает N процессоров с M модулями памяти. Процессоры управляются КМП через ширококвещательную шину. Обмен данными между процессорами осуществляется как через сеть, так и через модули памяти. Пересылка данных между модулями памяти и устройствами ввода/вывода обеспечивается шиной ввода/вывода. Для передачи данных из конкретного модуля памяти в КМП служит шина результата.

Примерами ВС с рассмотренной архитектурой могут служить Burroughs Scientific Processor (BSP), Texas Reconfigurable Array Computer (TRAC).



Архитектура типа «процессор-память»

3.2.5 Структура процессорного элемента

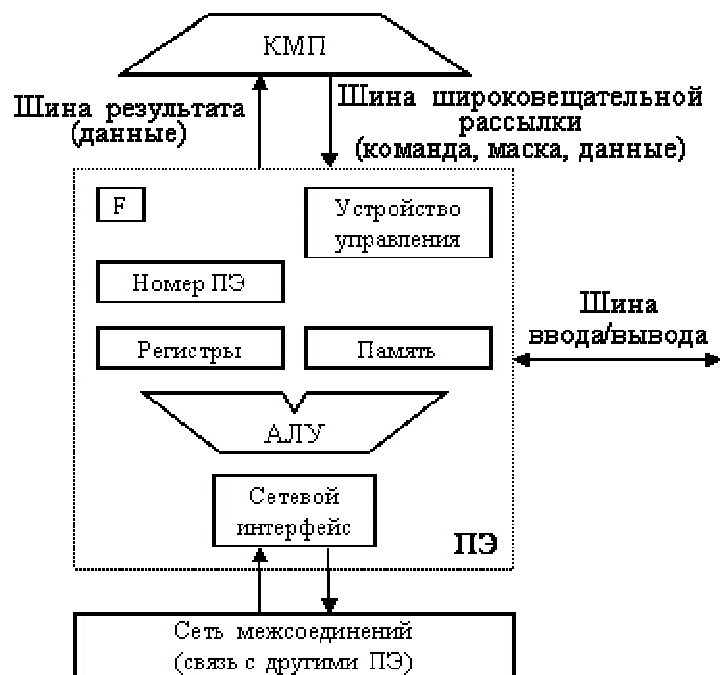
В большинстве матричных SIMD-систем в качестве процессорных элементов применяются простые RISC-процессоры с локальной памятью ограниченной емкости.

Например, каждый ПЭ системы MasPar MP-1 состоит из четырехразрядного процессора с памятью емкостью 64 Кбайт. В системе MPP используются одноразрядные процессоры с памятью 1 кбит каждый, а в CM-2 процессорный элемент представляет собой одноразрядный процессор с 64

Кбит локальной памяти. Благодаря простоте ПЭ массив может быть реализован в виде одной сверхбольшой интегральной микросхемы (СБИС). Это позволяет сократить число связей между микросхемами и, следовательно, габариты ВС. Так, одна СБИС в системе СМ-2 содержит 16 процессоров (без блоков памяти), а в системе MasPar MP-1 СБИС состоит из 32 процессоров (также без блоков памяти). В системе MP-2 просматривается тенденция к применению более сложных микросхем, в частности 32-разрядных процессоров с 256 Кбайт памяти в каждом.

Неотъемлемыми компонентами ПЭ (рис. 5) в большинстве вычислительных систем являются:

- арифметико-логическое устройство (АЛУ);
- регистры данных;
- сетевой интерфейс (СИ), который может включать в свой состав регистры пересылки данных;
- номер процессора;
- регистр флага разрешения маскирования (F);
- локальная память.



Структура процессорного элемента

Процессорные элементы, управляемые командами, поступающими по широковещательной шине из КМП, могут выбирать данные из своей локальной памяти и регистров, обрабатывать их в АЛУ и сохранять результаты в регистрах и локальной памяти. ПЭ могут также обрабатывать те данные, которые поступают по шине широковещательной рассылки из КМП. Кроме того, каждый процессорный элемент вправе получать данные из других ПЭ и отправлять их в другие ПЭ по сети соединений, используя для этого свой сетевой интерфейс. В некоторых матричных системах, в частности в MasParMP-1, элемент данных из ПЭ-источника можно передавать в ПЭ-приемник непосредственно, в то время как в других, например в MPP, - данные предварительно должны быть помещены в специальный регистр пересылки данных, входящий в состав сетевого интерфейса. Пересылка данных между ПЭ и устройствами ввода/вывода осуществляется через шину ввода/вывода ВС. В ряде систем (MasParMP-1) ПЭ подключены к шине

ввода/вывода посредством сети соединений и канала ввода/вывода системы. Результаты вычислений любое ПЭ выдает в КМП через шину результата.

Каждому из N ПЭ в массиве процессоров присваивается уникальный номер, называемый также адресом ПЭ, который представляет собой целое число от 0 до $N-1$. Чтобы указать, должен ли данный ПЭ участвовать в общей операции, в его составе имеется регистр флага разрешения F . Состояние этого регистра определяют сигналы управления из КМП, либо результаты операций в самом ПЭ, либо и те и другие совместно.

Еще одной существенной характеристикой матричной системы является способ синхронизации работы ПЭ. Так как все ПЭ получают и выполняют команды одновременно, их работа жестко синхронизируется. Это особенно важно в операциях пересылки информации между ПЭ. В системах, где обмен производится с четырьмя соседними ПЭ, передача информации осуществляется в режиме «регистр-регистр».

3.2.6 Подключение и отключение процессорных элементов

В процессе вычислений в ряде операций должны участвовать только определенные ПЭ, в то время как остальные ПЭ остаются бездействующими. Разрешение и запрет работы ПЭ могут исходить от контроллера массива процессоров (глобальное маскирование) и реализуются с помощью схем маскирования ПЭ. В этом случае решение о необходимости маскирования принимается на этапе компиляции кода. Решение о маскировании может также приниматься во время выполнения программы (маскирование, определяемое данными), при этом опираются на хранящийся в ПЭ флаг разрешения маскирования F .

При маскировании, определяемом данными, каждый ПЭ самостоятельно объявляет свой статус «подключен/не подключен». В составе системы команд

имеются наборы маскируемых и немаскируемых команд. Маскируемые команды выполняются в зависимости от состояния флага F, в то время как немаскируемые флаг просто игнорируют. Процедуру маскирования рассмотрим на примере предложения IF-THEN-ELSE, Пусть x - локальная переменная (хранящаяся в локальной памяти каждого ПЭ). Предположим, что процессорные элементы массива параллельно выполняют, ветвление:

$$if(x > 0) then <оператор A> else <оператор B>$$

и каждый ПЭ оценивает условие IF. Т.е. ПЭ, для которых условие $x > 0$ справедливо, установят свой флаг F в единицу, тогда как остальные ПЭ - в ноль.

Далее КМП распределяет оператор A по всем ПЭ. Команды, реализующие этот оператор, должны быть маскируемыми. Оператор A будет выполнен только теми ПЭ, где флаг F установлен в единицу. Далее КМП передает во все ПЭ немаскируемую команду ELSE, которая заставит все ПЭ инвертировать состояние своего флага F. Затем КМП транслирует во все ПЭ оператор B, который также должен состоять из маскируемых команд. Оператор будет выполнен теми ПЭ, где флаг F после инвертирования был установлен в единицу, то есть где результат проверки условия $x > 0$ был отрицательным.

При использовании схемы глобального маскирования контроллер массива процессоров вместе с командами посылает во все ПЭ глобальную маску. Каждый ПЭ декодирует эту маску и по результату выясняет, должен ли он выполнять данную команду или нет. Глобальные и локальные схемы маскирования могут комбинироваться. В таком случае активность ПЭ в равной мере определяется как флагом F, так и глобальной маской.

3.2.7 Сети взаимосвязей процессорных элементов

Эффективность сетей взаимосвязей процессорных элементов во многом определяет возможную производительность всей матричной системы. Применение находят самые разнообразные топологии сетей.

Поскольку процессорные элементы в матричных системах функционируют синхронно, обмениваться информацией они также должны по согласованной схеме, причем необходимо обеспечить возможность синхронной передачи от нескольких ПЭ-источников к одному ПЭ-приемнику. Когда для передачи информации в сетевом интерфейсе задействуется только один регистр пересылки данных, это может привести к потере данных, поэтому в ряде ВС для предотвращения подобной ситуации предусмотрены специальные механизмы. Так, в системе СМ-2 используется оборудование, объединяющее сообщения, поступившие к одному ПЭ.

В некоторых SIMD-системах, например МР-1, имеется возможность записать одновременно пришедшие сообщения в разные ячейки локальной памяти.

Хотя пересылки данных по сети инициируются только активными ПЭ, пассивные процессорные элементы также вносят вклад в эти операции. Если активный ПЭ инициирует чтение из другого ПЭ, операция выполняется вне зависимости от статуса ПЭ, из которого считывается информация. То же самое происходит и при записи.

Наиболее распространенными топологиями в матричных системах являются решетчатые и гиперкубические. Так, в ILLIAC IV, MPP и СМ-2 каждый ПЭ соединен с четырьмя соседними. В МР-1 и МР-2 каждый ПЭ связан с восьмью смежными ПЭ. В ряде систем реализуются многоступенчатые динамические сети соединений (МР-1, МР-2, GF11).

3.2.8 Вычислительная система SOLOMON

Если не считать машины Унгера (1958 г.), которая была узкоспециализированной и предназначалась только для решения задач распознавания образов, то, по-видимому, первой матричной системой следует считать систему SOLOMON упрощенная структура которой представлена на рис. 6. Система содержит 1024 ПЭ, соединенных в виде матрицы 32Х32. Каждый ПЭ в матрице соединен с четырьмя соседними и включает в себя процессор, обеспечивающий выполнение последовательных поразрядных арифметических и логических операций, а также оперативное ЗУ емкостью 16 Кбит, разбитое на модули по 4 Кбит каждый. Длина слова переменная – от 1 до 128 разрядов. Разрядность слов устанавливается программно. По каналам связи от УУ передаются команды и общие константы. В ПЭ используется так называемая многомодальная логика, которая позволяет каждому ПЭ выполнять (т. е. быть активным) или не выполнять (быть пассивным) общую операцию в зависимости от значений обрабатываемых данных.



Структура матричной вычислительной системы "SOLOMON"

В каждый момент все активные ПЭ выполняют одну и ту же операцию над данными, хранящимися в собственной памяти и имеющими один и тот же адрес. Идея многомодальности заключается в том, что в каждом ПЭ имеется специальный регистр на четыре состояния – регистр моды. Мода (или модальность) заносится в этот регистр от УУ. При выполнении последовательности команд модальность передается в коде операции и сравнивается с содержимым регистра моды. Если есть совпадение, то операция выполняется. В других случаях ПЭ не выполняет операцию, но может в зависимости от кода пересылать свои операнды соседнему ПЭ. Такой механизм позволяет, в частности, выделить строку или столбец ПЭ, что может быть полезным при операциях над матрицами. Взаимодействуют ПЭ с периферийным оборудованием через внешние ПЭ.

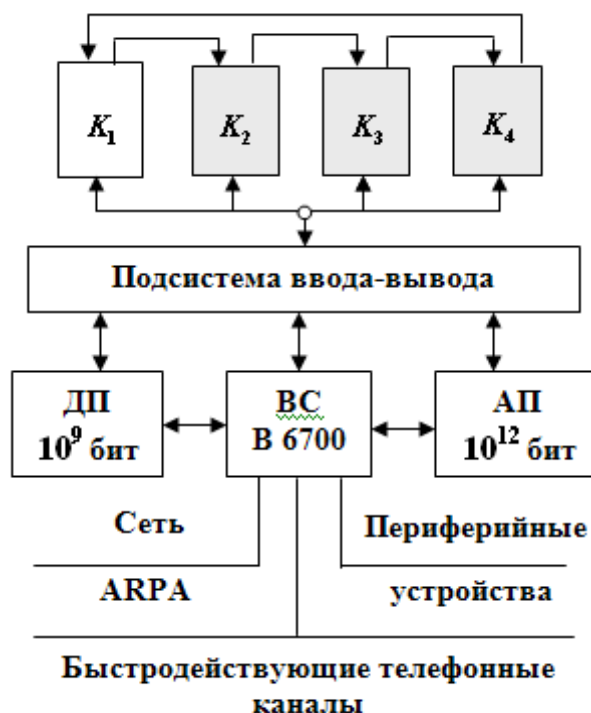
Система SOLOMON оказалась нежизнеспособной вследствие громоздкости, недостаточной гибкости и эффективности. Однако идеи, заложенные в ней, получили развитие в системе ILLIAC-IV, разработанной Иллинойским университетом и изготовленной фирмой «Барроуз».

3.2.9 Вычислительная система ILLIAC IV

Матричная система ILLIAC IV (ILLInois Automated Computer) создана Иллинойским университетом и корпорацией Бэрроуз (Burroughs Corporation). Она разрабатывалась с 1966 и в 1972 система эксплуатировалась в Научно-исследовательском центре НАСА (NASA – National Aeronautics and Space Administration – Национальное управление авиации и космоса).

Количество процессоров в системе – 64; быстродействие – $2 \cdot 10^8$ опер./с; емкость оперативной памяти – 1 М байт; полезное время составляет 80-85% общего времени работы ILLIAC IV, стоимость 40 000 000 долл., вес 75 т, занимаемая площадь 930 м².

Система ILLIAC IV была включена в вычислительную сеть ARPA (Advanced Research Projects Agency – Управление перспективных исследований и разработок Министерства обороны США) и успешно эксплуатировалось до 1981.



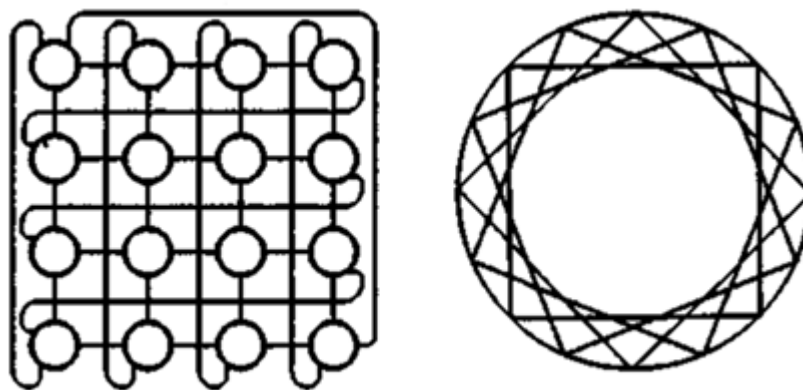
Функциональная структура системы ILLIAC IV

Матричная вычислительная система ILLIAC IV должна была состоять из 4 квадрантов (K_1 – K_4), подсистемы ввода-вывода информации, ведущей ВС В 6700 (или В 6500), дисковой памяти (ДП) и архивной памяти (АП). Планировалось, что ВС обеспечит быстродействие 109 опер./с. В реализованном варианте ILLIAC IV содержался только один квадрант, что обеспечило быстродействие $2 \cdot 10^8$ опер./с. При этом ILLIAC IV оставалась самой быстродействующей вычислительной системой вплоть до 80-х годов 20 столетия.

Квадрант – матричный процессор, включавший в себя устройство управления и 64 элементарных процессора. Устройство управления представляло собой специализированную ЭВМ, которая использовалась для выполнения операций над скалярами и формировала поток команд на матрицу ЭП. Элементарные процессоры матрицы регулярным образом были связаны друг с другом. Структура квадранта системы ILLIAC IV представлялась двумерной решеткой, в которой граничные ЭП были связаны по канонической схеме (циркулянтным графом), которую можно изобразить в виде плоской решетки, где узлы в каждом столбце замкнуты в кольцо, а узлы в последовательных рядах соединены в замкнутую спираль. Второй вариант представления – хордальное кольцо с шагом хорды равном 4.

Каждый ЭП имел:

- накапливающий сумматор (64 разряда),
- регистр второго операнда (64 разряда),
- регистр передаваемой информации (из данного ЭП в соседний ЭП) (64 разряда),
- регистр, использовавшийся как временная память (64 разряда),
- регистр модификации адресного поля команды (16 разрядов),
- регистр состояния данного ЭП (8 разрядов).



Структура межпроцессорных связей в ILLIAC IV

ЭП мог находиться в одном из двух состояний – активном или пассивном. В первом состоянии ему разрешалось, а во втором запрещалось выполнять команды, поступающие из устройства управления. Состояние ЭП задавалось при помощи специальных команд. Накапливающий сумматор и все регистры ЭП были программно адресуемы.

Память каждого ЭП – 16 Кб. К каждой памяти непосредственный доступ имел собственный ЭП. Обмен информацией между памятьми различных ЭП осуществляется по сети связи при помощи специальных команд пересылок.

Подсистема ввода-вывода состояла из устройства управления, буферного запоминающего устройства и коммутатора. Комплекс этих устройств обеспечивал обмен информацией между квадрантами ILLIAC IV и средствами ввода-вывода: ЭВМ В 6700, дисковой и архивной памятью, периферийными устройствами, сетью ARPA.

Ведущая ВС В 6700 – это мультипроцессорная система корпорации Burroughs, которая могла иметь в своем составе от 1 до 3 центральных процессоров и от 1 до 3 процессоров ввода-вывода информации и обладала быстродействием 1–3 млн. операций в секунду. Она использовалась для реализации функций операционной системы (включая ввод-вывод

информации, операции по компиляции и компоновке программ, распределение аппаратных ресурсов, исполнение служебных программ и т.п.).

Дисковая память (ДП) состояла из двух дисков и обрамляющих электронных схем.

Эта память имела емкость порядка 10^9 бит и была снабжена двумя каналами, по каждому из которых можно было параллельно передавать и принимать информацию со скоростью $0,5 \cdot 10^9$ бит/с. Среднее время обращения к диску 20 мс.

Архивная память (АП) – постоянная лазерная память с однократной записью, разработанная фирмой Precision Instrument Company.

В системе ILLIAC IV насчитывалось более $6 \cdot 10^6$ электронных компонентов. Отказы компонентов или соединений могли происходить через несколько часов. По этой причине в систему была включена обширная библиотека контрольных и диагностических тестов.

Средства программирования ILLIAC IV включали язык ассемблера (Assembler Language) и три языка высокого уровня: Tranquil, Glynpir, FORTRAN. Языки высокого уровня в силу архитектурных особенностей ILLIAC IV отличались от соответствующих языков ЭВМ в части распределения двумерной памяти, операций над векторами и пересылок данных.

Применение системы ILLIAC IV

Практически установлено, что ILLIAC IV была эффективна при решении широкого спектра сложных задач.

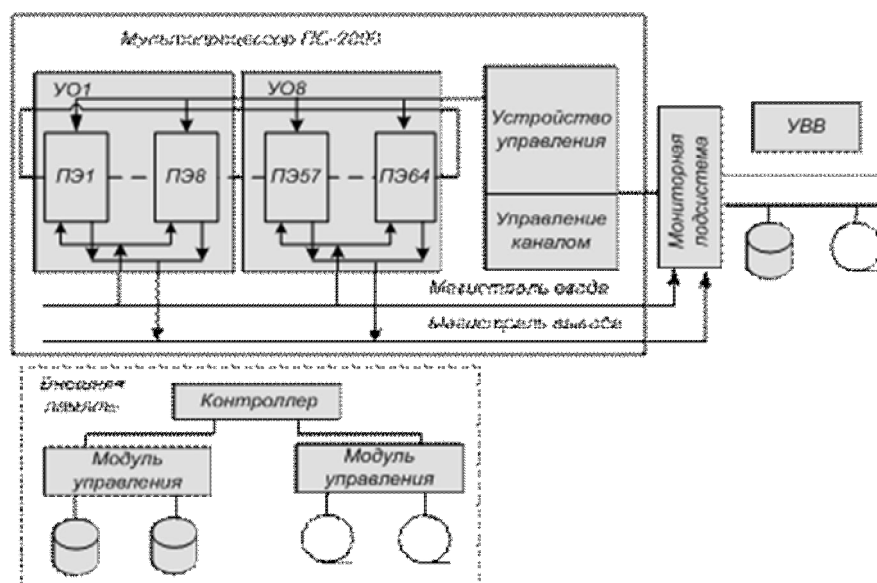
Классы задач: матричная арифметика, системы линейных алгебраических уравнений, линейное программирование, исчисление конечных разностей в одномерных, двумерных и трехмерных случаях, квадратуры (включая быстрое преобразование Фурье), обработка сигналов.

Классы задач, обеспечивающих не полное использование ЭП: движение частиц (метод Монте-Карло и т. д.), несимметричные задачи на собственные значения, нелинейные уравнения, отыскание корней полиномов.

Эффективность системы ILLIAC IV на примере решения типичной задачи линейного программирования, имеющей 4000 ограничений и 10 000 переменных, можно оценить по времени решения, которое составляло менее 2 мин, а для большой ЭВМ третьего поколения – 6...8 часов.

3.2.10 Параллельная система 2000

В начале 80-х годов в Советском Союзе в классе систем ОКМД была создана «Параллельная система 2000» (ПС-2000), которая также может быть отнесена к матричным. Эта система ориентирована на решение задач, характеризующихся параллелизмом данных, независимых ветвей и объектов. Разработчики системы считают, в частности, что ПС-2000 найдет особенно широкое и эффективное применение для обработки геофизической информации, получаемой при поиске нефти и газа, решения задач плазменной кинетики, расчетов устойчивости летательных аппаратов, обработки гидролокационных сигналов и изображений, решения задач в частных производных и др.



Система PC-2000

Центральная часть системы – мультипроцессор PC-2000, состоящий из решающего поля и устройства управления мультипроцессором. Решающее поле строится из одного, двух, четырех или восьми устройств обработки (УО), в каждом из которых восемь процессорных элементов. Таким образом, мультипроцессор может содержать 8, 16, 32 или 64 процессорных элемента. Процессорный элемент обрабатывает 24-разрядные слова, используемые для представления 12-, 16- и 24- разрядных чисел с фиксированной запятой, в которых 20 разрядов определяют мантиссу и 4 разряда – шестнадцатеричный порядок. Емкость оперативной памяти процессорного элемента – 4096 или 16 384 24-разрядных слова с циклом обращения соответственно 0,64 или 0,94 мкс. Мультипроцессор из 64 процессорных элементов обеспечивает при обработке данных следующую производительность (в миллионах операций в секунду):

Сложение с фиксированной запятой (регистр–регистр)	200
Сложение с плавающей запятой	66,4
Умножение	28,5 – 50,0

Время выполнения основных операций (в микросекундах):

Транспонирование матрицы 64X64	0,45
Умножение матриц 64X64:	
с фиксированной запятой	1,0
с плавающей запятой	1,4

Быстрое преобразование Фурье на 1024 комплексные точки:

с фиксированной запятой	1,0 – 2,5
с плавающей запятой	1,4 – 2,8

Устройство управления содержит блок микропрограммного управления емкостью 16384 микрокоманды, ОЗУ емкостью 4096 или 16384 24-разрядных слов и АЛУ. В блок микропрограммного управления загружаются микропрограммы обработки данных, ввода – вывода и управления. В комплект программного обеспечения системы входит набор микропрограмм базовой системы операций, ориентированной, на обработку матриц, реализацию быстрого преобразования Фурье и решение задач математической статистики, спектрального анализа, линейного и динамического программирования. Возможна реализация на микропрограммном уровне любой необходимой системы операции. В ОЗУ загружается программа обработки. Команды программы выполняются в обычном порядке. Выполнение сводится к инициированию соответствующей микропрограммы,

микрокоманды которой формируют управляющие сигналы, воздействующие на процессорные элементы.

Ввод – вывод данных в память решающего поля, т. е. в ОЗУ процессорных элементов, производится через канал прямого доступа, состоящий из магистралей ввода и вывода. Операции ввода – вывода инициируются мониторной подсистемой и выполняются под управлением устройства управления мультипроцессора. Обработка, ввод и вывод данных могут выполняться одновременно. Обмен данными может осуществляться до 1,8 Мбайт/с при вводе и до 1,4 Мбайт/с при выводе. Процессорные элементы решающего поля связаны регулярным каналом, по которому передаются данные. Конфигурация регулярного канала перестраивается под управлением программы, образуя одно кольцо из 64 процессорных элементов, как на рисунке, или несколько одинаковых колец: 8 колец по 8 процессорных элементов, 4 по 16 или 2 по 32.

В целом система управляется мониторной подсистемой, состоящей из одной или двух мини-ЭВМ СМ-2 и подключенных к ним периферийных устройств. На ЭВМ реализуется подготовка микропрограмм и программ для мультипроцессора и программ для самой мониторной подсистемы с использованием языков программирования и соответствующих трансляторов. Мониторная подсистема управляет загрузкой микропрограмм в мультипроцессор, контролирует работу мультипроцессора и обеспечивает обмен данными между системой и пользователями.

Для хранения больших объемов данных система ПС-2000 снабжена внешней памятью, состоящей из микропрограммируемого контроллера, четырех накопителей на сменных магнитных дисках и восьми накопителей на магнитных лентах. Накопители подключаются к контроллеру через модули управления (локальные контроллеры).

Вычислительный процесс в системе ПС-2000 складывается из трех составляющих: процесса в мониторной подсистеме, выполнения программы, ввода – вывода данных. Процесс в мониторной подсистеме является основным: он инициирует остальные процессы и синхронизирует их. Под управлением мониторной подсистемы в устройство управления загружается набор микропрограмм и программа. В процессе обработки данных набор микропрограмм и программа могут изменяться. Этапы обработки перемежаются с этапами обмена данными между решающим колом мультипроцессора, его внешней памятью и мониторной подсистемой.

Контроль работоспособности системы обеспечивается схемными средствами, контролирующими корректность хранения и передачи данных, и набором программ для проверки функционирования системы. Для поиска неисправностей используется система диагностических программ.

Программное обеспечение ППС-2000 разработано на базе агрегатной системы программного обеспечения (АСПО) СМ ЭВМ, к которому добавлены модули, организующие работу ППС-2000.

Система ПС-2000 имеет ряд преимуществ перед ранее разработанными матричными системами, в частности системой ILLIAC-IV.

1. Процессорные элементы ППС-2000 имеют существенно большие возможности, что определяется наличием сверхоперативной регистровой памяти, отдельного процессора для операций над адресами, процессора активации, функции которого значительно шире, чем функции регистра моды в системе ILLIAC-IV.
2. Благодаря наличию собственной памяти и индексной арифметики, используемой для организации счетчиков адресов, возможно совмещение обмена информацией между модулями памяти ПЭ, АЛУ и устройствами ввода – вывода.

3. Достаточно большая емкость памяти в каждом ПЭ (16 кслов) в сочетании с многоуровневой системой прерываний делает возможной организацию мультипрограммного режима с выделением независимых ресурсов для каждой задачи.
 4. Двухуровневое управление (командное и микрокомандное) обеспечивает более эффективное программирование.
 5. Возможно наращивание системы модулями по восемь процессорных элементов, причем и конструкция, и набор команд позволяет это делать без изменения средств управления.
 6. Стоимость системы сравнительно невысока.
- Опыт использования первых систем ПС-2000 показал, что при решении типичных задач геофизики, ядерной физики, аэродинамики и других система обеспечивает высокую системную производительность – до 200 млн. операций сложения с фиксированной запятой в секунду.

3.3 Суперкомпьютеры

СуперЭВМ (Суперкомпьютер) вычислительная машина, значительно превосходящая по своим техническим параметрам большинство существующих компьютеров. Как правило, современные суперкомпьютеры представляют собой большое число высокопроизводительных серверных компьютеров, соединённых друг с другом локальной высокоскоростной магистралью для достижения максимальной производительности в рамках подхода распараллеливания вычислительной задачи.

Супер-ЭВМ это достаточно гибкий и очень широкий термин. В общем понимании супер-ЭВМ это компьютер значительно мощнее всех имеющихся доступных на рынке компьютеров. Некоторые инженеры,

шутливо, называют суперкомпьютером любой компьютер масса которого превосходит одну тонну. И хотя большинство современных супер-ЭВМ действительно весят более тонны. Не всякую ЭВМ можно назвать «супер», даже если она весит более тонны. [Марк-1](#), [Эниак](#)– тоже тяжеловесы, но суперкомпьютерами не считаются даже для своего времени.

Скорость технического прогресса настолько велика, что сегодняшняя супер-ЭВМ через 5 -10 лет будет уступать домашнему компьютеру. Термин супервычисления появился еще 20-х годах прошлого века, а термин супер-ЭВМ в 60-х годах. Но получил широкое распространение во многом благодаря Сеймуру Крею и его супер-ЭВМ Cray-1, Cray-2. Хотя сам Сеймур Крей не предпочитает использовать данный термин. Называет свои машины, просто компьютер.

В 1972 году С.Крей покидает CDC и основывает свою компанию Cray Research, которая в 1976г. выпускает первый векторно-конвейерный компьютер **CRAY-1**: время такта 12.5нс, 12 конвейерных функциональных устройств, пиковая производительность 160 миллионов операций в секунду, оперативная память до 1Мслова (слово - 64 разряда), цикл памяти 50нс. Главным новшеством является введение векторных команд, работающих с целыми массивами независимых данных и позволяющих эффективно использовать конвейерные функциональные устройства.

Cray-1 принято считать одним из первых супер-ЭВМ. В процессорах компьютера был огромный, по тем временам, набор регистров. Которые разделялись на группы. Каждая группа имело свое собственное функциональное назначение. Блок адресных регистров который отвечал за адресацию в памяти ЭВМ. Блок векторных регистров, блок скалярных регистров.



Сборка компьютера Cray-1



Компьютер Cray-2

Системы № 1 начиная с 1993 года

- Fujitsu K computer (с 2011.06)
- Tianhe-1A China's National University of Defense Technology (2010.11 — 2011.06)
- Cray Jaguar (с 2009.11 — 2010.10)
- IBM Roadrunner (с 2008.06 — 2009.11)
- IBM Blue Gene/L (2004.11 — 2008.06)
- NEC Earth Simulator (2002.06 — 2004.11)
- IBM ASCI White (2000.11 — 2002.06)
- Intel ASCI Red (1997.06 — 2000.11)
- Hitachi CP-PACS (1996.11 — 1997.06)
- Hitachi SR2201 (1996.06 — 1996.11)
- Fujitsu Numerical Wind Tunnel (1994.11 — 1996.06)
- Intel Paragon XP/S140 (1994.06 — 1994.11)
- Fujitsu Numerical Wind Tunnel (1993.11 — 1994.06)
- TMC CM-5 (1993.06 — 1993.11)

Рейтинг по состоянию 2011

Положение	Rmax Rpeak (Tflops)	Название	Компьютер Число процессорных ядер	Производитель	Место, страна, год
1	10510.00 11280.38	<i>K computer</i>	RIKEN 88128×8 SPARC64 VIIIfx	Fujitsu	RIKEN  Япония, 2011
2	2566,00 4701,00	Tianhe-1A	NUDT TH MPP 186368(X5670) 2,93ГГц 6C, NVIDIA GPU , FT-1000 8C)	NUDT	Национальный суперкомпьютерный центр в Тяньцзине  Китай, 2010
3	1759,00 2331,00	Jaguar	Cray XT5 224162 (Opteron)	Cray	Окриджская национальная лаборатория  США, 2009
4	1271,00 2984,30	Nebulae	Dawning TC3600 Blade System 120640 (Xeon/Nvidia Tesla)	Dawning	Национальный суперкомпьютерный центр (Шэньчжэнь)  Китай, 2010

Положение	Rmax Rpeak (Tflops)	Название	Компьютер Число процессорных ядер	Производитель	Место, страна, год
5	1192,00 2287,63	<u>TSUBAM</u> <u>E 2.0</u>	HP ProLiant SL390s G7 55680 <u>Xeon</u> 6C X5670 + 64960 <u>Nvidia</u> <u>Tesla</u>	<u>NEC/HP</u>	Институт технологий, <u>Токио</u> ● <u>Япония</u> , 2010
6	1110,00 1365,81	<u>Cielo</u>	<u>Cray XE6</u> 142272 <u>Opteron</u>	<u>Cray</u>	<u>Los Alamos</u> <u>National</u> <u>Laboratory</u>  <u>США</u> , 2010
7	1088,00 1315,33	<u>Pleiades</u>	<u>Altix</u> 111104 <u>Xeon</u> , <u>InfiniBand</u>	<u>SGI</u>	<u>Ames</u> <u>Research</u> <u>Center</u>  <u>США</u> , 2011
8	1054,00 1288,63	<u>Hopper</u>	<u>Cray XE6 12</u> ядер 2,1 ГГц 153408	<u>Cray</u>	<u>HDOE/SC/L</u> <u>BNL/NERSC</u>  <u>США</u> , 2010
9	1050,00 1254,55	<u>Tera-100</u>	<u>Bull bullx</u> <u>super-node</u> <u>S6010/S6030</u>	<u>Bull SA</u>	<u>Комиссариат</u> <u>атомной</u> <u>энергетики</u>

Положение	Rmax Rpeak (Tflops)	Название	Компьютер Число процессорных ядер	Производитель	Место, страна, год
			138368		 Франция , 2010
10	1042,00 1375,78	Roadrunner	IBM BladeCenter QS22/LS21 122400 (Cell/Opteron)	IBM	Лос-Аламосская национальная лаборатория  США , 2009

Суперкомпьютеры Тяньхэ-1А из Китая

Тяньхэ-1А — [суперкомпьютер](#), спроектированный [Национальным университетом оборонных технологий](#) Китайской Народной Республики. Скорость вычислений, производимых суперкомпьютером, составляет 2,57 [петафлопс](#), что по данному показателю ставит его на первое место среди [ЭВМ](#) подобного класса (на октябрь 2010 года), оставляя позади суперкомпьютер [Cray XT5](#) (1,76 петафлопс), расположенный в [Национальной лаборатории Оук-Риджа](#) в [США](#).

Тяньхэ-1А использует 7168 [графических процессоров Nvidia Tesla M2050](#) и 14336 серверных процессоров [Intel Xeon](#). Согласно заявлениям компании [Nvidia](#), суперкомпьютер использует электрическую энергию в три раза эффективнее, чем иные электронные вычислительные машины подобного класса. [Суперкомпьютер](#), построенный исключительно на базе центральных [процессоров](#) (CPU), при сравнимой скорости вычислений

потреблял бы более 12 [МВт](#) электрической энергии. Потребляемая электрическая мощность составляет 4,04 МВт. Без использования графических процессоров суперкомпьютер сравнимой производительности потребовал бы установки более чем 50 тыс. CPU.



С того момента, как в 2002 году Китай стал активно финансировать исследования и разработки в области суперкомпьютеров, страна поднялась на третье место по совокупной скорости собственных суперкомпьютеров, уступая лишь США и Европейскому союзу.

Строительство суперкомпьютера обошлось в 88 млн \$, а ежегодные операционные расходы составляют около 20 млн \$. В обслуживании занято около 200 специалистов. Основное направление работы — исследования по добыче нефти и [авиасимулятор](#). Декларируется «открытый доступ» к суперкомпьютеру, что теоретически позволяет его использование другими странами.

Суперкомпьютеры - зачем это?

Для того, чтобы оценить сложность решаемых на практике задач, возьмем конкретную предметную область, например, оптимизацию процесса добычи нефти. Имеем подземный нефтяной резервуар с каким-то числом пробуренных скважин - по одним на поверхность откачивается нефть, по другим обратно закачивается вода. Нужно смоделировать ситуацию в данном

резервуаре, чтобы оценить запасы нефти или понять необходимость в дополнительных скважинах.

Примем упрощенную схему, при которой моделируемая область отображается в куб, однако и ее будет достаточно для оценки числа необходимых арифметических операций. Разумные размеры куба, при которых можно получать правдоподобные результаты - это 100*100*100 точек. В каждой точке куба надо вычислить от 5 до 20 функций: три компоненты скорости, давление, температуру, концентрацию компонент (вода, газ и нефть - это минимальный набор компонент, в более реалистичных моделях рассматривают, например, различные фракции нефти). Далее, значения функций находятся как решение нелинейных уравнений, что требует от 200 до 1000 арифметических операций. И наконец, если исследуется нестационарный процесс, т.е. нужно понять, как эта система ведет себя во времени, то делается 100-1000 шагов по времени.

Что получилось:

106(точек сетки)*10(функций)*500(операций)*500(шагов по времени) = 2.5*10¹²

2500 миллиардов арифметических операций для выполнения одного лишь расчета! А изменение параметров модели? А отслеживание текущей ситуации при изменении входных данных? Подобные расчеты необходимо делать много раз, что накладывает очень жесткие требования на производительность используемых вычислительных систем.

Примеры использования суперкомпьютеров можно найти не только в нефтедобывающей промышленности (см. Приложение).

По данным Марка Миллера (Mark Miller, Ford Motor Company), для выполнения crash-тестов, при которых реальные автомобили разбиваются о бетонную стену с одновременным замером необходимых параметров, съемкой

и последующей обработкой результатов, компании Форд понадобилось бы от 10 до 150 прототипов новых моделей при общих затратах от 4 до 60 миллионов долларов. Использование суперкомпьютеров позволило сократить число прототипов на одну треть.

В 1995 году корпус автомобиля Nissan Maxima удалось сделать на 10% прочнее благодаря использованию суперкомпьютера фирмы Cray (The Atlanta Journal, 28 мая, 1995г). С помощью него были найдены не только слабые точки кузова, но и наиболее эффективный способ их удаления. Совсем свежий пример - это развитие одной из крупнейших мировых систем резервирования Amadeus, используемой тысячами агентств со 180000 терминалов в более чем ста странах. Установка двух серверов Hewlett-Packard T600 по 12 процессоров в каждом позволила довести степень оперативной доступности центральной системы до 99.85% при текущей загрузке около 60 миллионов запросов в сутки.

И подобные примеры можно найти повсюду. В свое время исследователи фирмы DuPont искали замену хлорофлюорокарбону. Нужно было найти материал, имеющий те же положительные качества: невоспламеняемость, стойкость к коррозии и низкую токсичность, но без вредного воздействия на озоновый слой Земли. За одну неделю были проведены необходимые расчеты на суперкомпьютере с общими затратами около 5 тысяч долларов. По оценкам специалистов DuPont, использование традиционных экспериментальных методов исследований потребовало бы около трех месяцев и 50 тысяч долларов и это без учета времени, необходимого на синтез и очистку необходимого количества вещества.

Сегодня в суперкомпьютерном мире наблюдается новая волна, вызванная как успехами в области микропроцессорных технологий, так и появлением нового круга задач, выходящих за рамки традиционных научно-исследовательских лабораторий.

Налицо быстрый прогресс в производительности микропроцессоров. А сейчас используют в мире, Векторно-конвейерные компьютеры, Массивно-параллельные компьютеры с распределенной памятью, Параллельные компьютеры с общей памятью, Кластеры и т.д..

ГЛАВА 4. Эволюция узлов ЭВМ и программного обеспечения.

4.1 История развития ОЗУ

Оперативная память — энергозависимая часть системы компьютерной памяти, в которой временно хранятся данные и команды, необходимые процессору для выполнения им операции. Обязательным условием является адресуемость (каждое машинное слово имеет индивидуальный адрес) памяти. Передача данных в оперативную память процессором производится непосредственно, либо через сверхбыструю память.

Оперативное запоминающее устройство, ОЗУ — техническое устройство, реализующее функции оперативной памяти. ОЗУ может изготавливаться как отдельный блок или входить в конструкцию, например однокристальной ЭВМ или микроконтроллера. Оперативная память является одним из важнейших компонентов компьютера. Именно от объема ОЗУ зависит количество задач, которые одновременно может выполнять компьютер, а от его быстродействия во многом зависит скорость работы ПК. Оперативная память - это одна из трех (оперативная, постоянная и внешняя) разновидностей памяти, которые используются в современных компьютерах.

Основными характеристиками ОЗУ являются:

- Объем
- Быстродействие
- Стоимость
- Энергопотребление

На протяжении всей истории существования ЭВМ в ее современном представлении, ученые и инженеры совершенствуют физические характеристики и логические принципы построения ОЗУ, с целью добиться

улучшения вышеперечисленных характеристик. На пути совершенствования можно выделить несколько основных вех:

- UNIVAC-1, был построен для бюро переписи США и пущен в эксплуатацию весной 1951. Оперативные запоминающие устройства были реализованы на основе ртутных линий задержки и электронно-лучевых трубок.
- 2 поколение – ОЗУ на магнитных сердечниках и ЭЛТ вытесняют устройства на ртутных линиях задержки.
- 3 поколение – ИС, ОЗУ стала делиться на блоки с независимыми системами управления.
- 4 поколение – БИС, эпоха современных компьютеров.

В силу ограниченности объема данной работы, я позволю себе подробно остановиться на эволюции ОЗУ ЭВМ 4 поколения, как наиболее интересного поколения для современного человека. ОЗУ большинства современных компьютеров представляет собой модули динамической памяти, содержащие полупроводниковые БИС ЗУ, организованные по принципу устройств с произвольным доступом. Память динамического типа дешевле, чем статического, и её плотность выше, что позволяет на том же пространстве кремниевой подложки размещать больше ячеек памяти, но при этом её быстродействие ниже. Статическая, наоборот, более быстрая память, но она и дороже. В связи с этим массовую оперативную память строят на модулях динамической памяти, а память статического типа используется для построения кеш-памяти внутри микропроцессора.

4.1.1 Вчерашний день ОЗУ

Память на линиях задержки

Память на линиях задержки — разновидность [компьютерной памяти](#), использовавшаяся в ранних [цифровых компьютерах](#), например [EDSAC](#) и [ACE](#).

Основная идея [линий задержки](#) возникла в ходе разработки [радаров](#) во время Второй мировой войны, а именно для сокращения помех от отражения от земли и неподвижных объектов. Радары того времени использовали периодические импульсы [радиоволн](#), отражённые радиоволны принимались и [усиливались](#) для отображения на экране. Чтобы убрать неподвижные объекты с экрана радара, отражённый сигнал разделяли на два, один из которых использовался непосредственно, а второй задерживался. В электрической схеме из нового сигнала вычитался задержанный сигнал предыдущего цикла. (Нормальный сигнал складывался с задержанным инверсным.) В результирующем сигнале оставались только изменения между двумя сигналами и он выводился на экран. Таким образом на экране отображались только подвижные объекты.

До использования линий задержки в качестве цифровых [запоминающих устройств](#) первые подобные системы с линиями задержки состояли из наполненных [ртутью](#) трубок с [пьезокристаллическим](#) преобразователем на концах (аналоги [динамика](#) и [микрофона](#), на передающих и приёмных концах соответственно). Сигналы от радарного усилителя посылались на пьезокристалл в одном конце трубки, и тот, получая импульс, генерировал небольшое колебание ртути. Колебание быстро передавалось на другой конец трубки, где другой пьезокристалл его инвертировал и передавал на экран. Было необходимо точное механическое согласование для обеспечения

подбираемого времени задержки между импульсами, которое специфично для каждого использовавшегося радара.

Ртуть использовалась потому, что её [удельное акустическое сопротивление](#) почти равно акустическому сопротивлению пьезокристаллов. Это минимизировало энергетические потери, происходящие при передаче сигнала от кристалла ко ртути и обратно. Высокая [скорость звука](#) в ртути (1450 м/с) позволяла уменьшить время ожидания импульса, прибывающего на принимающий конец, по сравнению со временем ожидания в другой, более медленной среде передачи (например, воздухе), но это также означало и то, что конечное число импульсов, которые можно сохранить в приемлемом количестве ртутных трубок, было ограничено. Другими отрицательными сторонами применения ртути были её вес, цена и токсичность. Более того, для того чтобы добиться согласования акустических сопротивлений настолько, насколько это возможно, ртуть надо содержать при температуре в 40°C, что делает обслуживание ртутных трубок жаркой и некомфортной работой.

Для применения в компьютерах временные интервалы также были критичными, но по другой причине. Все традиционные компьютеры имели естественную длительность цикла памяти, необходимую для выполнения операций, начало и окончание которых обычно заключается в чтении памяти и записи в неё же. Таким образом, линии задержки надо было [синхронизировать](#) так, чтобы импульсы поступали на приёмник именно в тот момент, когда компьютер был готов считать их. Обычно в линиях задержки перемещалось множество импульсов одновременно, и компьютеру для нахождения искомого одиночного [бита](#) приходилось отсчитывать импульсы, сравнивая их с синхроимпульсами.

Изобретённая [Джоном Преспером Экертом](#) для компьютера [EDVAC](#) и использовавшаяся в [UNIVAC I](#) ртутная линия задержки добавила [повторитель](#) на принимающем конце ртутной линии задержки для посылки выходного

сигнала обратно на вход. В этом случае импульс, посланный в систему, продолжал циркулировать до тех пор, пока было электропитание.

Чтобы поддерживать в линии задержки сигнал без помех, требовалось значительное количество инженерных усилий. Для генерирования очень узкой акустической волны, которая не касалась бы стенок трубки, использовались многочисленные преобразователи. Также необходимо было заботиться об устранении отражения сигнала от противоположного конца трубки. Так как волна была узкой, была необходима значительная настройка прибора с тем, чтобы пьезокристаллы находились точно друг напротив друга. В связи с тем, что скорость звука менялась при изменении температуры (из-за зависимости плотности от температуры), трубки находились в [термостатах](#), чтобы их температура была постоянной. Вместо этого, для достижения такого же эффекта, другие системы для соответствия окружающей температуре регулировали тактовую частоту компьютера.

EDSAC, первая действительно работающая [цифровая вычислительная машина](#) с [хранимой в памяти программой](#), производила операции с 512-ю 35-битным словами памяти, хранившимися в 32 линиях задержки, каждая из которых удерживала 576 бит (36-й бит добавлялся к каждому слову в качестве стартового/стопового). В UNIVAC 1 схема отчасти была упрощена, каждая трубка хранила 120 бит и требовалось 7 больших блоков памяти с 18-ю трубками каждый для создания хранилища памяти на 1000 слов. Объединённые вместе с усилителями и вспомогательными схемами они составляли подсистему памяти и занимали целую отдельную комнату. Среднее время доступа к памяти составляло около 222 мкс, что было значительно быстрее, чем в механических системах использовавшихся в более ранних компьютерах.

Более поздний вариант линий задержки использовал в качестве хранителя информации металлическую проволоку с [магнитострикционными](#)

преобразователями. Маленькие кусочки магнитострикционного материала, обычно [никеля](#), прикреплялись с каждой стороны одного из концов проволоки, находящейся внутри [электромагнита](#). Когда биты из компьютера передавались на магнит, никель сжимался или расширялся и закручивал конец проволоки. Получившаяся волна кручения двигалась по проволоке так же, как [звуковая волна](#) двигалась по трубке с ртутью.

Однако, в отличие от сжимающей волны, волна кручения была значительно более стойкой к проблемам, связанным с механическими дефектами, настолько, что проволока сматывалась в катушку и прикреплялась к доске. Благодаря способности скручиваться, системы на основе проволоки могли иметь такую длину, какая была необходима, и способствовали сохранению значительно большего количества данных на одном элементе. 1000 запоминающих элементов обычно умещались на доске площадью в 1 квадратный [фут](#) (0,093 м²). Правда, это также означает, что время необходимое для поиска каждого отдельного бита было немного больше из-за перемещения по проволоке, и время доступа в среднем составляло порядка 500 мкс.

Память на линиях задержки была гораздо менее дорогостоящей и гораздо более надёжной, чем [триггеры](#) из [вакуумных ламп](#), и более быстрой, чем [реле](#) с самоудержанием (реле-защёлки). Она использовалась до конца [1960-х годов](#), особенно в британских коммерческих компьютерах [LEO I](#), различных компьютерах компании [Ferranti](#) и в настольном программируемом [калькуляторе Olivetti Programma 101](#), выпущенном в 1965 году. Компактные безртутные проволочные [магнитострикционные](#) линии задержки устанавливали в электронные клавишные вычислительные машины (ЭКВМ) серии «[Искра](#)», а также «[Электроника-155](#)».

Запоминающая ЭЛТ-трубка

В [1946 году](#) британский инженер-радарщик [Фредерик Уильямс](#) изобрёл запоминающее устройство на основе электронно-лучевой трубки, и в декабре подал заявку на патент. Изобретение Уильямса имело ёмкость всего в один [бит](#). В 1947—1948 гг. Уильямсу и [Томасу Килберну](#) в [Университете Манчестера](#) удалось значительно усовершенствовать изначальную конструкцию и создать трубку с ёмкостью 2048 битов. А летом 1948 года появился первый компьютер с памятью на трубках их конструкции — [Манчестерская МЭМ](#).

Трубки Уильямса применялись в качестве [оперативной памяти](#) на ряде компьютеров 1940-х и первой половины 1950-х годов, в том числе на британских [Манчестерском Марк I](#) (1949) и [Ferranti Mark 1](#) (1951); американских [IBM 701](#) (1952) и [702](#) (1953). В СССР в качестве памяти электронно-лучевые трубки применялись в машине [М-1](#) (1951) и первых вариантах ЭВМ «[Стрела](#)» (1953). После изобретения [ферритовой памяти](#), запоминающие электронно-лучевые трубки вышли из употребления.

Принцип работы

При попадании электронного луча на точку p на [люминофорном](#) экране ЭЛТ, происходит вторичная [эмиссия](#) и участок люминофора в точке p обретает положительный заряд. Если луч отключается сразу, то благодаря [электрическому сопротивлению](#) люминофорного слоя, точка положительного заряда некоторое время (долю секунды) держится на экране. Однако если луч не отключается, а отклоняется в сторону от p , рисуя «[тире](#)» на экране трубки, то электроны, испущенные в процессе вторичной эмиссии под лучом, поглощаются люминофором в точке p , и точка p обретает нейтральный заряд. Таким образом, выделив на экране некоторое количество точек $p_1 \dots p_N$, можно

записать N битов информации (точка без заряда означает 1, точка с положительным зарядом — 0).

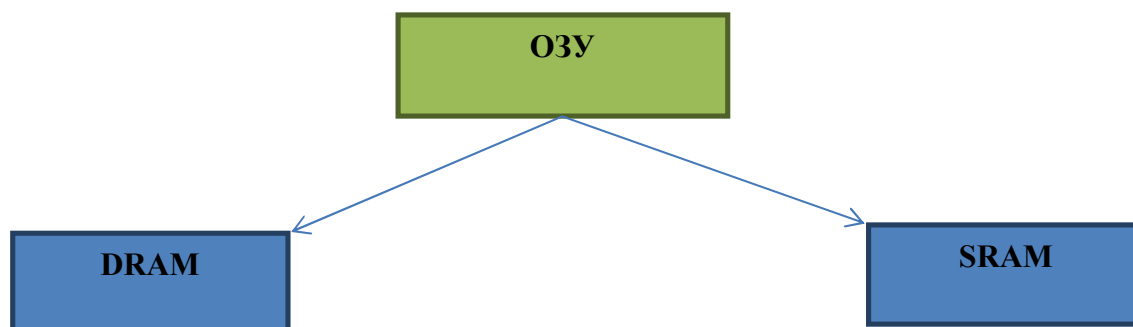
Для считывания информации, к внешней стороне экрана прикрепляется пластина с электродами. На точку p снова направляется электронный луч. Происходит вторичная эмиссия электронов и точка обретает положительный заряд независимо от того, какой заряд она имела до этого. Электрод на внешней стороне экрана позволяет измерить величину изменения заряда точки, то есть определить её изначальный заряд, и следовательно, значение данного бита. Процесс считывания уничтожает информацию, которая хранится в точке, следовательно, после считывания каждого бита необходимо повторно записать значение бита на люминофор.

Люминофор быстро теряет заряд, поэтому необходимо регулярно считывать и перезаписывать записанную информацию (аналогично процессу регенерации в современной памяти DRAM).

4.1.2 ОЗУ современных ЭВМ

Разновидности ОЗУ современных ЭВМ

Так, или иначе, все представители семейства ОЗУ ЭВМ четвертого поколения можно разделить на 2 группы, с точки зрения их физической организации:



Динамическая память DRAM

DRAM, *dynamic random access memory* (Динамическое ОЗУ) — тип энергозависимой полупроводниковой памяти с произвольным доступом; также ОЗУ широко используемая в качестве оперативной памяти современных компьютеров. Физически DRAM состоит из ячеек, созданных в полупроводниковом материале, в каждой из которых можно хранить определённый объём данных, строку от 1 до 4 бит. Совокупность ячеек такой памяти образуют условный «прямоугольник», состоящий из определённого количества *строк* и *столбцов*. Один такой «прямоугольник» называется *страницей*, а совокупность страниц называется *банком*. Весь набор ячеек условно делится на несколько областей.

Принцип действия

Физически DRAM-память представляет собой набор запоминающих ячеек, которые состоят из конденсаторов и транзисторов, расположенных внутри полупроводниковых микросхем памяти.

При отсутствии подачи электроэнергии к памяти этого типа происходит разряд конденсаторов, и память опустошается (обнуляется). Для поддержания необходимого напряжения на обкладках конденсаторов ячеек и сохранения их содержимого, их необходимо периодически подзаряжать, прилагая к ним напряжения через коммутирующие транзисторные ключи. Такое динамическое поддержание заряда конденсатора является основополагающим принципом работы памяти типа DRAM. Конденсаторы заряжают в случае, когда в «ячейку» записывается единичный бит, и разряжают в случае, когда в «ячейку» необходимо записать нулевой бит.

Важным элементом памяти этого типа является чувствительный усилитель-компаратор, подключенный к каждому из столбцов «прямоугольника». Он, реагируя на слабый поток электронов, устремившихся

через открытые транзисторы с обкладок конденсаторов, считывает всю строку целиком. Именно строка является минимальной порцией обмена с динамической памятью, поэтому обмен данными с отдельно взятой ячейкой невозможен.

DRAM изготавливается на основе конденсаторов небольшой ёмкости, которые быстро теряют заряд, поэтому информацию приходится обновлять через определённые промежутки времени во избежание потерь данных. Этот процесс называется регенерацией памяти. Он реализуется специальным контроллером, установленным на материнской плате или же на кристалле центрального процессора. На протяжении времени, называемого *шагом регенерации*, в DRAM перезаписывается целая строка ячеек, и через 8–64 мс обновляются все строки памяти.

Процесс регенерации памяти в классическом варианте существенно тормозит работу системы, поскольку в это время обмен данными с памятью невозможен. Регенерация, основанная на обычном переборе строк, в современных типах DRAM не применяется. Существует несколько более экономичных вариантов этого процесса — расширенный, пакетный, распределённый; наиболее экономичной является скрытая (теневая) регенерация.

Среди новых технологий регенерации — PASR (*Partial Array Self Refresh*), применяемый компанией [Samsung](#) в чипах памяти SDRAM с низким уровнем энергопотребления. Регенерация ячеек выполняется только в период ожидания в тех банках памяти, в которых имеются данные.

Параллельно с этой технологией реализуется метод TCSR (*Temperature Compensated Self Refresh*), который предназначен для регулировки скорости процесса регенерации в зависимости от рабочей температуры.

Эволюция DRAM

Conventional DRAM

В 1970 году молодая компания Intel выпустила первый модуль памяти, под номером 1103. И к 1972 году это был самый продаваемый полупроводниковый чип памяти в мире. В коммерческих компьютерах он впервые стал использоваться в HP 9800. В основе этой памяти лежал очень маленький транзистор и конденсатор, а ее изобретателем был Robert N. Dennard, работавший в исследовательском центре IBM. В 1968 году он вместе с IBM получил патент на свое изобретение. На первых персональных компьютерах вся оперативная память была представлена одним блоком микросхем памяти. Причем память работала с той же частотой что и процессор. С появлением 286 и 386 процессоров ситуация изменилась: память перестала успевать поставлять процессору данные - так появилось понятие временных задержек. Процессор ждал несколько тактов, пока память передавала ему информацию. Напряжение питания ОЗУ составляло 5 В. Память, использовавшаяся в первых компьютерах, так и называется - Conventional DRAM (обычная DRAM).

FPM DRAM

Для ЭВМ на базе процессоров семейства 286 и 386 была разработана специальная быстрая память – **FPM (fast page mode, постраничная адресация)**. Поскольку память стала «узким местом» в компьютере, были придуманы несколько способов оптимизации передаваемой информации. Особенность FPM заключалась в том, что существовала область ОЗУ, к которой процессор мог обращаться без циклов ожидания (там использовались специальные микросхемы памяти). Принцип работы был следующий: если требовалось записать или прочитать информацию из определенной страницы памяти, и предыдущая команда по работе с памятью использовала информацию с той же страницы, цикла ожидания не требовалось. Однако когда программа

обращалась к другой странице памяти, циклы ожидания все равно были. Стандартное время доступа к такой памяти было 60-70 нс. В FPM также использовалась другая схема доступа: 5-3-3-3, работающая даже с частотой системной шины 66 МГц. Постраничная адресация памяти и ее различные разновидности использовались очень долгое время, аж до 1994 года.

EDO RAM\Burst EDO RAM

А в 1994 году появилась новая архитектура памяти: **EDO (Extended Data Output** или другое название **Hyper Page Mode)**. По сути, это просто усовершенствованный вид FPM. EDO частично совмещала такты чтения, за счет чего появилась возможность считывания следующей порции данных не дожидаясь окончательной передачи предыдущих. Схема чтения у EDO была уже 5-2-2-2. Она могла работать даже с частотой шины 75 МГц. Память этого типа использовалась в системных платах до Intel 430 FX, то есть и в 486 компьютерах, и даже в Pentium'ах. Питание было 5 В или 3.3 В.

VIA Technologies, пытаясь отвоевать часть рынка материнских плат у Intel, предложила свою реализацию технологии EDO - BEDO (burst EDO - EDO с пакетной пересылкой данных). Особенностью этой памяти было то, что при первом обращении считывалось сразу несколько последовательных слов. BEDO работает по схеме 5-1-1-1 (всего 8 тактов вместо 20, как у простого DRAM). Этот тип RAM поддерживался чипсетами Intel 430 HX и VIA 580VP/590VP. Однако такая память не получила широкого распространения, и ее сменила SDRAM.

SDRAM – синхронная память

Так как Pentium был революционным процессором, ему нужна была новая революционная память. В 1997 году на смену EDO приходит SDRAM (Synchronous DRAM, синхронная DRAM). Впервые поддержка этой памяти была реализована в чипсетах Intel TX и VX. Чипы SDRAM использовали новейшие технологии, применявшиеся при изготовлении кэш памяти. За счет

этого они работали по схеме 5-1-1-1, такой же, как в BEDO. Первоначально SDRAM разрабатывалась для видеокарт, однако с удешевлением стоимости производства памяти она переключалась в ОЗУ.

В отличие от других типов DRAM, использовавших [асинхронный обмен](#) данными, ответ на поступивший в устройство управляющий сигнал возвращается не сразу, а лишь при получении следующего [тактового сигнала](#). Тактовые сигналы позволяют организовать работу SDRAM в виде [конечного автомата](#), исполняющего входящие команды. При этом входящие команды могут поступать в виде непрерывного потока, не дожидаясь, пока будет завершено выполнение предыдущих инструкций (конвейерная обработка): сразу после команды записи может поступить следующая команда, не ожидая, когда данные окажутся записаны. Поступление команды чтения приведёт к тому, что на выходе данные появятся спустя некоторое количество тактов — это время называется [задержкой](#) (англ. *SDRAM latency*) и является одной из важных характеристик данного типа устройств. До этого вся память работала асинхронно, то есть, обращаясь к памяти, процессор «не знал», сколько времени потребуется памяти для ответа, и ему ничего не оставалось, как ждать. С появлением синхронной памяти процессор уже «знал», сколько тактов ему ждать, и он мог начать выполнять следующую операцию, не дожидаясь ответа RAM, при условии, что последующая операция не использует результаты предыдущей команды. Первоначально память работает на частоте 66 МГц. Но в первом квартале 1998 года Intel выпускает спецификацию PC100 и вместе с ней новый чипсет i440BX, который поддерживал частоту шины 100 МГц. Максимальная пропускная способность памяти (произведение частоты памяти на ее разрядность) составляла 0.8 ГБ/с. Питание осуществлялось от 3.3 В. Чуть позже появляется спецификация PC133 для материнских плат с частотой шины 133 МГц, однако Intel в этом не

участвует. Поддержкой PC133 занимались VIA и AMD. Пропускная способность такой памяти вырастает до 1.06 ГБ/с.

DDR SDRAM

Вскоре, на фоне увеличивающегося быстродействия ЦПУ, имеющейся производительности памяти оказалось мало, и тогда на помощь игрокам рынка памяти приходит Samsung, представивший спецификацию SDRAM II или DDR SDRAM (**Double Data Rate SDRAM**). При использовании DDR SDRAM достигается удвоенная скорость работы, нежели в SDRAM, за счёт считывания команд и данных не только по [фронту](#), как в SDRAM, но и по спаду тактового сигнала. За счёт этого удваивается скорость передачи данных без увеличения частоты тактового сигнала шины памяти. Таким образом, при работе DDR на частоте 100 МГц мы получим эффективную частоту 200 МГц (при сравнении с аналогом SDR SDRAM).

Дальнейшая эволюция DDR

DDR2 SDRAM использует передачу данных по обоим срезам [тактового сигнала](#), за счёт чего при такой же частоте шины памяти, как и в обычной SDRAM, можно фактически удвоить скорость передачи данных (например, при работе DDR2 на частоте 100 МГц эквивалентная эффективная частота для SDRAM получается 200 МГц). Основное отличие DDR2 от DDR — вдвое большая частота работы шины, по которой данные передаются в буфер микросхемы памяти. При этом, чтобы обеспечить необходимый поток данных, передача на шину осуществляется из четырёх мест одновременно. Итоговые задержки оказываются выше, чем для DDR.

У DDR3 уменьшено на 40% (по другим данным — 30%) потребление энергии по сравнению с модулями DDR2, что обусловлено пониженным (1,5 В, по сравнению с 1,8 В для DDR2 и 2,5 В для DDR) [напряжением питания](#) ячеек памяти. Снижение напряжения питания достигается за счёт использования 90-нм (вначале, в дальнейшем 65-, 50-, 40-нм) [техпроцесса](#) при

производстве микросхем и применения транзисторов с двойным затвором *Dual-gate* (что способствует снижению токов утечки).

DDR 4 будет поддерживать частоты от 2133 до 4266 МГц. В массовое производство выйдет предположительно в 2013 году. 4 января 2011 на выставке CES компания [Samsung](#) официально представила новые модули, работающие в режиме DDR4-2133 при напряжении 1,2 В. Эксперты из аналитического агентства iSuppli уверены, что доля DDR4 увеличится от 5% в 2013 году до 50% в 2015 году.

Технология DDR продолжает активно развиваться по сей день. DDR 2 считается устаревающим, DDR 3 активно используется в современных ПК, и уже существуют решения для недавно анонсированного стандарта DDR 4.

Rambus RAM

RDRAM — стандарт [оперативной памяти](#), разработанный компанией [Rambus](#) в сотрудничестве с [Intel](#) в [1996 году](#). Высокие частоты памяти обеспечивали 99% загрузку канала, в то время, когда у конкурирующих стандартов загрузка достигала максимум 70%. Пропускная способность памяти 1 Гб/с, а позже и 4 Гб/с. Право использовать RDRAM-планки лицензировали такие компании, как [LG Semicon](#), [Samsung](#), [Mitsubishi](#). Позже к ним присоединилась компания [AMD](#).

Среди особенностей памяти от Rambus было: увеличение тактовой частоты за счет сокращения разрядности шины, передача управляющей информации отдельно от передачи данных по шине, увеличение количества банков для усиления параллелизма. Главным недостатком RDRAM было чрезвычайно требовательное к качеству производство и сложность изготовления микросхем из-за уменьшения размера элементов. Производители не спешили начинать выпускать память Rambus, производить DDR было гораздо выгоднее, так как требовалось платить большие отчисления в Rambus для получения лицензии и менять производственные линии. А покупатели не

горели желанием приобретать Rambus из-за дороговизны и необходимости покупать модули парами. Первые модули Rambus были 16-разрядными и работали на удвоенной частоте шины: 800 МГц (PC800) с пропускной способностью 1.6 ГБ/с и 1066 МГц (PC1066). То есть реальная частота составляла, соответственно, 400 и 533 МГц, а эффективная - 800 и 1066 МГц. Затем появились 32-разрядные модули с эффективными частотами 800 МГц (PC3200) и 1066 МГц (PC4200), которые получили название DR DRAM (Direct Rambus DRAM). Опять же, идеологически от RDRAM они не отличались, но возросла скорость передачи данных, и изменился протокол.

Статическая память SRAM

История создания статической памяти уходит своими корнями в глубину веков. Память первых релейных компьютеров по своей природе была статической и долгое время не претерпевала практически никаких изменений (во всяком случае - концептуальных), - менялась лишь элементарная база: на смену реле пришли электронные лампы, впоследствии вытесненные сначала транзисторами, а затем TTL- и CMOS-микросхемами: но идея, лежащая в основе статической памяти, была и остается прежней.

Устройство

Ядро микросхемы статической оперативной памяти (SRAM - Static Random Access Memory) представляет собой совокупность триггеров - логических устройств, имеющих два устойчивых состояния, одно из которых условно соответствует логическому нулю, а другое - логической единице. Другими словами, каждый триггер хранит один бит информации, - ровно столько же, сколько и ячейка динамической памяти.

Достоинства:

- состояния триггера устойчивы и при наличии питания могут сохраняться бесконечно долго, в то время как конденсатор требует периодической регенерации;
- триггер, обладая мизерной инертностью, без проблем работает на частотах вплоть до нескольких ГГц, тогда как конденсаторы "сваливаются" уже на 75-100 МГц.
- Быстрый доступ. SRAM — это действительно память *произвольного* доступа, доступ к любой ячейке памяти в любой момент занимает одно и то же время.
- Простая схемотехника — SRAM не требуются сложные [контроллеры](#).
- Возможны очень низкие частоты синхронизации, вплоть до полной остановки синхроимпульсов.

Недостатки:

- Высокое энергопотребление.
- Невысокая плотность записи. Для создания ячейки динамической памяти достаточно всего одного транзистора и одного конденсатора, то ячейка статической памяти состоит как минимум из четырех, а в среднем шести - восьми транзисторов
- Дороговизна килобайта памяти.

4.1.3 ОЗУ: день завтрашний

T-RAM

T-RAM (*Thyristor RAM*) — [тиристорная](#) память с произвольным доступом, новый вид [оперативной памяти](#), сочетающий в себе сильные стороны [DRAM](#) и [SRAM](#): высокую скорость работы и большой объём. Данная

технология использует ячейки памяти, основанные на [NDR](#), которые называются Thin-Capacitively-Coupled-Thyristor. T-RAM уходит от привычных дизайнов ячеек памяти: 1Т и 6Т, применяемых в DRAM и SRAM памяти. Благодаря этому, данная память является хорошо масштабируемой, и уже имеет плотность хранения данных в несколько раз превышающую её у SRAM памяти. В данный момент идёт разработка следующего поколения T-RAM памяти, которая, как планируется, будет сопоставима по плотности записи с DRAM. Предполагается, что данный тип памяти будет использован в новейших процессорах компании [AMD](#), производимых по нормам 32 и 22 нм.

Z-RAM

Z-RAM (zero-capacitor RAM) – новая разновидность DRAM-памяти, разрабатываемая компанией Innovative Silicon. В 2001 году группа инженеров компании Micron под управлением некоего г-на Pierre Fazan, американца швейцарского происхождения, боролась с рядом негативных эффектов свойственных входящим тогда в моду SOI-подложкам, кремниевым пластинам с изоляционной прослойкой (silicon-on-insulator). Одна из проблем использования SOI заключалась в том, что выполненные на таких пластинах транзисторы, при снижении управляющего питания, иногда давали спонтанный пробой канала исток-сток. Эффект этого пробоя, безусловно паразитный, получил название "плавающего тела" (floating body effect).

В процессе борьбы с негативным эффектом, как это часто случается, было найдено и полезное применение паразитному явлению. Эффект "плавающего тела", локализованный в слое кремния непосредственно под затвором транзистора, позволял удерживать в одном месте достаточное число электронов, благо изоляционная прослойка SOI-пластины препятствовала утечкам тока. Иными словами, "плавающее тело" стало своеобразным конденсатором сохраняющим заряд (бит данных) DRAM-ячейки. От настоящего конденсатора, таким образом, можно было отказаться, а значит –

вдвое повысить плотность DRAM-памяти. Причем, все это на традиционных техпроцессах и, не переходя на какие-то новые материалы. Кроме того, дальнейшее уменьшение масштаба ячейки DRAM уже всецело зависело только от размеров затвора транзистора.

Z-RAM отличается от традиционной памяти отсутствием конденсаторов для хранения информации. Запись и хранение данных в этой технологии основаны на так называемом эффекте “плавающего тела” (FB, floating body). Инженерам ISi удалось снизить напряжение питания Z-RAM до уровня ниже 1 В. Это самое низкое значение среди других технологий памяти с “плавающим телом”. Новое достижение позволило впервые сравнивать по этому показателю FB-память с традиционной DRAM-памятью. Второй прорыв состоит в реализации Z-RAM на основе объемного кремния с использованием структур трехмерных (неплоских) транзисторов, широко применяемых производителями DRAM-памяти. Это позволяет отказаться от использования субстратов SOI (кремний на изоляторе), которые являются более дорогими.

Обновленная технология Z-RAM была реализована в тестовой микросхеме компанией Hynix Semiconductor. Как отмечает ISi, этот чип наглядно продемонстрировал, что Z-RAM имеет все шансы заменить традиционную память и обладает более низкой себестоимостью по сравнению с любой DRAM-технологией при использовании техпроцесса с проектными нормами 40 нм и ниже. Z-RAM сравнима с DRAM по энергопотреблению и быстродействию.

Наука не стоит на месте: появляются новые технологии, новые материалы. Появляются все более производительные процессоры, и требования к производительности ЭВМ возрастают. В этих условиях требования к производительности памяти возрастают бешеными темпами. Даже по примерам, описанным в данной работе, можно удостовериться в этом: за 30 с небольшим лет технологии, применяемые для построения ОЗУ, прошли

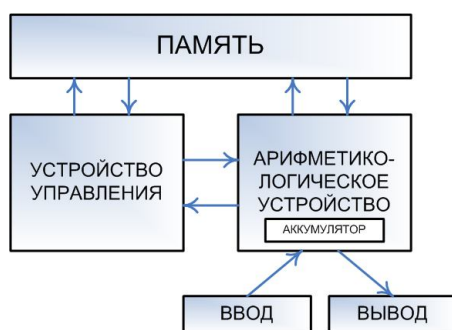
путь от сложных, ненадежных систем до высокотехнологичных решений низкой стоимости, с высокой степенью плотности элементов, с большим объемом.

Сложно представить, в каком направлении будет двигаться технологическая составляющая производства ОЗУ, но однозначно можно сказать, что до появления принципиально нового слова в архитектуре ЭВМ, будут решаться по-прежнему следующие задачи:

- Рост производительности операций чтения и записи
- Снижение энергопотребления
- Снижение стоимости конечного продукта
- Увеличение емкости
- Повышение надежности

4.2 История ВЗУ ЭВМ

В основе современных компьютеров заложена архитектура фон Неймана. В 1945 г. американский ученый Джон фон Нейман выдвинул идею использования внешних запоминающих устройств для хранения программ и данных. Нейман разработал структурную принципиальную схему компьютера. В общем случае, когда говорят об архитектуре фон Неймана, подразумевают физическое отделение процессорного модуля от устройств хранения программ и данных.



Внешняя память предназначена для долговременного хранения программ и данных. Устройства внешней памяти (накопители) являются энергонезависимыми, выключение питания не приводит к потере данных. Они могут быть встроены в системный блок или выполнены в виде самостоятельных блоков, связанных с системным через его порты. Важной характеристикой внешней памяти служит ее объем. Объем внешней памяти можно увеличивать, добавляя новые накопители. Не менее важными характеристиками внешней памяти являются время доступа к информации и скорость обмена информацией. Эти параметры зависят от устройства считывания информации и организации типа доступа к ней.

По типу доступа к информации устройства внешней памяти делятся на два класса: устройства прямого (произвольного) доступа и устройства последовательного доступа. При прямом (произвольном) доступе время доступа к информации не зависит от ее места расположения на носителе. При последовательном доступе время доступа зависит от местоположения информации.

Скорость обмена информацией зависит от скорости ее считывания и записи на носитель, что определяется, в свою очередь, скоростью вращения или перемещения этого носителя в устройстве.

Внешняя (долговременная) память - это место хранения данных, не используемых в данный момент в памяти компьютера.

Для того, чтобы полностью оценить новейшие разработки в области внешних запоминающих устройств необходимо знать, с чего все начиналось, т. е. Историю ВЗУ.

ВЗУ относят к устройствам ввода-вывода (по отношению к процессору). ВЗУ со сменными носителями информации могут использоваться для ввода информации в ЭВМ или для вывода результатов вычислений из ЭВМ так же, например, как перфоленточные и перфокарточные устройства ввода - вывода.

Однако по сравнению с этими устройствами ВЗУ считывают и записывают информацию с очень высокой скоростью, а также допускают многократную перезапись информации на одном и том же носителе. Указанные достоинства ВЗУ обусловили их широкое применение в вычислительной технике. Особое значение ВЗУ получили в ЭВМ третьего поколения.

Свойства внешней памяти:

- ВЗУ энергонезависима, целостность её содержимого не зависит от того, включен или выключен компьютер .
- В отличие от оперативной памяти, внешняя память не имеет прямой связи с процессором.

Рассмотрим основные типы внешних запоминающих устройств.

4.2.1 Накопители на магнитной ленте (стримеры)

Ленточный накопитель (стример) — запоминающее устройство на принципе магнитной записи на ленточном носителе, с последовательным доступом к данным, по принципу действия аналогичен бытовому магнитофону.

Основное назначение: запись и воспроизведение информации, архивация и резервное копирование данных.



Технология хранения данных на магнитной ленте в ходе развития вычислительной техники претерпела значительные изменения, и в разные периоды характеризовалась различными потребительскими свойствами. Использование современных стримеров имеет следующие отличительные черты.

Достоинства:

- большая ёмкость;
- низкая стоимость и широкие условия хранения информационного носителя;
- стабильность работы;
- надёжность;
- низкое энергопотребление у ленточной библиотеки большого объёма.

Недостатки:

- низкая скорость произвольного доступа к данным из-за последовательного доступа (лента должна прокрутиться к нужному месту);
- сравнительно высокая стоимость накопителя.

Магнитные ленты хранят и используют намотанными на катушки. В ЕС ЭВМ унифицированы катушки двух видов: подающие и принимающие. Ленты поставляются пользователям на подающих катушках и не требуют дополнительной перемотки при установке их в накопители. Лента на катушку наматывается рабочим слоем внутрь.

Магнитная лента была впервые использована для записи компьютерных данных в 1951 году в компании Eckert-Mauchly Computer Corporation на ЭВМ UNIVAC I. В качестве носителя использовалась тонкая полоска металла шириной 12,65 мм, состоящая из никелированной бронзы (называемая

Vicalloy). Плотность записи была 128 символов на дюйм (198 микрометров / символ) на восемь дорожек.

В ЭВМ, выпускавшихся до момента появления и широкого распространения жестких дисков, накопители на магнитной ленте (НМЛ), аналогичные стримерам, использовались как основной долговременный носитель информации. В дальнейшем, в мейнфреймах НМЛ стали использоваться в системах иерархического управления носителями для хранения редко используемых данных. Некоторое время они достаточно широко применялись в качестве съёмного ЗУ при переносе большого количества информации.

Широкое распространение ленточных накопителей было связано с большими ЭВМ и, в частности, мейнфреймами IBM. Начиная с представленного в 1964 году семейства IBM System/360, в фирме IBM был принят стандарт 9-дорожечной ленты с линейной записью, который впоследствии распространился также в системах других производителей и широко использовался до 1980-х годов. В СССР этот стандарт магнитных лент абсолютно доминировал, благодаря использованию ленточных накопителей семейства ЕС ЭВМ, в том числе и в составе компьютеров других архитектур.

В домашних персональных компьютерах 1970-х и начала 1980-х годов (вплоть до середины 1990-х) в качестве основного внешнего запоминающего устройства во многих случаях использовался обычный бытовой магнитофон или, изредка, специальные устройства на его основе с автоматическим управлением. Эта технология была недостаточно приспособлена для компьютерных нужд, зато была весьма дешёва и доступна для домашнего пользователя (так как сам аудиоманитофон у многих из них уже имелся).

В 1990-е годы для систем резервного копирования персональных компьютеров были популярны стандарты QIC-40 и QIC-80, использовавшие небольшие кассеты физической ёмкостью 40 и 80 Мбайт соответственно.

В настоящее время на рынке доминируют стримеры, соответствующие линейке стандартов LTO (Linear Tape-Open).

Представленный фирмой IBM стример LTO-5 TS2350 оснащён, помимо двух интерфейсов SAS, также интерфейсом Ethernet. Однако, в настоящее время (июнь 2010-го) этот интерфейс не может использоваться, он объявлен зарезервированным для будущих версий прошивок.

В настоящее время компаниями IBM Research и FujiFilm представлена технология, позволяющая записывать до 35 терабайт данных на ленточном картридже, сопоставимом по размерам с LTO. Открытым, однако, пока остаётся вопрос об обеспечении достаточной пропускной способности интерфейса подключения устройства и блоков самого устройства: современным устройствам LTO-5, ориентированным на подключение по интерфейсу 6 Гбит/с SAS с фактической пропускной способностью 140 Мбайт/с, потребовалось бы около 3 суток для записи 35 терабайт данных.

4.2.2 Накопитель на гибких магнитных дисках (НГМД - дисковод)

Накопитель на гибких магнитных дисках - устройство для хранения небольших объёмов информации, представляющее собой гибкий пластиковый диск в защитной оболочке. Наиболее распространены – «трехдюймовые дискеты». Дискета 3,5 имеет 2 рабочие поверхности, 80 дорожек на каждой стороне, 18 секторов на каждой дорожке (512 байт – каждый сектор).



Принцип записи на магнитных носителях основан на намагниченности отдельных участков магнитного слоя носителя. Информация записывается по концентрическим дорожкам (трекам), которые делятся на секторы. Количество дорожек и секторов зависит от типа и формата дискеты. Сектор хранит минимальную порцию информации, которая может быть записана на диск или считана. Емкость сектора постоянна и составляет 512 байтов.

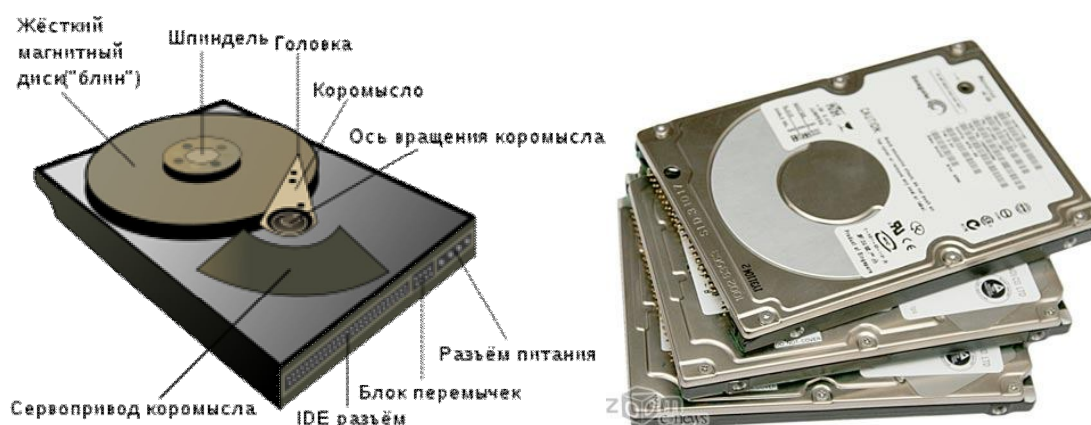
На сегодняшний день дискеты устарели, на смену им «пришли» более надежные, быстродействующие и более емкие носители – оптические диски и карты памяти

4.2.3 Накопитель на жестком магнитном диске (НЖМД - винчестер)

Накопитель на жёстких магнитных дисках (HDD – Hard Disk Drive, винчестер) - это запоминающее устройство большой ёмкости, в котором носителями информации являются круглые алюминиевые пластины, обе поверхности которых покрыты слоем магнитного материала. Используется для постоянного хранения информации - программ и данных. HDD обычно называют «винчестером» – так в свое время стали называть одну из первых моделей накопителя на жёстких магнитных дисках, которая имела обозначение «30/30» и этим напоминала маркировку известного оружия.

Возможно, также, что название происходит от места первоначальной разработки – филиала фирмы IBM в г. Винчестере (Великобритания), где впервые была применена технология создания винчестеров.

Накопитель информации на жестких магнитных дисках (HDD - Hard Disk Drive), он же "винчестер", условно состоит из герметичного блока и платы электроники. Герметичный блок заполнен обычным обеспыленным воздухом под атмосферным давлением, и в нем размещены все механические части. Кинематика жесткого диска состоит из одного или нескольких магнитных дисков, жестко закрепленных на шпинделе двигателя, и системы позиционирования магнитных головок. Магнитная головка находится на одной из сторон вращающегося магнитного диска и осуществляет чтение и запись данных с поверхности магнитных дисков, вращающихся со скоростью до 15 000 оборотов в минуту. Головки закреплены на специальных держателях и перемещаются системой позиционирования между центром и краем диска. Точное позиционирование магнитных головок осуществляется по записанной на диске сервоинформации. Считывая ее, система позиционирования определяет силу тока, которую нужно пропустить через катушку электромагнитного привода для удержания магнитной головки над требуемой дорожкой.



При включении питания процессор винчестера выполняет тестирование электроники, после чего выдает команду включения шпиндельного двигателя.

При достижении некоторой критической скорости вращения плотность увлекаемого поверхностями дисков воздуха становится достаточной для преодоления силы прижима головок к поверхности и поднятия их на высоту меньше микрона над поверхностями дисков. С этого момента и до снижения скорости ниже критической головки "парят" на воздушной подушке и совершенно не касаются поверхностей дисков. После достижения дисками скорости вращения, близкой к номинальной, головки выводятся из зоны парковки, и начинается поиск сервометок для точной стабилизации скорости вращения, после чего выполняется считывание микрокода и другой служебной информации с магнитной поверхности. В завершение инициализации выполняется тестирование системы позиционирования путем перебора заданной последовательности дорожек, и если оно проходит успешно, жесткий диск сообщает о готовности к работе. Для повышения надежности хранения информации микропрограмма жестких дисков отслеживает технологические параметры (SMART), доступные для считывания и анализа программой, которая уведомляет пользователя о надвигающемся сбое.

Поверхность диска рассматривается как последовательность точечных позиций, каждая из которых считается битом и может быть установлена в 0 или 1. Так как расположения точечных позиций определяется неточно, то для записи требуются заранее нанесенные метки, которые помогают записывающему устройству находить позиции записи. Процесс нанесения таких меток называется физическим форматированием и является обязательным перед первым использованием накопителя. Винчестеры имеют очень большую ёмкость: от сотен Мегабайт (самые старые) до десятков терабайт.

На каждой стороне каждой пластины размечены тонкие концентрические окружности (по ним располагаются синхронизирующие метки). Каждая концентрическая окружность называется дорожкой. Группы

дорожек (треков) одного радиуса, расположенных на поверхностях магнитных дисков, называются цилиндрами.

Номер цилиндра совпадает с номером образующей дорожки. HDD могут иметь по несколько десятков тысяч цилиндров.

Каждая дорожка разбивается на секторы. Сектор – наименьшая адресуемая единица обмена данными дискового устройства с оперативной памятью. Нумерация секторов начинается с 1. Для того чтобы контроллер диска мог найти на диске нужный сектор, необходимо задать ему все составляющие адреса сектора : номер цилиндра, номер поверхности, номер сектора ([c-h-s]).

Операционная система при работе с диском использует, как правило, собственную единицу дискового пространства, называемую кластером. Кластер (ячейка размещения данных) - объем дискового пространства, участвующий в единичной операции чтения/записи, осуществляемой операционной системой.

Так же винчестеры могут быть объединены в массив для совместной работы. (RAID-массив)

4.2.4 Накопители на оптических дисках (CD-ROM)

Накопители на оптических дисках разделяют на:

- CD-ROM - Compact Disk Read Only Memory, перезаписываемые лазерно-оптические диски или компакт-диски ПЗУ.
- CD-R - Compact Disk Recordable, компакт-диски с однократной записью (их иногда называют также CD-WORM – CD Write Once, Read Many и CD-WO - CD Write Once).

- CD-RW - CD Rewritable, компакт-диски перезаписываемые, с многократной записью (их раньше называли CD-E – CD Erasable – стираемые).
- DVD-ROM - Digital Versatile Disk Read Only Memory, неперезаписываемые цифровые универсальные диски.
- DVD-R - DVD Recordable, цифровые универсальные диски с однократной записью.
- DVD-RW - DVD Rewritable или DVD-RAM - DVD Read Access Memory, цифровые перезаписываемые универсальные диски.



Компакт-диск (англ. Compact Disc) — оптический носитель информации в виде пластикового диска с отверстием в центре, процесс записи и считывания информации которого осуществляется при помощи лазера. Дальнейшим развитием компакт-дисков стали DVD.

Изначально компакт-диск был создан для хранения аудиозаписей в цифровом виде (известен как CD-Audio), однако в дальнейшем стал широко использоваться как носитель для хранения любых данных (файлов) в двоичном виде (т. н. CD-ROM (англ. Compact Disc Read Only Memory, компакт-диск только с возможностью чтения), или КД-ПЗУ — «Компакт-диск, постоянное запоминающее устройство»). В дальнейшем появились компакт-

диски не только с возможностью чтения однократно занесённой на них информации, но и с возможностью их записи и перезаписи (CD-R, CD-RW).

Формат файлов на CD-ROM отличается от формата записи аудио-компакт-дисков и потому обычный проигрыватель аудио-компакт-дисков не может воспроизвести хранимую на них информацию, для этого требуется специальный привод (устройство) для чтения таких дисков (сейчас имеются практически в каждом компьютере).

Компакт-диск (CD-ROM) стал основным носителем для переноса информации между компьютерами (вытеснив с этой роли флоппи-диск). Сейчас он уступает эту роль более перспективным твердотельным носителям.

Компакт-диск был разработан в 1979 году компаниями Philips и Sony. На Philips разработали общий процесс производства, основываясь на своей более ранней технологии лазерных дисков. Sony, в свою очередь, использовала собственный метод кодирования сигнала PCM — Pulse Code Modulation, использовавшийся ранее в цифровых профессиональных магнитофонах. В 1982 году началось массовое производство компакт-дисков, на заводе в городе Лангенхагене под Ганновером, в Германии. Выпуск первого коммерческого музыкального CD был анонсирован 20 июня 1982 года. История гласит, что на нём был записан альбом «The Visitors» группы ABBA.[1]. Первым компакт диском, попавшим на прилавки музыкальных магазинов был альбом Билли Джоэла 1978 года под названием 52nd Street. Продажи этого альбома на CD начались в Японии 1 октября 1982 года.

По данным Philips, за 25 лет в мире было продано более 200 миллиардов CD. Несмотря на то, что всё больше людей предпочитают приобретать музыкальные файлы через интернет, по данным IFPI — продажи компакт-дисков до сих пор составляют около 70 % всех продаж музыки.

Значительный вклад в популяризацию компакт-дисков внесли Microsoft и Apple Computer. Джон Скалли, тогдашний CEO Apple Computer, в 1987 году

сказал, что компакт-диски произведут революцию в мире персональных компьютеров. Один из первых массовых мультимедийных компьютеров/развлекательных центров, использующих CD диски, была Amiga CDTV (Commodore Dynamic Total Vision), позже CD диски стали использовать в игровых приставках Panasonic 3DO и Amiga CD32.

Несмотря на то, что прошло совсем немного времени с момента создания компакт-дисков, это событие успело обрасти множеством легенд.

Употребление такого словосложения как «CD-диск» является тавтологией, потому что, аббревиатура CD (англ. Compact Disc) уже включает в себя слово «диск»: Компакт-диск-диск. Аналогично с DVD-диском (англ. Digital Versatile Disc): Цифровой универсальный диск.

Первый музыкальный альбом, выпущенный в формате компакт-диска — «52nd Street» Билли Джоэла

Существует версия о том, что компакт-диск изобрели вовсе не Philips и Sony, а американский физик Джеймс Рассел[5], работавший в компании Optical Recording. Уже в 1971 году он продемонстрировал своё изобретение для хранения данных. Делал он это для «личных» целей, желая предотвратить царапание своих виниловых пластинок иглами звукозаписывающих устройств. Спустя восемь лет подобное устройство было «независимо» изобретено компаниями Philips и Sony.

Очевидцы и участники переговоров о формате КД свидетельствуют, что в Philips и Sony до мая 1980 года не было единого мнения о внешнем диаметре диска. С точки зрения инженеров Sony был достаточен диаметр в 100 мм, поскольку он позволяет миниатюризировать портативный проигрыватель. От высшего руководства Philips исходила идея сделать диск не более диагонального размера стандартной аудиокассеты (115 мм), имевшей на рынке большой успех. Кроме того, в этом случае диск соответствует нормальным рядам линейных размеров системы DIN.

Вице-президент корпорации Sony Норио Ога, музыкант, в свою очередь полагал, что диск должен быть в состоянии вместить 9-ю симфонию Бетховена. В этом случае, по его мнению, на дисках можно будет распространять до 95 % классических произведений. Дальнейшие исследования показали, что, например, девятая симфония в исполнении берлинского филармонического оркестра под руководством Герберта фон Караяна имела продолжительность 66 минут. Наиболее продолжительным исполнением стала симфония под руководством Вильгельма Фуртвенглера, исполненная на байрейтском фестивале — 74 минуты. Это-де и послужило решающим аргументом при принятии решения о ёмкости диска[10][11].

«Как и в большинстве случаев, красивая история не имеет ничего общего с реальной жизнью. Эта история вышла из-под пера пиарщиков Philips», — считает бывший инженер Philips Кеес Схоухамер Имминк. Реальность же, по его мнению, была иной. Под Ганновером Philips уже подготовил производственную линию по выпуску компакт-дисков на заводе PolyGram. В минимальные сроки можно было запустить производство дисков размером 115 мм. Выпуск дисков размеров 120 мм требовал значительных затрат денег и времени, поскольку был связан с заменой оснастки. По мнению Имминка, Sony не захотела смириться ситуацией, что Philips получит преимущество по выходу на рынок.[12]

Как бы то ни было, в мае 1980 года росчерком пера высшего руководства фирм был установлен окончательный размер диска в 120 мм, ёмкость диска в 74 минут аудиозаписи и частота дискретизации в 44,1 кГц. Все прочие технические параметры пересчитывались, исходя из согласованных данных.

Накопители на оптических дисках (DVD)

DVD – Digital Versatile Disk, цифровой универсальный диск (иногда его называют Digital Video Disk, цифровой видеодиск). Физически DVD-диск – это тот же привычный диск диаметром 4,72 дюйма (существует стандарт также на 3,5 дюйма) и толщиной 0,05 дюйма. Так же как и компакт-диск, он почти не изнашивается со временем, не чувствителен к магнитному и инфракрасному излучениям.

Но в DVD используются однослойная и двухслойная, односторонняя и двухсторонняя уплотненная запись. Уплотнение записи данных на DVD было достигнуто путем уменьшения диаметра пишущего-читающего луча (зелено-голубой лазер) в два раза, при этом уменьшаются сами точки (питы), сокращается расстояние между соседними точками на дорожке и увеличивается количество дорожек. Только за счет повышения плотности записи удалось достичь более чем четырехкратного роста емкости.

Самый простой тип записываемого DVD – это DVD-R, который предусматривает однократную запись информации на носитель с последующим многократным чтением. Перезаписываемыми форматами DVD являются DVD-RAM и DVD-RW. Существуют и другие форматы перезаписываемых DVD-дисков: ASMO, MMVF и др.

Первые диски и проигрыватели DVD появились в ноябре 1996 года в Японии, и в марте 1997 года в США и СНГ.

В начале 1990-х годов разрабатывалось два стандарта для оптических информационных носителей высокой плотности. Один из них назывался Multimedia Compact Disc (MMCD) и разрабатывался компаниями Philips и Sony, второй — Super Disc — поддерживали 8 крупных корпораций, в числе которых были Toshiba и Time Warner. Позже усилия разработчиков стандартов были объединены под началом IBM, которая не хотела повторения войны форматов, как было со стандартами кассет VHS и Betamax в 1970-х.

Официально DVD был анонсирован в сентябре 1995 года, тогда же была опубликована первая версия спецификаций DVD. Изменения и дополнения в спецификации вносит организация DVD Forum (ранее называвшаяся DVD Consortium), членами которой являются 10 компаний-основателей и более 220 частных лиц. DVD является самой быстрорастущей категорией бытовой электроники в истории человечества.

Первый привод, поддерживающий запись DVD-R, выпущен Pioneer в октябре 1997 года. Стоимость этого привода, поддерживающего спецификацию DVD-R версии 1.0, составляла 17 000 долл. Чистые диски объёмом 3,95 ГБ стоили по 50 долл. США.

Изначально «DVD» расшифровывалось как «Digital Video Disc» (цифровой видеодиск), поскольку данный формат первоначально разрабатывался как замена видеокассетам. Позже, когда стало ясно, что носитель подходит и для хранения произвольной информации, многие стали расшифровывать DVD как Digital Versatile Disc (цифровой многоцелевой диск). Toshiba, заведующая официальным сайтом DVD Forum'a, использует «Digital Versatile Disc». К консенсусу не пришли до сих пор, поэтому сегодня «DVD» официально вообще никак не расшифровывается.

Накопители на оптических дисках (Blu ray)

Blu-ray Disc, BD (англ. blue ray — синий луч и disc — диск; написание blu вместо blue — намеренное) — формат оптического носителя, используемый для записи с повышенной плотностью и хранения цифровых данных, включая видео высокой чёткости. Стандарт Blu-ray был совместно разработан консорциумом BDA. Первый прототип нового носителя был представлен в октябре 2000 года. Современный вариант представлен на международной выставке потребительской электроники Consumer Electronics

Show (CES), которая прошла в январе 2006 года. Коммерческий запуск формата Blu-ray прошёл весной 2006 года.

Blu-ray (букв. «синий луч») получил своё название от использования для записи и чтения коротковолнового (405 нм) «синего» (технически сине-фиолетового) лазера. Буква «е» была намеренно исключена из слова «blue», чтобы получить возможность зарегистрировать товарный знак, так как выражение «blue ray» является часто используемым и не может быть зарегистрировано как товарный знак.

С момента появления формата в 2006 году и до начала 2008 года у Blu-ray существовал серьёзный конкурент — альтернативный формат HD DVD. В течение двух лет многие крупнейшие киностудии, которые изначально поддерживали HD DVD, постепенно перешли на Blu-ray. Warner Brothers, последняя компания, выпускавшая свою продукцию в обоих форматах, отказалась от использования HD DVD в январе 2008 года. 19 февраля того же года Toshiba, создатель формата, прекратила разработки в области HD DVD. Это событие положило конец так называемой второй «войне форматов».

Однослойный диск Blu-ray (BD) может хранить 23,3 ГиБ (25 ГБ), двухслойный диск может вместить 46,6 ГиБ (50 ГБ), трёхслойный диск может вместить 100 ГБ, четырёхслойный диск может вместить 128 ГБ. Ещё в конце 2008 года японская компания Pioneer демонстрировала 16-ти и 20-слойные диски на 400 и 500 ГБ, способные работать с тем же самым 405-нм лазером, что и обычные BD-плееры.

4.2.5 Flash накопители

Flash-память (англ. Flash-Memory) – разновидность твердотельной полупроводниковой энергонезависимой перезаписываемой памяти. Flash-память может быть прочитана сколько угодно раз, но писать в такую память

можно лишь ограниченное число раз (обычно около 10 тысяч раз). Несмотря на то, что такое ограничение есть, 10 тысяч циклов перезаписи это намного больше, чем способна выдержать дискета или CD-RW.



Flash память наиболее известна применением в USB Flash Drive.

Флэш-память широко используется в портативных устройствах, работающих на батарейках и аккумуляторах – цифровых фотокамерах и видеокамерах, цифровых диктофонах, MP3-плеерах, КПК, мобильных телефонах, а также смартфонах и коммуникаторах. Кроме того, она используется для хранения встроенного программного обеспечения в различных устройствах - контроллерах.

USB-флеш-накопитель (сленг. флешка, флэшка) — запоминающее устройство, использующее в качестве носителя флеш-память и подключаемое к компьютеру или иному считывающему устройству по интерфейсу USB.

USB-флешки обычно съёмные и перезаписываемые. Размер — около 5 см, вес — меньше 60 г. Получили большую популярность в 2000-е годы из-за компактности, лёгкости перезаписывания файлов и большого объёма памяти (от 32 МБ до 256 ГБ[1]). Основное назначение USB-накопителей — хранение, перенос и обмен данными, резервное копирование, загрузка операционных систем (LiveUSB) и др. Разработан уместающийся на флешку пакет программ для автоматического снятия улик с компьютера неквалифицированным полицейским (COFEE).

Обычно устройство имеет вытянутую форму и съёмный колпачок, прикрывающий разъём; иногда прилагается шнур для ношения на шее. Современные флешки могут иметь самые разные размеры и способы защиты разъёма, а также «нестандартный» внешний вид (армейский нож, часы и т. п.) и различные дополнительные возможности (например, проверку отпечатка пальца и т. п.).

Преимущества

- Малый вес, бесшумность работы и портативность.
- Все современные материнские платы персональных компьютеров имеют USB-разъёмы.
- Более устойчивы к механическим воздействиям (вибрации и ударам) по сравнению с НЖМД.
- Работоспособность в широком диапазоне температур.
- Высокая плотность записи (значительно выше, чем у CD или DVD).
- Отсутствие подвижных частей, что снижает их энергопотребление в 3—4 раза по сравнению с жёстким диском.
- Не подвержены воздействию царапин и пыли, которые были проблемой для оптических носителей и дискет.
- Разнообразный внешний вид.

Недостатки

- Ограниченное число циклов записи-стирания перед выходом из строя.
 - Способны хранить данные полностью автономно до 5 лет. Наиболее перспективные образцы — до 10 лет.
 - Скорость записи и чтения ограничены пропускной способностью USB
- [2]

- В отличие от дискет и компакт-дисков, имеют недостатки, свойственные любой электронике:
- чувствительны к электростатическому разряду — обычное явление в быту, особенно зимой;
- чувствительны к радиации.
- если на накопителе usb 2.0, а на материнской плате 1.0 или 1.1 то накопитель будет работать со скоростью 1.0 или 1.1 соответственно

Флеш-диски имеют самую разнообразную форму. Тем не менее, по стандарту символ USB могут нести только те из них, которые не загораживают соседний USB-порт.

Как мы видим, история развития ПЗУ ЭВМ пережила множество этапов — от громоздких и ленточных носителей до миниатюрных flash-накопителей на сотни терабайт информации. На данный момент чаще всего используются винчестеры, flash-накопители и оптические диск.

Но с развитием современных технологий мы вправе ожидать появления революционных изобретений, в разы увеличивающих скорость и объем внешних запоминающих устройств.

4.3 Эволюция устройств вывода информации из ЭВМ

Долгие годы электронные вычислительные машины развивались, пока не стали такими, какими мы привыкли их видеть. Основная задача компьютера — обработка информация, а значит надо эту информацию в него как-то ввести, а потом получить результат обработки. Поэтому одновременно с развитием ЭВМ развивались и устройства ввода — вывода.

Существует два типа устройств вывода: для вывода оперативной информации и для вывода конечного результата. Когда появлялись первые

компьютеры, для вывода оперативной информации чаще всего использовались светодиоды. Однако воспринимать информацию со светодиодов сложно, и они не дают полной картины, поэтому постепенно стали появляться и эволюционировать различные виды мониторов, дисплеев и проекторов. Также появлялись различные динамики для вывода звука, однако они редко применялись для вывода важной информации. Конечный результат также выводился на мониторы, однако чаще всего его нужно было хранить или переносить, поэтому он выводился на физические носители, такие как бумага, магнитные ленты, диски, и тому подобное. Чаще всего такие носители могли использоваться и для ввода.

В настоящее время в связи с развитием систем передачи и беспроводного соединения, физические носители практически вышли из употребления. Поэтому теперь в основном используются устройства вывода визуальной информации. Скорее всего, в будущем именно они будут повсеместно использоваться, но, несомненно, претерпят множество изменений.

4.3.1 Светодиоды

На ранних этапах развития ЭВМ для вывода информации использовали светодиоды. Светодиод или светоизлучающий диод - полупроводниковый прибор с электронно-дырочным переходом или контактом металл-полупроводник, создающий оптическое излучение при пропускании через него электрического тока. Излучаемый свет лежит в узком диапазоне спектра, его спектральные характеристики зависят в том числе от химического состава использованных в нём полупроводников.

Первое известное сообщение об излучении света твёрдотельным диодом было сделано в 1907 году британским экспериментатором Генри Раундом из Маркони Лабс.

В 1961 году Роберт Байард и Гари Питтман из компании Texas Instruments открыли и запатентовали технологию инфракрасного светодиода. Первый в мире практически применимый светодиод, работающий в световом (красном) диапазоне, разработал Ник Холоньяк в компании General Electric в 1962 году. Холоньяк, таким образом, считается «отцом современного светодиода». Его бывший студент, Джордж Крафорд, изобрёл первый в мире жёлтый светодиод и улучшил яркость красных и красно-оранжевых светодиодов в 10 раз в 1972 году. В 1976 году Т.Пирсол создал первый в мире высокоэффективный светодиод высокой яркости для телекоммуникационных применений, изобретя полупроводниковые материалы, специально адаптированные к передачам через оптические волокна. Светодиоды оставались чрезвычайно дорогими вплоть до 1968 года (около \$200 за штуку), их практическое применение было ограничено. Компания «Монсанто» была первой, организовавшей массовое производство светодиодов, работающих в диапазоне видимого света и применимых в индикаторах. Компании «Хьюллет-Паккард» удалось использовать светодиоды в своих ранних массовых карманных калькуляторах.

В компьютерах светодиоды используются как индикаторы — если есть сигнал — светодиод горит, если нету — то не горит. В старых ЭВМ они использовались и для вывода более подробной информации. Например, 8 расположенных рядом светодиодов обозначали один байт (каждый светодиод — отдельный бит), таким образом можно было узнать значения регистров и ячеек памяти.

Такой способ вывода информации имел ряд недостатков, самый очевидный — что оператору требовалось самому обрабатывать показания

индикаторов. Несмотря на это, светодиоды обладают высокой надежностью, потребляют мало электричества, являются экологичными. В наше время они являются и экономически выгодными — стоимость простейшего светодиода составляет не больше \$1.

В настоящее время светодиоды используются в основном для индикации базовых сигналов (индикация наличия питания и исправной работы устройства), а также в технике, не требующей сложной системы вывода информации. Это касается ЭВМ и периферии, светодиоды также используются как источники освещения, для передачи информации (н-р оптопара), а также в современных дисплеях и светодиодных кластерах.

4.3.2 Перфоленты

Одним из старейших устройств вывода является перфолента. Она представляет собой бумажную, нитроцеллюлозную или ацетилцеллюлозную ленту с отверстиями разного диаметра. В середине ленты идёт дорожка с более мелкой перфорацией, так называемая «транспортная дорожка». Она служит для перемещения ленты с помощью зубчатого колеса. Информация представлена в закодированном виде: отверстия в каждой строке расшифровываются, как какой - либо символ.

Первые перфоленты использовались с середины XIX века в телеграфии, отверстия в них располагались в 5 рядов, для передачи данных использовался код Бодо. Благодаря простоте устройств ввода/вывода, перфолента получила распространение в компьютерной технике. Поздние компьютерные перфоленты имели ширину 7 или 8 рядов и использовали для записи кодировку ASCII. Существовали ленты и с другим количеством рядов (даже с 2 рядами). Использовались в миникомпьютерах для ввода/вывода информации

и для управления станками с ЧПУ до середины 1980-х годов. Были вытеснены магнитными носителями информации.

Недостатком бумажных, наиболее массовых, перфолент по сравнению с перфокартами являлась низкая механическая прочность ленты и невозможность «ручного редактирования» текстовых файлов (добавлением или заменой перфокарт в колоде). К тому же из-за непрочности скорость вывода была очень низкой. Тем не менее, бобину перфоленты может быть удобнее хранить. Из-за всех этих недостатков перфолентам на смену пришли более прочные и удобные в обращении перфокарты.

Примером устройства, выводящего информацию на перфоленту, является ЕС 7022, которое было установлено на системе ЕС 1035. Устройство осуществляет вывод данных на 5- или 8-дорожечную перфоленту. При автоматическом преобразовании кода КОИ8 в код КОИ7 одновременно происходит пробивка отверстий на дорожке контрольных разрядов согласно условию дополнения числа отверстий в каждой строке до четного. Существует и другой режим работы, при котором вывод данных производится без преобразования кодов (режим копирования). В этом режиме контрольный разряд либо отсутствует, либо число отверстий для каждого перфорируемого символа дополняется до четного или нечетного числа. Одновременно с перфорацией строки кодовых отверстий перфорируется и отверстие для транспортного колеса, с помощью которого лента осуществляет пошаговое перемещение. Режим работы устройства определяется либо посредством команд, поступающих через канал, либо положением переключателя на пульте устройства.

4.3.3 Перфокарты

Перфокарта это карта, сделанная из тонкого картона. Она представляет информацию наличием или отсутствием отверстий в определённых позициях карты. Впервые перфокарты применил в своем ткацком станке Жаккард в 1804 г. Перфокарты были соединены друг с другом и, скорее, походили на широкую перфоленту больших размеров. Самым большим толчком к развитию перфокарт стала необходимость разработки материалов переписей, в первую очередь в США. Представительство штатов в Конгрессе по Конституции США ставится в зависимость от текущего населения штата, определяемого по переписям, проводимым раз в десять лет. Рост населения с почти 4 млн. человек в 1790 г . до 62 млн. в 1890 г. потребовал механизации процессов обработки. Результаты переписи в США 1880 г. обрабатывались 8 лет и подоспели только к началу следующей переписи. Первое изобретение Г.Холлерита состояло из устройства записи на широкую перфоленту, и в процессе эксплуатации выяснилось, что лента не очень удобна для поставленных целей вычисления статистики. Тогда и настал черед перфокарт.

Карты постепенно перешли к одному размеру, расположение и размер круглых пробивок было приведено к одному стандарту, который оставался единым для большинства машин, до тех пор, пока в 1928г. IBM не ввела новую карту с прямоугольными пробивками. Эти карты дожили до нашего времени. Также выяснилось, что производство карт гораздо более прибыльный бизнес, чем производство машин.

В 50-х годах, с появлением магнитных лент, перфокарты постепенно переставали использоваться как средство вывода, однако они хранятся до сих пор, поскольку на них записано много полезной информации.

Существовало два самых популярных способа считывать информацию с перфокарт: электромеханический и фотоэлектрический. При первом способе

Общеприняты двоичное и текстовое кодирование перфокарт. В двоичном режиме перфокарта рассматривается как двумерный битовый массив; допустимы любые комбинации пробивок, а в текстовом — каждая колонка обозначает один символ. Цифры, буквы и другие символы перфорируются на карте в 80 вертикальных колонок в соответствии с кодом, предложенным Холлеритом. Цифра кодируется одним отверстием в одной из горизонтальных нижних строк, буква — двумя отверстиями: одно расположено в так называемой числовой строке, другое — в одной из трех «зонных строк» в верхней части карты; другие символы кодируются двумя и более отверстиями. Пример кодов перфокарты:

256

Для вывода на перфокарты использовались такие устройства, как ЕС 7010. Перфорирующее устройство может осуществляться как после схемного преобразования кода ДКОИ в код КПК12, так и без него, непосредственно в коде ДКОИ. Режим перфорирующего устройства определяется кодом команды. Устройство имеет буферную память емкостью 256 байт, работающую асинхронно. После заполнения буферной памяти устройство отключается от канала и перфорация карт происходит независимо от работы процессора. Максимальное количество информации, которое соответствует такому заполнению, составляет 160 байт. Правильность выходной перфорации проверяется автоматически посредством последующего контрольного считывания перфокарт. Связь устройства с процессором осуществляется через мультиплексный или селекторный канал.

4.3.4 Магнитные ленты

Магнитная лента - запоминающее устройство на принципе магнитной записи на ленточном носителе, с последовательным доступом к данным. В отличие от описанных ранее устройств, магнитные ленты используются до сих пор благодаря большой емкости при невысоком энергопотреблении. К тому же они не требуют особых условий хранения, работают стабильно и надежно. Несмотря на невысокую скорость произвольного доступа к данным (из-за последовательного чтения данных), магнитные ленты эффективны и в наше время.

Магнитная лента была впервые использована для записи компьютерных данных в 1951 году в компании Eckert-Mauchly Computer Corporation на ЭВМ UNIVAC I. В качестве носителя использовалась тонкая полоска металла шириной 12,65 мм, состоящая из никелированной бронзы (называемая Vicalloy). Плотность записи была 128 символов на дюйм (198 микрометров /

символ) на восемь дорожек. Начиная с представленного в 1964 году семейства IBM System/360, в фирме IBM был принят стандарт 9-дорожечной ленты с линейной записью, который впоследствии распространился также в системах других производителей и широко использовался до 1980-х годов. В СССР этот стандарт магнитных лент абсолютно доминировал, благодаря использованию ленточных накопителей семейства ЕС ЭВМ, в том числе и в составе компьютеров других архитектур. Использовались устройства с плотностью записи 32, 63 и 243 бит/мм (800, 1600 и 6350 бит/дюйм), что соответствовало ёмкости одной стандартной катушки ленты, соответственно, 20, 40 и 140 Мбайт (в СССР устройства с плотностью 243 бит/мм не успели получить распространения). Наряду со стандартными катушками диаметром 267 мм (10.5 дюймов), содержащими 730 метров ленты, в ходу были также катушки уменьшенного диаметра 178 мм (7 дюймов), содержащие 183 метра ленты, но более компактные, помещавшиеся в обычную сумку.

Позже для хранения данных часто использовались обычные аудио – кассеты. В домашних персональных компьютерах 1970-х и начала 1980-х годов (вплоть до середины 1990-х) в качестве основного внешнего запоминающего устройства во многих случаях использовался обычный бытовой магнитофон или, изредка, специальные устройства на его основе с автоматическим управлением. Эта технология была недостаточно приспособлена для компьютерных нужд, зато была весьма дешёва и доступна для домашнего пользователя (так как сам аудио-магнитофон у многих из них уже имелся).

Позже появились кассеты формата DDS. Формат хранения данных DDS (Digital Data Storage) был разработан в 1989 году компаниями Hewlett-Packard и Sony на базе формата DAT (Digital Audio Tape, цифровая аудио-лента) разработанной компаниями Sony и Philips в середине 1980-х. По внешнему виду он напоминает уменьшенную в два раза аудиокассету, поскольку

представляет собой четырёхмиллиметровую магнитную ленту, заключённую в защитный пластиковый корпус размера 73 мм × 54 мм × 10,5 мм. Как подсказывает само название, запись на магнитную ленту производится цифровым, а не аналоговым способом. При этом используется 16-битная импульсно-кодовая модуляция (PCM) без сжатия, как у CD, а частота дискретизации может быть как больше, чем у CD (44,1 кГц), так и меньше, а именно: 48, 44,1 или 32 кГц. Это означает, что запись производится без потери качества исходного сигнала, в отличие от более поздних форматов DCC (Digital Compact Cassette) и MD (MiniDisc). Накопители DDS используют технику записи, аналогичную применяемой в DAT-аудиомагнитофонах и основанную как на перемещении носителя в горизонтальном направлении, так и головок чтения-записи — в вертикальном направлении.

В 1990-е годы для систем резервного копирования персональных компьютеров были популярны стандарты QIC-40 и QIC-80, использовавшие небольшие кассеты физической ёмкостью 40 и 80 Мбайт соответственно. Поддерживалось аппаратное сжатие данных. Накопители этих стандартов устанавливались в стандартный 5-дюймовый отсек и подключались к интерфейсу контроллера флоппи-дисков. В дальнейшем появилось большое количество сходных стандартов под торговыми марками QIC и Travan, определяющих носители ёмкостью до 10 Гбайт.

Технология DLT была представлена фирмой Quantum в начале 1990-х годов на основе более ранней технологии CompaTape для компьютеров VAX фирмы Digital Equipment Corporation, ленточное подразделение которой приобрела Quantum. Дальнейшим развитием DLT явилась технология Super DLT (SDLT).

Линейка стандартов CompaTape/DLT/SDLT определяет носители физической ёмкостью от 100 Мбайт до 800 Гбайт.

С 2007 года развитие стандарта SDLT фирмой Quantum прекращено в пользу LTO, но оборудование и носители записи ещё выпускаются.

Существует два базовых метода занесения информации на магнитную ленту в стримерах:

- 1) линейная магнитная запись;
- 2) наклонно-строчная магнитная запись.

Линейная магнитная запись

При использовании данного метода записи, данные записываются на ленту в виде нескольких параллельных дорожек. Лента имеет возможность двигаться в обоих направлениях. Считывающая головка во время чтения неподвижна, также как и записывающая во время записи. По достижении конца ленты считывающая/записывающая головка сдвигается на следующую дорожку, а лента начинает двигаться в противоположном направлении. Технология, по сути, аналогична бытовому аудио-магнитофону. Возможно применение нескольких головок, которые работают с несколькими дорожками одновременно (многодорожечный стример). В современных устройствах этот метод доминирует.

Наклонно-строчная магнитная запись («Helical Scan»)

Если используется данный метод, то блок головок записи-воспроизведения (БГЗВ) размещается на вращающемся барабане, мимо которого механизм протягивает ленту, при чтении и записи. Запись при этом ведётся в одном направлении. В зависимости от используемого формата записи лента проходит вокруг БВГ под некоторым углом, причём ось самого цилиндра БГЗВ также наклонена под небольшим углом к ленте. Лента при записи-чтении движется в одном направлении. Здесь применяется так

называемая металлопорошковая лента (metal-particle tape). Данный способ записи предполагает наличие коротких поперечных дорожек на поверхности ленты. Технология по сути аналогична бытовому видеомаягнитофону. Наклонно-строчный метод был изобретён, чтобы добиться более высокой плотности записи, чем при линейном методе, без необходимости уменьшения зазора в головках и увеличения скорости движения ленты (однако в настоящее время эти технические ограничения преодолены и в рамках линейного метода).

Одновременно со всеми этими устройствами вывода развивались и более привычные современному человеку приспособления, такие как принтеры и мониторы. Они чаще всего предоставляют информацию более оперативную и понятную для человека. Рассмотрим поподробнее различные виды данных устройств.

4.3.5 Принтеры

Принтер это печатающее устройство, предназначенное для вывода буквенно-цифровых и графических данных на бумагу или другой вид носителя (например, - прозрачную пленку).

По количеству цветов печати — на чёрно-белые (монохромные) и цветные. По принципу переноса изображения на носитель принтеры делятся на:

- литерные;
- матричные;
- лазерные (также светодиодные принтеры);
- струйные;
- сублимационные;

- термические;

Впервые принтер появился в 1953 году. Это был UNIPRINTER для ЭВМ UNIVAC 1 и представлял он собой обычную печатную машинку, присоединенную к компьютеру. UNIPRINTER был барабанным принтером. Действовал он так: позади листа бумаги находился ряд молоточков, управляемых электромагнитом. Перед листом находилась красящая лента, а перед лентой вращался барабан шириной во всю страницу (120 символов), на котором находилось соответственно 120 колец с алфавитом. Барабан вращался непрерывно, и когда нужная буква в нужном столбце оказывалась над бумагой, один из 120 молоточков ударял по ней. Таким образом, за один оборот барабана можно было напечатать всю строку, после чего бумага перемещалась вверх. Из-за вращения барабана и неточности ударов молоточков буквы зачастую оказывались чуть выше или ниже центра строки. В нашей стране барабанные принтеры получили название АЦПУ («алфавитно-цифровое печатающее устройство») и использовались вплоть до середины 80-х годов.

Почти одновременно с барабанными принтерами в Америке появились их родственники, еще более похожие на печатные машинки: лепестковые. Ключевой деталью здесь являлась металлическая «ромашка», на концы лепестков которой были нанесены рельефные буквы. «Ромашка» вращалась вокруг своей оси, молоточек бил по нужному лепестку. Если требовалось сменить шрифт или перейти на другой язык, «ромашку» меняли. (Представьте себе, как должен выглядеть набор «ромашек» для шрифта Unicode, который содержит 65 тысяч знаков!) Если текст нужно было напечатать другим цветом, просто меняли красящую ленту.

Первыми массовыми и по-настоящему персональными принтерами стали матричные. Они также применяют в печати красящую ленту, чем напоминают «ромашковый» механизм. Но вместо отлитых букв по ленте в

нужных сочетаниях бьют тонкие иголки, которые таким образом гравировуют необходимое изображение. Первой эту технологию использовала в 1964 году компания Seiko Epson при разработке механизма, печатающего точное время. Впоследствии точками стали выбивать не только цифры, но и буквы, а затем и графику. Первые матричные принтеры отличались невысокой скоростью печати и нереальной по нынешним меркам ценой (агрегат мог стоить более \$3000). Но технология печати не могла долго стоять на месте, и уже в 1978 году появился «народный» принтер Epson MX-80, который на долгие годы закрепил популярность матричной печати.

Следующим этапом было появления цветной печати, которую обеспечили струйные принтеры. Принцип струйной печати изобрел физик лорд Рейли еще в далеком XIX веке, на практике же технологию начали внедрять в лабораториях компании Siemens в 1948 году. До наших дней технология дошла в трех видах: пьезоэлектрическая печать (используется в принтерах компании Epson), метод газовых пузырей от Canon и оригинальная разработка под названием drop-on-demand от проникшей практически во все области печати компании Hewlett Packard. В 1976 году компания IBM выпустила первый черно-белый струйный принтер. Десять лет спустя Hewlett Packard начала «революцию цвета», выпустив первый СМΥК-принтер PaintJet. Относительная дешевизна принтеров и расходных материалов позволила уже к середине 90-х годов превратить цветную печать во вполне народное развлечение.

История успеха самой популярной и качественной на данный момент офисной печати началась с выхода в 1990 году принтера Hewlett Packard LaserJet II P. Первый лазерный принтер, конечно, был разработан намного раньше: в 1971 году компания Xerox создала его прототип на основе копировальных машин, которые, в свою очередь, использовали принцип

«электро-фотографического» переноса изображения, предложенный еще в 1938 году Честером Карлсоном.

Вообще говоря, все выпускаемые сегодня принтеры создаются на базе технологий, разработанных в 1970-е годы.

4.3.6 Мониторы

Монитор — универсальное устройство визуального отображения всех видов информации, состоящее из дисплея и устройств, предназначенных для вывода текстовой, графической и видео информации на дисплей.

Основные виды мониторов:

- ЭЛТ — на основе электронно-лучевой трубки (англ. *cathode ray tube, CRT*)
- ЖК — жидкокристаллические мониторы (англ. *liquid crystal display, LCD*)
- Плазменный — на основе плазменной панели
- Проектор — видеопроектор и экран, размещённые отдельно или объединённые в одном корпусе (как вариант — через зеркало или систему зеркал)
- OLED-монитор — на технологии OLED (англ. *organic light-emitting diode* — органический светоизлучающий диод)
- Виртуальный ретинальный монитор — технология устройств вывода, формирующая изображение непосредственно на сетчатке глаза.
- Лазерный — на основе лазерной панели (пока только внедряется в производство)

До пятидесятых годов компьютеры выводили информацию только на печатающие устройства. Интересно отметить, что достаточно часто компьютеры тех лет оснащались осциллографами, которые, использовались не для вывода информации, а всего лишь для проверки электронных цепей вычислительной машины. Впервые в 1950 году в Кембриджском университете

(Англия) электронно-лучевая трубка (ЭЛТ, или CRT, Cathode Ray Tube) осциллографа была использована для вывода графической информации. Примерно полтора года спустя английский ученый Кристофер Стретчи написал для компьютера «Марк 1» программу, игравшую в шашки и выводившую информацию на экран. Однако это были лишь отдельные примеры, не носившие серьезного системного характера.

Реальный прорыв в представлении графической информации на экране дисплея произошел в Америке в рамках военного проекта на базе компьютера «Вихрь». Данный компьютер использовался для фиксации информации о вторжении самолетов в воздушное пространство США. Первая демонстрация «Вихря» состоялась 20 апреля 1951 года — радиолокатор посылал информацию о положении самолета компьютеру, и тот передавал на экран положение самолета-цели, которая отображалась в виде движущейся точки. Это был первый крупный проект, в котором электронно-лучевая трубка использовалась для отображения графической информации.

Первые мониторы были векторными — в мониторах этого типа электронный пучок создает линии на экране, перемещаясь непосредственно от одного набора координат к другому. Соответственно нет необходимости разбивать в подобных мониторах экран на пиксели. Позднее появились мониторы с растровым сканированием. В мониторах подобного типа электронный пучок сканирует экран слева направо и сверху вниз, пробегая каждый раз всю поверхность экрана.

Следующей ступенькой развития мониторов явилось цветное изображение, для получения которого требуется уже не один, а три пучка, каждый из которых высвечивает определенные точки на поверхности дисплея. Со временем появились и другие технологии, которые позволили создавать более компактные и легкие экранные панели.

Сегодня, несмотря на обилие новых технологий, CRT-мониторы все еще остаются самыми распространенными и вовсе не торопятся уходить с рынка, напротив — они по-прежнему являются наиболее доступными по цене, размер их экранов постоянно растет, неуклонно совершенствуется качество изображения — при уменьшении габаритов и веса. Реальную конкуренцию мониторам на базе электронно-лучевых трубок пока могут составить только LCD-дисплеи.

4.4 Методы ускорения арифметических действий

Арифметическое устройство (АУ), одно из основных устройств электронной цифровой вычислительной машины (ЦВМ), в котором непосредственно выполняются арифметические и логические операции над числами. Выполнение любой арифметической или логической операции в АУ сводится по существу к последовательному выполнению ряда элементарных операций или микроопераций: установка в «нуль» любых разрядов блоков АУ, приём кода числа или отдельного разряда, выдача кода, получение инверсной (обратной) величины кода числа, сложение кодов, сдвиг кода в сторону младших или старших разрядов числа и т.д.

К арифметическим операциям относятся сложение, вычитание, умножение, деление и извлечение корня. Последние два действия, а также возведение в степень, определение логарифмов, тригонометрических функций и т.п. часто выполняются по стандартным подпрограммам. Основная операция ЦВМ — сложение, к которому сводятся все арифметические операции. Например, вычитание числа В из числа А заменяется сложением с помощью соотношения $A - B = A + (-B)$, в котором оба числа могут быть представлены прямым, обратным или дополнительным кодом (см. Код в вычислительной технике); умножение сводится к многократному суммированию множимого;

деление — к последовательному нахождению цифр частного с помощью сложения и вычитания.

АУ в составе ЦВМ связано с запоминающим устройством (ЗУ) и центральным устройством управления (см. Управляющее устройство). Из ЗУ поступают исходные числа, по команде центрального устройства управления («сложить», «вычесть», «умножить» и т.д.) АУ производит соответствующие операции, результаты операций передаются снова в ЗУ, а сигналы окончания операции, признаки переполнения разрядной сетки и др., при необходимости, — в центральное устройство управления.

Основные характеристики и состав АУ зависят от принятой системы счисления, разрядности чисел, требуемого быстродействия, алгоритмов выполнения операций и их ускорения, формы представления чисел и типа применяемых схем и связей между ними (потенциальные, импульсные или импульсно-потенциальные).

АУ обычно состоит из нескольких регистров для кратковременного хранения чисел, сумматоров, логических цепей для выполнения элементарных операций над числами и местного устройства управления, воспринимающего команду на выполнение операции от центр. устройства управления машины и отрабатывающего необходимую последовательность частных команд.

В зависимости от применяемого способа суммирования чисел различают АУ последовательного, параллельного и последовательно-параллельного действия. В АУ последовательного действия суммирование двух чисел выполняется одnorазрядным сумматором, через который последовательно, начиная от младших, проходят все разряды слагаемых. В АУ параллельного действия все разряды каждого из слагаемых передаются в сумматор одновременно, количество разрядов сумматора соответствует количеству разрядов в слагаемых. АУ последовательно-параллельного действия — промежуточная форма. Регистры параллельного АУ строятся из триггеров или

аналогичных элементов и обеспечивают одновременный доступ ко всем разрядам числа. В АУ последовательного действия в качестве регистров используются также линии задержки, которые, если необходимо, замыкаются в кольцо через усилители и логические цепи рециркуляции. В элементах и схемах АУ используются электронные лампы (в ранних образцах), транзисторы, полупроводниковые диоды, ферриттранзисторные ячейки и ферритдиодные ячейки. В АУ с микропрограммным управлением в составе местного устройства управления применяют также ферритовые матрицы для хранения микропрограмм операций.

Общие требования к элементам схем АУ — высокая надёжность, взаимозаменяемость однотипных элементов, технологичность, повторяемость основных характеристик в производстве. В зависимости от способа кодирования чисел АУ строятся для операций в двоичной или десятичной, реже — в троичной или какой-либо другой системе счисления, с различным количеством разрядов, с числами, представленными с фиксированной или с плавающей запятой, или с теми и с другими.

Методы ускорения выполнения операций применяются либо к элементарным операциям (частям полных), либо к полным операциям АУ. Особенно эффективно ускорение элементарной операции суммирования, поскольку она входит существенной частью в алгебраическое сложение-вычитание, умножение, деление и др. В последовательных АУ ускорение суммирования достигается переходом к последовательно-параллельным схемам; в параллельных — применением схем, использующих статистический характер переносов, схем «с мгновенным переносом» и т.д. Наиболее разработаны методы ускорения умножения. В последовательных устройствах они основаны большей частью на введении дополнит. сумматоров, позволяющих одновременно суммировать несколько частичных произведений; в пределе наличие n сумматоров последовательного типа (или

$n/2$ сумматоров и логических схем) даёт возможность выполнить умножение за $2n$ тактов. В параллельных АУ применяются методы ускорения умножения логические и аппаратные 1-го и 2-го порядка. Логические методы основываются на преобразовании множителя; увеличение аппаратуры при их использовании касается только местного устройства управления и не зависит от количества разрядов в перемножаемых числах; теоретический и практический предел возможностей логических методов — уменьшение среднего количества суммирований при выполнении одного умножения до $1/3$ на каждый двоичный разряд множителя. Аппаратные методы 1-го порядка основываются на введении дополнительных сумматоров, дополнительных цепей запоминания переносов или замене цепей сдвига цепями умножения и деления на особые множители; количество дополнительного оборудования пропорционально количеству разрядов; количество тактов суммирования в процессе умножения теоретически может быть уменьшено до одного (независимо от количества разрядов множителя), но практически этот предел не достигается. Аппаратные методы 2-го порядка основываются на построении пирамид сумматоров; количество оборудования пропорционально квадрату количества разрядов, время умножения — 2—3 такта суммирования. Аналогичные методы разрабатываются для ускорения операции деления.

Основные тенденции в развитии АУ связаны с применением микроэлектроники. Поэтому используются матричные схемы для прямого суммирования и умножения десятичных цифр, сверхпараллельные и параллельно-параллельные сумматоры, аппаратные методы 2-го порядка для ускорения умножения и деления, т. е. построения с большим количеством повторяющихся элементов и систематическими связями между ними. Разрабатываются также новые способы кодирования чисел, упрощающие выполнение операций, новые методы ускорения операций, аппаратного контроля и исправления ошибок. При этом ставятся задачи повышения

быстродействия, уменьшения габаритов, стоимости, потребляемой мощности, увеличения надёжности.

Методы ускорения умножения принято делить [8, 11] на аппаратные и логические. Как те, так и другие требуют дополнительных затрат оборудования. При использовании аппаратных методов дополнительные затраты оборудования прямо пропорциональны числу разрядов в операндах. Эти методы вызывают усложнение схемы операционного автомата АЛУ.

Дополнительные затраты оборудования при реализации логических методов ускорения умножения не зависят от разрядности операндов. Усложняется в основном схема управления АЛУ. В ЭВМ для ускорения умножения часто используются комбинации этих методов.

К аппаратным методам ускорения умножения относятся ускорение выполнения операций сложения и сдвига, введение дополнительных цепей сдвига, позволяющих за один такт производить сдвиг информации в регистрах сразу на несколько разрядов, совмещение во времени операций сложения и сдвига, построение комбинационных схем множительных устройств, реализующих "табличное" и "матричное" умножение.

Здесь частичные произведения формируются на схемах n -разрядных конъюнкторов одновременно и подаются на входы n -входового сумматора, причем в сумматоре за счет соответствующей коммутации цепей осуществляются сдвиги частичных произведений (как при выполнении умножения на бумаге "в столбик"). На выходе сумматора получается $2n$ -разрядное произведение.

Метод табличного умножения позволяет получить произведение за один такт при условии, что вся таблица умножения (результаты умножения всевозможных пар n -разрядных сомножителей!) будет размещена в памяти. Очевидно, для этого понадобится запоминающее устройство объемом 2^{2n} $2n$ -разрядных слов (точно таким же способом можно выполнять и другие

"длинные" операции — деление, вычисление функций). Так, для организации 8-разрядного умножителя потребуется память объемом $2^{16} \times 16$ бит = 128 Кбайт, что для современного уровня развития интегральной технологии не кажется чрезмерным.

Однако для 16-разрядного АЛУ умножитель "потянет" уже на $2^{32} \times 32$ бит = 16 Гбайт! Что касается современных 32-разрядных процессоров, то к расчету потребности в памяти для таких умножителей даже страшно приступать.

4.4.1 Методы ускорения операции умножения

Любое ускорение операции умножения даже ценой усложнения арифметических и логических схем позволяет существенно повысить производительность ЭВМ, т.к. примерно 70% машинного времени затрачивается на выполнение этой операции.

Известны способы ускорения умножения, направленные на сокращение общего количества и времени выполнения операций сложения, необходимых для образования произведения. Эти способы делятся на логические и аппаратные.

Под аппаратными понимают такие способы, которые требуют для своей реализации введения дополнительного оборудования в основные арифметические цепи, благодаря чему достигается совмещение во времени отдельных составных частей процесса умножения. Они подразделяются на способы 1-го и 2-го порядков. Для реализации способов 1-го порядка необходимо количество оборудования, пропорциональное числу разрядов машинного слова n . Для реализации способов 2-го порядка требуется объем оборудования, пропорциональный n^2 .

Под логическими понимают такие способы ускорения, при реализации

которых сохраняется основная структура арифметических цепей умножителя, а ускорение достигается только за счет усложнения схемы управления.

Простейшим логическим способом является пропуск тактов суммирования в тех случаях, когда очередная цифра множителя равна 0.

В среднем, количество сложений при этом сокращается вдвое.

Можно сократить и среднее и максимальное количество суммирований при использовании как прямых, так и инверсных передач множимого в сумматор. Здесь учитывается то обстоятельство, что время умножения значительно сокращается, если при наличии в разрядах множителя нескольких нулей подряд производить его сдвиг сразу на несколько разрядов. Для этого видоизменяют код множителя с целью представления его с меньшим количеством разрядов, содержащих единицу. Например, группу единиц в множителе 011...110 можно преобразовать в группу $100...0\bar{1}0$, т.е. перейти к системе с цифрами 1, 0, $\bar{1}$.

Таким образом, в основе способа лежит представление числа как совокупности следующих последовательностей: нулей, единиц, нулей с изолированными единицами, единиц с изолированными нулями. При этом: два или более соседних нулей или соседних единиц рассматриваются как последовательность. Например, если умножение начинается с младших разрядов и множитель содержит последовательность единиц, то производится вычитание множимого с соответствующим (младшим) весом, а затем сдвиг через все эти единицы.

Сдвиг через последовательность единиц прекращается на первом нуле. Если сразу за этим нулем расположена единица, то множимое вычитается и выполняется сдвиг через последовательность единиц. Если за этим нулем непосредственно следует второй нуль, то множимое прибавляется, а затем выполняется сдвиг через последовательность нулей, который прекращается на первой единице.

Если за этой единицей следует ноль, то множимое прибавляется и производится сдвиг через последовательность нулей. Если за этой единицей непосредственно следует вторая единица, то производится вычитание множимого с соответствующим весом данного разряда, а затем выполняется сдвиг через последовательность единиц. Если в старшем разряде множителя стоит 1, входящая в последовательность единиц, то сдвиг необходимо продолжать до первого нуля после старшего разряда множителя.

Следует отметить, что при умножении со старших разрядов применяются несколько другие правила определения оптимального множителя. И в том и в другом случае в среднем на каждую операцию сложения выполняется сдвиг на 2,9 разряда, если схема рассчитана на сдвиг не более, чем на 6 разрядов одновременно.

В пределе среднее число сложений-вычитаний, приходящееся на один разряд множителя, равно 3^{-1} . Это наилучший результат, которого можно достичь при использовании логических методов.

Таким образом, переход от одной разновидности двоичной системы счисления к другой при преобразовании множителя позволяет получить выигрыш во времени выполнения операции в целом. При этом возникают определенной длины последовательности 0 или 1, что, в конечном счете, приводит к необходимости одновременного анализа нескольких разрядов множителя и сдвига на произвольное число разрядов.

Одновременное умножение на два разряда.

Количество циклов, необходимых для реализации в ЭВМ операции умножения, можно сократить, если в каждом цикле анализировать не один, а два или более разрядов множителя, выполняя после анализа одну передачу множимого в сумматор и сдвиг множителя на соответствующее число, т.е. два или более, разрядов. Для организации ускоренного умножения множитель можно разбить на группы по два разряда и преобразовать его таким образом,

чтобы каждая группа содержала не более одной единицы, понимая под последней 1 или $\bar{1}$.

Для младшей пары разрядов при умножении с младших разрядов возможны следующие комбинации единиц и нулей в разрядах: 00, 01, 10 и 11.

Для первой комбинации не производится ни сложение, ни вычитание, для второй - суммирование множимого, для третьей - суммирование сдвинутого на 1 разряд влево множимого, т.е. умноженного на два, а для четвертой - вместо двух сложений при умножении без ускорения выполняется одно вычитание множимого и одно сложение после сдвига множимого на 2 разряда, т.е. пара разрядов множителя преобразуется к виду $10\bar{1}$. Поскольку сложение после сдвига приходится на умножение на следующую пару разрядов, то вместо того, чтобы его выполнять добавляют единицу в следующую за данной пару разрядов. С учетом этого действия при умножении выполняются в соответствии с таблицей 2.

Описанная процедура повторяется для всех пар разрядов множителя, а также для одной пары разрядов левее запятой, т.к. может оказаться необходимым добавить к ней (к ее нулям) единицу.

Таблица 2

Анализируем ая пара разрядов	Перенос из предыдущей пары разрядов	Преобразованная пара разрядов	Примечание
00	0	00	
01	0	01	
10	0	10	Предварительный сдвиг множимого
11	0	01	Запоминается 1 для следующей пары разрядов
00	1	01	
01	1	10	Предварительный сдвиг множимого
10	1	01	Запоминается 1 для следующей пары
11	1	10	разрядов

Следует отметить, что в общем случае при умножении на 2 разряда множителя двух знаковых разрядов в сумматоре недостаточно. Здесь возможны случаи при $A \rightarrow 1$, когда даже во втором знаковом разряде появляется единица переполнения, т.е. будет искажен знак частного произведения. Следовательно, при данном способе умножения сумматор должен иметь три знаковых разряда.

Следует отметить, что объем оборудования АУ при умножении на 2 разряда увеличивается незначительно по сравнению с АУ, работающим без ускорения.

Одновременное умножение на три и более разряда, для реализации

которого применим подобный способ ускорения, используется реже, так как при этом увеличивается количество требуемых типов передач. Это приводит к значительному усложнению схем, реализующих умножение.

Матричный метод умножения

Когда множимое и множитель расположены в регистрах машины, нетрудно образовать сразу все частичные произведения. Следовательно, при наличии дополнительных сумматоров можно складывать сразу несколько частичных произведений, а в предельном случае и все. В этом случае формирование произведения можно себе представить как спуск по дереву сумматоров от слагаемых к их общей сумме. Время спуска по дереву будет зависеть от его организации и типа применяемых сумматоров.

Рассмотрим схему умножения на примере двух четырехразрядных чисел:

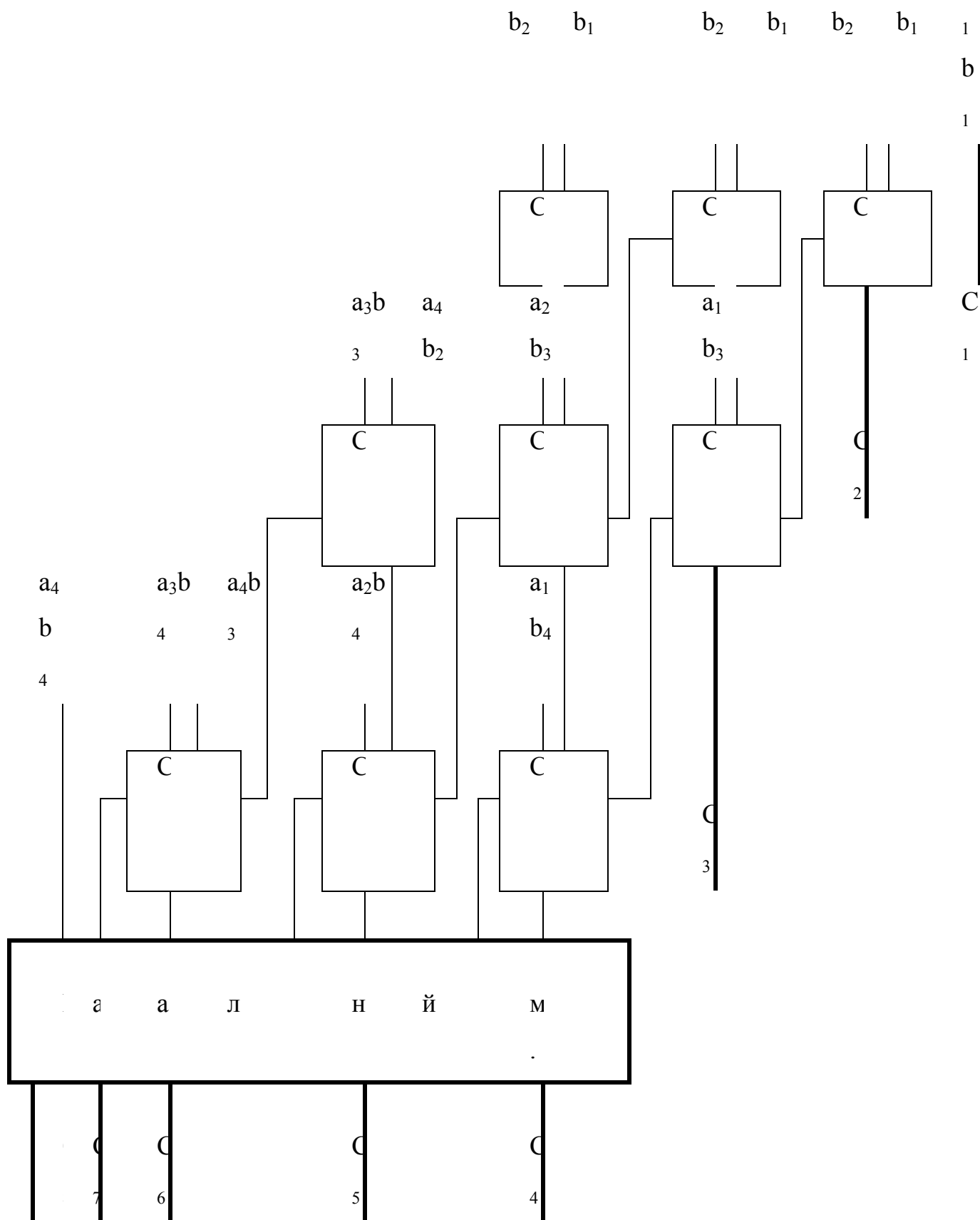


Схема устройства для реализации матричного метода

Элементы, составляющие каждый i -й столбец матрицы, просуммируем с помощью обычных трехходовых двоичных сумматоров. Значения переносов с этих сумматоров должны быть слагаемыми для $(i+1)$ -го столбца. Это приведет к тому, что в каждом $(i+1)$ -м столбце появление слагаемых будет происходить с запаздыванием по времени относительно i -го столбца.

Схема устройства для реализации этого дерева спуска, которое представляет собой одну из разновидностей матричного алгоритма умножения, представлена на рис. 1.

Для одноразрядных сумматоров время образования суммы больше, чем время образования переноса τ_n , поэтому наибольшее время спуска по дереву данного вида есть $T_{\text{уск}} = (n-1)(\tau_{\text{сми}} + \tau_n)$; если только все конъюнкции вида $a_i b_j$ поступают на дерево спуска одновременно. Это время складывается из спуска по самой длинной вертикали, а затем последовательного распространения переноса через сумматоры нижнего ряда вплоть до самого левого. Рассмотренная структура дерева спуска не единственная. Время спуска можно еще уменьшить, преобразовав дерево спуска.

4.4.2 Выполнение операции деления в ЭВМ

Операция деления встречается сравнительно редко ($P=0,02$), однако, реализация ее по подпрограмме занимает достаточно большое время. Поэтому в большинстве современных ЭВМ деление реализуется специальными операционными блоками.

Деление в ЭВМ, также как и умножение, проще всего выполняется в прямом коде. Но в отличие от умножения дробных чисел, где не может возникнуть переполнение разрядной сетки, при делении правильных дробей такое переполнение возможно в случае, когда делимое больше делителя.

Признаком переполнения является появление целой части в частном, что грубо искажает результат.

Способы ускоренного деления

Необходимость ускорения деления следует из наличия весьма эффективных методов ускорения умножения. Способы ускоренного деления делятся на две группы: для первой группы в каждом цикле формируется одна или несколько цифр частного и новый остаток; вторая группа предполагает выполнение деления через умножение или с использованием другой процедуры.

Суть одного из способов ускоренного деления первой группы состоит в том, что в частное можно записать сразу последовательность одинаковых цифр (нулей или единиц), если в результате очередного шага деления получен остаток по абсолютной величине либо достаточно малый, либо близкий к делителю. В первом случае, если остаток имеет k нулевых старших разрядов, то для определения очередных цифр частного нет нужды вычитать делитель k раз из остатка. Необходимо в k очередных разрядов частного сразу записать нули, сдвинуть остаток на k разрядов влево, прибавить к нему алгебраически делитель и продолжить операцию деления.

Во втором случае нужно вначале произвести вычитание делителя из остатка, затем разность сдвинуть на k разрядов влево, после чего к полученному числу прибавить делитель. При этом в частное записывается k единиц.

4.5 Эволюция языков программирования

Бурное развитие информационных технологий повлекло за собой создание множества искусственных языков, ориентированных на решение проблемы общения человека с компьютером. Часто проводят ассоциации компьютера с человеком. При этом под органами восприятия информации из внешнего мира понимают клавиатуру, мышь, накопители на магнитных дисках. Органами, "переваривающими" полученную информацию, являются центральный процессор и оперативная память. У компьютера находят и органы речи, выдающие результаты переработки.

Современным компьютерам, конечно, далеко до человека. Их можно сравнить с существами, взаимодействующими с внешним миром на уровне ограниченного набора безусловных рефлексов. Этот набор рефлексов образует систему машинных команд. На каком бы высоком уровне мы ни общались с компьютером, в конечном итоге все сводится к скучной и однообразной последовательности машинных команд. Каждая такая команда является своего рода раздражителем для возбуждения того или иного безусловного рефлекса. Реакция на этот раздражитель всегда однозначная и "защита" в блоке микрокоманд в виде микропрограммы. Эта микропрограмма и реализует действия по реализации машинной команды, но уже на уровне сигналов, подаваемых на те или иные логические схемы компьютера, тем самым, управляя различными подсистемами компьютера.

В этом состоит так называемый принцип микропрограммного управления. Продолжая аналогию с человеком, отмечают, что для правильного питания компьютера придумано множество операционных систем, компиляторов сотен языков программирования. Но все они являются по сути лишь блюдом, на котором по определенным правилам доставляется

пища (программы) желудку (компьютеру). Только желудок компьютера любит диетическую, однообразную пищу - подавай ему информацию структурированную, в виде строго организованных последовательностей нулей и единиц, комбинации которых составляют машинный язык. Таким образом, внешне являясь полиглотом, компьютер понимает только один язык - язык машинных команд.

Язык программирования - это специальный язык, на котором пишут команды для управления компьютером. Языки программирования созданы для того, чтобы людям было проще читать и писать для компьютера, но они затем должны транслироваться (транслятором или интерпретатором) в машинный код, который только и может исполняться компьютером. Языки программирования можно разделить на языки высокого уровня и языки низкого уровня.

Язык низкого уровня - это язык программирования, предназначенный для определенного типа компьютера и отражающий его внутренний машинный код; языки низкого уровня часто называют машинно-ориентированными языками.

Языком с низким уровнем является язык ассемблера, он просто представляет каждую команду машинного кода с помощью символьных условных обозначений, называемых мнемониками. Однозначное преобразование одной машинной инструкции в одну команду ассемблера называется транслитерацией. Так как наборы инструкций для каждой модели процессора отличаются, конкретной архитектуре соответствует свой язык ассемблера, и написанная на нем программа может быть использована только в этой среде.

С помощью языков низкого уровня создаются очень эффективные и компактные программы, так как разработчики получают доступ ко всем возможностям процессора. С другой стороны, при этом требуется очень

хорошо понимать устройство компьютера, затрудняется отладка больших приложений, а результирующая программа не может быть перенесена на компьютер с другим типом процессора. Подобные языки обычно применяют для написания небольших системных приложений, драйверов устройств, модулей стыковки и нестандартным оборудованьям, когда важнейшими требованиями становятся компактность, быстродействие и возможность прямого доступа к аппаратным ресурсам. В некоторых областях, например, в машинной графике, на языке ассемблера пишутся библиотеки, эффективно реализующие требующие интенсивных вычислений алгоритмы обработки изображений.

Язык высокого уровня - это язык программирования, предназначенный для удовлетворения требований программиста; он не зависит от внутренних машинных кодов компьютера любого типа. Языки высокого уровня используют для решения проблем и поэтому их часто называют проблемно-ориентированными языками. Каждая команда языка высокого уровня эквивалентна нескольким командам в машинных кодах, поэтому программы, написанные на языках высокого уровня, более компактны, чем аналогичные программы в машинных кодах.

4.5.1 Исторический обзор языков программирования

Языки низкого уровня

В 1830-е годы математик Чарльз Беббидж загорелся великолепной и (по тем временам) абсолютно сумасшедшей идеей построения "думающей" машины. Он решился на постройку полностью автоматического счетного устройства. Эта машина должна была выполнять одно сложение в секунду и работать без участия человека.

Наверное, первым языком программирования нужно считать **язык программирования для машины Беббиджа**. Он предполагал, что его машина будет складывать и вычитать за одну секунду, умножать два пятидесятизначных числа за минуту, делить стозначное на пятидесятизначное тоже за минуту. Но он так и не достроил машину из-за нехватки средств (к тому времени вся машина целиком занимала огромную комнату) и рабочих. Своих денег Беббиджу не хватило, а никто другой не соглашался ему помочь, потому что никто не верил в эту затею с автоматической машиной. Ее даже называли "чужаком Беббиджа". А первым программистом стала дочь лорда Байрона – Ада Лавлейс. Она помогала ему составлять программы для этой "чудо-машины".

Если вспомнить самые первые компьютеры и программы для них, то перед нами предстает эра программирования непосредственно в машинных кодах, а основным носителем информации в тот период были перфокарты и перфоленты. Программисты обязаны были знать архитектуру машины досконально. Программы были достаточно простыми, что обуславливалось, во-первых, весьма ограниченными возможностями этих машин, и, во-вторых, большой сложностью разработки и, главное, отладки программ непосредственно на машинном языке. Вместе с тем такой способ разработки давал программисту просто невероятную власть над системой. Становилось возможным использование таких хитроумных алгоритмов и способов организации программ, какие и не снились современным разработчикам. Например, могла применяться (и применялась!) такая возможность, как самомодифицирующийся код. Знание двоичного представления команд позволяло иногда не хранить некоторые данные отдельно, а встраивать их в код как команды.

Первым значительным шагом представляется переход к языку **ассемблера**. Не очень заметный, казалось бы, шаг - переход к символическому

кодированию машинных команд - имел на самом деле огромное значение. Программисту не надо было больше вникать в хитроумные способы кодирования команд на аппаратном уровне. Более того, зачастую одинаковые по сути команды кодировались совершенно различным образом в зависимости от своих параметров (широко известный пример из мира современных компьютеров - это кодирование инструкции `mov` в процессорах Intel: существует несколько совершенно по-разному кодируемых вариантов команды; выбор того или иного варианта зависит от операндов, хотя суть выполняемой операции неизменна: поместить содержимое (или значение) второго операнда в первый). Появилась также возможность использования макросов и меток, что также упрощало создание, модификацию и отладку программ. Появилось даже некое подобие переносимости — существовала возможность разработки целого семейства машин со сходной системой команд и некоего общего ассемблера для них, при этом не было нужды обеспечивать двоичную совместимость.

Вместе с тем, переход к новому языку таил в себе и некоторые отрицательные (по крайней мере, на первый взгляд) стороны. Становилось почти невозможным использование всяческих хитроумных приемов сродни тем, что упомянуты выше. Кроме того, здесь впервые в истории развития программирования появились два представления программы: в исходных текстах и в откомпилированном виде. Сначала, пока ассемблеры только транслировали мнемоники в машинные коды, одно легко переводилось в другое и обратно, но затем, по мере появления таких возможностей, как метки и макросы, дизассемблирование становилось все более и более трудным делом. К концу ассемблерной эры возможность автоматической трансляции в обе стороны была утеряна окончательно. В связи с этим было разработано большое количество специальных программ-дизассемблеров, осуществляющих обратное преобразование, однако в большинстве случаев

они с трудом могут разделить код и данные. Кроме того, вся логическая информация (имена переменных, меток и т.п.) теряется безвозвратно. В случае же задачи о декомпиляции языков высокого уровня примеры удовлетворительного решения проблемы и вовсе единичны.

Языки высокого уровня

В 1954 году в недрах корпорации IBM группой разработчиков во главе с Джоном Бэкусом был создан язык программирования **Fortran**. Значение этого события трудно переоценить. Это первый язык программирования высокого уровня. Впервые программист мог по-настоящему абстрагироваться от особенностей машинной архитектуры. Ключевой идеей, отличающей новый язык от ассемблера, была концепция подпрограмм. Современные компьютеры поддерживают подпрограммы на аппаратном уровне, предоставляя соответствующие команды и структуры данных прямо на уровне ассемблера, в 1954 же году это было совершенно не так. Поэтому компиляция Fortran'a была процессом отнюдь не тривиальным. Кроме того, синтаксическая структура языка была достаточно сложна для машинной обработки, в первую очередь, из-за того, что пробелы как синтаксические единицы вообще не использовались. Это порождало массу возможностей для скрытых ошибок, например:

В Фортране следующая конструкция описывает <цикл for до метки 10 при изменении индекса от 1 до 100>: DO 10 I=1,100

Если же здесь заменить запятую на точку, то получится оператор присваивания: DO10I = 1.100 .

Язык Фортран использовался (используется и по сей день) для научных вычислений. Он страдает от отсутствия многих привычных языковых конструкций и атрибутов, компилятор практически никак не проверяет синтаксически правильную программу с точки зрения семантической

корректности (соответствие типов и проч.). В нем нет поддержки современных способов структурирования кода и данных. Это осознавали и сами разработчики. По признанию самого Бэкуса, перед ними стояла задача скорее разработки компилятора, чем языка. Понимание самостоятельного значения языков программирования пришло позже.

Появление Фортрана было встречено еще более яростной критикой, чем внедрение ассемблера. Программистов пугало снижение эффективности программ за счет использования промежуточного звена в виде компилятора. И эти опасения имели под собой основания: действительно, хороший программист, скорее всего, при решении какой-либо небольшой задачи вручную напишет код, работающий быстрее, чем код, полученный как результат компиляции. Через некоторое время пришло понимание того, что реализация больших проектов невозможна без применения языков высокого уровня. Мощность вычислительных машин росла, и с тем падением эффективности, которое раньше считалось угрожающим, стало возможным смириться. Преимущества же языков высокого уровня стали настолько очевидными, что побудили разработчиков к созданию новых языков, все более и более совершенных.

В 1960 году был создан язык программирования ***Cobol***. Он задумывался как язык для создания коммерческих приложений, и он стал таковым. На Коболе написаны тысячи прикладных коммерческих систем. Отличительной особенностью языка является возможность эффективной работы с большими массивами данных, что характерно, именно коммерческих приложений. Популярность Кобола столь высока, что даже сейчас, при всех его недостатках (по структуре и замыслу Кобол во многом напоминает Фортран) появляются новые его диалекты и реализации. Так недавно появилась реализация Кобола, совместимая с Microsoft.NET, что потребовало внесения в язык некоторых черт объектно-ориентированного языка.

В 1960 году командой во главе с Петером Науром был создан язык программирования *Algol*. Этот язык дал начало целому семейству алгол-подобных языков (важнейший представитель — Pascal). В 1968 году появилась новая версия языка. Она не нашла столь широкого практического применения, как первая версия, но была весьма популярна в кругах теоретиков. Язык был достаточно интересен, так как обладал многими уникальными на тот момент характеристиками.

В 1963 году в Дартмурском колледже был создан язык программирования *BASIC* (Beginners' All-Purpose Symbolic Instruction Code) — многоцелевой язык символических инструкций для начинающих. Язык задумывался в первую очередь как средство обучения и как первый изучаемый язык программирования. Он предполагался легко интерпретируемым и компилируемым. Надо сказать, что BASIC действительно стал языком, на котором учатся программировать (по крайней мере, так было еще несколько лет назад; сейчас эта роль отходит к Pascal). Было создано несколько мощных реализаций BASIC, поддерживающих самые современные концепции программирования (ярчайший пример — Microsoft Visual Basic).

В 1964 году все та же корпорация IBM создала язык *PL/1*, который был призван заменить Cobol и Fortran в большинстве приложений. Язык обладал исключительным богатством синтаксических конструкций. В нем впервые появилась обработка исключительных ситуаций и поддержка параллелизма. Надо заметить, что синтаксическая структура языка была крайне сложной. Пробелы уже использовались как синтаксические разделители, но ключевые слова не были зарезервированы. В частности, следующая строка — это вполне нормальный оператор на PL/1:

IF ELSE=THEN THEN THEN; ELSE ELSE.

В силу таких особенностей разработка компилятора для PL/1 была исключительно сложным делом. Язык так и не стал популярен вне мира IBM.

Создание каждого из вышеупомянутых языков (за исключением Algol'a) было вызвано некоторыми практическими требованиями. Эти языки послужили фундаментом для более поздних разработок. Все они представляют одну и ту же парадигму программирования. Следующие языки пошли существенно дальше в своем развитии, в сторону более глубокого абстрагирования.

Сведения о более поздних языках удобнее приводить в виде описания семейств языков. Это позволит лучше проследить взаимосвязи между отдельными языками.

Pascal-подобные языки

В 1970 году Никлаусом Виртом был создан язык программирования Pascal для обучения программированию. Язык замечателен тем, что это первый широко распространенный язык для структурного программирования (первым, строго говоря, был Алгол, но он не получил столь широкого распространения). Впервые оператор безусловного перехода перестал играть основополагающую роль при управлении порядком выполнения операторов. В этом языке также внедрена строгая проверка типов, что позволило выявлять многие ошибки на этапе компиляции.

Отрицательной чертой языка было отсутствие в нем средств для разбиения программы на модули. Вирт осознал это и разработал язык *Modula-2* (1978), в котором идея модуля стала одной из ключевых концепций языка. В 1988 году появилась *Modula-3*, в которую были добавлены объектно-ориентированные черты. Логическим продолжением Pascal и Modula являются язык *Oberon* и *Oberon-2*. Они характеризуются движением в сторону объектно- и компонентно-ориентированности.

С-подобные языки

В 1972 году Керниганом и Ритчи был создан язык программирования **C**. Он создавался как язык для разработки операционной системы UNIX. C часто называют <переносимым ассемблером>, имея в виду то, что он позволяет работать с данными практически так же эффективно, как на ассемблере, предоставляя при этом структурированные управляющие конструкции и абстракции высокого уровня (структуры и массивы). Именно с этим связана его огромная популярность и поныне. И именно это является его ахиллесовой пятой. Компилятор C очень слабо контролирует типы, поэтому очень легко написать внешне совершенно правильную, но логически ошибочную программу.

В 1986 году Бьярн Страуструп создал первую версию языка **C++**, добавив в язык C объектно-ориентированные черты, взятые из Simula, и исправив некоторые ошибки и неудачные решения языка. C++ продолжает совершенствоваться и в настоящее время, так в 1998 году вышла новая (третья) версия стандарта, содержащая в себе некоторые довольно существенные изменения. Язык стал основой для разработки современных больших и сложных проектов. У него имеются, однако же, и слабые стороны, вытекающие из требований эффективности.

В 1995 году в корпорации Sun Microsystems Кеном Арнольдом и Джеймсом Гослингом был создан язык **Java**. Он наследовал синтаксис C и C++ и был избавлен от некоторых неприятных черт последнего. Отличительной особенностью языка является компиляция в код некоей абстрактной машины, для которой затем пишется эмулятор (Java Virtual Machine) для реальных систем. Кроме того, в Java нет указателей и множественного наследования, что сильно повышает надежность программирования.

В 1999-2000 годах в корпорации Microsoft был создан язык **C#**. Он в достаточной степени схож с Java (и задумывался как альтернатива последнему), но имеет и отличительные особенности. Ориентирован, в основном, на разработку многокомпонентных Интернет-приложений.

Языки Ada и Ada 95

В 1983 году под эгидой Министерства Обороны США был создан язык **Ada**. Язык замечателен тем, что очень много ошибок может быть выявлено на этапе компиляции. Кроме того, поддерживаются многие аспекты программирования, которые часто отдаются на откуп операционной системе (параллелизм, обработка исключений). В 1995 году был принят стандарт языка Ada 95, который развивает предыдущую версию, добавляя в нее объектноориентированность и исправляя некоторые неточности. Оба этих языка не получили широкого распространения вне военных и прочих крупномасштабных проектов (авиация, железнодорожные перевозки). Основной причиной является сложность освоения языка и достаточно громоздкий синтаксис (значительно более громоздкий, чем Pascal).

Языки обработки данных

Все вышеперечисленные языки являются языками общего назначения в том смысле, что они не ориентированы и не оптимизированы под использование каких-либо специфических структур данных или на применение в каких-либо специфических областях. Было разработано большое количество языков, ориентированных на достаточно специфические применения.

Так, в 1957 году была предпринята попытка создания языка для описания математической обработки данных. Язык был назван **APL** (Application Programming Language). Его отличительной особенностью было

использование математических символов (что затрудняло применение на текстовых терминалах; появление графических интерфейсов сняло эту проблему) и очень мощный синтаксис, который позволял производить множество нетривиальных операций прямо над сложными объектами, не прибегая к разбиению их на компоненты. Широкому применению помешало, как уже отмечалось, использование нестандартных символов как элементов синтаксиса.

В 1962 году появился язык ***Snobol*** (а в 1974 - его преемник ***Icon***), предназначенный для обработки строк. Синтаксис Icon напоминает C и Pascal одновременно. Отличие заключается в наличии мощных встроенных функций работы со строками и связанная с этими функциями особая семантика. Современным аналогом Icon и Snobol является ***Perl*** — язык обработки строк и текстов, в который добавлены некоторые объектно-ориентированные возможности. Считается очень практичным языком, однако ему недостает элегантности.

В 1969 году был создан язык ***SETL*** - язык для описания операций над множествами. Основной структурой данных в языке является множество, а операции аналогичны математическим операциям над множествами. Этот язык полезен при написании программ, имеющих дело со сложными абстрактными объектами.

Объектно-ориентированные языки

Первым объектно-ориентированным языком был язык ***Simula*** (1967). Этот язык был предназначен для моделирования различных объектов и процессов, и объектно-ориентированные черты появились в нем именно для описания свойств модельных объектов.

Популярность объектно-ориентированному программированию принес язык ***Smalltalk***, созданный в 1972 году. Язык предназначался для

проектирования сложных графических интерфейсов и был первым по-настоящему объектно-ориентированным языком. В нем классы и объекты — это единственные конструкции программирования. Большим недостатком Smalltalk являются большие требования к памяти и низкая производительность полученных программ. Это связано с не очень удачной реализацией объектно-ориентированных особенностей. Популярность языков C++ и Ada 95 связана именно с тем, что объектно-ориентированность реализована без существенного снижения производительности.

Существует язык с очень хорошей реализацией объектно-ориентированности, не являющийся надстройкой ни над каким другим языком. Это язык *Eiffel* (1986). Являясь чистым языком объектно-ориентированного программирования, он, кроме того, повышает надежность программы путем использования <контрольных утверждений>.

Языки параллельного программирования

Большинство компьютерных архитектур и языков программирования ориентированы на последовательное выполнение операторов программы. В настоящее время, однако же, существуют программно-аппаратные комплексы, позволяющие организовать параллельное выполнение различных частей одного и того же вычислительного процесса. Для программирования таких систем необходима специальная поддержка со стороны средств программирования, в частности, языков программирования. Некоторые языки общего назначения содержат в себе элементы поддержки параллелизма, однако программирование истинно параллельных систем требует подчас специальных приемов.

Язык *Occam* был создан в 1982 году и предназначен для программирования транспьютеров — многопроцессорных систем распределенной обработки данных. Он описывает взаимодействие

параллельных процессов в виде каналов — способов передачи информации от одного процесса к другому. Отметим особенность синтаксиса языка Occam — в нем последовательный и параллельный порядки выполнения операторов равноправны, и их необходимо явно указывать ключевыми словами PAR и SEQ.

В 1985 году была предложена модель параллельных вычислений Linda. Основной ее задачей является организация взаимодействия между параллельно выполняющимися процессами. Это достигается за счет использования глобальной кортежной области (tuple space). Процесс может поместить туда кортеж с данными (то есть совокупность нескольких, возможно разнородных, данных), а другой процесс может ожидать появления в кортежной области некоторого кортежа и, после его появления, прочитать кортеж с возможным последующим его удалением. Заметим, что процесс может, например, поместить кортеж в область и завершиться, а другой процесс может через некоторое время воспользоваться этим кортежем. Таким образом обеспечивается возможность асинхронного взаимодействия. Очевидно, что при помощи такой модели может быть симулировано и синхронное взаимодействие. Linda — это модель параллельных вычислений, она может быть добавлена в любой язык программирования. Существуют достаточно эффективные реализации Linda, обходящие проблему существования глобальной кортежной области с потенциально неограниченным объемом памяти.

Логические языки программирования

В начале 70-х годов Роберт Ковальский, в то время работавший в Эдинбурге, и Алан Колмероэ из Марселя разрабатывали сходные идеи и даже работали вместе в течение одного лета. В результате были сформулированы основные положения логического программирования, в 1972 году описан и

реализован первый язык логического программирования — *Пролог* (“программирование на языке логики” — PROgramming in LOGic).

Функциональные языки программирования

Теория, положенная в основу функционального подхода родилась в 20-х — 30-х годах XX века. В числе разработчиков математических основ функционального программирования можно назвать Мозеса Шёнфинкеля (Германия и Россия) и Хаскелла Карри (Англия), разработавших комбинаторную логику, а также Алонзо Чёрча (США) — создателя -исчисления.

Теория так и оставалась теорией, пока в 1958 году Джон Маккарти не разработал язык *Lisp*, который стал первым функциональным языком программирования. Хотя Lisp всё ещё используется, он уже не удовлетворяет некоторым современным запросам, которые заставляют разработчиков программ взваливать как можно большую ношу на компилятор, облегчив тем самым свой непосильный труд. Необходимость в этом, конечно же, возникла из-за всё более возрастающей сложности программного обеспечения.

В связи с этим обстоятельством всё большую роль начинает играть типизация. В конце 70-х — начале 80-х годов XX века интенсивно разрабатываются модели типизации, подходящие для функциональных языков. Появляется множество типизированных функциональных языков: *ML* (Робин Милнер, 1979, из ныне используемых диалектов известны *Standard ML* и *Objective CAML*), *Scheme* (1975), *Hope*, *Miranda* (Дэвид Тёрнер, 1985), *Clean* и многие другие. Вдобавок постоянно увеличивается число диалектов.

В результате вышло так, что практически каждая группа, занимающаяся функциональным программированием, использовала собственный язык. Это препятствовало дальнейшему распространению этих языков и порождало многочисленные более мелкие проблемы. Чтобы исправить ситуацию,

объединенная группа ведущих исследователей в области функционального программирования решила воссоздать достоинства различных языков в новом универсальном функциональном языке. Первая реализация этого языка, названного *Haskell* в честь Хаскелла Карри, была создана в 1990 году. В настоящее время действителен стандарт Haskell-98.

В развитии языков программирования есть некая общая тенденция: языки развиваются в сторону все большей и большей абстракции. И это сопровождается падением эффективности. Но это стоит того: повышение уровня абстракции влечет за собой повышение уровня надежности программирования. С низкой эффективностью можно бороться путем создания более быстрых компьютеров. Если требования к памяти слишком высоки, можно увеличить ее объем. Это, конечно, требует времени и средств, но это решемо. А вот с ошибками в программах можно бороться только одним способом: их надо исправлять. А еще лучше — не совершать. А еще лучше максимально затруднить их совершение. И именно на это направлены все исследования в области языков программирования. А с потерей эффективности придется смириться.

Языки программирования многообразны. Среди программистов часто бытует мнение о всеобщей применимости того или иного языка (C, C++, Pascal и т.п.). Это мнение возникает по нескольким причинам: недостаток информации, привычка, инертность мышления. Настоящий профессионал должен постоянно стремиться повышать свою профессиональную квалификацию. А для этого нужно не бояться экспериментировать. Разумеется, прежде чем приниматься использовать новый язык, нужно внимательно изучить все его особенности, включая наличие эффективной реализации, возможности взаимодействия с существующими модулями и т.п., и только после этого принимать решение. Конечно, всегда есть риск пойти не тем путем, но не ошибается лишь тот, кто ничего не делает.

Часто проводятся дискуссии вида <язык А лучше, чем язык В>. Такие споры бессмысленны. Максимум, о чем может идти речь — это о преимуществах одного языка над другим при решении той или иной задачи в тех или иных условиях. Вот здесь действительно иногда есть о чем поспорить. И решение подчас отнюдь не очевидно.

Библиографический список

1. Р.Богатырев, Природа и эволюция сценарных языков, Мир ПК, №11,2001
2. Информатика под редакцией Е.К. Хеннера, М.,Академия,2004г.
3. Информатика. Базовый курс под ред. С. В. Симоновича, С.-П «Питер» 2005г.
4. Сухомлин В.А., «Введение в анализ информационных технологий» М: изд-во «Горячая линия – Телеком», 2003
5. Языки программирования. Обзор-ликбез. Хакер №4,с.36-40.
6. http://coolreferat.com/Исторический_обзор_классификация_и_характеристика_языков_программирования
7. Бураков М. В. Опыт эксплуатации цифровой вычислительной машины «Урал». М., 1962
8. Китов А. И., Электронные цифровые машины, «Советское радио», 1956
9. “Супер ЭВМ в России. История и перспективы. Рассказывает академик РАН В.С. Бурцев.” Электроника НТБ, 2000.
<http://www.electronics.ru/issue/2000/4/1/>
10. “Школа академика Лебедева в развитии отечественной вычислительной техники” Электроника НТБ, 2002.
http://www.electronics.ru/files/article_pdf/1/article_1385_465.pdf
- 11.Цилькер, Б. Организация ЭВМ и систем / Б.Я. Цилькер, С.А. Орлов. СПб.: Питер - 2007, 672 с.
- 12.Супер ЭВМ. Аппаратная и программная организация / Под. ред. С. Фернбаха: Пер. с англ.- М.: Радио и связь, 1991. - 320 с.: ил.
- 13.Скотт Мюллер. Глава 6. Оперативная память // Модернизация и ремонт ПК = Upgrading and Repairing PCs — 17 изд.— М.: [«Вильямс»](#), 2007. — С. 499—572.

- 14.Под. ред. чл.-корр. АН УССР Б.Н.Малиновского Глава 2.3 БИС ЗУ для построения внутренней памяти // Справочник по персональным ЭВМ — К.: Техника, 1990. — С. 384
- 15.Альянах И. Н. “Внешние запоминающие устройства” 1979г.
- 16.Шевкопляс Б. В. “Микропроцессорные структуры” 1990г.
- 17.Лебедев О. Н. “Микросхемы памяти и их применение” 1990г.
- 18.Богумирский Б.С. “Справочное руководство по windows” 1999г.
- 19.Леонтьев В.П. “Новейшая энциклопедия ПК” 2003г.
- 20.“Основы современных технологий” уч. пособие под ред. Хоманенко А.Д. Гофмана В.Э. Мальцевой П.Б. 1998г.
- 21.Куликова Е.В. Вовк Е.Г. “Самоучитель работы на компьютере” 1997г.
- 22.Журнал “Хакер” №10(70) за окт. 2004г.
23. Самофалов К.Г., Романкевич А.М., и др. Прикладная теория цифровых автоматов. - Киев. “Вища школа” 1987.
24. Соловьев Г.Н. Арифметические устройства ЭВМ. - М. “Энергия”. 1978.
25. Савельев А.Я. Прикладная теория цифровых автоматов - М. “Высшая школа”. 1987.
26. Каган Б.М. Электронные вычислительные машины и системы. - М. Энергоатомиздат. 1985.
27. Лысиков Б.Г. Арифметические и логические основы цифровых автоматов. Минск. “Вышэйшая школа”. 1980.
- 28.Р.Богатырев, Природа и эволюция сценарных языков, Мир ПК, №11,2001
- 29.Информатика под редакцией Е.К. Хеннера, М.,Академия,2004г.
- 30.Информатика. Базовый курс под ред. С. В. Симоновича, С.-П «Питер» 2005г.
- 31.Сухомлин В.А., «Введение в анализ информационных технологий» М: изд-во «Горячая линия – Телеком», 2003

32. Языки программирования. Обзор-ликбез. Хакер №4, с.36-40.