МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Пензенский государственный университет» (ПГУ)

И. А. Казакова

История вычислительной техники

Учебное пособие

Пенза
Издательство ПГУ
2011

УДК 681.3
К14

Р е ц е н з е н т ы:

кафедра «Автоматизированные системы управления и программное обеспечение» Военного учебно-научного центра сухопутных войск «Общевойсковая академия Вооруженных сил Российской Федерации» (филиал в г. Пензе);

кандидат технических наук, доцент кафедры «Прикладная информатика» Пензенского филиала Всероссийского заочного финансово-экономического института

С. В. Самуйлов

Казакова, И. А.

К14 История вычислительной техники : учеб. пособие / И. А. Казакова. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2011. – 232 с.

Освещены основные периоды истории вычислительной техники, более подробно – электронный период. Рассмотрены поколения ЭВМ – наиболее типичные их представители. Приведены сведения об основных научных школах и направлениях вычислительной техники. Показан вклад известных ученых и инженеров в создание и совершенствование электронно-вычислительных машин. Изложены перспективные направления развития вычислительной техники – разработка нейрокомпьютеров, молекулярных, квантовых и оптических компьютеров. Описана история создания известных языков программирования.

Учебное пособие подготовлено на кафедре «Математическое обеспечение и применение ЭВМ» и предназначено для студентов, обучающихся по направлению 230100 «Информатика и вычислительная техника», а также для студентов других специальностей, изучающих историю вычислительной техники.

УДК 681.3

© ГОУ ВПО «Пензенский государственный университет», 2011

История науки и есть сама наука.
И. В. Гете

Введение

Перефразируя известное высказывание И. В. Гете, можно утверждать, что история техники и есть сама техника.

Появление компьютеров (от англ. слова *Compute* – вычислять) – одна из существенных особенностей современного мира. Первоначальный смысл английского слова «компьютер» – это человек, производящий расчеты. Широкое распространение компьютеров привело к тому, что все большее число людей стали изучать основы вычислительной техники, а программирование постепенно превратилось из рабочего инструмента специалиста в элемент культуры. При этом история развития средств инструментального счета известна в значительно меньшей степени.

Изучение истории вычислительной техники в высших учебных заведениях необходимо для формирования мировоззрения студентов, воспитания патриотизма на примерах выдающихся разработок отечественных ученых и инженеров, сохранения культурного наследия. Современный специалист должен знать историю своей отрасли, место и роль вычислительной техники в истории развития цивилизации. Кроме того, он должен иметь представление об основных этапах развития вычислительной техники и языков программирования.

В приложениях А–Д даны сведения, дополняющие кругозор всех интересующихся развитием вычислительной техники.

Периоды истории вычислительной техники

В истории вычислительной техники выделяют четыре периода:

1. Домеханический (с древних времен до середины XVII в.).
2. Механический (с середины XVII в. до конца XIX в.).
3. Электромеханический (с конца XIX в. до 40-х гг. XX в.).
4. Электронный (с 40-х гг. XX в. по настоящее время).

1. Домеханический период

Понятие числа возникло задолго до появления письменности. Люди учились считать в течение многих веков, передавая и обогащая из поколения в поколение свой опыт.

С древних времен перед человечеством стояли задачи, требовавшие все возрастающих объемов вычислений. Со временем большинство из них находило решения. Еще в античные времена некоторые области математики были настолько развиты, что образованный человек тех лет по уровню знаний вряд ли уступал нынешнему выпускнику школы.

Появление собственности на землю потребовало определения способов вычисления площади участков, что привело к зарождению геометрии. Общеизвестны достижения Евклида, Пифагора и других греческих ученых в этом направлении.

Развитие торговли также ставило все новые задачи. Помимо учета товаров и денежных сумм, появились и более сложные проблемы. Купцам приходилось предпринимать все более дальние путешествия, а для этого требовались средства навигации. Астрономы древности решали и эти задачи. Все в конечном итоге сводилось к расчетам, и чем точнее они были, тем успешнее решались насущные задачи. Также было необходимо осуществлять торговые сделки, проводить землемерные работы, управлять запасами урожая.

Вычислительные способности большинства из нас весьма ограничены. Даже сложить в уме стоимость нескольких мелких покупок и подсчитать сумму сдачи не так уж просто, и тем более о расчете орбиты планеты или координат звезды и говорить не приходится. Поэтому наряду с развитием теории ученые работали и над проблемой автоматизации вычислений. Но тут, к сожалению, прогресс шел гораздо медленнее.

Для вычислений использовались всякие средства, которые имели различные возможности и назывались по-разному. Здесь существует своеобразная классификация:

1) примитивные средства;

2) первые приспособления;

3) первые приборы.

1.1. Примитивные средства

Счет на пальцах

Древнейшим счетным инструментом, который сама природа предоставила в распоряжение человека, была его собственная рука – великолепный естественный компьютер. Она обладает немаловажными достоинствами, которыми современные инженеры стремятся наделить разрабатываемые счетные устройства.

Достоинства счета на пальцах:

1) простота и надежность;

2) компактность;

3) удобство «хранения и транспортировки», то, что он всегда «под рукой»;

4) работает в привычной системе счисления – десятичной.

Имена числительные во многих языках указывают, что у первобытного человека орудием счета были преимущественно пальцы. Не случайно в древнерусской нумерации единицы называются «перстами», десятки – «составами», а все остальные числа – «сочинениями». Кисть же руки – пясть – синоним и фактическая основа числительного «пять» у многих народов.

От пальцевого счета (рис. 1) берет начало пятеричная система счисления (одна рука), десятичная (две руки), двадцатеричная (пальцы рук и ног). У многих народов пальцы рук остаются инструментом счета и на более высоких ступенях развития.

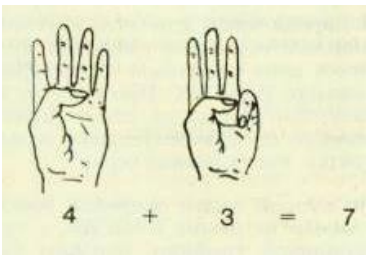


Рис. 1. Счет на пальцах

Хорошо был известен пальцевой счет и в Риме. По свидетельству древнеримского историка Плиния-старшего (погибшего в 79 г. в Помпее во время извержения Везувия), на главной римской площади Форуме была воздвигнута гигантская фигура двуликого бога Януса. Пальцами правой руки он изображал число 300, пальцами левой – 55. Вместе это составляло число дней в году в римском календаре.

В средневековой Европе полное описание пальцевого счета составил ирландец монах Беда Достопочтенный (около 673–735). Он говорил: «В мире есть много трудных вещей, но нет ничего труднее, чем четыре действия арифметики». Согласно его описанию различные загибы пальцев позволяют изображать единицы, десятки, сотни и тысячи, а определенные жесты рук – считать до миллиона.

С пальцевым счетом можно встретиться и значительно позже. Историк математики Л. Карпинский в книге «История арифметики» сообщает, что на крупнейшей мировой хлебной бирже в Чикаго предложения и запросы, как и цены, объявлялись маклерами на пальцах без единого слова.

Есть, однако, у пальцевого счета и недостатки. Самый существенный из них – неудобство хранения результатов даже в течение короткого времени. Здесь качество быть всегда под рукой оборачивается своей теневой стороной.

Счет на камнях

Чтобы сделать процесс счета более удобным, человек начал использовать вместо пальцев небольшие камни (рис. 2). Он складывал из камней пирамиду и определял, сколько в ней камней, но если число велико, то подсчитать количество камней на глаз трудно.

Рис. 2. Счет на камнях

Поэтому первобытный человек стал складывать из камней более мелкие пирамиды одинаковой величины, а из-за того, что на руках десять пальцев, то пирамиду составляли именно десять камней.

Разные народы вместо камней использовали разные приспособления – кости, бобы, ракушки.

Насечки на дереве или кости (бирки)

Самым древним из таких инструментов считается кость с зарубками, найденная в древнем поселении Дольни Вестоници на юго-востоке Чехии в Моравии. Этот предмет, получивший название «вестоницкая кость», предположительно использовался за 30 тыс. лет до н.э.

В средние века бирками (рис. 3) пользовались для учета и сбора налогов. Бирка разрезалась на две продольные части, одна оставалась у крестьянина, другая – у сборщика налогов. По зарубкам на обеих частях и велся счет уплаты налога, который проверяли складыванием частей бирки.

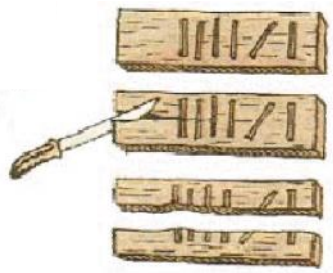


Рис. 3. Насечки на дереве

В Англии, например, этот способ записи налогов существовал до конца XVII столетия.

При ликвидации старых налоговых обязательств крестьян на дворе лондонского казначейства был устроен костер из накопившихся бирок. Он оказался таким большим, что сгорело и само здание казначейства, а вместе с ним погиб и вделанный в стену образец английской меры длины. Так что с тех пор англичане не знают точной длины своего фута.

Узелковое письмо

Рис. 4. Узелковое письмо

Другие народы – китайцы, персы, индийцы, перуанцы – использовали для представления чисел и счета *ремни или веревки с узелками*. Американские индейцы называли счетные веревки *куипу*, и в перуанских городах до вторжения в Южную Америку европейцев городской казначей именовался *куипу комоуокуна*, т.е. чиновник узелков.

Узелковое письмо (рис. 4) представляло несколько связанных между собой шерстяных или хлопчатобумажных ниток. Знаками на этих нитях служили узлы иногда с вплетенными в них камнями или цветными ракушками. Наиболее широкое распространение узел-

ковое письмо получило в области Центральных Анд в эпоху расцвета государства инков Туантинсуйу в XV в. н.э. Инки такой способ записи чисел называли ***кипу*** (quipu), что на языке кечуа означало ***узел***. Каждая такая нить прикреплялась в особом порядке к одной нити – основе, образуя как бы бахрому (рис. 5).

Рис. 5. Узел, обозначающий единицу в кипу

Определяющие факторы в узелковом письме:

– **цвет**. В кипу использовались нити разных цветов в зависимости от того, что именно подсчитывалось. Так, например, красная нить могла обозначать количество воинов, а желтая – золота;

– **уровень**. В нижней части нити располагались единицы, выше десятки, сотни и тысячи, а в самом верху десятки тысяч и очень редко сотни тысяч. Таким образом, на всех нитях каждый разряд располагался на одном и том же уровне;

– **форма**. Так, например, единица представлялась узлом в виде восьмерки, а для записи чисел от двух до девяти использовался узел, в котором количество витков как раз и обозначало цифру. Более высокие разряды: десятки, сотни, тысячи и т.д. – записывались с помощью обычного узла.

Со временем техника такого письма совершенствовалась и усложнялась, так что с его помощью можно было записывать и зашифровывать не только числа, но и целые сообщения.

1.2. Первые приспособления

Абак

Следующий шаг в развитии вычислительных устройств был связан со становлением государств Средиземноморья. Усиление торговых отношений между ними привело к созданию нового инструмента, известного практически у всех народов.

Происхождение термина «абак» не установлено. Большинство историков считают, что слово это греческое и означает буквально «пыль». Первоначально на специальной доске в определенном порядке раскладывали однородные предметы (камешки, ракушки, орехи, бобы и т.п.) и пересчитывали их. Для того, чтобы они не скатывались, доска покрывалась слоем песка или пы-

ли. Поэтому абак означает дощечку, покрытую слоем пыли. В своей примитивной форме абак действительно представлял собой такую дощечку.

Со временем доски для подсчета стали расчерчивать на несколько полос или колонок. Это позволило вести счет с помощью однородных предметов значительно быстрее.

При этом количество однородных предметов в первой колонке соответствовало единицам, во второй – десяткам, в третьей – сотням и т.д. Если в одной из бороздок набиралось десять однородных предметов, то их снимали и добавляли один предмет в следующую бороздку. Например, чтобы сложить числа 231 и 156, не надо было брать такое же количество предметов. Достаточно было положить в первую колонку 1 предмет, во вторую – 3, в третью – 2. Затем в таком же порядке под этими предметами раскладывали число 156. Подсчитав число предметов в каждой отдельной колонке, можно было определить сумму 387.

Так люди пришли к изобретению абака – счетной доски, которая многие сотни лет в разных странах помогала экономить время в действиях с большими числами. Абак считается первым и основным счетным прибором древних народов.

Разновидности абака

Вавилонский абак. Вероятнее всего, впервые абак начали применять в Вавилоне. Предполагают, что древние вавилоняне пользовались абаком с колонками, соответствующими шестидесятеричной системе счисления.

Греческий абак (Саламинская доска). Из Вавилона изобретение попало в Грецию, где получило свое дальнейшее развитие. В Греции абак существовал уже в V в. до н.э.

Греки вместо деревянных дощечек стали использовать каменные плиты, в которых вытачивались желобки. Такие плиты обычно изготавливались из мрамора и достигали внушительных размеров.

Одна из таких плит была обнаружена на острове Саламин в Эгейском море в 1899 г. «Саламинская доска» (рис. 6), длиной полтора метра и шириной чуть более семидесяти сантиметров, была изготовлена примерно за 300 лет до н.э. На этой мраморной плите в левой ее части было нанесено одиннадцать вертикальных

линий, разделенных горизонтальной чертой так, чтобы они образовывали десять столбцов.

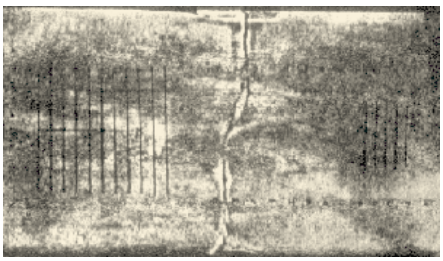


Рис. 6. Саламинская доска

В правой части также было прорезано пять вертикальных линий, которые, в свою очередь, образовывали четыре столбца. По периметру плиты были также высечены буквы греческого алфавита.

О значении абака в жизни греков говорит тот факт, что знаменитый древнегреческий математик Пифагор стремился ввести вопросы счета на абаке в курс математики в качестве обязательного раздела.

Римский абак (Abakuli). Распространяясь среди стран Средиземноморья, «Саламинская доска» постепенно дошла и до Древнего Рима. Это произошло, вероятно, в V–VI вв. н.э. Здесь она стала называться calculi или abakuli. Слово calculus означает «галька», «голыш». От этого слова произошло позднейшее латинское calculatore (вычислять) и наше – «калькуляция».

Для изготовления римского абака (рис. 7), помимо каменных плит, стали использовать бронзу, слоновую кость и даже цветное стекло. В вертикальных желобках, разделенных на два поля, также помещались камешки или мраморные шарики.

Рис. 7. Римский абак

Желобки нижнего поля служили для счета от единицы до пяти. Если в одном из нижних желобков набиралось пять шариков, то в верхнее отделение добавлялся один шарик, а из нижнего поля все шарики снимали.

Египетский абак. По свидетельству Геродота, египтяне также пользовались абаком и передвигали камешки справа налево.

Китайский абак – суаньпань. Появился в VI в. н.э. Суаньпань (рис. 8) представляет собой прямоугольную раму, в которой параллельно друг другу протянуты проволоки или веревки числом от девяти и более. Перпендикулярно этому направлению суаньпань перегорожен на две неравные части.

В большом отделении («земля») на каждой проволоке нанизано по пять шариков, в меньшем («небо») – по два. Проволоки соответствуют десятичным разрядам.

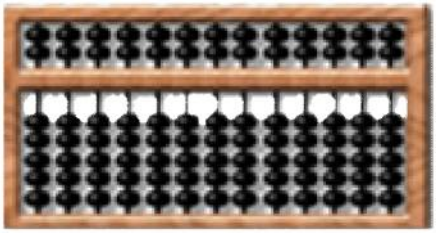


Рис. 8. Китайский абак – суаньпань

При подсчете шарики уже не снимаются с поля, они лишь передвигаются в сторону соседнего поля. Каждый шарик большего поля соответствует единице, а каждый шарик меньшего поля – пяти.

Китайцы могли производить на абаке деление и действия с дробями, извлечение квадратных и кубических корней, на счетной доске вычислялись даже корни системы линейных уравнений. Точность и скорость счета здесь целиком зависели от самого вычислителя.

Японский абак – соробан. Из Китая суаньпань в XV–XVI вв. был завезен в Японию. От него произошел соробан (рис. 9), который окончательно сформировался только в тридцатые годы XX столетия.

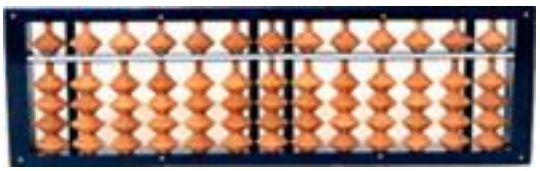


Рис. 9. Японский абак – соробан

Соробан отличается от своего предшественника меньшим количеством шариков в каждом поле. Так, в меньшем поле всего один шарик вместо двух, а в нижнем – четыре вместо пяти.

На рис. 10 приведен пример представления числа на соробане.

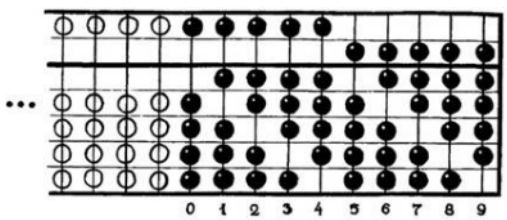


Рис. 10. Представление числа 123 456 789 на соробане

Абак ацтеков. Примерно в X–XI вв. цивилизацией Ацтеков была придумана своя разновидность абака. Они его назвали «nepohualtzitzin». Сквозь деревянный каркас были протянуты нити, на которых нанизывались зерна кукурузы.

Каркас был разделен на два поля. В одном поле на каждой нити размещалось по три зерна, а в другом – по четыре. Для работы с таким инструментом использовалась своя особая система счета.

Абак Герберта (X век). Воланд, один из героев популярного романа Булгакова «Мастер и Маргарита», приезжает в Москву, чтобы познакомиться с найденными здесь «подлинными рукописями чернокнижника Герберта Аврилакского X в.». Герберт, сын крестьянина, из местечка Орильяк на юге Франции, был крупным ученым, замечательным педагогом, государственным и церковным деятелем. Однако недобрая слава «слуги дьявола» долгие годы преследовала его главным образом из-за того, что он мог легко перемножать и делить многозначные числа. Делал он это с помощью счетного инструмента, известного в истории науки как «абак Герберта» (рис. 11).

Герберт

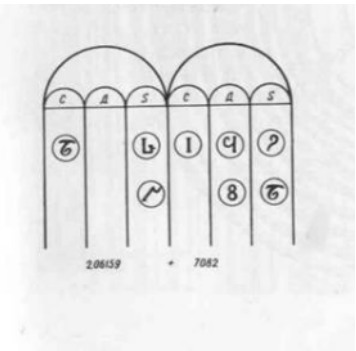


Рис. 11. Абак Герберта

Некоторые ученые утверждают, что Герберт не изобретал абака, а лишь видоизменил счетный прибор, уже известный в раннем средневековье. Это утверждение не умаляет заслуг Герберта, даже если оно справедливо.

В описании Герберта абак представлял собой гладкую доску, посыпанную голубым песком и разделенную на 30 столбцов, из которых 3 отводились для дробей, а прочие группировались по 3 столбца в 9 групп, которые сверху завершались дугами.

Столбцы в каждой группе обозначались (слева направо) буквами C (centum, 100), D (decem, 10) и S (singularis, 1). В отличие от древних форм счетной доски в каждый столбец клали не камешки, а особые нумерованные жетоны, на которых были обозначены 9 первых числовых знаков. Эти изображения на жетонах назывались «апексами» (от лат. *apex*, одно из значений которого –

письмена). Апекс нуля отсутствовал, поэтому для изображения нуля в соответствующий столбец жетонов не клали. Иногда вместо жетонов с апексами использовались вырезанные из рога цифры.

Таким образом, 27-разрядное целое число на абаке представлялось как бы сгруппированным по три разряда.

Заслуги Герберта:

– замена камешков нумерованными жетонами, хотя это не представляло больших преимуществ для вычислений. Апексы имели иное значение для развития математики, в них можно видеть ближайших предков тех арабско-индийских цифр, которыми мы пользуемся и поныне;

– сформулировал правила вычисления на абаке. Приведение математической задачи к виду, допускающему решение на абаке, имеет огромное методологическое значение. Правила решения задачи на счетной доске должны представлять собой совокупность четких предписаний, показывающих, как свести данную задачу к конечной последовательности простейших арифметических действий. В процессе дальнейшего развития системы правил и предписаний, выражающих решение задачи через простейшие операции, получили названия *алгоритмов*, а приведение задач к такому виду – *алгоритмизации задач*. Это замечательное открытие и породило взгляд на *вычисления как на рутинный процесс, состоящий в выполнении простейших арифметических действий по заранее составленной схеме***.**

О популярности Герберта свидетельствует то обстоятельство, что в средние века вместо слова «*абакист*», т.е. вычислитель на абаке, иногда говорили «*герберкист*» – последователь Герберта. Спустя несколько веков Леонардо Фибоначчи называет счет на абаке Герберта одним из трех существовавших способов вычислений (два других способа – счет на пальцах и письменные вычисления с помощью индийских цифр). Последний способ после выхода книги Леонардо постепенно завоевал популярность, чему немало способствовали проникновение и распространение в Европе XII и XIII столетий бумаги.

В течение следующих двух-трех столетий развернулась острая борьба между *абакистами*, отстаивавшими использование абака и римской системы счисления, и *алгоритмиками*, отдававшими предпочтение арабско-индийским цифрам и письменным вычислениям. Борьба эта завершилась победой алгоритмиков лишь в XVI–XVII столетиях, поскольку сопротивление абакистов

было поддержано появлением в XV столетии нового типа абака – счета на линиях.

Английский абак. В XV столетии в Англии появилась новая его форма, называемая «линейчатой доской» (line-board) или «счет на линиях» (рис. 12).

Рис. 12. Английский абак

Линейчатая доска представляет собой горизонтально разлинованную таблицу, на которой выкладываются специальные жетоны. Горизонтальные линии таблицы соответствуют единицам, десяткам, сотням и т.д. На каждую линию кладут до четырех жетонов. Жетон, помещенный между двумя линиями, означает пять единиц ближайшего разряда, соответствующего нижней линии. В вертикальном направлении таблица расчерчивается на несколько столбцов для отдельных слагаемых или сомножителей.

Счет на линиях и счетные таблицы особое распространение получили в XV–XVI столетиях. В Нюрнберге, например, изготовлением счетных жетонов занималась целая отрасль промышленности, поставлявшая всей Европе жетоны различной формы, чеканки и стоимости. Большим разнообразием отличались и счетные таблицы. В английском государственном казначействе в качестве счетной таблицы использовалась разделенная на клетки (chequer) скатерть, покрывавшая стол, на котором производился счет. Поэтому казначейство (exchequer) называлось Палатой шахматной доски.

Счетные таблицы два с лишним столетия были необходимой принадлежностью купца и чиновника, ученого и школяра.

«Счет костьми»

Счет на линиях был известен и в России.

Он был описан в рукописной книге XV в. «Счетная мудрость» под названием «счет костьми» (рис. 13) (вишневыми или сливовыми косточками). Этим и объясняется замена европейского термина «счет на линиях» русским «счетом костьми».

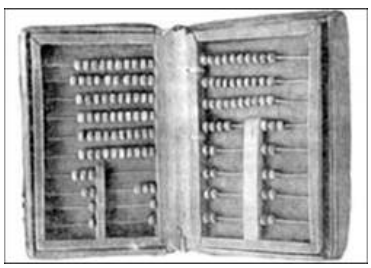


Рис. 13. «Счет костьми»

Но если в Европе счет на линиях постепенно был вытеснен письменными вычислениями на бумаге, то в России «счет костьми» не выдержал конкуренции в борьбе с уникальным и замечательным средством вычислений – русскими счетами.

Счеты

На рубеже XVI–XVII вв. появляется русский абак – счеты.

Долгое время считалось, что русские счеты ведут свое происхождение от китайского суаньпаня. Лишь в начале 60-х гг. XX столетия ленинградский ученый И. Г. Спасский убедительно доказал русское происхождение этого счетного прибора. Доказательством служат следующие аргументы:

1) у него горизонтальное расположение спиц с косточками;

2) для представления чисел использована десятичная (а не пятеричная) система счисления.

Десятичный строй счетов – довольно веское основание для того, чтобы признать временем возникновения этого прибора XVI в., когда десятичный принцип счисления был впервые применен в денежном деле России.

В XVI в. термина «счеты» еще не существовало – прибор именовался «дощаным счетом» (рис. 14). Один из ранних образцов такого «счета» представлял собой два соединенных ящика, одинаково разделенных по высоте перегородками. В каждом ящике два счетных поля с натянутыми веревками или проволочками. На верхних 10 веревках – по 9 косточек (четок), на 11-й – их четыре, на остальных веревках – по одной. Существовали и другие варианты «дощаного счета».

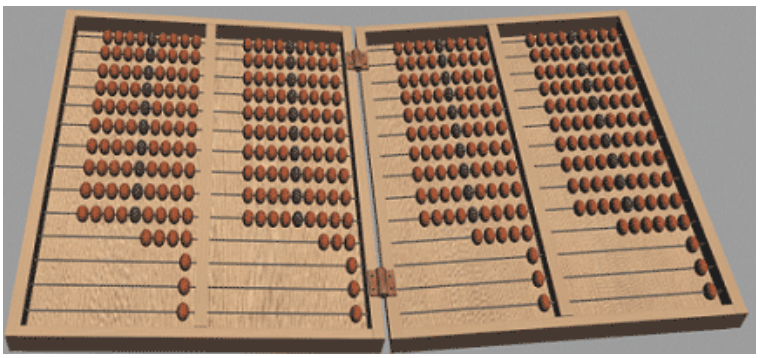


Рис. 14. Дощаный счет. Модель устройства, описанного в «Счетной мудрости» в 1691 г.

В Эрмитаже хранятся различные старинные счеты. Два неглубоких ящичка соединены между собой на петлях и раскрываются в виде книги. Когда сложишь обе половинки, получается изящная шкатулка, запирающаяся на серебряный крючок. Вся шкатулка собрана из пластинок и брусков слоновой кости, соединенных серебряными гвоздиками. Внутри и снаружи шкатулка украшена орнаментом, костяшками служат бусы из красного и черного стекла с белыми разводами.

Дорогая шкатулка, вероятно, принадлежала богатому человеку. Но отсюда не следует, что «дощаный счет» был доступен лишь богатым. В Эрмитаже есть счеты, устроенные в грубом ящичке из еловых дощечек, сколоченных гвоздями. Конечно, такой «дощаный счет» был доступен многим.

Название прибора изменилось в XVII столетии. В 1658 г. впервые упомянуты «счоты». По свидетельству историков, в XVII столетии они уже изготавливались на продажу.

Рис. 15. Русские счеты

В начале XVIII в. счеты уже приняли вид, существующий и поныне (рис. 15). В них осталось лишь одно счетное поле, на спицах которого размещалось либо 10, либо 4 косточки (спица с четырьмя четками – дань «полушке», денежной единице в 1/4 копейки).

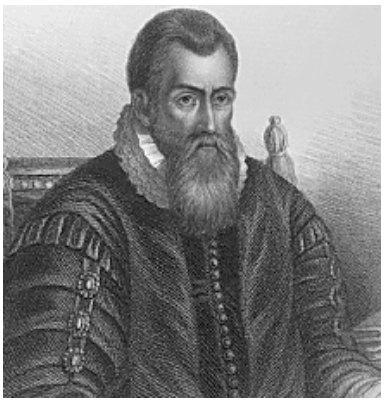
Русские счеты широко использовались при начальном обучении арифметике в качестве учебного пособия. Благодаря известному французскому математику и механику Ж. Понселе, который познакомился со счетами в Саратове, будучи военнопленным офицером наполеоновской армии, аналогичный прибор появился во французских школах, а затем и в некоторых других странах Европы.

1.3. Первые приборы

Счетные палочки (костяшки) Непера

После изобретения абака многие изобретатели и естествоиспытатели пытались придумать приспособления, способные облегчить процесс вычислений. Абак удобно использовать для выполнения операций сложения и вычитания. Умножение и деление выполнять с помощью абака гораздо сложнее.

Революцию в области механизации умножения и деления совершил шотландский математик лорд Джон Непер (John Naiper, 1550–1617).



Джон Непер

Джон Непер известен двумя изобретениями.

1. Первое изобретение – в 1617 г. Джон Непер предложил инструмент (рис. 16), получивший название «счетные палочки Непера».

Они выполнялись в виде прямоугольных брусков, разделенных на десять квадратов. Каждый квадрат, в свою очередь, кроме самого верхнего, делился по диагонали на две части, в каждой из которых в определенном порядке записывались числа.

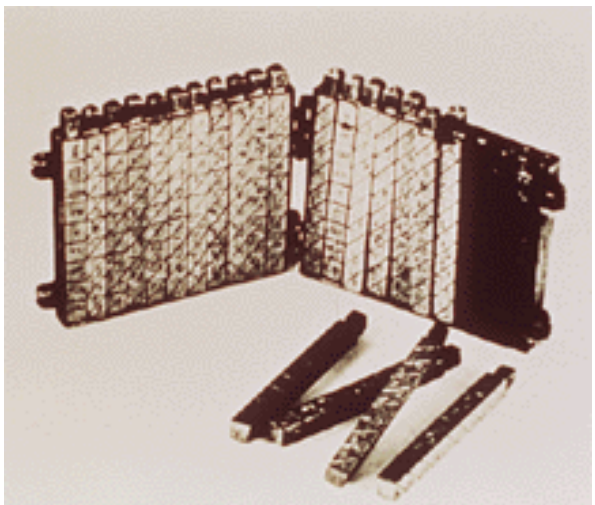


Рис. 16. Костяшки (счетные палочки) Непера

Самый верхний квадрат содержал всего одну цифру. Помимо этого в набор входил еще один брусок, поделенный также на десять частей. Верхний квадрат такого бруска оставался пустым, а в нижние записывались по порядку числа от единицы до девяти.

Для выполнения операции умножения двух чисел брался основной брусок и брусок, у которого в верхнем квадрате был записан один из множителей. Далее эти бруски располагались рядом так, чтобы их края совпадали. После этого в том квадрате, который располагался на одной линии со вторым множителем, из

основного бруска складывались два находившихся там числа, при этом число, располагавшееся левее, обозначало десятки, а число правее – единицы. Таким образом, операция умножения сводилась к сложению (рис. 17).

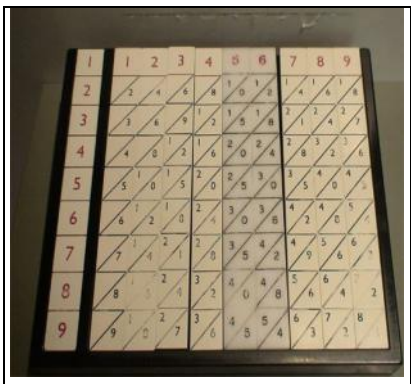
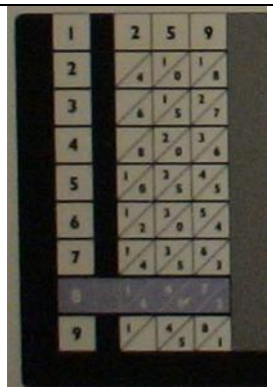
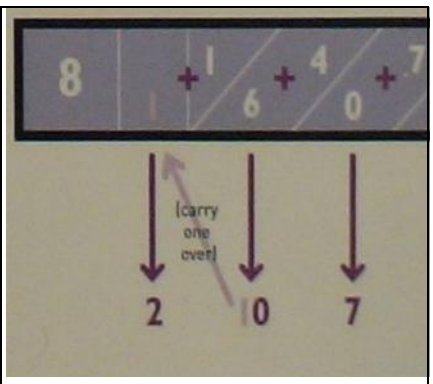
		
Палочки Непера (1617 г.). Выполним умножение 259 на 8	Берем три палочки, первыми цифрами которых являются 2,5 и 9.	Складываем две цифры в каждом отрезке, находящиеся на строке 8, и записываем результат под ним справа налево. Получается 2072

Рис. 17. Вычисления на палочках Дж. Непера

На этом инструменте можно было извлекать квадратные и кубические корни, умножать и делить большие числа.

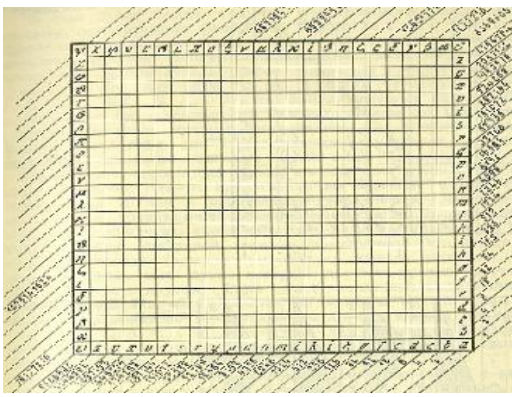


Рис. 18. Счетная доска для выполнения арифметических операций в двоичной системе счисления

Кроме того, Непер предложил счетную доску для операций умножения, деления, возведения в квадрат и извлечения корня в двоичной системе счисления (рис. 18).

Каждую степень числа 2 Непер обозначил отдельной буквой. Из этих букв и цифр формируется любое двоичное число. Для перевода из двоичной системы в десятичную и обратно были разработаны специальные алгоритмы.

2. Второе изобретение – изобретение Непером логарифмов, о чем сообщалось в работе «Описание удивительной таблицы логарифмов», опубликованной в 1614 г. (рис. 19).

MIRIFICI
Logarithmorum
Canonis descriptio,
Ejusque usus, in utraque
Trigonometria; ut etiam in
omni Logistica Mathematica,
Amplissimi, Facilimi, &
expeditissimi explicatio.
Authore ac Inventore,
IOANNE NEPERO,
Barone Merchistonii,
&c. Scoto.
EDINBVRGI
Ex officina ANDREÆ HART
Рис. 19. Обложка книги Дж. Непера

Логарифм – это показатель степени, в которую нужно возвести число (основание логарифма), чтобы получить другое заданное число. Непер понял, что таким способом можно выразить любое число. Например, 100 – это 10^2, а 23 – это $10^{1,36173}$.

Более того, он обнаружил, что сумма логарифмов чисел *a* и *b* равна логарифму произведения этих чисел:

$$\ln a + \ln b = \ln (ab).$$

Благодаря этому свойству сложное действие умножения сводилось к простой операции сложения. Чтобы перемножить два больших числа, нужно лишь посмотреть их логарифмы в таблице, сложить найденные значения и отыскать число, соответствующее этой сумме, в обратной таблице, называемой таблицей антилогарифмов.

Основанием таблицы логарифмов Непера является иррациональное число, к которому неограниченно приближаются числа вида $(1 + 1/n)^n$ при безграничном возрастании *n*. Это число называют неперовым числом и со времен Л. Эйлера обозначают буквой *e*:

$$e = \lim(1+\frac{1}{n})^n.$$

Непер составил таблицы, взяв очень хорошее приближение числа *e*, а именно $(1+\frac{1}{10^7})^{10^7}$. Логарифмы по основанию *e* называются натуральными логарифмами и обозначаются ln (образовано от первых букв слов «логарифм натуральный»).

Вскоре появляются и другие логарифмические таблицы. Они упростили вычисления, но все же эта операция оставалась достаточно трудоемкой и утомительной для тех, кому приходилось ею заниматься ежедневно. Поэтому вслед за изобретением логарифмов делаются попытки механизировать логарифмические вычисления.

Логарифмическая шкала

Наиболее удачной была идея профессора астрономии Грэшемского колледжа *Эдмунда Гюнтера*. Он построил логарифмическую шкалу, которая использовалась вместе с двумя циркулями-измерителями. Эта шкала («шкала Гюнтера») представляла собой прямолинейный отрезок, на котором откладывались логарифмы чисел или тригонометрических величин. (Несколько таких шкал наносились на деревянную или медную пластинку параллельно.) Циркули-измерители нужны были для сложения или вычитания отрезков вдоль линий шкалы, что в соответствии со свойствами логарифмов позволяло находить произведение или частное.

На пластинке 600 мм в длину и 37 мм в ширину расположены 6 логарифмических шкал: чисел, синусов, тангенсов, синус-верзусов (была когда-то такая тригонометрическая функция – sin vers $\alpha = 1 - \cos\alpha$), синусов и тангенсов малых углов, синусов и тангенсов румбов, а также равномерные шкалы – «линия меридиана» и «линия равных частей».

Логарифмическая шкала является прародительницей логарифмической линейки. Гюнтер известен также и тем, что впервые ввел общепринятое теперь обозначение log и термины «косинус» и «котангенс».

Логарифмические линейки

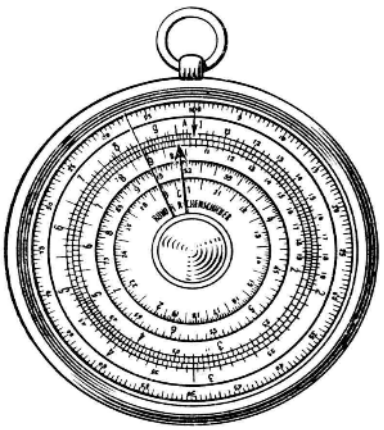


Рис. 20. Круговая линейка У. Отреда

Таблицы Непера, расчет которых требовал очень много времени, были позже «встроены» в удобное устройство, чрезвычайно ускоряющее процесс вычисления, – логарифмическую линейку. Она была изобретена в конце 20-х гг. XVII в.

Изобретателями первых логарифмических линеек независимо друг от друга являются Уильям Отред и Ричард Деламейн. Это событие произошло между 1620 и 1630 гг. На рис. 20 приведена круговая линейка У. Отреда.

В 1654 г. англичанин Роберт Биссакер предложил конструкцию прямоугольной логарифмической линейки, сохранившуюся в принципе до нашего времени. Его линейка состояла из трех самшитовых планок длиной около 60 см: две внешние удерживались вместе медной оправкой, а третья (движок) свободно скользила между ними. Каждой шкале на неподвижных планках соответствовала такая же на движке. Шкалы имелись на обеих сторонах линейки.

Идея «бегунка» – неотъемлемого элемента современной линейки – была высказана Исааком Ньютоном. Но физически – как элемент логарифмической линейки – «бегунок» появился лишь спустя 100 лет, когда Джон Робертсон, преподаватель Королевской математической школы в Портсмуте, предложил собственную линейку, предназначенную для навигационных расчетов. На одной ее стороне помещались равномерные, а на другой – логарифмические шкалы. Вдоль этой стороны двигался «индекс» – тонкая медная пластинка, с помощью которой можно было считывать соответствующие друг другу числа на различных шкалах линейки.

В 1850 г. Амедей Маннхейм, 19-летний французский офицер, служивший в крепости Метц, предложил прямоугольную логарифмическую линейку, которая стала наиболее популярной среди инструментов подобного рода.

Свой инструмент Маннхейм описал в 1851 г. В течение последующих 20–30 лет его линейки выпускались во Франции, а затем стали изготавливаться фирмами Англии, Германии, США.

Расположение шкал на линейке Маннхейма близко к современному. Кроме того, ему удалось популяризировать применение «бегунка». Он показал, что «бегунок» можно использовать не только для считывания соответствующих чисел на далеко расположенных шкалах, но также и для сложных вычислений без записи промежуточных результатов.

Линейка Маннхейма завоевала популярность во всем мире как портативный и удобный инструмент для ежедневных расчетов, обеспечивающий вычисления с точностью трех десятичных знаков. За 350-летнюю историю были созданы сотни различных

конструкций логарифмических линеек. Современный вид логарифмической линейки приведен на рис. 21.

Рис. 21. Логарифмическая линейка XX в.

Краткие итоги

1. В доэлектронной истории вычислительной техники выделяют три периода:

– домеханический (с пещерных времен до середины XVII в.);

– механический (с середины XVII в. до конца XIX в.);

– электромеханический (с конца XIX в. до 40-х гг. XX в.).

2. С древних времен перед человечеством стояли задачи, требовавшие все возрастающих объемов вычислений – это появление собственности на землю, развитие торговли и путешествий.

3. Для вычислений использовались различные средства, которые имели различные возможности. К ним относятся:

– примитивные средства (счет на пальцах, счет на камнях, насечки на дереве или кости (бирки), узелковое письмо);

– первые приспособления (все разновидности абака, счеты);

– первые приборы (счетные палочки Непера, логарифмические шкалы и линейки).

Контрольные вопросы

1. Каков первоначальный смысл английского слова «компьютер»?

2. Какие периоды выделяют в истории вычислительной техники?

3. Каковы причины появления примитивных средств, первых приспособлений и приборов?

4. Какой предмет, созданный древним человеком за 30 тыс. лет до н.э., свидетельствует о том, что уже тогда существовали зачатки счета?

5. Как называется счетное устройство, состоящее из доски, линий, нанесенных на нее, и нескольких камней?

6. В какой стране впервые появился абак?

7. В какой стране впервые появились счеты?

8. Кто изобрел логарифмы в 1614 г.?

9. Какие существовали разновидности абака?

2. Механический период

Настоящая потребность в автоматическом вычислении возникла в средние века в связи с резко возросшими в этот период торговыми операциями и океаническим судоходством. Торговля требовала больших денежных расчетов, а судоходство – надежных навигационных таблиц.

С древнейших времен люди пытались понять окружающий мир и использовать свои знания для защиты от всевозможных бедствий. Заметили, например, что приливы и отливы связаны с различными положениями Луны, и возник вопрос: «А можно ли построить математический закон изменения положения Луны и, используя его, прогнозировать приливы». Ученые составляли громадные таблицы, где фиксировали изменение лунных положений, которые использовались для проверки правильности различных предлагаемых формул движения естественного спутника Земли. Такая проверка опиралась на громадное число арифметических вычислений, требовавших от исполнителя терпения и аккуратности. Для облегчения и ускорения такой работы стали разрабатывать вычислительные устройства. Так появились различные механизмы – первые суммирующие машины и арифмометры.

В течение почти 500 лет цифровая вычислительная техника сводилась к простейшим устройствам для выполнения арифметических операций над числами. Основой практически всех изобретенных за 5 столетий устройств было зубчатое колесо, рассчитанное на фиксацию 10 цифр десятичной системы счисления.

2.1. Машина Леонардо да Винчи

Леонардо да Винчи

Среди двухтомного собрания рукописей итальянского ученого Леонардо да Винчи (1452–1519), известных как «Codex Madrid» и посвященных механике, уже в наше время были обнаружены чертежи и описание 13-разрядного суммирующего устройства (рис. 22). Похожие рисунки также были найдены и в рукописях «Codex Atlanticus». Основу машины по описанию составляют стержни, на которые крепится два зубчатых колеса, большее с одной стороны стержня, а меньшее – с другой.

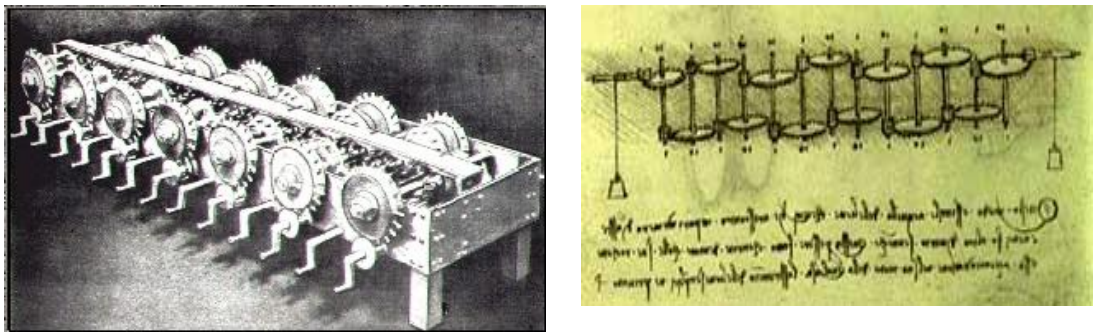


Рис. 22. Машина Леонардо да Винчи

Эти стержни должны были располагаться таким образом, чтобы меньшее колесо на одном стержне входило в зацепление с большим колесом на другом стержне. При этом меньшее колесо второго стержня сцеплялось с большим колесом третьего, и т.д. Десять оборотов первого колеса, по замыслу автора, должны были приводить к одному полному обороту второго, а десять оборотов второго – к одному обороту третьего и т.д. Вся система, состоящая из 13 стержней с зубчатыми колесами, должна была приводиться в движение набором грузов.

В 1969 г. по чертежам Леонардо да Винчи американская фирма IBM по производству компьютеров в целях рекламы построила работоспособную машину. Специалисты воспроизвели машину в металле (рис. 23) и убедились в полной состоятельности идеи ученого.

Рис. 23. Реконструкция машины Леонардо да Винчи

Суммирующую машину Леонардо да Винчи можно считать изначальной вехой в истории цифровой вычислительной техники. Это был *первый цифровой сумматор*, прообраз будущего электронного сумматора – важнейшего элемента современных ЭВМ, пока еще механический, очень примитивный (с ручным управлением).

2.2. Машина В. Шиккарда

Вильгельм Шиккард

Однако потребность в механизации счета была настолько малой, что лишь через сто с лишним лет после смерти Леонардо да Винчи немецкий ученый, профессор кафедры восточных языков Тюбингенского университета Вильгельм Шиккард (1592–1636) предложил свое решение этой задачи.

В. Шиккард разработал счетную машину для суммирования и умножения шестиразрядных десятичных чисел. Причиной, побудившей В. Шиккарда разработать такую машину, было его знакомство с польским астрономом Иоганном Кеплером. Работа великого астронома в основном была связана с вычислениями. В. Шиккард решил оказать ему помощь в нелегком труде. В своих письмах к Иоганну Кеплеру в 1623 г. Шиккард описывает проект суммирующей машины (рис. 24), которую он назвал «счетными часами».

Машина Шиккарда состояла из трех частей:

– суммирующего устройства (для выполнения сложения и вычитания);

– множительного устройства (для выполнения умножения);

– механизма для записи промежуточных результатов.

Множительное устройство занимает верхнюю часть машины, суммирующее – среднюю, для хранения чисел используется нижняя часть машины.

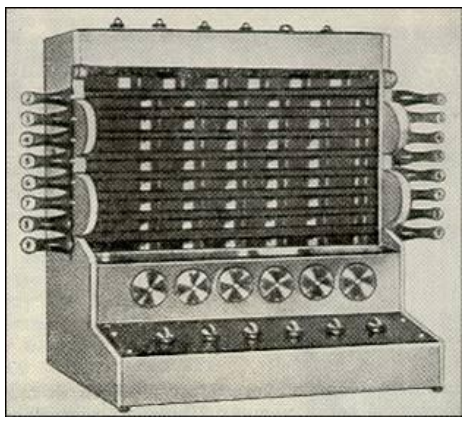


Рис. 24. Реконструкция машины Шиккарда

Суммирующее устройство было шестиразрядным. В каждом разряде на оси была закреплена шестерня с десятью зубцами и колесо с одним зубом, пальцем.

Палец служил для передачи десятка в следующий разряд и после полного оборота шестерни поворачивал шестерню следующего разряда на 1/10 оборота, что соответствовало сложению с единицей. Сложение осуществлялось

последовательным вводом слагаемых, а вычитание – последовательным вводом уменьшаемого и вычитаемого. При вычитании шестерни вращались в другом направлении. В окошках считывания машины можно было прочитать результат, уменьшаемое и вычитаемое. Деление выполнялось путем многократного вычитания делителя из делимого. Для умножения использовались таблицы умножения, навернутые на шесть осей.

Из письма В. Шиккарда от 25 февраля 1624 г. следует, что он изготовил два работающих образца своей машины, один из которых он хотел подарить И. Кеплеру. Но, к сожалению, обе машины сгорели во время пожара. Поэтому эти машины видели только два человека: сам автор, Вильгельм Шиккард, и механик Вильгельм Пфистер, который выполнял заказ В. Шиккарда. Данных о дальнейшей судьбе машины история не сохранила.

О самом проекте забыли на долгие годы, пока в 60-х гг. XX столетия, используя письма В. Шиккарда и его чернильный набросок с пояснениями для В. Пфистера, удалось построить действующую модель «счетных часов». Она хранится в доме–музее И. Кеплера, на его родине в городе Вайле.

Об изобретениях В. Шиккарда и Леонардо да Винчи стало известно лишь в наше время. Современникам они были неизвестны. По-видимому, лишь узкий круг лиц был осведомлен о создании этих машин.

Именно поэтому долгое время считалось, что первый арифмометр изобрел в 1642 г. знаменитый французский ученый Б. Паскаль.

2.3. Суммирующая машина Б. Паскаля

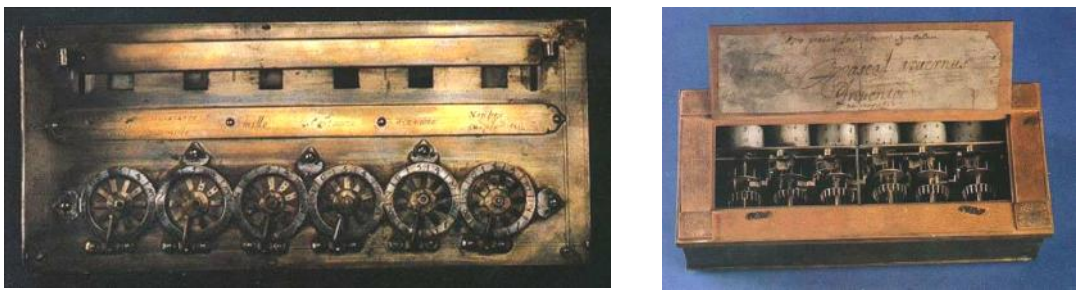
Первую машину, которая могла считать сама, создал французский ученый Блез Паскаль (1623–1662). Он задумал ее еще в детстве. Его отец работал сборщиком налогов и все вечера занимался подсчетами. Сын видел, как отец уставал от этого занятия, и мечтал подарить отцу машину, которая бы облегчила его труд.

Блез Паскаль

В 1642 г. Б. Паскаль сконструировал первый механический вычислитель, позволяющий складывать и вычитать числа. Для выполнения арифметических операций Паскаль заменил поступательное перемещение костяшек в абаковидных инст-

рументах на вращательное движение оси (колеса). Таким образом, в его машине сложению чисел соответствовало сложение пропорциональных им углов.

Эта машина вошла в историю вычислительной техники под названием «Паскалина» (рис. 25). За время работы над устройством Паскаль сделал более 50 различных моделей своей машины, в которых он экспериментировал не только с материалами, но и с формой деталей машины. До наших дней сохранилось восемь его машин.



а) *б*)

Рис. 25. Паскалина: *а* – вид спереди; *б* – вид сзади

Первая работающая машина была изготовлена в 1642 г., но окончательный вариант ее появился только в 1654 г. Она представляла собой небольшой латунный ящик размером 350×125×75 мм.

На верхней панели было сделано 8 круглых отверстий, вокруг каждого нанесена круговая шкала. Шкала крайнего правого отверстия разделена на 12 равных частей, шкала соседнего с ним отверстия – на 20 частей, а шкалы остальных честей отверстий имели десятичное деление.

Такая градуировка использовалась по следующей причине. Паскаль создавал свою машину в помощь отцу – сборщику налогов. Следовательно, за основу он взял систему счета французской валюты того времени. Основной денежной единицей тогда был ливр, который равнялся 20 су, 1 су состоял из 12 денье.

В отверстиях располагались зубчатые колеса. Число зубьев каждого колеса равнялось числу делений шкалы соответствующего отверстия. Так, у крайнего правого колеса было 12 зубьев, у соседнего – 20, у остальных – по 10.

Один из зубцов у каждой шестерни был немного удлинен и задевал соседнее колесо. Таким образом, полному повороту одного колеса соответствовал небольшой (1/20 или 1/10) поворот соседнего. Один поворот колеса соответствовал одной операции сложения (рис. 26).

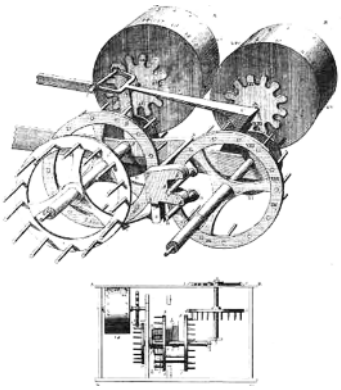


Рис. 26. «Паскалина». Механизм передачи десятков

На боковых отверстиях барабана были нанесены цифры от 0 до 9, которые были видны в прямоугольных окнах крышки. В этих окнах выводился результат арифметических операций. На этой машине можно было складывать и вычитать. Однако операция вычитания производилось очень громоздко.

Отец и сын вложили в создание своего устройства большие деньги. Однако против счетного устройства Паскаля выступили клерки, которые боялись потерять из-за него работу, а также работодатели, считавшие, что лучше нанять дешевых счетоводов, чем покупать новую машину. Юный конструктор записывает, не зная еще, что мысль его навека обгоняет свое время: «Вычислительная машина выполняет действия, более приближающиеся к мысли, чем все то, что делают животные».

Машина приносит Б. Паскалю популярность. Оценить его формулы и теоремы могут лишь считанные люди, а то, что машина считает сама, мог оценить любой человек. Машина была выставлена в Люксембургском саду на всеобщее обозрение, о ней писали стихи, ей приписывали фантастические возможности. Блез Паскаль становится знаменитым человеком.

В полученной Б. Паскалем в 1649 г. за изобретение машины королевской привилегии говорится: «Главное изобретение и существенное достижение состоит в том, что каждое колесо или стержень некоторого разряда, совершая движение на десять арифметических цифр, заставляет двигаться следующую только на одну цифру».

Основные идеи Паскаля:

1. Представление чисел углом поворота счетных колес: каждому числу от 0 до 9 соответствовал свой угол.

2. Идея автоматического переноса десятков. Здесь Паскаль столкнулся с определенной трудностью: изобретенный им механизм переноса десятков работал при вращении счетных колес

только в одном направлении, а это не позволяло производить вычитание вращением колес в противоположную сторону. Простой и остроумный выход из этого положения, найденный Паскалем, был настолько удачен, что используется в современных ЭВМ. Паскаль заменил вычитание сложением с дополнением вычитаемого. Для 8-разрядной машины Паскаля, работавшей в десятичной системе, дополнением числа *A* будет число (100 000 000 – *A*), поэтому операция вычитания ***B*** **–** ***A*** может быть заменена сложением:

$$\boldsymbol{B + (100000000 - A) = 100000000 + (B - A).}$$

3. Принцип связанных колес явился основой, на которой строилось большинство вычислительных устройств на протяжении следующих трех столетий.

Основной недостаток «Паскалины» заключался в неудобстве выполнения на ней всех операций, кроме простого сложения.

Б. Паскаль умер в возрасте 39 лет. Несмотря на столь короткую жизнь, он вошел в историю как выдающийся математик, физик, писатель и философ. В его честь назван один из самых распространенных современных языков программирования.

Хотя арифмометр Б. Паскаля представлял собой суммирующую машину, построенную по тем же принципам, что и забытая машина В. Шиккарда, труды Б. Паскаля оказали заметное влияние на весь дальнейший ход развития вычислительной техники. Не избежал этого влияния и Г. Лейбниц – создатель одного из основных разделов современной высшей математики – дифференциального исчисления.

2.4. Счетная машина Г. В. Лейбница

Г. В. Лейбниц

Немецкий философ, математик, физик Готфрид Вильгейм Лейбниц (1646–1716) в 1673 г. создал «ступенчатый вычислитель» – счетную машину, позволяющую складывать, вычитать, умножать, делить, извлекать квадратные корни. Машина работала с 12-разрядными числами. К зубчатым колесам Г. Лейбниц добавил ступенчатый валик, позволяющий выполнять умножение и деление.

В письме к Т. Бернету Г. Лейбниц писал: «Мне посчастливилось построить

такую машину, которая бесконечно отличается от машины Паскаля, так как дает возможность совершать умножение и деление над огромными числами мгновенно, притом не прибегая к последовательному сложению и вычитанию». О машине Г. Лейбница было известно в большинстве стран Европы.

В основе множительного устройства этой машины лежит, как теперь его называют, ступенчатый валик Лейбница (рис. 27), надолго определивший принципы построения счетных машин.

Он представляет собой цилиндр с зубцами разной длины, которые взаимодействуют со счетным колесом. Передвигая колесо вдоль валика, его вводят в зацепление с необходимым числом зубцов и обеспечивают установку определенной цифры.

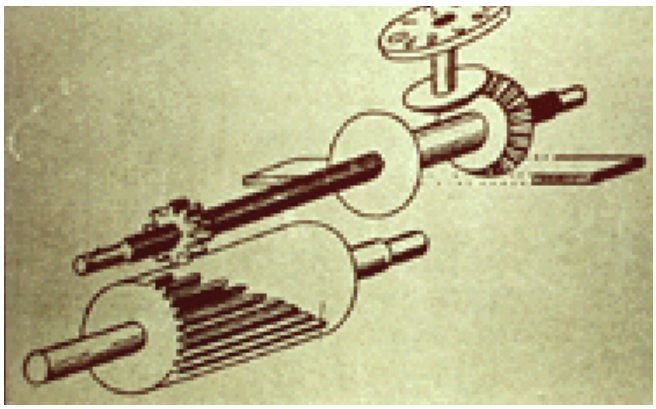


Рис. 27. Ступенчатый валик Г. Лейбница

В ЭВМ, появившихся более двух веков спустя, устройство, выполняющее арифметические операции (те же самые, что и «арифметический прибор» Г. Лейбница), получило название арифметического. Позднее, по мере добавления ряда логических действий, его стали называть арифметико-логическим (АЛУ). Оно стало основным устройством современных компьютеров (рис. 28).

Рис. 28. Арифмометр Г. Лейбница (реконструкция)

Механизм ввода слагаемых размещен спереди на подвижной каретке, его ступенчатые валики вращаются правой рукояткой. Суммирующий механизм расположен сзади, сдвиг каретки производится поворотом левой рукоятки

Интересно, что один из экземпляров своей машины Г. Лейбниц собирался подарить русскому царю Петру I, находившемуся в то время за границей. Однако в последний момент в машине обнаружились неполадки, ее отдали в починку, ремонт затянулся, и русский царь уехал без машины.

С некоторыми усовершенствованиями эти машины (а названы они были арифмометрами), использовались до недавнего времени.

2.5. Арифмометр К. Томаса

Впервые «серийное производство» арифмометров наладил уроженец Эльзаса Карл Ксавье Томас. Сконструированный им в 1818 г. арифмометр выпускался с различными усовершенствованиями в течение 100 лет по 300–400 экземпляров в год, что по тем масштабам вполне считалось массовым производством. Арифмометры обладали относительно неплохой скоростью вычислений. Они перемножали два восьмизначных числа за 18 с. При умножении использовался принцип Лейбница. Это была самая надежная машина в те времена. Арифмометр также поставил мировой рекорд по продолжительности продаж: последняя модель была продана в начале XX в.

2.6. Арифмометр В. Однера

Совершенство и простота конструкции арифмометра К. Томаса завоевали ему всеобщее признание. Казалось, нельзя создать более совершенный прибор. Однако в 1890 г. Вильгорд Теофилович Однер, петербургский изобретатель, записал в своем дневнике: «После 15 лет труда и постоянных улучшений мне удалось устроить аппарат, превосходящий значительно изобретенные моими предшественниками».

Попытка применить в счетных машинах колеса с переменным числом зубцов была впервые предпринята еще итальянцем Джованни Пеленом в 1709 г. Однако создать на этой базе надежную простую конструкцию никому в течение 165 лет не удавалось.

Только в 1874 г. инженер Экспедиции заготовления государственных бумаг в Петербурге В. Т. Однер предложил надежную и простую конструкцию такого колеса – знаменитое «колесо Однера». Это колесо стало основным узлом многих арифмометров. В нашей стране арифмометры В. Однера выпускались вплоть до 60-х гг. прошлого века.

В. Т. Однер

Арифмометр В. Однера (рис. 29) был построен на новых принципах. Главным его элементом является колесо Однера – зубчатка с переменным числом зубцов. Оно оказалось настолько совершенным, что не претерпело принципиальных изменений до наших дней. Колесо Однера имеет девять выдвижных спиц. Число выдвинутых спиц определяется углом поворота установочного рычажка до соответствующей цифры на шкале.

Рис. 29. Арифмометры начала XX в.

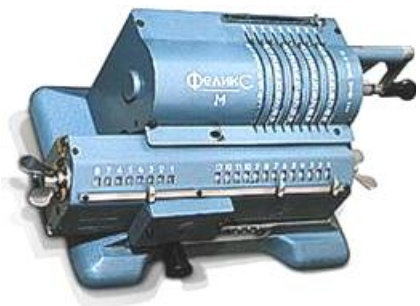


Рис. 30. Арифмометры «Феликс»

В 1899 г. В. Однер организовал большое предприятие в Петербурге на Васильевском острове в Тараканьевском переулке, где был расположен завод В. Однера по производству арифмометров.

После эмиграции В. Однера в Швецию в 1917 г. арифмометры его конструкции продолжали выпускать на заводе им. Дзержинского под маркой «Феликс». В 1969 г. их было произведено 300 000 штук (рис. 30).

Так зародилась новая в России отрасль промышленности – производство вычислительных машин. С тех пор вычислительная техника являлась одной из важнейших отраслей отечественного приборостроения.

Линия арифмометров перешла затем в линию клавишных вычислительных машин (рис. 31).

Рис. 31. Клавишные арифмометры

Усовершенствование механического арифмометра продолжалось вплоть до 70-х гг. XX в. Были разработаны многочисленные конструкции с ручным и электрическим приводом. С заменой механических счетных устройств электронными линия механических арифмометров перешла в линию электронных калькуляторов, а затем слилась с линией персональных ЭВМ.

2.7. Машина П. Чебышева

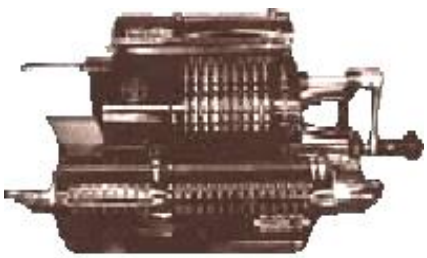


Рис. 32. Арифмометр П. Л. Чебышева

Среди многих вычислительных устройств XIX в. нельзя не отметить наиболее оригинальную конструкцию арифмометра (рис. 32), построенного великим русским математиком П. Чебышевым. В ее основу был положен изобретенный П. Чебышевым принцип «непрерывной передачи десятков».

Суть этого принципа в том, что шестеренка единиц, делая полный оборот, поворачивает шестеренку десятков на 1/10 оборота, а шестеренку сотен – на 1/100 и т.д. Этим обеспечивается плавное изменение угла поворота всех вступающих во взаимодействие колес.

Этот принцип получил настоящее признание гораздо позже, лишь с применением электропривода. При дискретной (прерывистой) передаче десятков неизбежно появлялись толчки, приводящие к разбалансированию всего механизма. При непрерывной передаче ход машины плавный, что позволяет без опасения поломок значительно увеличить скорость работы механических вычислительных устройств. П. Чебышевым был предложен эпициклический механизм с плавным переносом. Впоследствии этот механизм был использован американской фирмой «Мерчент» в серийных вычислительных машинах, выпускавшихся до середины XX столетия.

2.8. Новые идеи

Следующая ступень в развитии вычислительных устройств как будто не имела ничего общего с вычислительными машинами, по крайней мере, вначале.

На протяжении XVIII в. появились новые, более совершенные модели вычислительных устройств, но принцип механического управления вычислительными операциями оставался тем же. Идея программирования вычислительных операций пришла из часовой промышленности. Старинные монастырские башенные часы были настроены так, чтобы в заданное время включать механизм, связанный с системой колоколов. Такое программирование было жестким – одна и та же операция выполнялась в одно и то же время.

Впервые автоматизированная обработка информации появилась приблизительно в 1800 г., когда Джеквард Лум начал производить раскрой ткани по образцам, представленным перфокартами. Позже аналогичная технология использовалась в механических пианино.

2.8.1. Идея гибкого программного управления – перфокарты Ж. Жаккара

Идея *гибкого* программирования механических устройств с помощью перфокарты впервые была реализована в ткацком станке Ж. Жаккара. После этого оставался только один шаг до программного управления вычислительными операциями.

Французский ткач и механик Жозеф Жаккар создал первый образец машины, управляемой введенной в нее информацией. В 1802 г. он построил машину, которая облегчила процесс производства тканей со сложным узором (рис. 33).

Рис. 33. Ткацкий станок Жаккара (реконструкция)

При изготовлении такой ткани нужно поднять или опустить каждую из ряда нитей. После этого ткацкий станок протягивает между поднятыми и опущенными нитями другую нить. Затем каждая из нитей опускается или поднимается в определенном порядке, и станок снова пропускает через них нить. Этот процесс многократно повторяется до тех пор, пока не будет получена нужная длина ткани с узором.

Для задания узора на ткани Жаккар использовал ряды отверстий на картах (рис. 34). Если применялось десять нитей, то в каждом ряду карты предусматривалось место для десяти отверстий.

Рис. 34. Перфокарта Жаккара

Карта закреплялась на станке в устройстве, которое могло обнаруживать отверстия на карте. Это устройство с помощью щупов проверяло каждый ряд отверстий на карте. Информация на карте управляла станком. Переходя к новому рисунку, оператор просто заменял одну колоду перфокарт другой.

Рис. 35. Перфокарты, соединенные в виде ленты, в станке Жаккара

Станок Жаккара вызвал настоящую революцию в ткацком производстве, а принципы, положенные в его основу, используются по сей день. Однако самую важную роль перфокартам суждено было сыграть в программировании компьютеров.

Создание ткацкого станка, управляемого картами, с пробитыми на них отверстиями и соединенными друг с другом в виде ленты (рис. 35), относится к одному из ключевых открытий, обусловивших дальнейшее развитие вычислительной техники.

Так появилось первое примитивное устройство для запоминания и ввода информации.

2.8.2. Разработка Г. Прони технологической схемы вычислений

Гаспар Прони

В 1795 г. французский математик Гаспар Прони (1755–1839), которому французское правительство поручило выполнение работ, связанных с переходом на метрическую систему мер, впервые в мире разработал технологическую схему вычислений.

Эта схема содержала три этапа и предполагала разделение труда математиков на три составляющие.

1. ***Определение (или разработка) методов численных вычислений***. Эти методы позволяли свести вычисления к четырем арифметическим операциям – сложение, вычитание, умножение, деление. На этом этапе работала первая группа из нескольких высококвалифицированных математиков.

2. ***Задание последовательности арифметических действий и определение исходных данных***, необходимых при их выполнении («программирование»). Эти работы выполняла вторая, более многочисленная по составу, группа математиков.

3. ***Выполнение составленной «программы»***, состоящей из последовательности арифметических действий. На этом этапе не было необходимости привлекать специалистов высокой квалификации. Эта наиболее трудоемкая часть работы поручалась третьей и самой многочисленной группе вычислителей.

Такое разделение труда позволило существенно ускорить получение результатов и повысить их надежность. Но главное состояло в том, что этим был дан импульс дальнейшему процессу автоматизации самой трудоемкой (но и самой простой!) третьей части вычислений – переходу к созданию цифровых вычислительных машин с программным управлением последовательностью арифметических операций.

2.9. Машины Ч. Бэббиджа

Эти два новшества – программное (с помощью перфокарт) управление и технология вычислений при ручном счете – явились базой для работ профессора Кембриджского университета Ч. Бэббиджа.

Из всех изобретателей прошлых столетий, внесших тот или иной вклад в развитие вычислительной техники, он ближе всего подошел к созданию компьютера в современном его понимании.

Чарльз Бэббидж
(1791–1871)

Чарльз Бэббидж родился в 1791 г. в графстве Девоншир в богатой семье. Он прославился как остротой ума, так и своими чудачествами. В течение 13 лет этот эксцентричный гений заведовал кафедрой математики Кембриджского университета (когда-то этот пост занимал И. Ньютон), но не прожил при университете ни дня и не прочитал там ни одной лекции.

Круг увлечений Бэббиджа был очень широк. Он занимался физикой, химией, астрофизикой, геофизикой, лингвистикой, проблемами экономики; разрабатывал конструкции подводных судов и маяков. Перечисление всех новаций, предложенных ученым, получится довольно длинным. В качестве примера можно упомянуть, что именно Бэббиджу принадлежат такие идеи, как:

– установка в поездах «черных ящиков» для регистрации обстоятельств аварии;

– переход к использованию энергии морских приливов после исчерпания угольных ресурсов страны;

– изучение погодных условий прошлых лет по виду годичных колец на срезе дерева;

– разработка конструкции подводных судов и маяков;

– изобретение коронографа для изучения солнечной короны;

– изобретение игрового автомата, с которым можно было сыграть в «крестики-нолики».

Его выдающиеся научные результаты неоднократно отмечались академиями наук Европы. Кроме того, Ч. Бэббидж состоял членом-корреспондентом Петербургской Академии наук.

Помимо серьезных занятий математикой, ученый всю жизнь страстно увлекался разного рода ключами-замками, шифрами и механическими куклами.

Возможно, во многом благодаря именно этому пристрастию Ч. Бэббидж и вошел в историю как конструктор первого полноценного компьютера. Разного рода механические счетные машины были созданы еще в XVII–XVIII вв., но эти устройства были весьма примитивны и ненадежны. А Бэббидж как один из основателей Королевского астрономического общества ощущал острую потребность в создании мощного механического вычислителя, способного автоматически выполнять длинные, крайне утомительные, но очень важные астрономические расчеты. Математические таблицы использовались в самых разнообразных областях, но при навигации в открытом море многочисленные ошибки в таблицах, рассчитанных вручную, стоили людям жизни.

Основных источников ошибок было три:

– человеческие ошибки в вычислениях;

– ошибки переписчиков при подготовке таблиц к печати;

– ошибки наборщиков.

В начале 1820-х гг. Чарльз Бэббидж написал специальную работу, в которой показал, что полная автоматизация процесса создания математических таблиц гарантированно обеспечит точность данных, поскольку исключит все три источника порождения ошибок. Фактически вся остальная жизнь ученого была связана с воплощением этой идеи в жизнь.

Наивысшим достижением Чарльза Бэббиджа была разработка принципов, положенных в основу современного компьютера, за целое столетие до того, как появилась техническая возможность их реализации. Им были созданы две машины – **разностная** (1822) и **аналитическая** (1830).

2.9.1. Разностная машина (Difference Engine)

Первое вычислительное устройство, разработанное Бэббиджем, получило название «разностная машина», поскольку работа модели была основана на хорошо разработанном методе конечных разностей. Благодаря этому методу все сложно реализуемые в механике операции умножения и деления сводились к цепочкам простых сложений известных разностей чисел.

Разностная машина (рис. 36, 37) предназначалась для решения дифференциальных уравнений и табулирования многочленов. С современной точки зрения она являлась специализиро-

ванной вычислительной машиной с фиксированной (жесткой) программой.

Рис. 36. Рабочая часть разностной машины

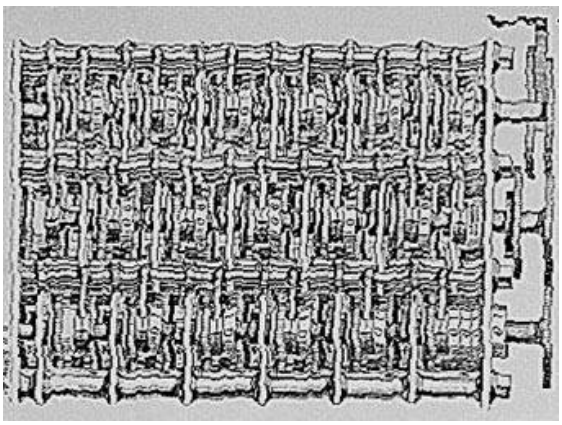


Рис. 37. Чертеж секции разностной машины Бэббиджа

Составные части разностной машины:

1. «Память» – несколько регистров для хранения чисел.

2. Сетчик числа операций со звонком – при выполнении заданного числа шагов вычислений раздавался звонок.

3. Печатающее устройство – результаты выводились на печать, причем по времени эта операция совмещалась с вычислениями на следующем шаге.

Движение механических частей машины должен был осуществлять паровой двигатель. Но вычисления были полностью автоматизированы (вплоть до автоматической печати результатов).

Работоспособный прототип, подтверждающий концепцию, благодаря правительственному финансированию был построен весьма быстро. Однако сооружение полноценной машины оказалось делом весьма непростым, поскольку требовалось огромное количество идентичных деталей, а индустрия в те времена только начинала переходить от ремесленного производства к массовому. Так что попутно Бэббиджу пришлось самому изобретать и машины для штамповки деталей.

2.9.2. Аналитическая машина

К 1834 г., когда «разностная машина № 1» еще не была достроена, Ч. Бэббидж уже задумал принципиально новое устройство – «аналитическую машину», явившуюся, по сути дела, прообразом современных компьютеров (рис. 38).

Это была механическая универсальная цифровая вычислительная машина с программным управлением. К 1840 г. Бэббидж практически полностью завершил разработку «аналитической машины» и тогда же понял, что воплотить ее на практике сразу не удастся из-за технологических проблем.

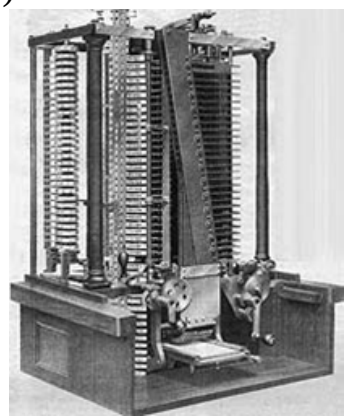


Рис. 38. Аналитическая машина Бэббиджа

По архитектуре аналитическая машина была механическим прототипом современного компьютера. Она содержала следующие устройства (рис. 39):

1) «*склад*» (или мельница) – устройство для хранения цифровой информации (теперь это запоминающее устройство или память);

2) «*мельница*» или «*фабрика*» – устройство, выполняющее операции над числами, взятыми на «складе» (ныне это – арифметическое устройство);

3) устройство, для которого Бэббидж не придумал названия и которое управляло последовательностью действий машины. Сейчас это устройство называется устройством управления. Следуя терминологии Ч. Бэббиджа, это устройство можно было бы назвать «*конторой*»;

4) устройство ввода информации;

5) устройство вывода информации.

Рис. 39. Архитектура аналитической счетной машины с точки зрения Ч. Бэббиджа

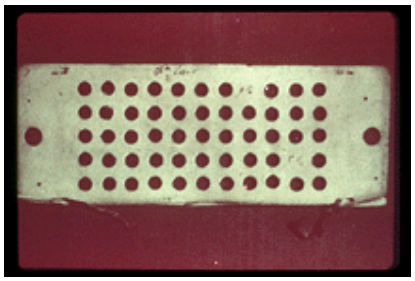


Рис. 40. Перфокарта Бэббиджа

Бэббидж предусмотрел ввод в машину таблиц значений функций с контролем при вводе значений аргумента. Выходная информация могла печататься или пробиваться на перфокартах (рис. 40), что давало возможность при необходимости снова вводить ее в машину.

Особенностью аналитической машины стало то, что в ней впервые был реализован принцип разделения информации на команды и данные.

Разработав чрезвычайно развитую конструкцию принтера, Бэббидж стал пионером идеи компьютерного ввода-вывода, поскольку его принтер и пачки перфокарт обеспечивали **полностью автоматический ввод и вывод информации** при работе вычислительного устройства.

По оценке Бэббиджа, его машина могла выполнять 60 сложений в минуту или одно умножение двух 50-значных чисел или деление 100-значного числа на 50-значное.

В 1840 г. Бэббидж предложил окончательный вариант машины. У нее было три устройства ввода с перфокарт, с которых считывались программа и данные, подлежащие обработке. Объем памяти составлял 50 машинных слов по 40 цифр (разрядов) каждое. Компьютер имел два регистра-аккумулятора – «быструю» память, в которой накапливался результат арифметических действий.

2.9.3. Основные идеи Ч. Бэббиджа

1. Принцип программного управления вычислительным процессом.

2. Использование перфокарт для управления работой вычислительной машины:

– для ввода данных,

– для обмена и передачи чисел в самой машине.

3. Введение **команды** (операции) **условного перехода**. Благодаря этой команде машина получила способность выбирать в каждый момент времени путь вычислений в зависимости от значения признака, полученного в результате предыдущих расчетов.

4. Принцип разделения информации на команды и данные.

Идеи Ч. Бэббиджа, относящиеся к структуре полностью автоматизированной счетной машины и принципов ее работы, удалось реализовать лишь в середине XX столетия в современных компьютерах. Основным тормозом был механический принцип счета, господствовавший в счетной технике более 300 лет.

У Бэббиджа было ясное представление о сферах применения его машины. Он думал вычислить математические и морские таблицы, выверить таблицы логарифмов, проверить данные астрономических наблюдений, вычислить среднюю продолжительность жизни человека в Англии и решить многие другие сложные задачи.

Об изобретении Бэббиджа с восторгом отзывались передовые люди его времени. Знаменитый писатель Эдгар По писал: «Что же мы должны думать о вычислительной машине Бэббиджа? Что мы должны думать о машине из дерева и металла, которая может не только вычислить астрономические и навигационные таблицы любой заданной протяженности, но и сделать точность своих действий математически достоверной благодаря своей способности исправлять свои возможные ошибки? Что мы должны думать о машине, которая может выполнять не только все это, но и печатать свои сложные результаты, когда они получены, без малейшего вмешательства интеллекта человека?».

К сожалению, Ч. Бэббиджу не довелось увидеть воплощения большинства из своих идей. У разностной машины были сомнительные шансы на успех, а аналитическая машина выглядела нереалистичной. Ее просто невозможно было построить и запустить в работу. В своем окончательном виде машина должна была быть не меньше железнодорожного локомотива. Ее внутренняя конструкция представляла собой нагромождение стальных, медных и деревянных деталей, часовых механизмов, приводимых в действие паровым двигателем. Любая нестабильность какой-нибудь мелкой детали приводила бы к стократно усиленным нарушениям в других частях. Только зубчатых колес для нее понадобилось бы более пятидесяти тысяч.

Таким образом, машину построить не удалось. Современники, не видя конкретного результата, разочаровались в работе ученого. Он опередил свое время. И сам понимал это: «Вероятно, пройдет половина столетия, прежде чем кто-нибудь возьмется за

такую малообещающую задачу без тех указаний, которые я оставил после себя. И если некто, не предостереженный моим примером, возьмет на себя эту задачу и достигнет цели в реальном конструировании машины, воплощающей в себя всю исполнительную часть математического анализа с помощью простых механических или других средств, я не побоюсь поплатиться своей репутацией в его пользу, так как только он один полностью сможет понять характер моих усилий и ценность их результатов».

После смерти Ч. Бэббиджа Комитет Британской научной ассоциации, куда входили крупные ученые, рассмотрел вопрос, что делать с неоконченной аналитической машиной и для чего она может быть рекомендована. К чести Комитета был сделан такой вывод: «...Возможности аналитической машины простираются так далеко, что их можно сравнить только с пределами человеческих возможностей... Успешная реализация машины может означать эпоху в истории вычислений, равную введению логарифмов».

Разностной машине повезло больше. Хотя сам Ч. Бэббидж больше не возвращался к ней, шведский издатель, изобретатель и переводчик Пер Георг Шойц, прочитав статью об этом устройстве, в 1854 г. построил его слегка видоизмененный вариант, воспользовавшись ценными советами Бэббиджа. А годом позже разностная машина П. Шойца была удостоена золотой медали на Всемирной выставке в Париже.

В 1906 г. сын Ч. Бэббиджа построил несколько мини-копий разностной машины Бэббиджа и разослал их по всему миру, чтобы увековечить эту машину. В октябре 1995 г. одна из тех копий была продана на лондонском аукционе австралийскому музею электричества в Сиднее за 200 000 долл.

Вплоть до начала 1990-х гг. общепринятое мнение было таково, что идеи Чарльза Бэббиджа слишком опережали технические возможности его времени. Поэтому спроектированные вычислители в принципе невозможно было построить в ту эпоху. И лишь в 1991 г., к двухсотлетию со дня рождения ученого, сотрудники лондонского Музея науки воссоздали по его чертежам разностную машину (рис. 41). 29 ноября 1991 г. она впервые произвела серьезные вычисления и с тех пор функционирует без ошибок. Машина весит 3 т, а ее стоимость почти 500 000 долл. В 2000 г. был воссоздан еще и 3,5-тонный принтер Бэббиджа.

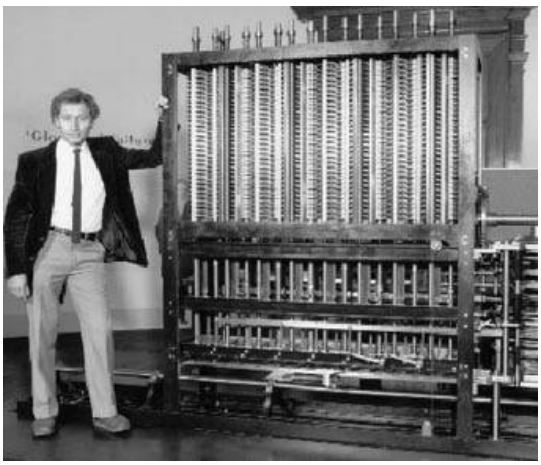


Рис. 41. Современная работающая копия
разностной машины Ч. Бэббиджа

Оба устройства, созданные по технологиям середины XIX в., отлично работают и наглядно демонстрируют, что история компьютеров вполне могла начаться на сто лет раньше.

2.10. Первая программистка Ада Лавлейс

Исследователи работ Чарльза Бэббиджа непременно отмечают особую роль в разработке проекта аналитической машины графини Ады Августы Лавлейс. Именно ей принадлежала идея использования перфорированных карт для программирования вычислительных операций.

Ада Августа Лавлейс

Ада Августа Байрон (1815–1852), в замужестве графиня Лавлейс (Ada Augusta Lovelace), была дочерью поэта Джорджа Байрона. Она с детства увлекалась математикой и астрометрией. Астрометрия – расчет положений небесных тел – одно из наиболее популярных приложений математики XIX в. Видимо, это увлечение и стало причиной возникновения интереса к программированию.

Наслышанная о создаваемой разностной машине, она с группой студентов посетила лабораторию Ч. Бэббиджа. С этого визита Ада увлеклась вычислительными машинами. Сам изобретатель отметил незаурядную девушку, которая

не только понимала, как работает машина, но и была в состоянии оценить перспективы ее развития.

После того, как итальянский инженер Л. Менабри составил подробный инструктаж по конструкции аналитической машины, Ада перевела его на английский язык. Она же нашла некоторые ошибки в рассуждениях Ч. Бэббиджа, проработала комментарии к тексту. В частности, использовать двоичное представление чисел в памяти предложила именно Ада.

Ей же принадлежит изобретение циклов и подпрограмм – Ада поняла, что при использовании условных переходов можно будет использовать один и тот же набор перфокарт для повторяющихся последовательностей команд.

Проработке аналитической машины Ада уделяла много времени, называя это устройство «своим первенцем». Муж Ады ценил и поощрял ее занятия математикой.

«Можно с полным основанием сказать, что аналитическая машина точно так же плетет алгебраические узоры, как ткацкий станок Жаккара воспроизводит цветы и листья», – писала графиня Лавлейс. Она одна из немногих понимала, как работает машина и каковы потенциальные области ее применения.

Говоря об аналитической машине, Бэббидж отмечал, что графиня «по-видимому, понимает ее лучше меня, а уж объясняет ее устройство во много-много раз лучше».

Ада приложила немало усилий, чтобы воплотить изобретение Бэббиджа в реальном аппарате. Нехватка денег преследовала его постоянно. Астрономическое общество в свое время предоставило ему грант в 1,5 тыс. фунтов на построение разностной машины, но в действительности требовалась сумма, в пятьдесят раз большая. Не помогли ни дополнительные правительственные субсидии, ни стотысячное наследство. Аналитическая машина требовала еще больших расходов. Чтобы добыть денег на закупку необходимых материалов (стали и латуни, потребность в которых измерялась тоннами), а также на изготовление деталей, они решили сыграть на скачках. Методика игры была их собственной и основывалась на законах вероятности. Первое время казалось, что новая система работает. Но дело кончилось плохо, и, чтобы заплатить долги, были проданы фамильные драгоценности семейства Лавлейс.

Аналитическая машина в XIX в. была технологически невыполнима, и Ада Лавлейс умерла, так и не попробовав запустить свои программы.

Аду Лавлейс называют первым программистом. В ее честь назван язык программирования АДА.

Краткие итоги

В течение почти 500 лет цифровая вычислительная техника сводилась к простейшим устройствам для выполнения арифметических операций над числами. Основой практически всех изобретенных за пять столетий устройств было зубчатое колесо, рассчитанное на фиксацию 10 цифр десятичной системы счисления.

Первые изобретения этого периода – машины Леонардо да Винчи, В. Шиккарда. О них ничего не было известно современникам, поэтому первой вычислительной машиной считается суммирующая машина Б. Паскаля – «Паскалина», выполняющая операции сложения и вычитания. Сложную в реализации операцию вычитания Паскаль заменил сложением с дополнением вычитаемого. Этот подход используется в современных ЭВМ.

Счетная машина Г. В. Лейбница позволяла складывать, вычитать, умножать, делить, извлекать квадратные корни. В основе множительного устройства этой машины лежит ступенчатый валик Лейбница, надолго определивший принципы построения счетных машин. В ЭВМ, появившихся более двух веков спустя, устройство, выполняющее арифметические операции (те же самые, что и «арифметический прибор» Г. Лейбница), получило название арифметического. Позднее, по мере добавления ряда логических действий, его стали называть арифметико-логическим (АЛУ). Оно стало основным устройством современных компьютеров.

Арифмометры К. Томаса, В. Однера, П. Л. Чебышева с некоторыми усовершенствованиями использовались до недавнего времени 80-х гг. прошлого века.

Самыми значительными изобретениями этого периода, несомненно, являются разностная и аналитическая машины. Ч. Бэббидж разработал основные принципы построения вычислительных машин, которые были реализованы в современных ЭВМ. Это принцип программного управления вычислительным процессом, использование перфокарт для управления работой вычислительной

машины, введение команды условного перехода, принцип разделения информации на команды и данные.

К сожалению, эти машины не могли быть построены по технологиям XIX в.

Линия арифмометров перешла затем в линию клавишных вычислительных машин. Усовершенствование механического арифмометра продолжалось до 70-х гг. XX в. Были разработаны многочисленные конструкции с ручным и электрическим приводом. С заменой механических счетных устройств электронными линия механических арифмометров перешла в линию электронных калькуляторов, а затем слилась с линией персональных ЭВМ.

Контрольные вопросы

1. Кто был автором эскиза механического тринадцатиразрядного суммирующего счетного устройства?

2. Кто в 1642 г. изобрел первую вычислительную машину?

3. Какая из машин для вычислений так и не была реализована ее изобретателем на практике?

4. К какому классу машин относится машина В. Однера?

5. Для чего была предназначена разностная машина Ч. Бэббиджа?

6. Кто в 1795 г. разработал технологическую схему вычислений?

7. В честь кого был назван язык программирования АДА?

8. Кто в 1614 г. изобрел логарифмы?

9. Кто был автором проекта разностной и аналитической машин?

10. На чем кодировались программы для машин Ч. Бэббиджа?

3. Электромеханический период

В истории вычислительной техники этот период явился наименее продолжительным – с 1888 до 1945 г.

Вспомним, с какими объектами работали первые механические предшественники современного электронного компьютера. Числа представлялись:

– либо в виде линейных перемещений цепных и реечных механизмов;

– либо в виде угловых перемещений зубчатых и рычажных механизмов.

И в том и в другом случае это были перемещения, что в значительной степени сказывалось на габаритах устройств и на скорости их работы. Только переход от **регистрации перемещений** к **регистрации сигналов** позволил значительно снизить габариты и повысить быстродействие. Однако на пути к этому достижению потребовалось ввести еще несколько важных принципов и понятий. К ним относятся: двоичная система счисления и математическая логика Джорджа Буля.

Двоичная система счисления. Идеи Ч. Бэббиджа, относящиеся к структуре полностью автоматизированной счетной машины и принципов ее работы, удалось реализовать лишь в середине XX столетия в современных компьютерах. Основным тормозом были механический принцип счета, господствовавший в счетной технике более 300 лет, и десятичная система счисления.

Очевидно, что такое положение не могло сохраняться долго. Успехи электроники и электротехники привели к созданию высокоскоростных счетных элементов. Но с переходом на электрические схемы счета появился новый фактор – недостаточная устойчивость десятипозиционных счетных элементов. Если зубчатое колесо нужно было абсолютно надежно фиксировать в каждом из его 10 рабочих положений, то в электрических элементах потребовалась фиксация десяти очень близких друг другу значений тока или напряжения в цепи. Это было непросто, так как из-за случайных колебаний напряжения различить эти значения не всегда удавалось.

Оказалось, что если уменьшать число самих состояний, то возрастает устойчивость каждого из них. Идеальным является одно состояние – оно абсолютно устойчиво, хотя абсолютная устойчивость не имеет смысла, так как такой элемент ничего не

сможет сосчитать. Поэтому наиболее устойчивым элементом, с помощью которого можно вести счет, является элемент с двумя рабочими состояниями – двухпозиционное устройство.

Самая распространенная система счисления является десятичной, так как у нас десять пальцев на обеих руках. Таким образом, десятичность используемой системы счисления связана со строением нашего организма. Примерно так же связана с «физиологией» электрических элементов и двоичная система счисления.

Некоторые европейские мыслители эпохи Просвещения проявляли большой интерес к простой и изящной двоичной системе счисления. Постепенно эта система проникала из одной научной дисциплины в другую, из логики и философии в математику, а затем и в вычислительную технику.

Двоичная система счисления Г. Лейбница. Исследованием свойств двоичной системы счисления занимался И. Лейбниц. Он считал, что на базе двоичной системы можно создать универсальный язык для объяснения явлений мира и использования во всех науках, в том числе в философии.

В 1666 г. Г. Лейбниц написал работу «Искусство составления комбинаций». В этой работе были заложены основы общего метода, который позволяет свести мысль человека – любого вида и на любую тему – к совершенно точным формальным высказываниям. Таким образом, открывалась возможность перевести логику (или, как называл ее Г. Лейбниц, законы мышления) «из словесного царства, полного неопределенностей, в царство математики», где отношения между объектами или высказываниями определяются совершенно точно. Кроме того, Г. Лейбниц призвал к принятию «общего языка, бесконечно отличающегося от всех существовавших до сих пор, поскольку символы и даже слова его должны направлять наш разум, а ошибки, кроме тех, что заложены в исходных фактах, будут просто ошибками вычислений. Построить или изобрести такой язык или такие понятия очень трудно, но зато он будет легко понятен без всяких словарей».

Современники Г. Лейбница оставили его работу без внимания, да и сам Г. Лейбниц не стал развивать идею нового языка. Однако десятилетие спустя он занялся исследованием строгих математических законов применительно к двоичной системе счисления. Сохранилось изображение медали (рис. 42), нарисованное Г. Лейбницем в 1697 г., поясняющее соотношение между двоичной и десятичной системами счисления.

Однако при всей своей гениальности Г. Лейбниц так и не смог найти полезного применения полученным результатам. Изобретенный им арифмометр предназначался для работы с десятичными числами, и Г. Лейбниц не стал переделывать его под двоичные числа. В дальнейшем Г. Лейбницу приходила мысль использовать двоичные числа в вычислительном устройстве, но он даже не пытался построить такую машину.

Рис. 42. Медаль Г. В. Лейбница

Математическая логика Джорджа Буля. Более чем через сто лет после смерти Г. Лейбница английский математик-самоучка Джордж Буль (1815–1864) (отец писательницы Э. Л. Войнич) занялся разработкой универсального языка, о котором упоминал в своих сочинениях Г. В. Лейбниц.

Джордж Буль

В 1847 г. Дж. Буль написал важную статью на тему «Математический анализ логики», а в 1854 г. развил свои идеи в работе под названием «Исследование законов мышления». Эти основополагающие труды Дж. Буля внесли поистине революционные изменения в логику как науку.

Дж. Буль изобрел своеобразную алгебру, впоследствии названную его именем (*Булева алгебра*). Это была система обозначений и правил, применимая к всевозможным объектам, от чисел и букв до предложений. Пользуясь этой системой, можно было закодировать высказывания (т.е. утверждения, истинность или ложность которых требовалось доказать) с помощью символов своего языка, а затем манипулировать ими подобно тому, как в математике манипулируют обычными числами. Каждая величина может принимать одно из двух значений – **ДА/НЕТ**, **ЛОЖЬ/ИСТИНА**.

Три основные операции булевой алгебры – это **И**, **ИЛИ** и **НЕ**. Хотя система Буля допускает множество других операций, этих трех уже достаточно для того, чтобы производить сложение, вычитание, умножение и деление, или выполнять такие операции, как сравнение символов и чисел.

Большинство логиков того времени либо игнорировали, либо резко критиковали систему Дж. Буля. Однако ее возможности оказались настолько велики, что она не могла долго оставаться без внимания. Американский логик Чарлз Сандерс Пирс в 1867 г. познакомил с булевой алгеброй американскую научную общественность, изложив суть этой системы в докладе для Американской академии наук и искусств. На протяжении двух последующих десятилетий Ч. Пирс значительно модифицировал и расширил булеву алгебру. Он понял, что бинарная логика Дж. Буля хорошо подходит для описания электрических переключательных схем. Например, ток в цепи может либо протекать, либо отсутствовать, подобно тому, как утверждение может быть либо истинным, либо ложным. Электрический переключатель во многом схож с логическим вентилем – он либо пропускает ток (что соответствует значению «истина»), либо нет. Однако самого Пирса больше интересовала логика, чем электричество. И хотя позже он придумал простую электрическую логическую схему, она не была собрана.

Рис. 43. Первое электромагнитное реле

Современные ЭВМ по своей структуре очень близки к аналитической машине Бэббиджа, но, в отличие от нее (и всех механических арифмометров), используют совершенно другой принцип реализации вычислений, основанный на двоичной системе счисления.

Двоичный принцип реализуется с помощью электромагнитного реле – элемента, который может находиться в одном из двух возможных состояний и переходить из одного состояния в другое при воздействии внешнего электрического сигнала (рис. 43).

Поскольку оно может находиться в одном из двух рабочих состояний, то это означает лишь «да» или «нет», «истинно» или «ложно».

После изобретения электромагнитного реле вопрос о том, как записать с его помощью всевозможные цифры десятичной системы счисления, не был большой проблемой. Еще в 1658 г. Б. Паскаль доказал, что любое положительное число может быть основанием системы счисления, а Г. Лейбниц в 1703 г. описал арифметические действия в двоичной системе счисления.

Предпосылки создания электромеханической вычислительной техники:

1) необходимость проведения массовых расчетов (в экономике, статистике, управлении и планировании);

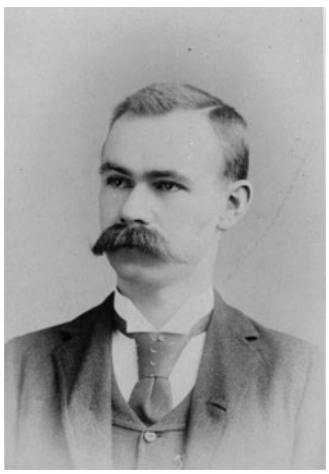
2) развитие электротехники (электропривод и электромеханическое реле).

Первый электромеханический счетно-аналитический комплекс был создан Г. Холлеритом в США в 1888 г.

3.1. Табулятор Г. Холлерита

Уже после смерти Ч. Бэббиджа один из принципов, лежащих в основе идеи аналитической машины, – использование перфокарт – нашел воплощение в действующем устройстве. Это был статистический табулятор, построенный американцем Германом Холлеритом для ускорения обработки результатов переписи населения, которая проводилась в США в 1890 г.

Г. Холлерит родился в городе Буффало (штат Нью-Йорк) в семье немецких эмигрантов. Дата рождения – 29 февраля 1860 г. – сулила ему жизнь, насыщенную незаурядными событиями.



Герман Холлерит

В школу он ходил с явной неохотой и имел среди учителей репутацию ребенка одаренного, но дурно воспитанного и ленивого. Ему не давались гуманитарные науки, а также грамматика и каллиграфия. Значительно лучше дела обстояли с естественными и точными науками.

Проблемы с учебой объяснялись тем, что Герман страдал довольно распространенным заболеванием – дисграфией – и испытывал серьезные трудности при необходимости записывать что-либо от ру-

ки. Возможно, именно этот дефект и вызвал интерес Германа к машинам и механизмам, эффективно заменяющим ручной труд.

Окончив Колумбийский университет, он поступил на работу в контору по переписи населения в Вашингтоне.

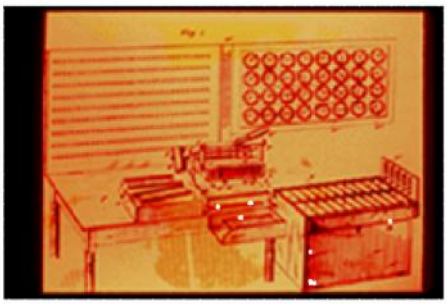


Рис. 44. Рисунок из патента Холлерита 1887 г.

В 1884–1889 гг. Г. Холлерит получил 4 патента на перфокартные машины (рис. 44). Затем добавляются еще 30 патентов.

Сейчас трудно сказать, что навело Холлерита на идею использования перфокарт – станок Жаккара или железнодорожные билеты с перфорацией.

Американские кондукторы в те годы изобрели оригинальный способ борьбы с мошенничеством на железных дорогах и кражей проездных билетов, на которых (в целях экономии средств) не было ни серийных номеров, ни фамилий владельцев. Проверяющий компостером пробивал отверстия в условных местах на билете, помечая таким образом пол, цвет волос и глаз пассажира. В результате получалась своеобразная перфокарта, в какой-то мере позволяющая идентифицировать истинного владельца билета.

У Г. Холлерита возникла идея создания перфокарты, на которую можно было бы наносить в виде отверстий обрабатываемые данные.

Первоначально он хотел применить в качестве носителя информации бумажную ленту с отверстиями – перфоленту (рис. 45). Но ленту приходилось часто перематывать, чтобы отыскать нужные данные. От этого она часто рвалась, а машина плохо работала.

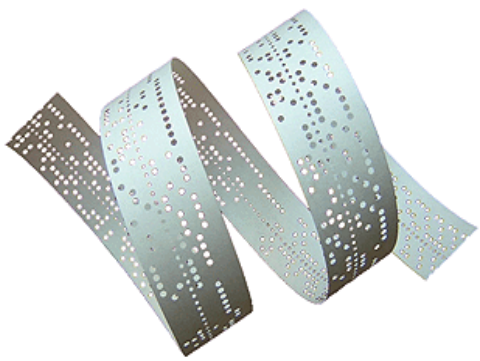


Рис. 45. Перфолента

Кроме того, довольно часто из-за высокой скорости движения ленты информация не успевала считываться.

Вскоре Г. Холлерит собрал табулятор, основными устройствами которого были:

– вычислительный механизм, в котором использовались *реле*;

– перфоратор;

– сортировальная машина.

Карты табулятора Холлерита (рис. 46) были размером в долларовую бумажку (168 × 83 мм). На каждой карте имелось 12 рядов, в каждом из которых можно было пробить по 20 отверстий (т.е. 240 позиций для пробивок).

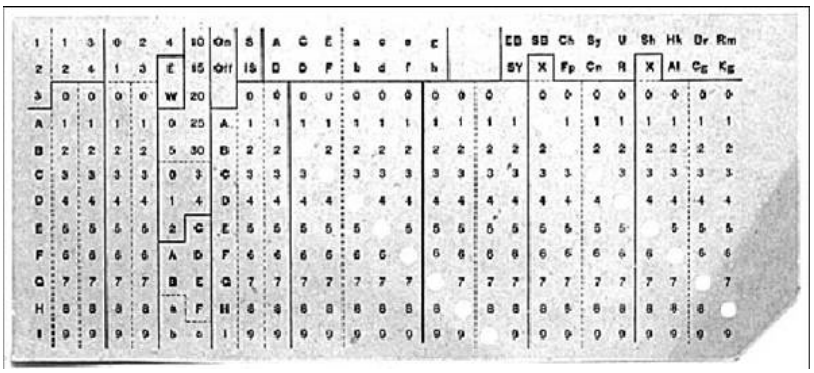


Рис. 46. Карты табулятора Холлерита

Эти позиции соответствовали таким данным, как возраст, пол, место рождения, количество детей, семейное положение и прочие сведения, включенные в вопросник переписи американского населения. Агенты, проводившие перепись, записывали ответы опрашиваемых в специальные формуляры. Заполненные формуляры отсылались в Вашингтон, где содержащуюся в них информацию переносили на карты путем перфорирования (рис. 47).

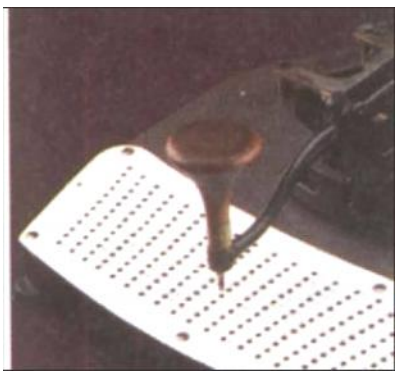


Рис. 47. Пробивка отверстий в перфокарте Холлерита

Затем перфокарты загружали в специальные устройства, соединенные с табуляционной машиной, где они нанизывались на ряды тонких игл, по одной игле на каждую из 240 перфорируемых позиций на карте.

Когда игла попадала в отверстие, она замыкала контакт в соответствующей электрической цепи машины. Это приводило к тому, что счетчик, состоящий из вращающихся

цилиндров, продвигался на одну позицию вперед. Это и есть электромеханический принцип действия.

Рис. 48. Табулятор Холлерита

В табуляторе Холлерита (рис. 48) перфокарты считываются устройством, размещенным в углу стола. С обратной стороны устройства расположена панель с электромеханическими счетчиками.

К 1890 г. Г. Холлерит закончил работу. При испытаниях, проведенных в бюро переписи, статистический табулятор Холлерита оказался лучшим по сравнению с другими системами. С изобретателем был заключен контракт на проведение переписи 1890 г.

Для сравнения: над результатами предыдущей 10 переписи 7 лет работали 500 сотрудников статистической службы. Данные 11 переписи были обработаны 43 сотрудниками на 43 табуляторах Холлерита за 4 недели (!). Помимо скорости новая система давала возможность сравнения статистических данных по самым различным параметрам. Так, например, впервые были получены реальные оперативные данные по детской смертности в различных штатах.

В 1896 г. Г. Холлерит создал компанию «Tabulating Machine Company» (TMC). К этому времени счетные машины были значительно усовершенствованы: автоматизированы процедуры подачи и сортировки перфокарт. В 1900 г. госдепартамент вновь утвердил систему TMC в качестве базовой для следующей переписи населения. Хотя за свой патент Г. Холлерит и запросил неслыханную сумму в 1 млн долл., все эти деньги он предполагал использовать для развития производства.

Но некоторые чиновники обвинили Г. Холлерита в стяжательстве, ставящем под угрозу государственные интересы Америки. Было принято решение строить новую государственную систему переписи населения с использованием технологий TMC, однако в обход патентов Г. Холлерита. Патенты на «новые» машины были зарегистрированы на имя некоего инженера Джеймса Пауерса – одного из сотрудников Национального бюро по переписи населения и

бывшего коллегу Г. Холлерита. Сразу после завершения очередной переписи в 1911 г. Д. Пауерс создал собственную компанию Powers Tabulating Machine Company (PTMC) – прямого конкурента TMC. Новое предприятие вскоре разорилось, но и TMC не сумела оправиться после потери государственного заказа.

В 1911 г. бизнесмен Чарльз Флинт создал компанию Computer Tabulating Recording Company (CTRC), в которую составной частью вошла и компания Г. Холлерита. Бывшего директора TMC перевели на должность технического консультанта. К 1919 г. оборот фирмы удвоился и достиг 2 млн долл.

Поскольку машины от CTR успешно продавались не только в США, но и в Европе, Южной Америке, Азии и Австралии, в 1924 г. CTRC была переименована в International Business Machines Corp (IBM).

Именно под этим именем мы сейчас и знаем родоначальника эры персональных компьютеров. На рис. 49 приведены компании CTRC и IBM.

Рис. 49. Эмблемы компаний CTRC и IBM

В 1929 г. Герман Холлерит скончался. В музее славы IBM хранятся золотые, серебряные и бронзовые медали и многочисленные патенты, которых был удостоен Г. Холлерит.

Г. Холлерит стал «отцом-основателем» целого направления вычислительной техники – счетно-перфорационного. На базе созданных им устройств создавались целые машиносчетные станции для механизированной обработки информации, послужившие прообразом грядущих вычислительных центров.

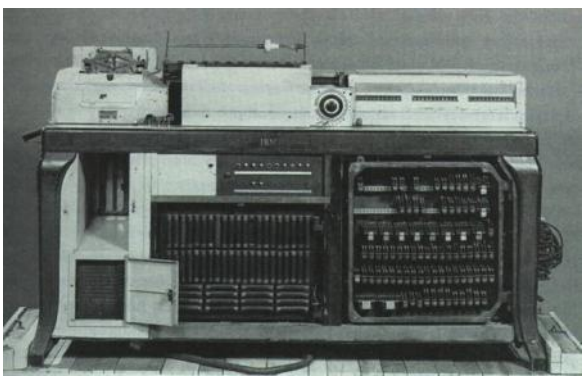


Рис. 50. Табулятор фирмы IBM

Табулятор фирмы IBM (1920-е гг.) представлял собой сложнейшее устройство, содержащее 100 тыс. деталей, 5 км проводов (рис. 50). Результаты расчетов выдавались на печать.

3.2. Счетно-перфорационная техника

Начиная с двадцатых годов XX в., применение счетно-перфорационной техники становится доминирующим направлением развития вычислительной техники.

Распространение счетно-аналитической техники было связано с тем, что перфорационные машины по сравнению с арифмометрами имеют большую скорость и меньшую вероятность ошибок при вычислениях. После того как исходные данные пробиты в виде отверстий в перфокартах, остальная работа выполняется машинами, входящими в состав счетно-аналитического комплекса. Конкретный комплекс счетно-аналитической техники может состоять из различного числа устройств, но в него обязательно входят следующие четыре устройства:

1) входной перфоратор;
2) контрольник;
3) сортировальная машина;
4) табулятор.

Перфоратор служит для пробивки отверстий в перфокартах, а контрольник – для проверки правильности этой пробивки, т.е. правильности перенесения информации с исходного документа на перфокарту. Обычно контрольник конструируется на основе перфоратора с заменой пробивного устройства воспринимающим. Основной функцией сортировальной машины является группировка перфокарт по признакам для дальнейшей обработки на табуляторе. Разновидностью сортировальной машины является счетно-сортировальная, т.е. имеющая приспособление для подсчета перфокарт в каждой группе. Основная машина счетно-аналитического комплекса (САК) – табулятор. Независимо от конструкции его обязательными частями являются механизмы, обеспечивающие:

– подачу перфокарт;
– восприятие пробивок и счет пробивок;
– печать результатов;
– управление комплексом.

К 1930 г. в мире уже существовало около 8000 САК. Нередко в них внедрялись новаторские решения: табуляторы с алфавитно-цифровым выводом, совместная работа нескольких табу-

ляторов. Например, в универмаге города Питтсбург эксплуатировалась система из 250 терминалов. Они были соединены телефонными каналами с 20 табуляторами, оборудованными пишущими машинками. С помощью терминалов считывались данные, выбитые в виде дырочек на ярлыках товаров. Далее система обрабатывала эти данные и выбивала счет (это уже можно назвать первым прообразом вычислительной сети).

В начальный период развития перфорационной техники она применялась главным образом в статистике. Со временем все более возрастает ее применение для бухгалтерского учета. Например, в 40-е гг. в СССР в статистике использовалось около 10 % счетно-аналитических машин, а более 80 % – в бухгалтерском учете.

Наряду с обработкой экономической и статистической информации САК постепенно начинают применять для выполнения расчетов научного и научно-технического характера. В Советском Союзе первое применение САК для научно-технических вычислений в области астрономии относится к началу 30-х гг., а с 1938 г. табуляторы используются в математических исследованиях.

В Академии наук СССР создается самостоятельная машиносчетная станция. В 1926–1927 гг. в промышленности, на транспорте, в государственных банках и ЦСУ создаются крупные машиносчетные станции. С 1931 г. в СССР начинается широкое развитие работ по механизации учета. В Москве создается специальный завод счетно-аналитических машин (САМ).

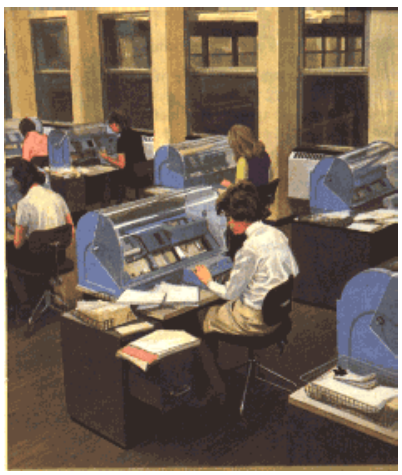


Рис. 51. Перфораторный цех МСС

К 1932 г. в нашей стране было создано 12 машиносчетных станций, а к 1935 г. отечественная промышленность наладила выпуск всех основных видов счетно-аналитического оборудования.

В 1950-е гг. создается электромеханический перфоратор П80-2 (рис. 51) с автоматической подачей и откладкой карт и с механизмом дублирования, позволяющим делать пробивки с ранее пробитых перфокарт.

Первый отечественный табулятор САК позволял суммировать числа с перфокарт, печатать эти числа и подсчитанные итоги.

Следующей была выпущена модель Т-2, выполняющая те же операции и получившая широкое распространение. Эта модель выпускалась до 1940 г. Она была рассчитана на два режима работы: обычный (4,5 тыс. перфокарт в час) и повышенный (9,5 тыс. перфокарт в час). Смена режима осуществлялась переключением скорости работы главного мотора, а выбор режима определялся скоростью подачи перфокарт.

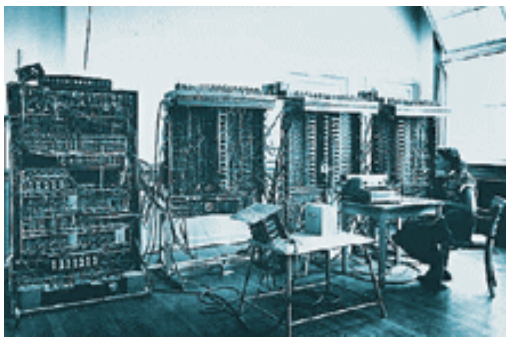


Рис. 52. Вычислительная машина РВМ-1

Последний крупный проект программно-управляемой релейной машины был выполнен в Советском Союзе в 1957 г.

Машина «РВМ-1» (Релейная вычислительная машина–1) была создана по проекту Н. И. Бессонова (рис. 52). Проект запоздал, но был очень удачным и по быстродействию мог соперничать с электронными вычислительными машинами: умножение двух чисел с плавающей точкой с 27-разрядной мантиссой и 6-разрядным порядком производилось за 50 мс.

На ней производился перерасчет цен на товары в связи денежной реформой 1961 г.

3.3. Клод Шеннон

В 1936 г. Клод Шеннон, двадцатилетний выпускник американского университета, соединил математическую логику с двоичной системой счисления и электрическими цепями.

Клод Шеннон

В то время К. Шеннон только что перешел в Массачусетский технологический институт из Мичиганского университета, где получил два диплома бакалавра – по электротехнике и по математике.

Желая подработать, К. Шеннон выполнял обязанности оператора на механическом вычислительном устройстве (рис. 53) под названием «дифференциальный анализатор», который построил в 1930 г. научный руководитель К. Шеннона профессор Ванневер Буш.

Профессор Ванневер Буш

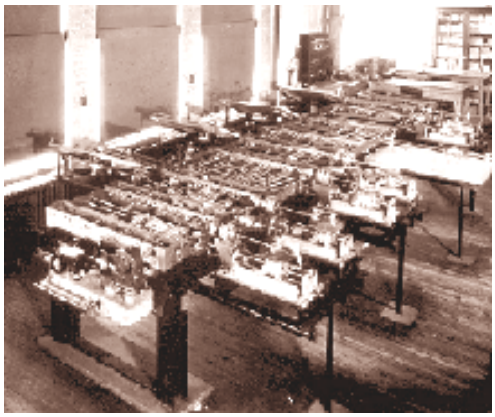


Рис. 53. Дифференциальный анализатор

Это была первая машина, способная решать сложные дифференциальные уравнения, которые позволяли предсказывать поведение таких движущихся объектов, как самолет, или действие силовых полей, например гравитационного поля.

На решение подобных уравнений вручную уходили иногда целые месяцы, так что дифференциальный анализатор имел важное научное значение. Однако он обладал следующими серьезными недостатками:

– гигантские размеры. Подобно аналитической машине Ч. Бэббиджа, механический анализатор В. Буша представлял собой сложную систему валиков, шестеренок и проволок, соединенных в серию больших блоков, которые занимали целую комнату. Большие габариты устройства объяснялись тем, что расчеты проводились в десятичной системе счисления;

– дифференциальный анализатор был аналоговым устройством, которое само измеряло скорость и расстояние, а затем на основе измеренных величин проводило расчеты. Чтобы поставить машине задачу, оператор должен был вручную подбирать множество шестереночных передач, на что уходило 2–3 дня. При любом

изменении параметров задачи оператору нужно было выполнить довольно обременительную работу.

В качестве темы диссертации В. Буш предложил К. Шеннону изучить логическую организацию своей машины. Вспомнив булеву алгебру, которую он изучал еще студентом, К. Шеннон поразился ее сходством с принципами работы электрических схем. Если построить электрические цепи в соответствии с принципами булевой алгебры, то они могли бы выражать логические отношения, определять истинность утверждений, а также выполнять сложные вычисления.

Свои идеи относительно связи между двоичными числами, булевой алгеброй и электрическими схемами К. Шеннон развил в докторской диссертации, опубликованной в 1938 г. Эта работа по праву считается поворотным пунктом в истории развития современной информатики и вычислительной техники. Десятилетием позже К. Шеннон опубликовал еще одну важную работу – «Математическую теорию связи». В ней он изложил идеи, которые впоследствии легли в основу новой отрасли науки – теории информации. К. Шеннон предложил метод, позволяющий определять и измерять информацию в математическом смысле, путем сведения ее к выбору между двумя значениями: «да» и «нет», или двоичными разрядами. Эта идея составляет фундамент современной теории связи.

Шеннона ввел определение бита – наименьшей единицы информации в двоичном коде, который применяется в современных компьютерах (**bit** – сокращение от **bi**nary dig**it**, что означает «двоичный разряд»).

3.4. Довоенные разработки

Особенно много внимания правительства разных стран стало уделять развитию вычислительной техники перед Второй мировой войной, понимая, как много преимуществ получает сторона, владеющая машинными способами кодирования и декодирования информации.

В конце 30-х гг. XX в. был построен ряд релейных вычислительных систем, способных выполнять сложные научно-технические расчеты в автоматическом режиме и со скоростью, на порядок превышающей скорость работы арифмометров с электро-

приводом. Наиболее крупные проекты в 1940-е гг. были выполнены в Германии (К. Цузе) и США (Дж. Эйкен и Дж. Стибиц).

3.5. «Изобретатель компьютера» К. Цузе

Таким титулом награжден немецкий инженер Конрад Цузе (1910–1995).

Конрад Цузе

Конрад Цузе с детства любил изобретать и строить. Еще школьником он сконструировал действующую модель машины для размена монет. Приблизительно в то же время он создавал проект города, рассчитанного на 37 млн жителей. В 30-х г. Цузе занимался проектированием самолетов в компании Henschel Aircraft.

Ему приходилось выполнять вычисления для определения оптимальной конструкции крыльев. В то время существовали только механические калькуляторы с десятичной системой счисления. К. Цузе заинтересовала проблема автоматизации всего процесса вычислений, так как он вынужден был выполнять множество однообразных рутинных расчетов по заданной схеме.

В 1934 г. К. Цузе придумал модель автоматического калькулятора, которая состояла из устройства управления, вычислительного устройства и памяти и полностью совпадала с архитектурой сегодняшних компьютеров.

В те годы К. Цузе пришел к выводу, что будущие компьютеры будут основаны на следующих шести принципах:

1) двоичная система счисления;

2) использование устройств, работающих по принципу «да/нет» (логические единица и нуль);

3) полностью автоматизированный процесс работы вычислителя;

4) программное управление процессом вычислений;

5) поддержка арифметики с плавающей запятой;

6) использование памяти большой емкости.

Он первым в мире:

– показал, что обработка данных начинается с бита (бит он называл да/нет-статусом, а формулы двоичной алгебры – условными суждениями);

– ввел термин «машинное слово» (word);

– объединил в вычислителе арифметические и логические операции, отметив, что «элементарная операция компьютера – проверка двух двоичных чисел на равенство. Результатом будет тоже двоичное число с двумя значениями (равно, не равно)».

При этом К. Цузе не имел никакого представления не только об аналогичных исследованиях коллег в США и Англии, но даже о механическом вычислителе Ч. Бэббиджа, созданном в XIX в. Однако много лет спустя он писал, что в этом состояло его преимущество – в силу своей неосведомленности он был свободен в поисках системы, наиболее подходящей для автоматических вычислений. Поэкспериментировав сначала с десятичной системой счисления, К. Цузе предпочел все же двоичную. И здесь он проявил незаурядные способности. Не зная о работах Дж. Буля и о машине Ч. Бэббиджа, он тем не менее использовал в созданной им вычислительной машине принципы булевой алгебры.

В 1936 г. К. Цузе запатентовал идею механической памяти.

3.5.1. Машины К. Цузе

Z-1. В 1937 г. К. Цузе создал работающую память для хранения 12 двоичных чисел по 24 бита и занялся созданием первой версии своего вычислителя, которую он сначала назвал **Versuchsmodell**-1 (V-1). Эта аббревиатура совпала с названием немецких ракет V-1, и тогда он переименовал свое творение в Z-1. Основную часть работы над компьютером он проделал в гостиной родительского дома. Машина была построена на чисто механической (рычажной) основе.

Благодаря использованию двоичной системы счисления машина занимала площадь около 4 $м^2$ и представляла собой множество реле и проводов, имела клавиатуру, с которой вводились в нее условия задач и данные.

Арифметический модуль мог работать с числами с плавающей запятой (фактически они состояли из двух чисел: одно представляло собой 16-разрядную мантиссу, другое – 7-разрядную экспоненту), осуществлял преобразования двоичных чисел в де-

сятичные и обратно и поддерживал ввод и вывод данных. Память (тоже на механических элементах) содержала 64 слова (вместо тысячи у Бэббиджа, что тоже уменьшило размеры машины).

Машина Z-1 была закончена в 1938 г. и работала неустойчиво из-за ненадежной механической памяти.

Трудами К. Цузе заинтересовалось руководство Института аэродинамических исследований третьего рейха. Они взялись финансировать работы над следующей моделью вычислителя Z-2.

Z-2. В Z-2 механическое арифметическое устройство было заменено арифметическим устройством на электромагнитных телефонных реле. В этом К. Цузе помог его друг, австрийский инженер Г. Шрайер, специалист в области электроники.

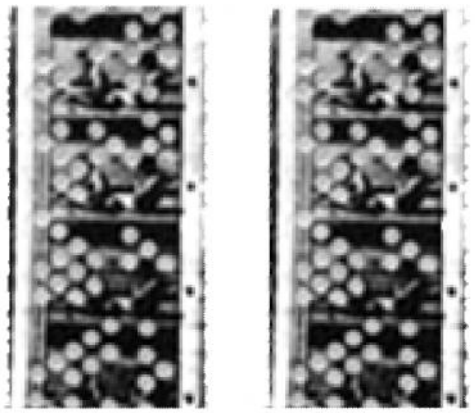


Рис. 54. Перфорированная киноленты

Г. Шрейер раньше работал киномехаником, поэтому он предложил сделать устройство ввода программы с помощью перфорированной киноленты (рис. 54). Результаты расчетов демонстрировались с помощью электрических ламп. Релейный *Z-2* был построен и успешно заработал в апреле 1939 г.

Z-3. В 1941 г. К. Цузе приступил к проектированию более мощной модели – Z-3 (рис. 55, 56). Ввод программы, представлявшей собой последовательность довольно мощных логических команд, по-прежнему происходил с перфорированной киноленты.

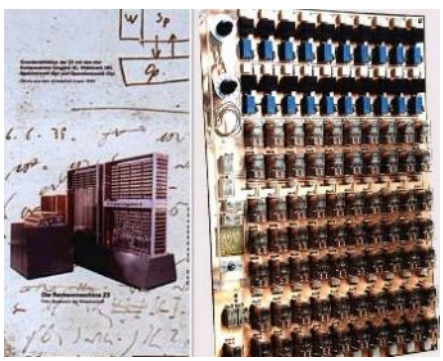


Рис. 55. Блоки машины Z-3

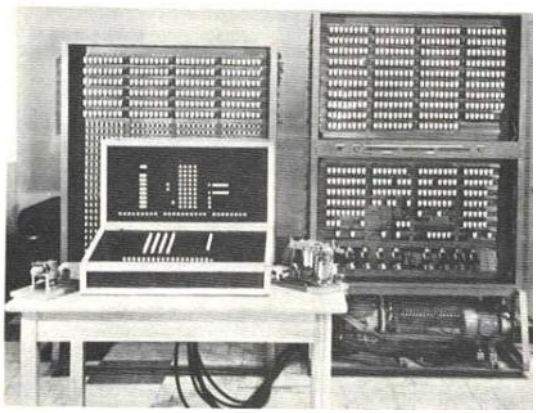


Рис. 56. Вычислительная машина Z-3

Память Z-3 позволяла хранить 64 слова (14 бит на мантиссу, 7 бит на экспоненту и 1 бит на знак) и состояла из 1400 реле.

Для арифметического устройства потребовалось 600 реле, и еще 400 реле применялось в устройстве управления.

Z-3 выполнял не только четыре арифметические операции, но и вычисление квадратного корня, умножение на –1, 0,1, 0,5, 2 и 10. Z-3 выполнял 3–4 операции сложения в секунду и умножал два числа за 4–5 с.

Одновременно К. Цузе занимался проектированием механических устройств дистанционного управления бомбами для повышения точности попадания в цель. Для создания модели требовалось провести очень большие вычисления, и он сначала сделал специализированный компьютер, выполнявший фиксированную последовательность операций. Затем он решил также автоматизировать работу оператора, занимавшегося вводом данных, и первым в мире сделал то, что сегодня называется аналогово-цифровым преобразователем.

Z-4. Из-за небольшого объема памяти на Z-3 нельзя было решать, например, системы линейных уравнений, а институту это требовалось. К. Цузе понимал все минусы своей машины и хотел создать полноценный компьютер, которому, по оценкам самого К. Цузе, требовалась емкость памяти как минимум 8 тыс. слов.

В 1942 г. он и Г. Шрайер предложили создать компьютер принципиально нового типа. Они решили перевести машину Z-3 с электромеханических переключателей на вакуумные электронные лампы. В отличие от электромеханических переключателей электронные лампы не имеют движущихся частей; они управляются электрическим током исключительно электрическим способом. Машина, задуманная К. Цузе и Г. Шрайером, должна была работать в тысячу раз быстрее, чем любая из машин, имевшихся в то время в Германии.

Но предложение инженеров отклонили. Война еще только начиналась, и Гитлер, уверенный в быстрой победе, наложил запрет на все долговременные научные разработки. «Нас спросили, когда наши машины заработают, – вспоминал К. Цузе. – Мы ответили, что приблизительно года через два. На что было сказано, что война к тому времени успешно закончится». Говоря о потенциальных сферах применения своего быстродействующего компьютера, Цузе и Шрайер отмечали возможность его использова-

ния для расшифровки закодированных сообщений, передаваемых британским командованием по рациям. Тогда еще никто не знал, что англичане уже разрабатывали машину для той же цели.

К. Цузе потерял все свои машины, за исключением Z-4, во время бомбежек Берлина. Чтобы не попасть в плен в последние дни войны, он присоединился к группе ученых, разрабатывавших ракеты в Германии. Они пытались скрыться в отрогах Альп в Баварии. В одном из грузовиков находилась машина Z-4. Американцы, захватившие эту группу в плен, сразу же предложили работу одному из ее членов, конструктору ракет Вернеру фон Брауну (создателю ракет Фау-2). На К. Цузе, успевшего спрятать свою машину в подвале крестьянского дома, американцы не обратили особого внимания.

После войны К. Цузе временно остался не у дел. Z-3 был разрушен, Z-4 не закончен. В 1949 г. К. Цузе начал работать над коммерческими «потомками» машины Z-4.

Ему помогал математик Герр Лохмейер. К. Цузе попытался автоматизировать игру в шахматы, описать правила игры в терминах логических вычислений. Сразу возникли проблемы, хорошо известные сегодня специалистам по искусственному интеллекту, – не было подходящего инструментария для работы со сложными структурами данных.

Публикаций о работах К. Цузе и какой-либо рекламы из-за секретности не было, и поэтому о них стало известно лишь спустя несколько лет после завершения Второй мировой войны.

В начале 1950-х гг. экономика Германии пошла на подъем. К. Цузе организовал фирму Zuze KG, построил машину Z-11 и использовал ее для решения задач перепланировки земель, проектирования оптических приборов. Уже тогда возникли проблемы создания хорошего программного обеспечения.

Затем К. Цузе построил машину Z-22, которая:

– поддерживала общие алгоритмы вычислений;

– могла работать с произвольными структурами данных;

– имела достаточный объем памяти и была популярна у многих немецких инженеров и ученых.

К. Цузе полагал, что у него появятся заказы на расчеты от малых и средних компаний, но они тогда не очень нуждались в подобных услугах, и Zuze KG оказалась убыточной. Государст-

венное финансирование работ в компьютерной области началось позже.

К. Цузе продолжал экспериментировать с различными вычислительными устройствами, сделал автоматическую рисовальную доску – первый прообраз современных систем автоматизированного проектирования. В 1964 г. он предложил автоматическую систему управления крупными ткацкими станками. С 1966 г. К. Цузе стал работать в компании Siemens AG.

3.5.2. Язык Plankalkul

Одним из своих наиболее выдающихся достижений К. Цузе считал создание языка **Plankalkul** («исчисление планов») в 1945 г. (рис. 57). Язык не был привязан к архитектуре и наборам команд конкретной вычислительной машины в отличие от первых языков ассемблера.

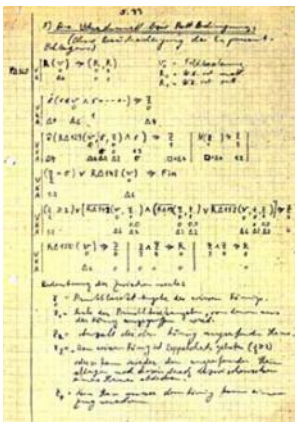


Рис. 57. Фрагмент программы на языке Plankalkul

К. Цузе создал первый в мире символический язык (термина «алгоритмический язык» еще не существовало) и технику трансляции адресов. Кроме того, он предложил использовать подпрограммы с параметрами. В то же время К. Цузе придумал название своему устройству – логическая вычислительная машина.

В Plankalkul было введено понятие объекта.

Объект мог быть:

– примитивным, основанным на двоичных числах произвольной длины. При записи логической единицы К. Цузе использовал символ L; например, двоичное число 1001 записывалось как L00L;

– составным (структуры, рекурсивно определяемые массивы произвольной размерности и т.д.). Битовый массив размерности [n][m] обозначался как n × m × S0. Индексация в Plankalkul всегда начиналась с 0. Разрешалось работать с подмассивами: для трехмерного массива V[][][] можно указать матрицу V[i] и вектор V[i][j]. Для описания переменной использовалась нотация S1.n (n бит).

Plankalkul допускал использование значительно более сложных синтаксических конструкций. Десятичное число (0–9) определялось с помощью записи S1.4 (4 бита, значения от 0 до 15) с наложенным ограничением по диапазону. Структура из трех компонентов записывалась, например, как (A2, S1.4, A3), где объекты A2 и A3 определялись ранее. Для упорядочения сложных описаний в языке использовался специальный синтаксис.

В качестве идентификаторов переменных применялось сочетание «буква + число». Первой буквой могла быть:

– V (параметр ввода);

– Z (промежуточное значение);

– R (результирующее значение);

– C (константа).

Программы и подпрограммы (параметры передавались по значению) трактовались как переменные (префикс P). Например, запись P3.7 означала вызов 7-й программы 3-й программной группы.

Plankalkul предусматривал возможность работы массивов программ, что сегодня только реализуется в распределенных системах.

К. Цузе придумал оператор присваивания, для которого определил знак. На Цюрихской конференции по языку Алгол европейская группа хотела ввести в стандарт языка именно его, и только под сильным давлением американской группы, не заинтересованной в введении символов, не поддерживаемых в компьютерах США, согласилась на сочетание :=.

Plankalkul поддерживал мощные синтаксические конструкции и позволял компактно описывать сложные условные циклы. На Plankalkul было написано много самых разных невычислительных алгоритмов: обработки символьной информации, генерации шахматных ходов и др. В память о К. Цузе планируется сделать компилятор для Plankalkul.

Сегодня работы К. Цузе известны во всем мире. Он оказал несомненное влияние на развитие европейских компьютерных технологий. Его труды использовались при создании новых компьютеров и при разработке первых алгоритмических языков программирования. К. Цузе получил множество наград и призов и заслужил международное признание.

Правительство Германии в 1980 г. выделило К. Цузе 800 тыс. марок для воссоздания Z-1 (рис. 58, 59), что он и осуществил вместе с помогавшими ему студентами. Сейчас эта вычислительная машина находится в музее вычислительной техники в Падеборне.

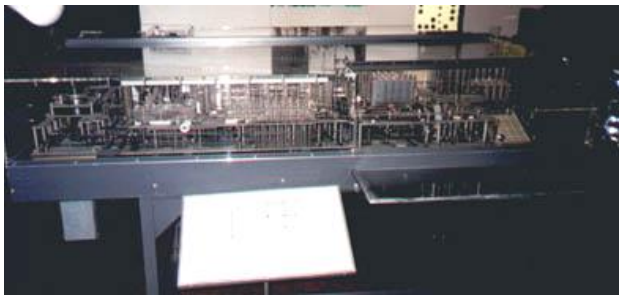


Рис. 58. Реконструкция Z-1

Рис. 59. Конрад Цузе
со студентами
у компьютера Z-1

3.6. Машины Дж. Стибица

В 1937 г. Джордж Стибиц – математик из фирмы «Bell Telephone Labs» – пришел к выводу, что булева логика – это естественный язык, на котором должна основываться работа систем электромеханических реле.

Джордж Стибиц

Дж. Стибиц сразу приступил к работе, полагая, что руководство фирмы найдет применение его результатам. Работая по вечерам за кухонным столом, он собрал аппарат из старых реле, батареек, лампочек, проводов и металлических полосок, нарезанных из жестяных банок. Созданное им устройство было электромеханической схемой, выполняющей операцию двоичного сложения, т.е. двоичным сумматором (рис. 60).

Это было первое устройство подобного типа. В наши дни двоичный сумматор по-прежнему остается одним из основных компонентов любого цифрового компьютера.

Первую свою машину Дж. Стибиц назвал **Model K**.

В 1939 г. Стибиц вместе с другим сотрудником фирмы, инженером-электриком Сэмюелом Уильямсом, разработал вычислительную машину «Bell-I» на электромагнитных реле, способную оперировать с комплексными числами.

Дж. Стибиц назвал свою машину табулятором комплексных чисел (рис. 61), и в январе 1940 г. ее начали использовать в управлении фирмы.

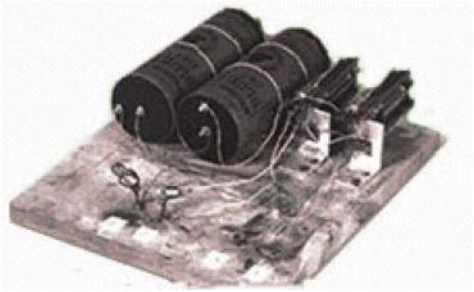


Рис. 60. Первый двоичный сумматор

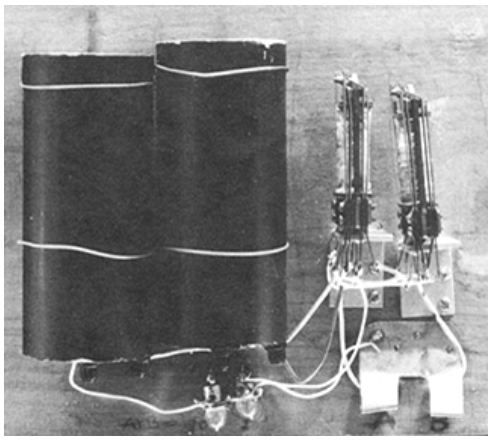


Рис. 61. Табулятор комплексных чисел

Установленный рядом телетайп передавал на машину сигналы и через считанные секунды получал ответы. Затем к машине подключили еще два телетайпа, расположенных в других помещениях. Это позволило людям, работавшим в разных отделах, пользоваться одним и тем же компьютером. В сентябре того же года к системе подключили четвертый телетайп, который находился от нее на расстоянии 400 км, в зале Дартмутского колледжа в Ганновере. Здесь перед аудиторией, которую составили 300 членов Американского математического общества, Дж. Стибиц продемонстрировал, как можно производить вычисления на электромеханическом калькуляторе, управляемом на расстоянии.

В 1942 г. была сконструирована машина «Bell-2», автоматически управляемая программой (машина «Bell-1» автоматического управления не имела). В этой машине впервые была применена встроенная система обнаружения ошибок, останавливающая процесс вычислений, если не срабатывало реле.

Каждая новая разработка Дж. Стибица была шагом к созданию универсальной цифровой вычислительной машины. В 1942–1944 гг. была построена вычислительная машина «Bell-3» с управлением с помощью программы, записанной на перфоленты. Машина содержала устройство умножения, средства автоматического просмотра таблиц, записанных на бумажную перфоленту, и запоминающее устройство на 10 слов. По образцу «Bell-3» был построен релейный калькулятор «Bell-4».

Последней релейной машиной, построенной Дж. Стибицем, была машина «Bell-5». Она оперировала 7-разрядными десятичными числами, выполняла сложение за 0,3 с, умножение за 1 с и деление за 2,2 с. Прогрессивные черты вычислительной машины – арифметика с плавающей точкой, многопроцессорная система.

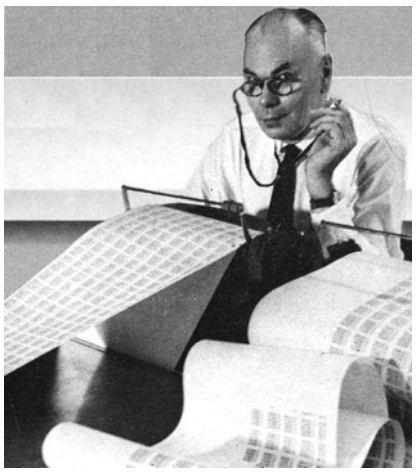
3.7. Машины Г. Эйкена

В конце 1941 г. США вступили во Вторую мировую войну. После этого президент фирмы IBM Томас Дж. Уотсон направил телеграмму в Белый дом. Как и многие другие руководители крупных компаний, он предложил американскому правительству услуги своей корпорации.

Производственный потенциал фирмы IBM имел мало общего с военной техникой. В основном фирма была ориентирована на производство таких изделий, как пишущие машинки, настольные калькуляторы и табуляционные машины, подобные той, которую изобрел Г. Холлерит в 1890 г. Фирма IBM поставляла для военных нужд тысячи табуляторов, которые ускоряли поток бумажной работы, порожденной всеобщей мобилизацией. Часть производственных помещений фирмы Т. Уотсон переоборудовал, приспособив их для изготовления винтовок и прицельных устройств для бомбометания.

В 1937 г. гарвардский математик Говард Эйкен предложил проект создания большой счетной машины. Спонсировал работу президент компании IBM Т. Уотсон, который в 1939 г. вложил в нее 500 тыс. долл. из фондов своей фирмы. Проектирование «Mark-1» началось в 1939 г., строило этот компьютер нью-йоркское предприятие IBM (рис. 62).

Рис. 62. Вычислительная машина Mark-1



Говард Эйкен

В процессе работы над докторской диссертацией Г. Эйкену приходилось выполнять бесконечное множество вычислений. Имевшиеся сортировальные машины и калькуляторы его не устраивали, и он решил создать универсальную программируемую вычислительную машину.

В отличие от работ К. Цузе, которые велись с соблюдением секретности, разработка «Mark-1» проводилась открыто. О создании необычной по тем временам машины быстро узнали во многих странах мира. За день машина выполняла вычисления, на которые раньше тратилось полгода! Дочь К. Цузе, работавшая в то время в военной разведке и находившаяся в Норвегии, прислала отцу вырезку из газеты, сообщавшую о грандиозном достижении американского ученого.

В качестве переключательных устройств в машине Г. Эйкена использовались электромеханические реле.

Программы обработки данных были записаны на перфоленты. В отличие от Дж. Стибица, Г. Эйкен еще не осознал преимуществ двоичной системы счисления, поэтому данные вводились в машину в виде десятичных чисел, закодированных на перфокартах фирмы IBM.

Машина «Mark-1» управлялась специальной программой. Программа задавалась на 24-дорожечной управляющей перфоленте, движущейся со скоростью 200 тактов в минуту. «Mark-1» мог обрабатывать числа длиной до 23 разрядов.

За один такт выполнялась операция типа сложение, на что затрачивалось 0,3 с. Умножение и деление производились за несколько шагов. Это требовало 5–7 с на умножение и 15 с на деление. Такое быстродействие было беспрецедентным, хотя лишь незначительно превосходило показатели, запланированные Ч. Бэббиджем.

«Mark-1» достигал почти 17 м в длину и более 2,5 м в высоту, содержал около 750 тыс. деталей, из них 3304 реле. Детали были соединены проводами общей протяженностью около 800 км. Вес машины – 5 т.

Первые испытания были проведены в начале 1943 г. (рис. 63).

Рис. 63. Программируемый компьютер «Mark-1»
в процессе разработки

Вскоре после этого машину временно передали в распоряжение военно-морского флота (ВМФ). Ее стали использовать для выполнения сложных баллистических расчетов, которыми руководил сам Г. Эйкен. В 1944 г. машина была официально передана Гарвардскому университету и работала там еще 16 лет. Но, несмотря на долгий и солидный послужной список, она так и не принесла того успеха, на который рассчитывал президент фирмы IBM Т. Уотсон. Другие изобретатели – немцы, англичане – руководствовались при разработке компьютеров более перспектив-

ными методами. По существу, «Mark-1» устарел еще до того, как был построен.

Г. Эйкен получил несколько заказов от военных. «Mark-II» была заказана управлением вооружения ВМФ США. Работа над компьютером «Mark-II» шла с 1945 по 1947 г. «Mark-II» представляла собой первую многозадачную машину – наличие нескольких шин позволяло одновременно передавать из одной части компьютера в другую несколько чисел. Были созданы третий и даже четвертый варианты компьютера «Mark-I», но уже без поддержки фирмы IBM.

Г. Эйкен, вернувшись в университет, первым в мире начал чтение лекций по новому тогда предмету, получившему название Computer Science – наука о компьютерах (в Европе этот предмет называется Informatique – информатика). Он же первым предложил использовать машины в деловых расчетах и бизнесе.

Дальнейшее повышение скорости вычислений могло произойти только в результате перехода на электронные схемы.

Краткие итоги

Необходимость проведения массовых расчетов в различных областях и развитие электротехники привели к созданию электромеханической вычислительной техники. Кроме того, были введены еще очень важные принципы и понятия – двоичная система счисления и математическая логика Джорджа Буля.

Самым известным изобретением электромеханического периода является статистический табулятор, построенный американцем Германом Холлеритом для ускорения обработки результатов переписи населения, которая проводилась в США в 1890 г.

Основными устройствами табулятора были:

– вычислительный механизм, в котором использовались реле;

– перфоратор;

– сортировальная машина.

Г. Холлерит стал «отцом-основателем» целого направления вычислительной техники – счетно-перфорационного. На базе созданных им устройств создавались целые машиносчетные станции для механизированной обработки информации, послужившие прообразом грядущих вычислительных центров.

В 1924 г. появилась всемирно известная фирма International Business Machines Corp (IBM).

С точки зрения преодоления различных инженерных трудностей и применения целого ряда прогрессивных принципов (программное управление, двоичная система счисления, операции условного перехода и т.д.) такие машины, как Z-3 и «Марк-1», были выдающимися достижениями своего времени. Однако вычислительные машины с таким быстродействием не могли стать основой для серьезных изменений в области автоматизации вычислительных работ. Вычисления они выполняли чрезвычайно медленно, так как были основаны на медленно работающих элементах. Хотя время срабатывания реле и составляет 0,1 с, но в двоичной системе каждое действие требует во много раз больше тактов работы, чем в десятичной.

Только появление электронных вычислительных машин привело к постепенному закату эры электромеханических средств вычисления, развивавшихся вплоть до середины 50-х гг. прошлого века. Но успешно апробированные Г. Холлеритом источники ввода информации на перфокартах широко использовались в нескольких поколениях первых ЭВМ.

Контрольные вопросы

1. В чем заключается особенность табулятора Г. Холлерита?
2. Какие элементы языка Plankalkul можно встретить в современных языках программирования?
3. Проследите эволюцию машин К. Цузе.
4. Как развивалось счетно-перфорационное направление вычислительной техники?

4. Электронный период

В течение механического, электромеханического и в начале электронного периода развития цифровая вычислительная техника оставалась областью техники, научные основы которой только закладывались.

Предпосылки возникновения электронной вычислительной техники

1. ***Математические предпосылки:***

– двоичная система счисления, которую Г. В. Лейбниц предложил использовать для организации вычислительных машин,

– алгебра логики, разработанная Дж. Булем.

2. ***Алгоритмические предпосылки*** – абстрактная машина Тьюринга, использованная для доказательства возможности машинной реализации любого алгоритма, имеющего решение.

3. ***Технические предпосылки*** – развитие электроники.

4. ***Теоретические предпосылки*** – результаты работ К. Шеннона, соединившего электронику и логику.

Электронно-вычислительные машины появились, когда возникла острая необходимость в очень трудоемких и точных расчетах, особенно в таких областях, как атомная физика, теория динамик полета и управления летательными аппаратами.

В связи с переходом на электронные безынерционные элементы произошел качественный скачок быстродействия. Работы, которые привели к созданию совершенно новой области техники – электроники, были начаты еще в конце XIX в.

В 1884 г. Т. Эдисон описал открытое им явление термоэлектронной эмиссии. В 1897 г. немецкий физик Г. Браун изобрел электронно-лучевую трубку. Триод (рис. 64) – одна из наиболее популярных электронных ламп – был создан в 1906 г. американцем Ли де Форстером. В 1918 г. наш соотечественник М. Бонч-Бруевич изобрел ламповый триггер (рис. 65), сыгравший впоследствии огромную роль в развитии вычислительной техники.

К началу 40-х гг., т.е. ко времени появления первых автоматических вычислительных машин, электронные устройства получили уже значительное развитие и распространение. Они широко применялись во многих областях техники, прежде всего радио-

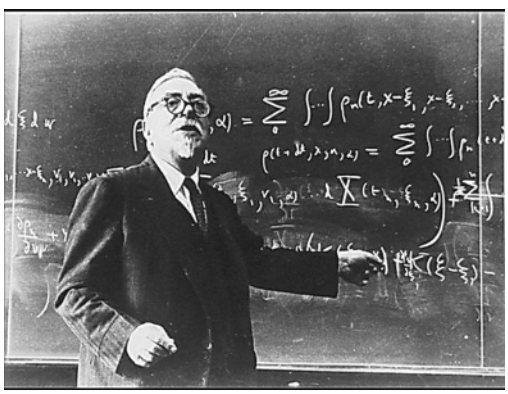
техники. Зарождались телевидение и радиолокация, развивалась электронная контрольно-измерительная техника.

Рис. 64. Триод

Рис. 65. Ламповый триггер

Казалось**,** что достигнутая скорость вычислений будет достаточной для всех и надолго. Но действительность очень быстро заставила искать новые пути убыстрения счета. Вторая мировая война поставила человеческую жизнь (летчика, артиллериста и т.д.) в зависимость от скорости вычислений. Кто быстрее и точнее принимал решения (а именно для этого нужно было производить вычисления), тот и побеждал!

Именно эта дилемма заставила человечество изобрести электронно-вычислительные машины и тем самым вступить в новый век – век ЭВМ. Это не означает, что без войны век ЭВМ не наступил бы. Данная тенденция привела бы к созданию ЭВМ в любом случае. Война лишь обострила потребность в быстром счете и тем самым интенсифицировала работы по созданию ЭВМ.



Норберт Винер

За решение этой проблемы взялись крупнейшие ученые того времени. Среди них был Норберт Винер – известный американский математик.

Он указал, как по наблюдению траектории полета самолета до выстрела орудия можно определить положение его ствола в момент выстрела, при котором вероятность поражения будет максимальна.

Способ, предложенный Н. Винером, требовал большого объема вычислений, которые необходимо было сделать за те мгновения, пока самолет приближается к цели, т.е. за 2–3 с. С такой задачей арифмометр не справится. Нужна была электроника!

Н. Винер сформировал ряд требований к вычислительным машинам:

1) они должны состоять из электронных ламп (чтобы обеспечить достаточное быстродействие);

2) должна использоваться более экономичная двоичная, а не десятичная система счисления;

3) машина сама должна корректировать свои действия, в ней необходимо выработать способность к самообучению.

С переходом на безынерционные электронные элементы в вычислительной технике наступил существенный прогресс. Вычислительные машины, построенные на электронных триггерных схемах, использующих вакуумные триоды, открыли новое направление в вычислительной технике, их стали называть «электронные вычислительные машины».

4.1. Первые разработки электронного периода

Машина Дж. Атанасова

Первой попыткой создания ЭВМ была разработка профессора федерального колледжа Айовы Джона Атанасова, американского физика болгарского происхождения.

В 1937 г. он сформулировал, а в 1939 г. опубликовал окончательный вариант своей концепции современной вычислительной машины:

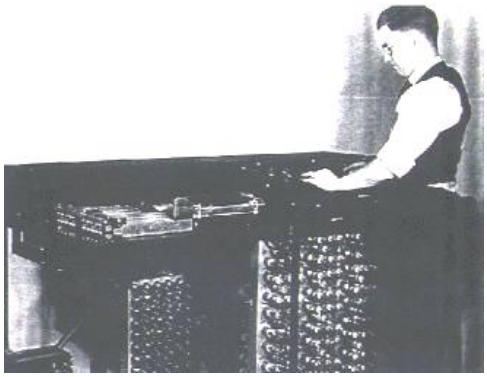
1) в своей работе вычислительная машина будет использовать электричество и достижения электроники;

2) ее работа будет основана на двоичной, а не на десятичной системе счисления;

3) основой запоминающего устройства послужат конденсаторы, содержимое которых будет периодически обновляться во избежание ошибок;

Джон Атанасов

4) расчет будет проводиться с помощью логических, а не математических действий.



Клиффорд Э. Берри

В 1939 г. Дж. Атанасов вместе со своим ассистентом Клиффордом Э. Берри построил и испытал первую вычислительную машину, предназначенную для решения систем линейных уравнений с тридцатью неизвестными (рис. 66). Они решили назвать ее *ABC* (Atanasoff Berry Computer)

В компьютере ABC были раздельно выполнены блоки арифметического и оперативного запоминающего устройств. Арифметическое устройство (рис. 67) было выполнено на радиолампах, а оперативное запоминающее устройство – на вращающемся барабане с конденсаторами.

Рис. 66. Общий вид компьютера Атанасова – Берри

Рис. 67. Блок компьютера Атанасова–Берри и панель с установленными на ней электронными лампами

Схематичное расположение основных блоков компьютера *ABC* приведено на рис. 68.

В машине использовалась двоичная система счисления. Исходные данные вводились в машину с помощью перфокарт в десятичной форме. Затем в машине осуществлялось преобразование десятичного кода в двоичный, в котором и проводились все

вычисления. Каждое машинное слово состояло из 50 двоичных разрядов.

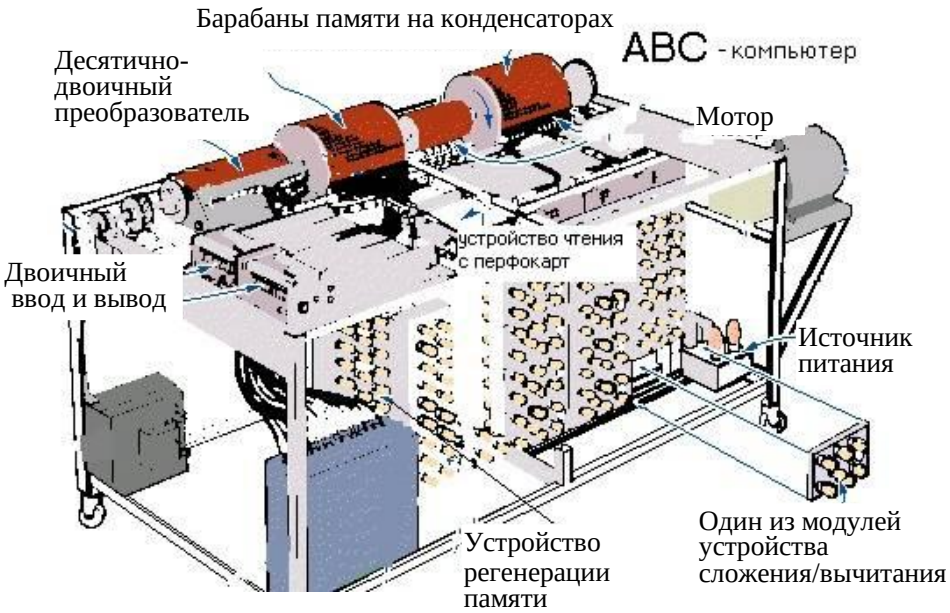


Рис. 68. Расположение основных блоков компьютера *ABC*

Внешняя память была выполнена на типовом оборудовании для ввода и вывода перфокарт, и это был самый ненадежный блок вычислительной машины.

Из-за вступления США в войну и перехода Дж. Атанасова на исследовательскую работу военного значения его вычислительная машина осталась незавершенной. Когда Дж. Атанасов демобилизовался из армии, оказалось, что ЭВМ уже создана, и он потерял интерес к этой работе.

Проект «Ультра»

В отличие от полукустарной работы К. Цузе в Берлине английский проект относился к разработкам самого высокого приоритета. Цель проекта – поиск способов расшифровки секретных немецких кодов.

Идея проекта «Ультра» зародилась после успешной операции польской разведки. Еще до оккупации Польши Германией в 1939 г. поляки создали точную копию немецкого шифровального аппарата «ENIGMA» («Загадка») и переправили его в Англию вместе с описанием принципа работы (рис. 69).

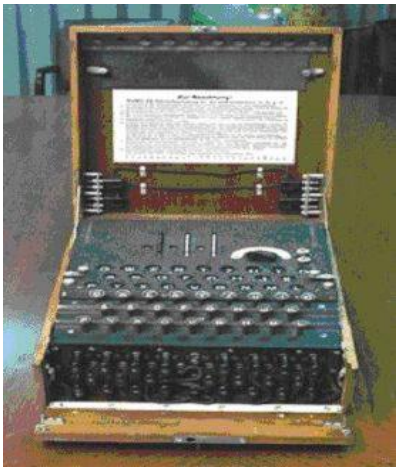


Рис. 69. Кодирующий компьютер ENIGMA

Аппарат «ENIGMA» представлял собой электромеханический телепринтер, в котором шифровка сообщений производилась случайным поворотом рычагов. Отправитель настраивал телепринтер на определенный ключ, вставлял набор штырьков в ячейки (подобно тому, как это делается на телефонном коммутаторе) в соответствии с определенной схемой и печатал сообщение.

После этого машина автоматически передавала сообщение в зашифрованном виде.

В то время секретные сообщения немецких военных были зашифрованы кодом ENIGMA, который хорошо знали английские шифровальщики. Но без ключа и схемы коммутации (их меняли три раза в день) даже с использованием в качестве приемника еще одного устройства типа «ENIGMA» невозможно было получить какую-либо информацию.

В надежде раскрыть секрет «ENIGMA» британская разведка собрала группу ученых. Их поселили в Блетчли-Парке (рис. 70), на территории Государственной школы кодов и криптографии (Government Code and Crypher School Bletchly Park).

Рис. 70. Блетчли-Парк

Среди засекреченных специалистов были представители различных специальностей – от инженеров до профессоров литературы.

Математический метод дешифровки был разработан группой математиков, в число которых входил Алан Тьюринг.

Алан Тьюринг

Огромное влияние на развитие вычислительной техники оказали теоретические разработки А. Тьюринга.

Алан Тьюринг

В 1936 г. в возрасте 24 лет он написал работу, которая сыграла исключительно важную роль в развитии вычислительной математики и информатики. Работа касалась очень трудной проблемы математической логики – описания задач, которые не удавалось решить даже теоретически.

Пытаясь найти такое описание, Тьюринг использовал в качестве вспомогательного средства мощное, хотя и существующее лишь в его воображении, вычислительное устройство, в котором он описал основные свойства современного компьютера (рис. 71).

Тьюринг ввел математическое понятие абстрактного эквивалента вычислительного алгоритма, получившего название машины Тьюринга. Машина Тьюринга – это прообраз программируемого компьютера.

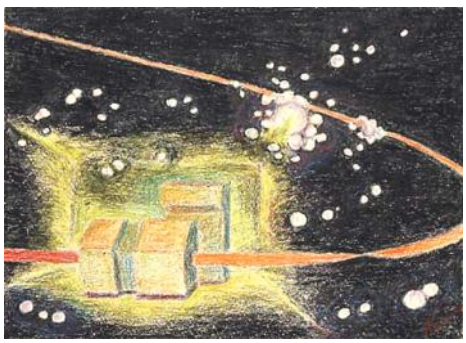


Рис. 71. Машина Тьюринга

Основные устройства машины Тьюринга:

1) контрольный модуль;

2) читающая и пишущая головки (устройства ввода/вывода) ленты, разделенной на клетки.

Данные должны были вводиться в машину на бумажной ленте, поделенной на клетки-ячейки. Каждая такая ячейка либо содержала символ, либо была пустой. Машина не только могла обрабатывать записанные на ленте символы, но и изменять их, стирая старые и записывая новые в соответствии с инструкциями, хранимыми в ее внутренней памяти. Для этого она дополнялась логическим блоком, содержащим функциональную таблицу, определяющую последовательность действий машины.

Каждый шаг машины Тьюринга связан с тремя операциями – запись, вычисление и сдвиг. Такая интерпретация вычислитель-

ного алгоритма широко используется и в настоящее время, например для оценки вычислительных возможностей компьютеров будущего – квантовых компьютеров.

А. Тьюринг назвал свое абстрактное механическое устройство «универсальная машина», поскольку она должна была справляться с любой допустимой, т.е. теоретически разрешимой, задачей – математической или логической. Тьюринг показал принципиальную возможность решения автоматами любой проблемы при условии, если возможна ее алгоритмизация. Впоследствии машина получила название «машина Тьюринга».

Некоторые идеи Тьюринга были в конечном счете воплощены в реальных машинах, построенных в Блетчли-Парке. Сначала удалось создать несколько дешифраторов, в которых использовались электромеханические переключатели такого же типа, как у К. Цузе, Д. Стибица или Г. Эйкена. Эти машины работали по существу «методом проб и ошибок», перебирая до бесконечности всевозможные комбинации из символов немецкого кода, пока не возникал какой-нибудь осмысленный фрагмент.

Алан Тьюринг участвовал в послевоенные годы в создании мощного компьютера – машины с хранимыми в памяти программами, ряд свойств которой он взял от своей гипотетической универсальной машины. Опытный образец компьютера ACE (Automatic Computing Engine – автоматическое вычислительное устройство) вступил в эксплуатацию в мае 1950 г. (рис. 72).

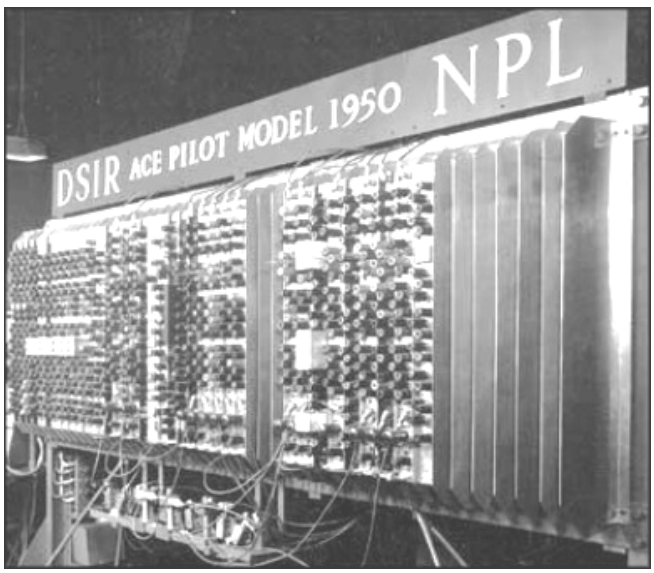


Рис. 72. ЭВМ «ACE»

Алан Тьюринг умер в возрасте 41 года. В память о Тьюринге Ассоциацией вычислительной техники учреждена премия его имени за выдающиеся работы в области математики и информатики. В сфере информационных технологий премия Тьюринга имеет статус, аналогичный Нобелевской премии в академических науках. В настоящее время премия спонсируется корпорациями Intel и Google и составляет 250 000 долл.

Список лауреатов премии Тьюринга приведен в приложении А.

«Колосс» (Collossus)

В конце 1943 г. «затворники» Блетчли-Парка построили программируемую электронную машину (рис. 73). Вместо электромеханических реле в ней содержалось около двух тысяч электронных вакуумных ламп. Именно такую технологию предлагал Цузе для создания новой машины, признанной в Германии нецелесообразной. Даже количество ламп было то же самое. Англичане назвали новую машину «Колосс» (Collossus).

Разработчики машины – М. Ньюмен и Т. Ф. Флауэрс.

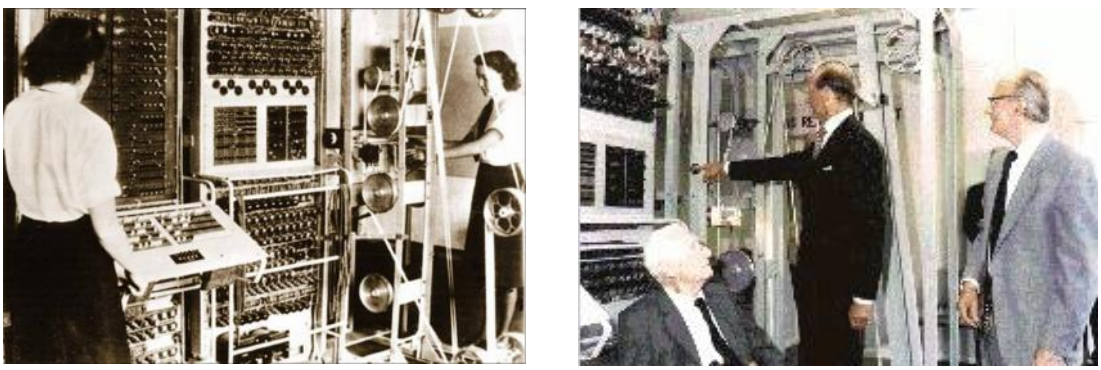


Рис. 73. Электронный компьютер Colossus

Тысячи перехваченных за день неприятельских сообщений вводились в память «Колосса» именно так, как предлагал Алан Тьюринг, – в виде символов, закодированных на перфоленте. Ленту вводили в фотоэлектрическое считывающее устройство, которое сканировало ее с скоростью пять тысяч символов в секунду. После этого в поисках соответствия машина сопоставляла зашифрованное сообщение с уже известными кодами «Загадки». Каждая машина имела пять считывающих устройств. В результате за секунду обрабатывалось поразительное количество информации: около 25 000 символов.

Хотя использование вакуумных ламп ознаменовало крупный шаг вперед, «Колосс» не оказал большого влияния на развитие вычислительной техники. Для этого были следующие причины:

1) «Колосс» был не универсальной, а специализированной машиной, применение которой ограничивалось расшифровкой секретных кодов;

2) разработка и состав команды держались в секрете до 1970 г., а алгоритмы дешифрования – еще более длительный срок.

Сейчас ЭВМ «Колосс» восстановлена и хранится в музее местечка Блетчли-Парк, где она была создана.

4.2. Поколения ЭВМ

В вычислительной технике существует своеобразная периодизация развития ЭВМ. Их принято делить на поколения.

Поколение ЭВМ – это все типы и модели ЭВМ, построенные на одних и тех же научных и технических принципах.

Основные признаки деления ЭВМ на поколения:

1. Элементная база.
2. Быстродействие.
3. Емкость памяти.
4. Способы управления и переработки информации и др.

Границы поколений во времени размыты, так как в одно и то же время выпускались машины совершенно разного уровня. Когда приводят даты, относящиеся к поколениям, то обычно имеют в виду период промышленного производства. В табл. 1 приведено разделение ЭВМ на поколения.

Таблица 1

Поколения ЭВМ

Поколения ЭВМ	В мире	В нашей стране
I поколение	1946–1955	1948–1958
II поколение	1955–1964	1959–1967
III поколение	1964–1973	1968–1973
IV поколение	1974 – по настоящее время	1974 – по настоящее время

4.3. Первое поколение ЭВМ

4.3.1. Зарубежные разработки

4.3.1.1. Первая электронно-вычислительная машина «Эниак»

Проект первой в мире ЭВМ был предложен в 1942 г. американцами Дж. Моучли и Дж. Эккертом. Придя к выводу о необходимости использования в вычислительных устройствах электронных ламп, Дж. Эккерт представил проект электронной машины, названной «Эниак». Машина «Эниак» (ENIAC, аббревиатура от Electronic Numerical Integrator and Calculator – электронный цифровой интегратор и калькулятор), подобно «Марку-1» Г. Эйкена, также предназначалась для решения задач баллистики. Но в итоге она оказалась способной решать задачи из самых различных областей (рис. 74).

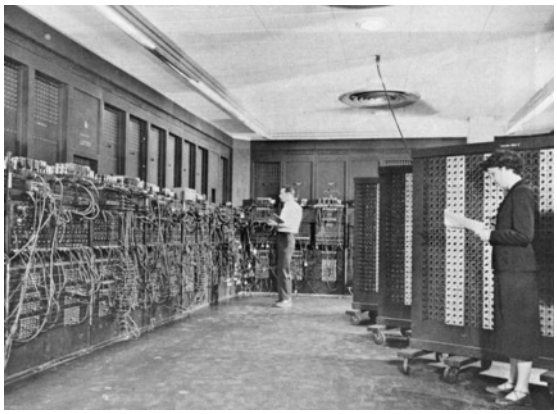


Рис. 74. ЭВМ «Эниак»

Проект «Эниака» лежал без движения больше года, пока им не заинтересовалось Министерство обороны США.

Джон Моучли
и Джон Преспер Эккерт

Были развернуты значительные по масштабам работы, которым в условиях войны придавалось первостепенное значение. Более 200 особо засекреченных специалистов трудились над реализацией проекта Дж. Моучли и Дж. Эккерта.

В 1944 г. Дж. Эккерт впервые выдвинул концепцию хранимой в памяти компьютера программы.

В 1945 г., когда «Эниак» был наконец собран и готов к

проведению первого официального испытания, война, нуждам которой он был призван служить, окончилась. Для проверки машины были выбрана задача выполнения расчетов для определения принципиальной возможности создания водородной бомбы. Сама задача указывала на то, что роль вычислительных машин в послевоенные годы не снижалась, а, скорее, возрастала.

В феврале 1946 г. впервые состоялась публичная демонстрация ЭВМ «Эниак».

Роль «Эниака» в развитии вычислительной техники определяется прежде всего тем, что это была первая работающая машина, в которой все действия – арифметические и логические операции, запоминание и хранение информации – были реализованы на электронных схемах.

Применение электронных ламп вместо реле обусловило качественный скачок в быстродействии.

В компьютере использовалось три типа электронных схем:

– схемы совпадения, сигнал на выходе которых появлялся только в том случае, если поступили сигналы на все входы;

– собирательные схемы, сигнал на выходе которых появляется, если есть сигнал хотя бы на одном входе;

– триггеры, выполненные на двойных триодах (две трехэлектродные электронные лампы монтировались в одном баллоне).

Применение новой электровакуумной техники позволило достичь скоростей, которые были недостижимы при использовании электромеханических элементов. «Эниак» выполнял 5000 операций сложения и 360 операций умножения в секунду. Эта скорость была в сотни раз больше, чем у распространенных в то время механических и электромеханических арифмометров. Она имела память емкостью всего двадцать десятизначных чисел. Вес машины – 30 т, занимаемая площадь – 300 м^2. По размерам (около 6 м в высоту и 26 м в длину) этот компьютер более чем вдвое превосходил «Марк-1» Г. Эйкена. Однако двойное увеличение в размерах сопровождалось тысячекратным увеличением в быстродействии.

Конструкция машины выглядела очень сложной – она содержала 17 468 ламп. Такое обилие ламп объяснялось тем, что «Эниак» должен был работать с десятичными числами. Моучли предпочитал десятичную систему счисления, так как хотел, чтобы «машина была понятна человеку». Однако такое большое количество ламп, которые, перегреваясь, выходили из строя, приводило к частым поломкам. При 17 тыс. ламп, одновременно

работающих с частотой 100 тыс. импульсов в секунду, ежесекундно возникало 1,7 млрд ситуаций, в которых хотя бы одна из ламп могла не сработать. Дж. Эккерт решил эту проблему, воспользовавшись приемом, который широко применялся при эксплуатации больших электроорганов в концертных залах: на лампы стали подавать меньшее напряжение, и количество аварий снизилось до одной-двух в неделю.

Дж. Эккерт разработал также программу строгого контроля неисправности аппаратуры.

Каждый из более чем 100 тыс. электронных компонентов машины подвергался тщательной проверке, затем все они аккуратно расставлялись по местам и запаивались, а иногда и перепаивались не раз.

Компьютер работал на протяжении девяти лет. Последний раз он был включен в 1955 г.

Джон Эккерт у пульта управления «Эниак»

Недостатки ЭВМ «Эниак»:

1. Малый объем внутренней памяти машины, которого едва хватало для хранения числовых данных, используемых в расчетах. Это означало, что программы приходилось буквально «впаивать» в сложные электронные схемы машины.

2. Трудности, возникавшие при изменении вводимых в него инструкций, т.е. программы. Программа задавалась схемой коммутации триггеров на 40 наборных полях, на каждую требовалось несколько коммутационных шнуров. На перенастройку уходили недели.

3. Использование десятичной системы счисления.

4. Структура машины напоминала механические вычислительные машины.

Все это было достаточно веским аргументом, чтобы отказаться от попыток использовать «Эниак» в качестве универсального компьютера. Тем не менее в 1996 г. по инициативе Пенсильванского университета многие страны мира отметили 50-летие информатики, связав это событие с 50-летием создания ЭВМ «Эниак». Для этого имелись веские основания – до «Эниака» и

после него ни одна ЭВМ не оказала такого влияния на развитие цифровой вычислительной техники.

В 1950 г. был произведен первый успешный численный прогноз погоды с использованием вычислительной машины «Эниак».

Хотя и «Эниак», и «Colossus» работали на электронных лампах, они по существу копировали электромеханические машины: новое содержание (электроника) было внесено в старую форму (структуру доэлектронных машин).

Конечно, ламповый триггер предпочтительнее электромеханического реле – он работает гораздо быстрее. Но стоимость его во много раз больше. Кроме того, чтобы создать более или менее емкую память на триггерах, приходится использовать огромное количество постоянно работающих электронных ламп, так как для хранения всего лишь одного двоичного разряда требуется два триода. С технической точки зрения запоминающее устройство на триггерах было неэкономичным, громоздким, ненадежным и очень дорогим. Поэтому вскоре появились многочисленные и оригинальные проекты более дешевых устройств.

4.3.1.2. Машина «Эдсак»

Летом 1946 г. Дж. Моучли и Дж. Эккерт прочитали цикл лекций об ЭВМ в Высшем техническом училище. Среди слушателей оказался английский исследователь Морис Уилкс. Его заинтересовал способ хранения программ в памяти, который предполагалось использовать в машине «Эдсак». Вернувшись в Кембриджский университет, он в 1949 г. завершил создание электронно-цифрового компьютера с программами, хранимыми в памяти (рис. 75).

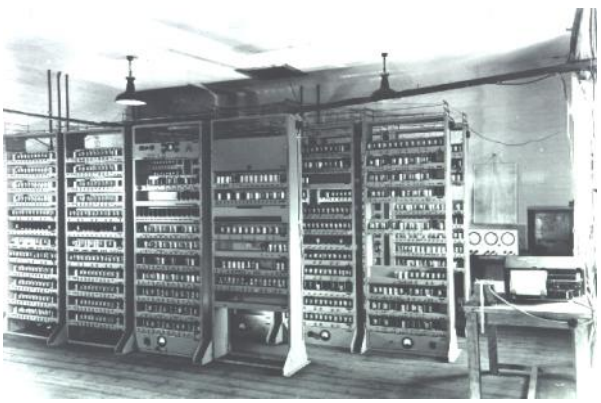


Рис. 75. Вычислительная машина «Эдсак»

Компьютер получил название «Эдсак» (EDSAC, от Electronic Delay Storage Automatic Calculator – электронный автоматический калькулятор с памятью на линиях задержки).

Компьютер полностью соответствовал архитектуре фон Неймана. Работы проводились при участии А. Тьюринга.

Все операции в машине выполнялись в двоичной системе счисления. Числа записывались в формате с плавающей точкой. Система команд включала 19 операций. Всего в машине было использовано 24 500 электронных ламп.

Запоминающее устройство на линиях задержки может быть выполнено с использованием ртути. Ртутная линия задержки представляет собой металлическую трубку диаметром 1–2 см и длиной до 1 м, наполненную ртутью и закрытую с концов кристаллами кварца. Ртуть используется потому, что колебания в ней распространяются сравнительно медленно. Кварц обладает мощными пьезоэлектрическими свойствами, т.е. может преобразовывать ударную волну на конце трубки в электрическую, и наоборот. В такой длинной трубке может одновременно храниться до тысячи импульсов. Скорость распространения звуковых волн существенно зависит от температуры среды, поэтому требуется весьма точная регулировка температуры ртути для обеспечения синхронной работы линии задержки с другими устройствами машины. С целью поддержания постоянной температуры устройство было помещено в термостат.

Запоминающее устройство машины «Эдсак» (рис. 76) состояло из 32 ртутных трубок емкостью 256 двоичных единиц каждая.

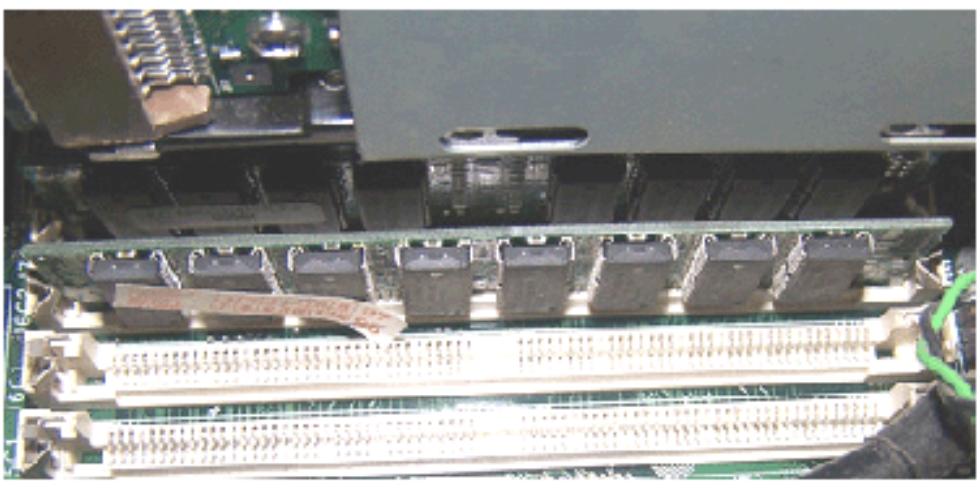


Рис. 76. Блок ЭВМ «Эдсак»

4.3.1.3. Машина «Эдвак»

В 1944 г., когда завершались работы по созданию ЭВМ «Эниак», его создатели по заказу военных уже начали работу над новым компьютером «Эдвак». Предполагалось, что в этой машине программы будут размещаться в оперативной памяти (рис. 77).

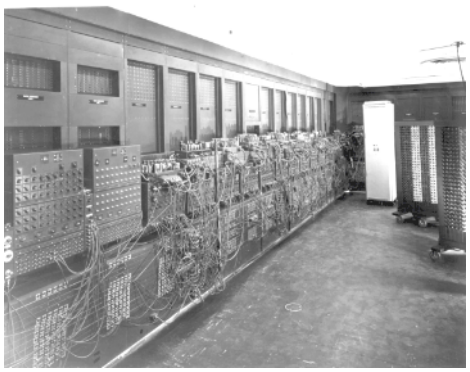


Рис. 77. Вычислительная машина «Эдвак»

«Эдвак» – EDVAC, от Electronic Discrete Variable Automatic Computer – электронный дискретный переменный компьютер. Эта модель была уже более гибкой. Ее более вместительная внутренняя память содержала не только данные, но и программу.

Инструкции теперь не «впаивались» в схемы аппаратуры, а записывались электронным способом в специальные запоминающие устройства. О них Дж. Эккерт узнал, работая над созданием радара: это – заполненные ртутью трубки, называемые линиями задержки.

Существенно и то, что «Эдвак» кодировал данные уже не в десятичной системе счисления, а в двоичной. Это позволило существенно сократить количество электронных ламп. Машина имела скорость порядка 1–2 тысячи операций в секунду.

Работы по созданию вычислительной машины были закончены в 1951 г.

Консультантом проектов «Эниак» и «Эдвак» был известный математик Джон фон Нейман.

4.3.1.4. «Архитектура фон Неймана»

Джон фон Нейман оказал огромное влияние на развитие вычислительной техники в послевоенные годы.

Фон Нейман родом из Венгрии, сын преуспевающего будапештского банкира. Он работал в Институте перспективных исследований в Принстоне.

Интерес фон Неймана к вычислительным машинам связан с его участием в сверхсекретном Манхэттенском проекте по созданию атомной бомбы, который разрабатывался в Лос-Аламосе, штат Нью-Мексико. Там фон Нейман математически доказал осуществимость взрывного способа детонации атомной бомбы. Позже он работал над созданием водородной бомбы. Эти работы требовали очень сложных расчетов.

Джон фон Нейман

Однако фон Нейман понимал, что компьютер – это нечто большее, чем простой калькулятор, что – по крайней мере, потенциально – он представляет собой универсальный инструмент для научных исследований. В июне 1945 г., меньше чем через год после того, как он присоединился к группе Дж. Мочли и Дж. Эккерта, фон Нейман подготовил отчет на 101 странице. На основе критического анализа конструкции «Эниак» он предложил ряд новых идей организации ЭВМ, в том числе концепцию хранимой программы, т.е. хранения программы в запоминающем устройстве. Этот отчет, названный «Предварительный доклад о машине "Эдвак"», представлял собой прекрасное описание не только самой машины, но и ее логических свойств. Нейман, отвлекшись от радиоламп и электрических схем, сумел описать формальную, логическую организацию компьютера.

«Предварительный доклад» фон Неймана стал первой работой по цифровым вычислительным машинам, с которой познакомились широкие круги научной общественности. С того момента ЦВМ был признан объектом, представлявшим научный интерес. И по сей день компьютер называют «машиной фон Неймана».

В своем докладе, опубликованном в 1945 г., Джон фон Нейман выделил и детально описал ключевые компоненты того, что сегодня называют «архитектурой фон Неймана» современного компьютера (рис. 78).

Чтобы компьютер был и эффективным, и универсальным инструментом, он должен включать следующие структуры:

1) арифметико-логическое устройство, выполняющее арифметические и логические операции;

2) устройство управления, организующее процесс выполнения программ;

3) запоминающее устройство или память для хранения программ и данных;

4) устройство ввода-вывода информации.

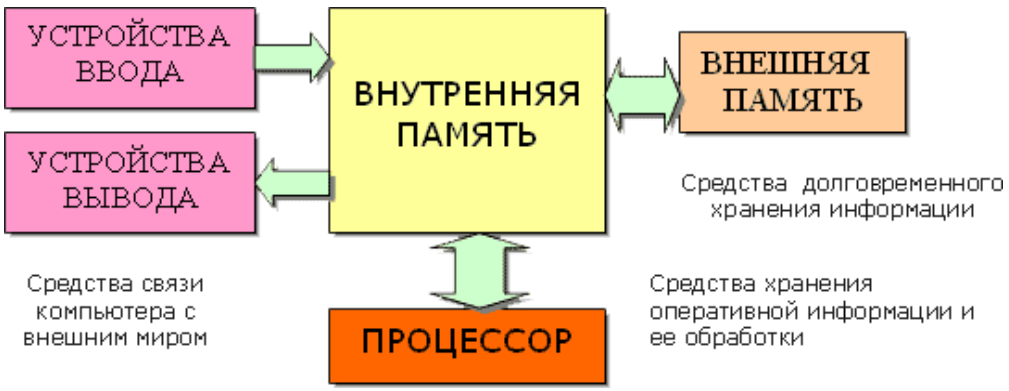


Рис. 78. Архитектура фон Неймана

Принципы фон Неймана:

1. Принцип двоичного кодирования.

2. Принцип программного управления работой электронно-вычислительной машины. Программы состоят из набора команд, которые выполняются процессором автоматически друг за другом в определенной последовательности.

3. Принцип однородности памяти или принцип хранимой программы. Программы и данные хранятся в одной и той же памяти. Поэтому ЭВМ не различает, что хранится в данной ячейке памяти – числа, текст или команда. Над командами можно выполнять такие же действия, как и над данными. Это позволяет создавать программы, способные в процессе вычислений изменять самих себя.

4. Принцип адресности. Структурно основная память состоит из пронумерованных ячеек. Процессору в произвольный момент времени доступна любая ячейка.

5. Принцип иерархичности запоминающих устройств. Наиболее часто используемые данные хранятся в самом быстром запоми-

нающем устройстве сравнительно малой емкости, а более редко используемые – в самом медленном, но гораздо большей емкости.

6. Принцип параллельный организации вычислительного процесса: операции над словами производятся одновременно во всех разрядах слова.

Принципы, сформулированные фон Нейманом, стали общепринятыми и были положены в основу как больших ЭВМ первых поколений, так и более поздних мини- и микроЭВМ. Они получили название фон-неймановских принципов.

Эти принципы были впервые реализованы в ЭВМ «Эдсак», введенной в эксплуатацию в Англии в 1949 г. под руководством профессора М. Уилкса и при участии выдающегося английского математика А. Тьюринга.

Заслуга фон Неймана заключается в том, что он:

– обобщив накопленный опыт построения цифровых вычислительных машин, сумел перейти от схемных (технических) описаний машин к их обобщенной логически ясной структуре;

– сделал важный шаг от теоретически важных основ (машина Тьюринга) к практике построения реальных ЭВМ.

Джон фон Нейман принимал участие в разработке нескольких вычислительных машин новейшей конструкции. Среди них была машина, которая использовалась для решения задач, связанных с созданием водородной бомбы. Фон Нейман остроумно окрестил ее «Маньяк» (MANIAC, аббревиатура от Mathematical Analyzer, Numerior, Integrator and Computer – математический анализатор, счетчик, интегратор и компьютер). Фон Нейман был также членом Комиссии по атомной энергии (КАЭ) и председателем Консультативного комитета Военно-воздушных сил США по баллистическим ракетам.

Рис. 79. ЭВМ «Джониак»

В 1954 г. была создана еще одна машина, уже без участия Неймана. В его честь она названа «Джониак» (рис. 79).

4.3.1.5. ЭВМ «ЮНИВАК»

Машина «Юнивак» (UNIVAC, Universal Automatic Computer – универсальный автоматический компьютер) представляла собой электронное устройство с хранимыми в памяти программами (рис. 80). Разработчики – Дж. Моучли и Дж. Эккерт. Разработка ЭВМ «Юнивак» была завершена в 1951 г.

Рис. 80. ЭВМ «Юнивак»

«Юнивак» содержала около 5 тыс. электронных ламп. Внутреннее запоминающее устройство имело емкость тысячу 12-разрядных десятичных чисел и было выполнено на ста ртутных линиях задержки.

Устройства ввода-вывода работали с носителями на магнитных лентах и перфокартах. Операции сложения выполнялись за 120 мкс, умножения за 1800 мкс, деления за 3600 мкс.

«Юнивак» весила 13 т, потребляла 125 кВт, работала на тактовой частоте 2,25 МГц. Центральный комплекс (т.е. только процессор и память) имел размеры 4,3 × 2,4 × 2,6 м. Вся система занимала площадь в 35,5 м^2.

Всего было выпущено 48 таких компьютеров. Разработкой занималась небольшая фирма «Эккерт–Моучли Компьютер», основанная в 1947 г. В 1950 г. эта фирма влилась в крупную фирму конторского машиностроения «Ремингтон Рэнд», которая и организовала серийный выпуск компьютеров.

«Юнивак» предназначалась для обработки больших массивов коммерческой информации. Первый образец машины «Юнивак-1» был построен для бюро переписи США. Пятый экземпляр (собранный для Комиссии по атомной энергии США) использовался вещательной компанией CBS для прогнозирования результатов выборов президента США в 1952 г. По опросу всего 1 % населения, имеющего право голоса, была корректно спрогнозирована победа Д. Эйзенхауера.

Однако «Юнивак» не вошла в историю как первый коммерческий компьютер. Машина ЛЕО (**LEO** от Lyons' Electronic Office) начала работать за несколько месяцев до того, как появилась «Юнивак» (рис. 81).

Рис. 81. ЭВМ LEO

В Англии LEO использовали для расчета зарплаты работникам чайных магазинов, принадлежавших фирме «Лайонс».

4.3.2. Отечественные разработки

История советской вычислительной техники началась в 1948 г. В августе этого года появляется проект автоматической цифровой вычислительной машины, первый в СССР проект ЭВМ с жестким программным управлением. Его авторами были И. С. Брук и Б. И. Рамеев.

В проекте было дано описание принципиальной схемы машины, определены арифметические операции в двоичной системе счисления, предусматривалось управление работой машины от главного программного датчика. Датчик считывал программу, записанную на перфоленте, и обеспечивал выдачу результатов на такую же перфоленту или ввод с нее полученных чисел снова в машину для последующих вычислений.

С. А. Лебедев

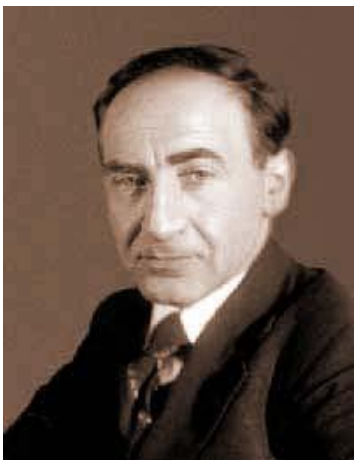
Проект Брука – Рамеева не был воплощен в жизнь, но это было первое официально запатентованное изобретение.

В 1948 г. начали формироваться три основные советские научные школы вычислительной техники:

1. Школа С. А. Лебедева. Основное направление деятельности – разработка машин с высочайшим быстродействием. Под его руководством были созданы 15 типов ЭВМ, начиная с ламповых (БЭСМ-1, БЭСМ-2, М-20) и заканчивая современными суперкомпьютерами на интегральных схемах.

2. Школа И. С. Брука. Основное направление деятельности – разработка малых и управляющих ЭВМ.

И. С. Брук одним из первых в мире осознал, что не для всех классов задач требуется предельная производительность. В середине 1950-х гг. он разработал и экономически обосновал концепцию «малогабаритных машин», предназначавшихся для использования в самых разных областях народного хозяйства.



И. С. Брук

Принципы, заложенные в разработках И. С. Брука тех лет (М-1, М-2, М-3, М-4, М-7), позднее получили развитие в известных сериях «Минск» и «Раздан».

Б. И. Рамеев

3. Школа Б. И. Рамеева. Основное направление деятельности – разработка вычислительной техники универсального назначения. Среди множества его разработок – ЭВМ «Стрела», серия ЭВМ «Урал».

В 1948 г. был создан Институт точной механики и вычислительной техники (ИТМ и ВТ) Академии наук СССР.

17 декабря 1948 г. было подписано Постановление Совета Министров СССР № 4663-1829 о создании СКБ-245 при московском заводе Счетно-аналитических машин (САМ). Его задачей была разработка и обеспечение изготовления средств вычислительной техники для систем управления оборонными объектами. Именно здесь были созданы первые серийные ламповые машины «Стрела», «Полет», «Оператор», серии специальных тренажеров. Здесь появились первые машины «М-20», «Погода», «Кристалл», «М-205», «М-206».

4.3.2.1. Первая советская ЭВМ «МЭСМ»

В конце 1948 г. С. А. Лебедев, в то время директор Института электротехники Академии наук Украины, начинает работу над малой электронной счетной машиной (МЭСМ). Продумывая проект новой машины (рис. 82), Лебедев независимо от Джона фон Неймана обосновывает принципы построения ЭВМ с хранимой в памяти программой, которые будут реализованы в МЭСМ.

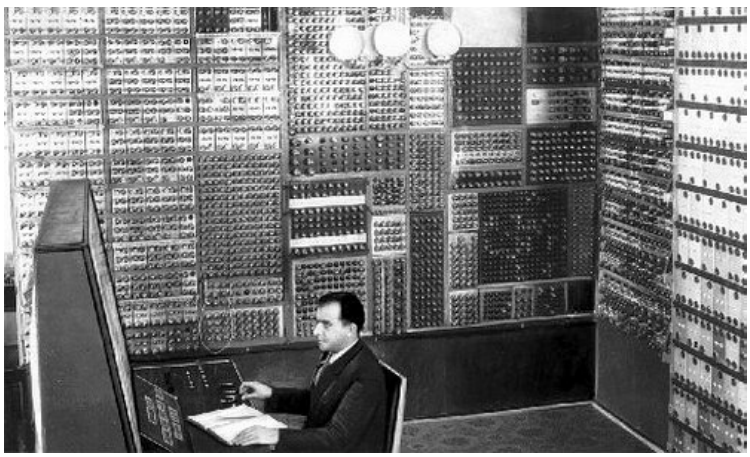


Рис. 82. ЭВМ МЭСМ

Первоначально МЭСМ задумывалась как макет или модель Большой электронной счетной машины (БЭСМ), и буква «М» в названии означала «макет». Работа над машиной носила исследовательский характер для экспериментальной проверки принципов построения универсальных цифровых ЭВМ. После первых успехов и с целью удовлетворения потребностей в вычислительной технике, было принято решение доработать макет до полноценной машины, способной решать реальные задачи.

4 января 1951 г. специальной комиссии был продемонстрирован действующий макет электронной счетной машины, а в конце декабря малая электронная счетная машина была пущена в эксплуатацию. МЭСМ создавалась как полигон для:

1) исследования основных принципов построения вычислительных машин;

2) проверки методик решения определенных задач;

3) наработки опыта эксплуатации подобной техники.

Над машиной работали 12 научных сотрудников и 15 техников. МЭСМ размещалась на площади 60 м^2, имела 6 тыс. электронных ламп, трехадресную систему команд, одно арифметическое устройство параллельного действия на триггерных ячейках, запоминающее устройство емкостью 94 слова по 16 разрядов (затем разрядность была увеличена до 20). Быстродействие – 50 операций в секунду. Внешняя память отсутствовала. Первая пробная задача для МЭСМ была взята из области баллистики.

МЭСМ не выпускалась серийно, ее технические характеристики даже для того времени были весьма скромными. Тем не менее МЭСМ позволила опробовать ряд конструктивных и технологических принципов, используемых в вычислительной технике и до сих пор.

Наиболее же существенным результатом эксплуатации МЭСМ явилась подготовка первых в стране программистов и решение ряда принципиальных вопросов методики программирования.

4.3.2.2. ЭВМ «М-1»

В 1950 г. в Лаборатории электросистем Энергетического института АН СССР, руководимой И. С. Бруком, была начата разработка электронной автоматической цифровой вычислительной машины «М-1» (рис. 83).

В начале 1952 г. она была введена в опытную эксплуатацию. «М-1» открывала новое направление в развитии отечественной вычислительной техники – малых ЭВМ преимущественно для научных применений. Позже И. С. Брук сформулирует концепцию создания малогабаритных специализированных и управляющих машин.

«М-1» действительно была первой малогабаритной ЭВМ (для сравнения: элементную базу «М-1» составляли 730 ламп,

«МЭСМ» – 6 тысяч; «М-1» занимала площадь 15 м^2, «МЭСМ» – 60 м^2). Быстродействие «М-1» – 15–20 операций в секунду.

Силами девяти человек всего за два года была построена и начала функционировать новая ЭВМ. «М-1» оказалась первой в Москве работающей ЭВМ. «М-1» выполняла серьезные расчеты для атомного ведомства академика Курчатова и для космического конструкторского бюро под руководством С. П. Королева.

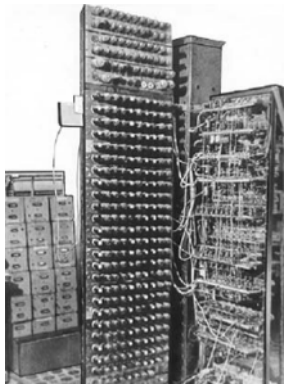


Рис. 83. ЭВМ «М-1»

Сразу после завершения работ над первой машиной И. С. Брук начинает разработку машины «М-2», которая была гораздо более мощной и конструктивно совершенной системой по сравнению с «М-1». Работа над ней была проведена в короткий срок – с апреля по декабрь 1952 г. «М-2» работала со скоростью 2 тыс. операций в секунду и содержала более полутора тысяч радиоламп. Машина эксплуатировалась долго, 15 лет, и в первые годы своего существования делила вычислительную нагрузку только с двумя реально действующими ЭВМ в стране – «БЭСМ» и «Стрелой».

Задачи для «М-2» предлагали такие организации, как Институт экспериментальной и теоретической физики, Институт прогнозов погоды, МАИ, Институт экономики, Институт механики АН СССР и др. Использование «М-2» сопровождалось созданием математического обеспечения, в том числе обслуживающих программ – предшественниц операционных систем.

Ведущие математики-программисты, работавшие на этой машине, организовали постоянный семинар при «М-2». В результате их интеллектуальных усилий в стране закладывались основы создания систем программирования и алгоритмических языков.

4.3.2.3. ЭВМ БЭСМ

В 1953 г. вводится в эксплуатацию ЭВМ БЭСМ – Большая электронная счетная машина (рис. 84). Впоследствии эту аббревиатуру стали расшифровывать «Быстродействующая электронная счетная машина». Это было вполне оправданно, поскольку к

1956 г. очередное творение Лебедева оказалось самым быстрым не только в СССР, но и в Европе.

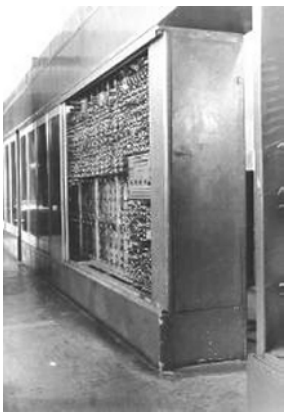


Рис. 84. ЭВМ БЭСМ

БЭСМ имела 4 тыс. электронных вакуумных ламп и около 5 тыс. полупроводниковых диодов, потребляемая ею мощность – 80 кВт. Она обеспечивала быстродействие порядка 10 тыс. операций в секунду, имела оперативную память на электронно-лучевых трубках объемом 2048 чисел.

В более поздних конструкциях оперативную память строили на ферритовых сердечниках. Внешняя память машины состояла из двух частей. Первая часть – 4 магнитные ленты общим объемом 120 тыс. 39 разрядных чисел, а вторая – 2 магнитных барабана объемом 5120 чисел в каждом.

Устройство ввода с перфолент обеспечивало скорость ввода до 1200 чисел в мин. Использовались устройства вывода данных двух видов – электромеханическое печатающее устройство и быстродействующее фотопечатающие устройство для вывода больших массивов информации, записанной на магнитных лентах.

В 1956 г. Лебедев выступил на конференции в Германии, в Дармштадте, и его доклад произвел настоящую сенсацию. Оказалось, что по скорости обработки данных ни одна машина в Европе не могла сравниться с советской ЭВМ БЭСМ.

4.3.2.4. ЭВМ «Стрела»

В 1953 г. была введена в эксплуатацию ЭВМ «Стрела» (рис. 85). Она была разработана под руководством Б. И. Рамеева.

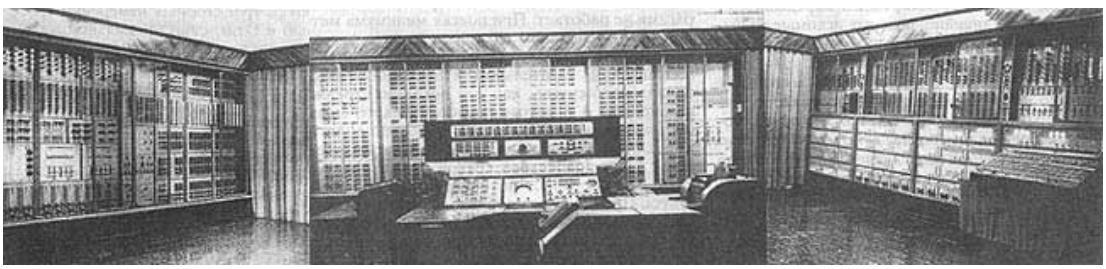


Рис. 85. ЭВМ «Стрела»

«Стрела» была выбрана для промышленного выпуска. Машины «МЭСМ», «БЭСМ», «М-1» и «М-2» создавались в единичном экземпляре, в лабораторных условиях, силами разработчиков. «Стрела» – первая в СССР серийная ЭВМ: завод САМ выпустил семь экземпляров. Первый экземпляр поступил в Институт прикладной математики АН СССР. Следующие экземпляры устанавливались в вычислительных центрах, которые начали создаваться в Академии наук и в министерствах, связанных с атомной энергетикой и аэрокосмическими исследованиями.

В «Стреле» было 6 тыс. электронных ламп и около 2 тыс. полупроводниковых диодов. ЭВМ потребляла мощность около 150 кВт. Ее быстродействие доходило до 2 тыс. операций в секунду. Машина могла выполнять 15 арифметических и логических операций. В ее системе команд существовали оригинальные средства выполнения этих операций над целыми массивами чисел.

Типы запоминающих устройств ЭВМ «Стрела»:

– оперативное. Было создано на 43 электронно-лучевых трубках и имело емкость 2048 чисел по 43 двоичных разряда каждое;

– внешняя память. Была реализована на магнитных лентах. К «Стреле» подключались два лентопротяжных устройства. Каждая лента была способна хранить до миллиона чисел;

– запоминающее устройство высокого быстродействия. Могло хранить 512 команд и чисел. Это позволяло постоянно хранить в машине 16 стандартных наиболее нужных программ и 256 часто встречающихся констант.

Обычными для того времени были устройства вывода информации на перфокарты и магнитные ленты. Кроме них, ЭВМ «Стрела» имела также широкоформатное печатающее устройство, позволяющее выводить результаты расчета в виде документа на широкой бумажной ленте канцелярского формата.

ЭВМ «Стрела» занимала до 200 $м^2$ площади; с учетом же внешних устройств, устройств принудительного кондиционирования воздуха и электропитания – свыше 400 $м^2$.

На «Стреле» были решены важные научные и технические задачи большой сложности. Например, аэродинамические расчеты первого советского пассажирского реактивного самолета Ту-104 объемом порядка 10^8 операций потребовали всего 17 ч

непрерывной работы машины. На подобную работу раньше ушли бы месяцы.

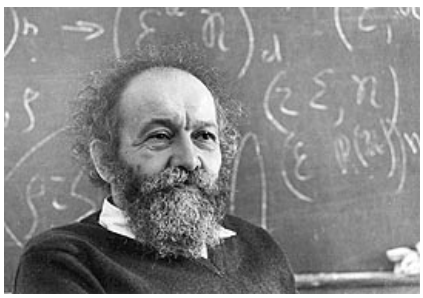
Было проведено решение многих «логических» задач. При этом выяснялись не только возможности «Стрелы», но и вообще принципы постановки на ЭВМ невычислительных задач. Машину «учили» играть в различные игры – «Ним», «крестики и нолики», она даже разыгрывала «шахматный эндшпиль». Так разработчики ЭВМ постепенно подходили к решению серьезных неарифметических задач.

Машина «Стрела» имела также совершенную и достаточно гибкую систему программирования, достаточно полную библиотеку стандартных программ, что способствовало раскрытию ее вычислительных и логических возможностей.

За создание ЭВМ «Стрела» Б. И. Рамеев и его коллеги удостоились в 1953 г. Государственной премии СССР

4 октября 1957 г. в СССР был запущен первый искусственный спутник Земли. Задачи баллистики при подготовке спутника рассчитывались на «Стреле» в Институте прикладной математики.

Первые ЭВМ стимулировали развитие вычислительной математики. Мехмат МГУ в 1954 г. выпустил первых студентов, прослушавших курс «Программирование» профессора А. А. Ляпунова.



А. А. Ляпунов

А. А. Ляпунов заложил основы нового направления, теории программирования, введя в 1954 г. понятие «операторная схема программы», которая представляла собой формальное описание программы.

Она и поныне используется во всем мире для формального исследования свойств программ, а разработчики компиляторов применяют ее в процессе глобальной оптимизации объектного кода.

В 1955 г. появился первый в стране Вычислительный центр Академии наук СССР (ВЦ АН СССР). Первоначально здесь были установлены всего две машины – «Стрела» и БЭСМ, работавшие круглосуточно. Еженедельный план расчетов на машинах ВЦ АН СССР утверждался Председателем Совета Министров СССР.

Первый вычислительный центр возглавил академик А. А. Дородницын и под его руководством он постепенно превратился в крупную научно-исследовательскую организацию.

А. А. Дородницын

Здесь стали развиваться различные направления использования ЭВМ: моделирование глобальных и экономических процессов, моделирование тактических военных действий, распознавание образов, проектирование самолетов, искусственный интеллект, программное обеспечение ЭВМ.

Весной 1955 г. в Институте прикладной механики была закончена работа над производственной версией компилятора для ЭВМ «Стрела». На входе компилятор получал программу, которая состояла из операторной схемы Ляпунова и конкретизирующих ее текстов. Полученный на выходе объектный код был вполне сравним по эффективности с программой в машинных кодах, написанной вручную. Это были первые шаги по автоматизации программирования в СССР.

В 1955 г. работы по созданию вычислительных машин стали постепенно распространяться из столицы в другие научные центры страны. Появился Научно-исследовательский институт математических машин (НИИММ) в Ереване. В Пензе открылся филиал СКБ-245. Производство ЭВМ в Пензе создавалось под новые проекты Б. И. Рамеева.

4.3.2.5. ЭВМ «М-3»

Рис. 86. ЭВМ «М-3»

В июне 1956 г. была сдана в эксплуатацию ЭВМ «М-3», очередная машина лаборатории И. С. Брука (рис. 86).

ЭВМ «М-3» воплотила в себе окончательно сформулированную Бруком концепцию малогабаритной машины.

ЭВМ предельной производительности, такие как «БЭСМ» и «Стрела», требовали специальных помещений, особых условий эксплуатации, занимали немалые площади и предназначались для сложных расчетов

с максимально возможной скоростью вычислений. Они использовались в основном для решения задач, которые ставили Курчатовский институт и конструкторское бюро Королева.

Идея И. С. Брука состояла в том, чтобы расширить сферу применения ЭВМ, сделав их доступными вычислительным лабораториям, научным институтам, конструкторским бюро, которым нужны были ЭВМ, но задачи которых не требовали рекордного быстродействия.

Малогабаритная машина могла размещаться в обычном рабочем помещении. Достаточно простая в разработке и сопровождении малая ЭВМ стоила бы относительно недорого и позволила бы свести к минимуму число специалистов, которым предстоит ее обслуживать. И. С. Брук создавал концепцию доступной машины, понимая, как много задач требуют быстрого счета. Кроме того, И. С. Брук задумался о применении ЭВМ для автоматизации промышленных предприятий, где машина выступит в роли мощного устройства управления производственными объектами и процессами.

Построение малой машины («М-3» занимала меньше 3 $м^2$) оказалось возможным во многом благодаря применению полупроводниковых элементов – диодов. В «М-3» использовалось всего около 770 громоздких электронно-лучевых трубок, остальная элементная база – диоды.

В 1956 г. был построен завод счетных машин в Минске. В 1959 г. главным инженером СКБ Минского завода стал Георгий Павлович Лопато, принимавший участие в наладке «М-3» во ВНИИЭМ. По его инициативе схемы «М-3» были взяты за основу для первой ЭВМ серии «Минск».

Таким образом, «М-3» оказалась родоначальницей главных советских заводов по производству вычислительной техники в Армении и Белоруссии. Кроме того, схемы машины «М-3» были переданы в академии наук Китая и Венгрии. Таким образом, «М-3» способствовала развитию компьютеростроения и в других странах.

К концу 1950-х гг. окончательно сформировались основные научные школы советской вычислительной техники.

4.3.2.6. ЭВМ «Урал-1»

В конце 1950-х гг. потребность в ЭВМ все возрастала. Но одна из самых мощных по тем временам «БЭСМ» существовала в единственном экземпляре, машин «Стрела» было всего семь штук. Необходима была действительно серийная машина. Такой стала ЭВМ «Урал-1» (рис. 87).

Рис. 87. ЭВМ «Урал-1»

Выпуск ЭВМ «Урал-1» был начат в 1957 г. в Пензе. Главный конструктор ЭВМ – Б. И. Рамеев. С 1957 г. начинается история пензенской научной школы вычислительной техники, которую возглавлял Б. И. Рамеев.

Позже на базе этого филиала появился Научно-исследовательский институт управляющих вычислительных машин, затем переименованный в Научно-исследовательский институт математических машин (НИИММ).

Вслед за первым «Уралом» последовало еще несколько ламповых машин под тем же названием, но с другими порядковыми номерами, и ряд специализированных ЭВМ.

В серии «Уралов» Б. И. Рамеев реализовал одну из главных своих концепций – создавать машины с унифицированными компонентами, т.е. семейство машин, отличающихся друг от друга по производительности, но сходных по общим принципам построения (то, что позже назовут архитектурой ЭВМ) и программно совместимых. Это была идея, предвосхищающая знаменитые разработки IBM.

«Урал-1» – это относительно небольшая по размерам машина с одноадресной системой команд, с быстродействием 100 операций в секунду и оперативной памятью на магнитном барабане в 1024 слова по 36 разрядов. Эта оперативная память обеспечивала невысокую скорость считывания, что и определило ее низкое быстродействие. Можно было использовать внешнюю память на магнитной ленте емкостью 40 тыс. слов. Ввод информации осуществлялся с перфоленты, а также с помощью клавишного устройства.

«Урал-1» имела 800 вакуумных электронных ламп и около 3 тыс. полупроводниковых диодов. Потребляемая мощность составляла 7,5 кВт. ЭВМ «Урал-1» предназначалась для инженерно-технических и планово-экономических расчетов. Несмотря на малую потребляемую мощность, она все еще требовала принудительного охлаждения воздуха в машинном зале площадью в 60 $м^2$.

Это была недорогая и эффективная для инженерных расчетов машина, благодаря чему она пользовалась большим спросом и долгое время проработала в различных институтах и вычислительных центрах.

В ЭВМ «Урал-2», «Урал-3» и «Урал-4» использовалась память на ферритовых сердечниках, была расширена емкость внешних запоминающих устройств на магнитном барабане и магнитной ленте, применялся расширенный набор устройств ввода-вывода.

4.3.2.7. ЭВМ «М-20»

В 1958 г. Государственная комиссия приняла новую машину С. А. Лебедева, «М-20», с оценкой «самая быстродействующая в мире» (рис. 88). ЭВМ «М-20» – действительно одна из самых производительных и надежных ламповых машин, созданных в 1950-е гг. Цифра 20 в названии означает 20 тыс. операций в секунду. К такой скорости счета приближалась только американская машина «Норк», которая была гораздо более громоздкой, поскольку содержала в пять раз больше ламп.

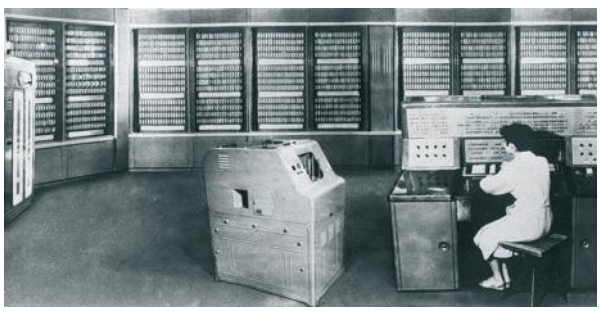


Рис. 88. ЭВМ «М-20»

«М-20» знаменита рядом интересных новшеств:

1. Это была первая советская ЭВМ с собственным системным программным обеспечением – пакетом стандартных подпрограмм ИС-2. Благодаря ему программы для «М-20» могли записываться на мнемокоде, а не в двоичных машинных командах, как было на всех предшествующих ЭВМ.

2. В «М-20» было предусмотрено совмещение выполнения частей операций – выборка следующей команды из памяти начиналась до окончания работы арифметического устройства.

3. Для ускорения операций сложения и умножения была усовершенствована работа цепей переноса. За счет этого умножение выполнялось сразу на 4 разряда.

4. В «М-20» аппаратно реализована частая для математических расчетов операция извлечения корня.

5. Введены новые логические операции процессора.

6. Совмещены вывод на печать и работа процессора с помощью буфера на магнитном барабане.

Все эти новшества не привели к значительному увеличению количества ламп. Наоборот, в «М-20», по сравнению с предыдущими разработками С. А. Лебедева, ламп стало намного меньше – всего 1600.

Благодаря этому «М-20» оказалась не только очень быстрой, но и очень надежной машиной. Сократить число ламп позволили оригинальные схемотехнические решения – был введен импульсный принцип построения схем устройств параллельного действия (динамические триггеры). «М-20» начали выпускать в 1958 г. на заводе вычислительных машин в Казани.

В этом же году Лебедев решил запустить в серию свою предыдущую машину БЭСМ, использовав для этого более совершенную ферритовую память «М-20» (только в два раза меньшую), а также заменив в БЭСМ ламповые диоды на полупроводниковые, как в «М-20». Так в 1958 г. появилась производственная версия БЭСМ – БЭСМ-2, созданная на заводе имени Володарского в Ульяновске.

4.3.3. Характерные черты ЭВМ первого поколения

У ЭВМ первые поколения выделяются следующие особенности:

1. Элементная база: электронно-вакуумные лампы.

2. Быстродействие: 10–20 тыс. операций в секунду.

3. Емкость оперативной памяти: 2 Кбайта или 2048 машинных слов длиной 48 двоичных знаков.

4. Программирование: трудоемкий процесс в машинных кодах. При этом необходимо знать все команды машины, их двоич-

ное представление. Нужно было знать, как устроена ЭВМ и как она реагирует на ту или иную ситуацию. Программы для этих машин писались на языке конкретной машины.

5. Устройства ввода-вывода: печатающие устройства, устройства вывода информации на магнитные ленты, перфокарты, перфоленты.

6. Низкая надежность: эксплуатация ЭВМ была слишком сложной из-за частого выхода из строя базовых элементов. Каждые 7–8 мин одна из ламп выходила из строя, а так как в компьютере их было 15–20 тыс., то для поиска и замены поврежденной лампы требовалось достаточно много времени. Кроме того, они выделяли огромное количество тепла, и для эксплуатации вычислительной машины требовались специальные системы охлаждения.

7. Соединение элементов: навесной монтаж проводами. Чтобы разобраться в запутанных схемах огромного компьютера, нужны были целые бригады инженеров.

8. Габариты: использование электронной лампы в качестве основного элемента ЭВМ создавало множество проблем. Из-за того, что высота стеклянной лампы 7 см, машины были огромных размеров. ЭВМ выполнена в виде громоздких шкафов и занимает специальный машинный зал площадью в 150–300 м^2. Кроме основных, были еще устройства ввода-вывода, внешняя память на магнитных лентах, устройства для набивки перфокарт и т.д. С учетом этого площадь была еще больше. «Рекордсменом» по занимаемой площади можно считать американскую машину БИЗМАК 1955 г. выпуска, которая размещалась на площади в 1600 м^2 – это площадь 50-квартирного дома.

9. Режим эксплуатации: ЭВМ первого поколения работали, как правило, круглосуточно. Выключение машины производилось только в случае аварии или профилактического ремонта. Ввод ЭВМ в действие после выключения был долгой процедурой и требовал длительной работы многочисленных наладчиков.

10. Высокая общая численность персонала на одну ЭВМ: несколько сотен человек. Состав обслуживающего персонала: математики-программисты, специалисты по электронной вычислительной технике, электрики, механики, специалисты по вентиляционной и холодильной технике, операторы-наладчики, перфораторщицы, диспетчеры и т.д.

11. Высокие затраты на эксплуатацию ЭВМ: стоимость электроэнергии, воды для охлаждения, содержания персонала, ремонта

аппаратуры и оборудования, оснащения приборами и инструментами, строительства или аренды помещения составляла сумму, вполне сопоставимую с затратами на производственные нужды небольшого завода. Продукцией такого «завода» было машинное время. Оплата составляла несколько тысяч рублей за один час машинного времени.

В табл. 1 приведены основные технические характеристики некоторых отечественных машин первого поколения.

Таблица 1

Характеристики некоторых отечественных машин первого поколения

Название	Год выпуска	Элементная база	Быстро-действие	Разрядность	Объем ОП	Внешняя память	Устройства ввода/вывода
МЭСМ	1951	Электронные лампы	3000 оп/с	16	94 слова	Отсутствует	Ввод с перфокарт или набором кодов на штекерном коммутаторе, вывод фотографированием или с помощью электромеханического печатающего устройства
БЭСМ-1	1953	Электронные лампы	8 тыс. оп/с	39	2048 слов	На магнитных барабанах и магнитных лентах	Ввод с перфоленты, печатающее устройство, фотопечатающее устройство
М-3	1956	Электронные лампы	30 оп/с	30	2048 слов	На магнитных лентах	Стандартная телеграфная аппаратура (трансмиттер и телетайп)
Урал-1	1957	Электронные лампы	100 оп/с	36	1024 слов	На магнитных лентах и перфоленте	Устройство на перфоленте и клавишное печатающее устройство
М-20	1958	Электронные лампы и полупроводниковые схемы	20 тыс оп/с	45	4096 слов	На магнитных барабанах и магнитных лентах	Ввод с перфоленты, печатающее устройство

Краткие итоги

Первое поколение ЭВМ – это время становления машин архитектуры фон Неймана, построенных на электронных лампах с быстродействием 10–20 тыс. арифметических операций в секунду. Программные средства были представлены машинным языком и языком ассемблера. В нашей стране к первому поколению относится первая отечественная вычислительная машина МЭСМ, созданная в 1951 г. в г. Киеве под руководством академика С. А Лебедева, серийные машины «Минск-1», «Стрела», БЭСМ, «Урал-1», «Урал-4» и др.

Несмотря на ограниченность возможностей, ЭВМ первого поколения позволяли выполнять сложнейшие расчеты, необходимые для прогнозирования погоды, решения задач атомной энергетики и др.

Опыт использования машин первого поколения показал, что существует огромный разрыв между временем, затрачиваемым на разработку программ, и временем счета. Поэтому началась интенсивная разработка средств автоматизации программирования, создание систем обслуживающих программ, упрощающих работу на машине и увеличивающих эффективность ее использования.

Контрольные вопросы

1. Как называется вычислительная машина, ставшая первым электронным компьютером?

2. Когда появился первый в нашей стране проект автоматической ЦВМ? Кто был автором этого проекта?

3. Кто возглавлял отечественные научные школы вычислительной техники?

4. Какие классы вычислительных машин разрабатывались в рамках каждой научной школы?

5. Кто сформулировал базовые принципы работы электронно-вычислительных машин в 1946 г.?

6. Как называлась первая ЭВМ, созданная в СССР в 1951 г.?

7. Какая советская ЭВМ первого поколения в 1956 г. была названа «самой быстродействующей в Европе»?

8. Что понимают под термином «поколение ЭВМ»?

9. Кто возглавлял Пензенскую школу вычислительной техники?

10. Какой язык программирования использовался в ЭВМ первого поколения?

11. На какой элементной базе строились ЭВМ первого поколения?

12. Какую ЭВМ в 1958 г. Государственная комиссия приняла с оценкой «Самая быстродействующая в мире»?

4.4. Второе поколение ЭВМ

Важное событие, определившее возможность перехода на новую элементную базу в производстве компьютеров, произошло в 1926 г. Джулиус Эдгар Лилиэнфилд получил патент под названием «Метод и прибор для управления электрическими токами», а в 1945 г. специалисты компании Bell Laboratories начали изучение полупроводниковых материалов. Результатом этой работы было создание в 1948 г. сотрудниками фирмы «Bell Telephone Laboratories» Дж. Бардином, У. Брайттеном и У. Шокли электронного прибора, способного заменить электронную лампу, – первого точечного германиевого транзистора (рис. 89).

Транзистор (от англ. Transfer – переносить и resistor – сопротивление) – это трехэлектродный полупроводниковый электронный прибор, в котором ток в цепи двух электродов управляется третьим электродом

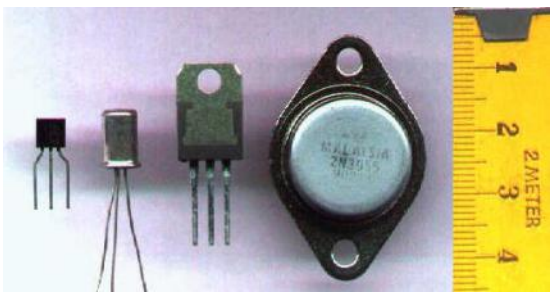


Рис. 89. Транзистор

Это был точечно-контактный прибор, в котором три металлических «усика» контактировали с бруском из поликристаллического германия.

Дальнейшие исследования полупроводниковых материалов привели к созданию плоскостных кремниевых транзисторов.

Успехи полупроводниковой технологии и связанные с этим возможности совершенствования структуры компьютеров, расширения выполняемых функций и усложнения решаемых задач привели к смене элементной базы. Транзисторы заменили электронные лампы. Запоминающие устройства на магнитных сердечниках, магнитные барабаны и магнитные ленты полностью вытеснили запоминающие устройства на электронно-лучевых трубках и ртутных линиях задержки, применяемых в компьютерах первого поколения.

Второе поколение приходится на период от конца 1950-х до конца 1960-х гг. Изобретенный транзистор позволил заменить элементную базу ЭВМ на полупроводниковые элементы (транзисторы, диоды), а также появились резисторы и конденсаторы более совершенной конструкции.

Достоинства транзистора:

– один транзистор заменял сорок электронных ламп;

– транзистор работал с большей скоростью, чем электронная лампа;

– транзистор выделяет очень мало тепла и почти не потреблял электроэнергии;

– средний срок службы транзистора в тысячи раз превосходил продолжительность работы электронных ламп.

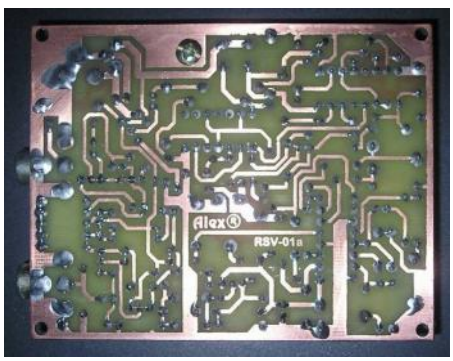


Рис. 90. Печатные платы

Изменилась и технология соединения элементов. Появились первые печатные платы (рис. 90) – пластины из изоляционного материала, например гетинакса, на которые по специальной технологии фотомонтажа наносился токопроводящий материал.

Такая формальная замена одного типа элементов на другой существенно повлияла на все характеристики ЭВМ: габариты, надежность, производительность, условия эксплуатации, стиль программирования и работы на машине. Изменился технологический процесс изготовления ЭВМ.

4.4.1. Отечественные разработки

4.4.1.1. ЭВМ «Сетунь»

В 1959 г. в МГУ завершилась разработка уникальной троичной ЭВМ «Сетунь» (рис. 91). Ее главный конструктор – Николай Петрович Брусенцов.

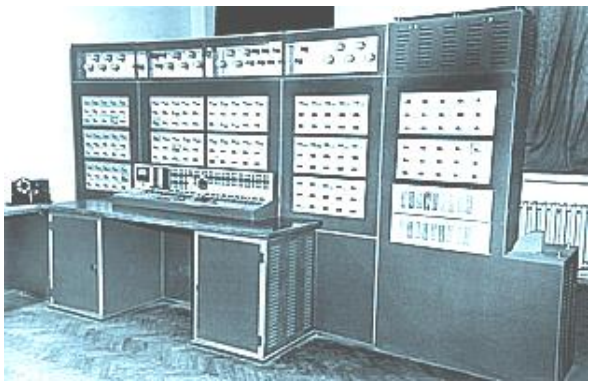


Рис. 91. ЭВМ «Сетунь»

«Сетунь» – это единственная в своем роде ЭВМ, не имеющая аналогов в истории вычислительной техники.

Один из основных вопросов в начале разработки – на какой элементной базе строить машину. Ламповые машины уже тогда казались чересчур громоздкими и энергоемкими, их эксплуатация и обслуживание требовали значительных усилий. Полупроводниковые транзисторы только начали появляться и были слишком ненадежны. Остановились на магнитных логических элементах.

Н. П. Брусенцов

Н. П. Брусенцов решил использовать троичную систему счисления. В жизни очень многие вопросы предполагают тройственный ответ: «да – нет – может быть», поэтому троичная логика вполне адекватна действительности и, может быть, как форма мышления даже более удобна и привычна для людей, чем логика двузначная.

Вот что пишет он сам: «Оказалось, что эти элементы не только весьма удобны для построения троичных цифровых устройств. Троичные устройства получаются существенно более экономны-

ми в отношении количества оборудования и потребляемой мощности, более быстрыми и структурно более простыми, чем двоичные устройства, реализованные на тех же элементах».

Над новой машиной работали 20 человек, которые изготовили опытный образец машины (он эксплуатировался в МГУ 15 лет). Наладка была выполнена очень быстро – за 10 дней. Новую ЭВМ назвали по имени речки, протекавшей недалеко от университета – «Сетунь».

В троичной цифровой вычислительной технике используются трехзначные сигналы и трехстабильные элементы памяти (триты). Трит может принимать три значения – минус 1, 0, плюс 1. Аналог байта – трайт (шестерка тритов).

Очевидно, что по сравнению с двоичной в троичной машине элементы усложняются, но зато удается упростить создаваемые из них структуры и увеличить скорость обработки данных.

На «Сетуни» решались задачи математического моделирования в физике и химии, оптимизации управления производством, краткосрочных прогнозов погоды, конструкторских расчетов, компьютерного обучения, автоматизированной обработки экспериментальных данных и т.д.

«Сетунь» выпускалась серийно в Казани, но небольшими партиями, по 15–20 машин в год. За пять лет было выпущено 50 машин, 30 из них стояли в вузах. «Сетунь» действительно оказалась надежной – работала практически без всякого сервиса.

4.4.1.2. ЭВМ «Минск-2»

Производство ЭВМ «Минск-2» началось в 1963 г. «Минск-2» – первая универсальная советская ЭВМ второго поколения, предназначенная для решения общих научных и инженерных задач (рис. 92).

Рис. 92. ЭВМ «Минск-22»

«Минск-2» была первой в нашей стране ЭВМ с возможностью обработки алфавитно-цифровой информации. У машины «Минск-2» появились две модификации – «Минск-22» и «Минск-23». Выпуск машины «Минск-2» и ее модификации «Минск-22» составил порядка 900 машин. Причем это были ЭВМ высокого качества, с богатым программным обеспечением, множеством архитектурных находок.

Вместе с ЭВМ «Минск-22» поставлялся обширный набор стандартных программ, в том числе транслятор с Фортрана и транслятор созданного в нашей стране языка программирования высокого уровня для экономических задач АЛГЭК – гибрида Алгола-60 и Кобола.

Основные характеристики ЭВМ «Минск-22»:

– быстродействие – 5 тыс. операций в секунду;

– оперативное запоминающее устройство на ферритах емкостью 8 тыс. чисел;

– внешняя память на магнитных лентах емкостью 1 600 000 000 чисел;

– ввод информации в машину осуществлялся с перфокарт и перфолент, а также с рулонного телетайпа;

– вывод информации – на перфокарты, перфоленты, телетайп и алфавитно-цифровое печатающее устройство.

Очень интересная машина – «Минск-23». Хотя выпущено их было всего 28 штук («Минск-22» – 734 машины), в классическом учебнике Королева по структурам ЭВМ им уделено места в 6 раз больше, чем «Минск-22». Это была ЭВМ для «бизнес-применений» – обработки данных, планово-экономических задач, статистики, информационного поиска, управления производством. Структура и система команд этой машины полностью отличались от имевшихся к тому времени наработок.

«Минск-23» предназначалась исключительно для посимвольной обработки информации, поэтому:

1. Была взята символьная форма представления чисел и команд с восьмиразрядным байтом в качестве основной единицы информации.

2. Использовалась не двоичная, а двоично-десятичная система счисления.

3. Использовалась произвольная разрядность машинного слова.

4. Был реализован аппаратный канал ввода/вывода, который обеспечивал очень быстрый обмен данными с внешними устройствами. Даже скоростная «БЭСМ-6» не смогла работать с устройством ввода с перфокарт ЭВМ «Минск-23», так как ее программный механизм прерываний для ввода данных не справлялся с темпом работы этого устройства.

Рис. 93. ЭВМ «Минск-32»

Более поздняя модель этой серии – «Минск-32» (рис. 93) имела быстродействие 250 тыс. операций в секунду, емкость оперативного запоминающего устройства – 65 тыс. чисел.

4.4.1.3. ЭВМ семейства «Урал»

В 1964 г. начался выпуск ЭВМ семейства «Урал» второго поколения. Разработка этих ЭВМ велась в Пензенском научно-исследовательском институте математических машин (НИИММ), а выпускались они на Пензенском заводе вычислительных электронных машин (ВЭМ).

Машины ряда «Урал» были построены на единой конструктивной, технологической и схемной базе, имели одни и те же устройства для ввода, вывода и хранения информации, использовали единые входной и выходной алфавит, кодировку информации на перфокартах, магнитных лентах и внутри машины. В СССР это была первая попытка проектирования не отдельной ЭВМ, а сразу целого семейства совместимых ЭВМ.

«Во всей конструкторской деятельности одним из главных принципов я считал унификацию», – говорил Б. И. Рамеев, главный конструктор ЭВМ семейства «Урал». Б. И. Рамеев называл свои машины «рядом» ЭВМ. Этим же термином будет первоначально обозначаться семейство машин разной производительности, но общей архитектуры, которое создавалось с конца 1960-х гг. по образу и подобию IBM/360 – ЕС ЭВМ. Но первенство в создании семейств принадлежит Б. И. Рамееву. Он хотел строить ЭВМ из унифицированных устройств, создавая системы разной мощности

и назначения, а при необходимости формируя и целые вычислительные комплексы из таких систем.

Один из разработчиков программного обеспечения семейства ЭВМ «Урал» В. И. Бурков впервые предложил формальное описание команд так, чтобы их одинаково могли понять как программисты, так и разработчики машин.

Были выпущены ЭВМ «Урал-11», (рис. 94), «Урал-14» и «Урал-16» (рис. 95). Это ЭВМ общего назначения, ориентированные на решение инженерно-технических и планово-экономических задач. ЭВМ ряда «Урал» были выполнены на унифицированном комплексе логических элементов «Урал-10», который представлял собой набор полупроводниковых схемных элементов модульной конструкции.

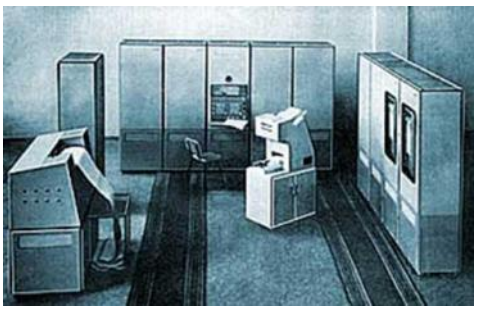


Рис. 94. ЭВМ «Урал-11»

Рис. 95. ЭВМ «Урал-16»

Число выпущенных таких машин было:

«Урал-11» – 123 шт., «Урал-14» –201 шт., «Урал-16» – 1 шт.

Основной программой, организующей работу ЭВМ, являлась программа-диспетчер. Она обеспечивала ввод и вывод информации, организацию многопрограммной работы, защиту областей оперативной памяти, динамическое распределение оперативной памяти, а также внешней памяти на магнитных барабанах и лентах.

С машиной поставлялся автокод АРМУ (Автокод Ряда Машин Урал), который был единым автокодом ряда ЭВМ «Урал». Он обеспечивал полную совместимость от меньшей машины к большей. Каждая ЭВМ «Урал» имела собственный транслятор с языка АРМУ на свой машинный язык. Поэтому совместимость

ЭВМ «Урал» была ограниченной и существовала только на уровне автокода АРМУ.

В ЭВМ «Урал-16» использовалась двоичная система счисления. Быстродействие – 5000 операций в секунду. Использовалось 17 основных команд, каждая команда имела 8 модификаций. Емкость оперативного запоминающего устройства на ферритах 2 К слов. Занимаемая площадь 20 м^2.

4.4.1.4. ЭВМ «БЭСМ-6»

В 1966 г. была завершена разработка «БЭСМ-6» (рис. 96). Машину выпускали 20 лет – с 1967-го по 1987-й гг. Всего было выпущено 355 машин. «БЭСМ-6» размещалась в крупных научных и военно-научных центрах. Производительность в 1 млн операций в секунду для середины 1960-х – рекордная, да и для последующих лет немалая – покрывала их потребности в быстром счете.

Рис. 96. ЭВМ «БЭСМ-6»

В 1975 г. совместным полетом «Союз – Аполлон» управляли с помощью вычислительного комплекса, в состав которого входила «БЭСМ-6». На «БЭСМ-6» появились первые полноценные операционные системы, мощные трансляторы, огромная библиотека численных методов. На «БЭСМ-6» учились целые поколения советских инженеров и программистов.

С. А. Лебедев с самого начала работ над созданием цифровой вычислительной техники делал ставку на сверхбыстродействие и последовательно проводил в жизнь свой основной принцип – распараллеливание вычислительных процессов.

Создавая «БЭСМ-6», С. А. Лебедев пришел к реализации принципа конвейера – совмещения нескольких команд, находящихся на разных стадиях выполнения. Сам Лебедев назвал этот принцип водопроводным. Для того чтобы «водопровод» заработал, в структуру машины внесли несколько важных новшеств:

– разделили оперативную память на восемь блоков с возможностью одновременной выборки информации из них;

– реализовали буфер заказов к системе памяти, так что устройство управления могло просматривать команды «вперед»;

– организовали асинхронную и параллельную работу модулей памяти, управления и арифметики;

– сделали системный кэш – небольшую сверхоперативную память на регистрах для хранения наиболее часто используемых операндов и командных циклов.

В итоге получалось, что при достаточно большом времени от начала выполнения команды до ее полного завершения общий темп обработки информации совмещенными командами оказывался очень высоким. Отсюда аналогия с водопроводом – одна капля воды медленно проходит определенный его участок, а скорость потока огромна.

В «БЭСМ-6» появилась виртуальная память – механизм преобразования математического адреса в физический с помощью специальных таблиц (термин «виртуальная», правда, еще не использовался).

Характеристики «БЭСМ-6»: занимаемая площадь – 150–200 м^2. Длина слова – 48 двоичных разрядов и два контрольных разряда, рабочая частота – 10 МГц.

«БЭСМ-6» была первой советской суперЭВМ на полупроводниковых транзисторах. Одновременно с разработкой новой структуры С. А. Лебедев искал и новые подходы к элементной базе.

В процессе работы над машиной формировались основные принципы систем автоматизированного проектирования ЭВМ. Впервые схемы машины записывались формулами булевой алгебры, и из таких формул состояла ее документация для наладки

и эксплуатации. Документация для монтажа поставлялась на завод в виде таблиц, которые делались в институте на «БЭСМ-2».

В 1969-м г. основной состав разработчиков «БЭСМ-6» получил Государственную премию.

4.4.1.5. ЭВМ «Раздан»

«Раздан» – семейство цифровых электронных вычислительных машин общего назначения, созданных в 1958–1965 гг. в Ереванском научно-исследовательском институте математических машин (ЕрНИИММ). В 1960 г. ЭВМ «Раздан-1» была принята государственной комиссией. Быстродействие – 5000 операций в секунду. Занимаемая площадь – 20 м^2.

ЭВМ «Раздан-2» серийно выпускалась с 1961 г. Ввод и хранение данных и программ – на перфорированной 35-мм кинопленке.

ЭВМ «Раздан-3» сдана в эксплуатацию в 1965 г., серийный выпуск машины начат в 1966 г. (рис. 97).

Рис. 97. ЭВМ «Раздан-3»

На базе этой модели была разработана система для автоматизации процесса продажи железнодорожных билетов – «МАРШРУТ-1». Этот комплекс длительное время использовался на нескольких железнодорожных станциях Москвы.

4.4.2. Зарубежные разработки

В 1953 г. в Массачусетском технологическом институте был разработан первый экспериментальный компьютер на транзисторах **TX-0**. В 1955 г. он был введен в эксплуатацию.

В 1955 г. Bell Laboratories анонсировала первый полностью транзисторный компьютер TRADIC (сокр. от англ. ***TRA****nsistor*

***DI**gital **C**omputer* или ***TR**ansistorized **A**irborne **DI**gital **C**omputer*). TRADIC содержал 700–800 транзисторов и 10 000 диодов. TRADIC имел достаточно малые размеры и вес для установки на стратегических бомбардировщиках B-52 Stratofortress. По существу, это был компьютер специального назначения. Он мог выполнять 1 млн логических операций в секунду.

В 1958 г. была создана система SAGE (Semi-Automatic Ground Environment), осуществлявшая объединение радарных станций США и Канады в первую крупномасштабную компьютерную сеть.

Воздушная система защиты базировалась на компьютере «Whirlwind II» («Вихрь II») (рис. 98). Компьютер потреблял мощность 1 МгВт. Содержал 55 000 электронных ламп, 175 000 диодов, 13 000 транзисторов.

Рис. 98. Whirlwind II

В 1959 г. был создан первый мини-компьютер, предназначенный для управления технологическими процессами с обработкой информации о протекающем процессе, под названием PDP1 (рис. 99), разработанный корпорацией «DEC» (Digital Eguipment Corporation).

Рис. 99. ЭВМ PDP1

Среди серийных моделей универсальных компьютеров следует отметить компьютеры «Гамма-60» и «Атлас».

Опытный образец компьютера «Гамма-60» был изготовлен французской фирмой «Буль» в 1959 г. (рис. 100).

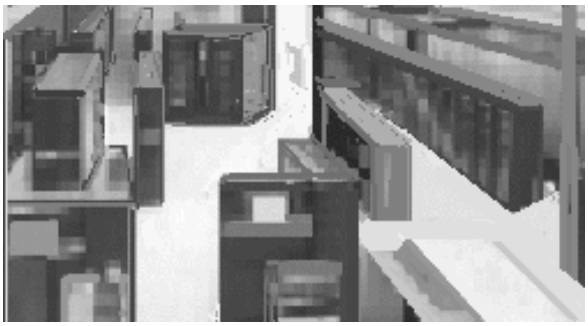


Рис. 100. ЭВМ «Гамма-60»

Компьютер «Гамма-60» достигал быстродействия до 100 тыс. операций в секунду. В компьютере использовалось 15 тыс. транзисторов, 200 тыс. германиевых диодов и 400 ламп.

Первый экземпляр компьютера «Гамма-60» был установлен в Вычислительном центре Национального объединения французских железных дорог и использовался для расчета заработной платы для 250 тыс. рабочих и служащих. Ранее эта работа выполнялась 5 машиносчетными станциями, в состав оборудования которых входило 40–50 перфорационных вычислительных комплексов и несколько ламповых компьютеров.

Компьютер «Атлас» (рис. 101) был разработан под руководством Т. Килбурна в Манчестерском университете совместно с фирмой «Ферранти» и в 1961 г. установлен в университете. В компьютере «Атлас» впервые была применена страничная организация машинной памяти, получившая широкое распространение в универсальных компьютерах 1960-х гг.

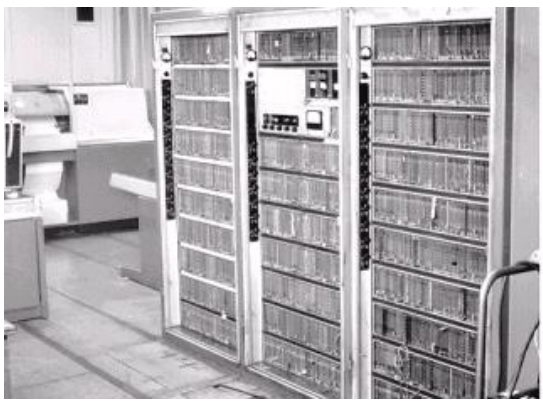


Рис. 101. ЭВМ «Атлас»

Высокое номинальное быстродействие компьютера (700–900 тыс. операций в секунду) было достигнуто за счет применения:

– мультипрограммного управления (в компьютере одновременно могло выполняться до 4 команд);

– высокочастотных транзисторов;

– высокой скорости работы арифметического устройства, внутренних и внешних запоминающих устройств.

В первом экземпляре компьютера использовалось 4 модуля оперативных запоминающих устройств, 4 магнитных барабана, 8 лентопротяжных механизмов, использовалось 50 тыс. транзисторов и 250 диодов.

С 1955 по 1961 г. в США фирмой IBM разрабатывался проект «Stretch», оказавший большое влияние на развитие структуры универсальных компьютеров. В проекте были воплощены все известные к 1960 г. структурные принципы повышения производительности, такие как:

– совмещение операций, характерное для мультипрограммирования;

– разделение времени работы различных блоков и устройств, выполняющих одну команду;

– совмещение во времени подготовки и выполнения нескольких команд одновременно;

– параллельное выполнение нескольких независимых программ.

Всего было выпущено пять экземпляров компьютера «Stretch».

Наряду с фирмой IBM мощные компьютеры разрабатывались и другими фирмами. Наиболее мощной вычислительной системой, разработанной до 1965 г., был компьютер «Control Data Corp. 6600».

Разработка проекта была начата в 1957 г. по заказу Комиссии по атомной энергии США. В состав системы входило 11 устройств обработки данных, в том числе центральный процессор и 10 компьютеров-спутников. Мультипроцессорная организация обеспечила высокое номинальное быстродействие (3 млн операций в секунду), что в 20 раз выше, чем номинальное быстродействие компьютера «Stretch».

Компьютер «CDC 6600» использовался при решении научных задач в области ядерной физики. Первый экземпляр компьютера был установлен в августе 1964 г. в г. Лос-Анджелесе. К середине 1965 г. было введено еще три экземпляра, один из них был установлен в Европейском центре ядерных исследований. Еще пять компьютеров были установлены в крупнейших атомных научных центрах США.

4.4.3. Характерные черты ЭВМ второго поколения

У ЭВМ второго поколения выделяются следующие особенности:

1. Элементная база: транзисторы.

2. Соединение элементов: печатные платы и навесной монтаж.

3. Быстродействие: как только в ЭВМ транзисторы заменили на лампы, сразу же возросла производительность. Если ламповые вычислительные машины имели быстродействие несколько тысяч операций в секунду, то ЭВМ на транзисторах – десятки и сотни тысяч. Так, ЭВМ «Урал-11» работала с производительностью порядка 50 тыс. операций в секунду, «Минск-32» – 65 тыс., «Урал-16» – 100 тыс., а наиболее мощная советская ЭВМ второго поколения – «БЭСМ-6» – до 1 млн операций в секунду.

4. Объем оперативной памяти: в ЭВМ второго поколения оказалось возможным увеличить в сотни раз. В ЭВМ «Урал-14» – оперативная память на 65 тыс. чисел, в «БЭСМ-6» – на 32 тыс. чисел, в американской «Стретч» – 260 тыс., «Урал-16» – до 500 тыс. и т.д. Оперативная память построена на магнитных сердечниках.

5. Габариты: ЭВМ выполнена в виде однотипных стоек, чуть выше человеческого роста. Для их размещения требуется специально оборудованный машинный зал, в котором под полом прокладываются кабели, соединяющие между собой многочисленные автономные устройства.

Но миниатюрные электронные элементы и схемы позволили существенно уменьшить габариты. Если ЭВМ первого поколения «Стрела» размещалась на площади 200 м^2, то полупроводниковая ЭВМ того же класса «Минск-2» могла быть установлена на площади 35–40 м^2.

6. Устройства ввода-вывода: появились высокопроизводительные устройства для работы с магнитными лентами, магнитными барабанами и первыми магнитными дисками.

7. Эксплуатация: упростилась, появились вычислительные центры с большим штатом обслуживающего персонала. При выходе из строя нескольких элементов производилась замена целиком всей платы, а не каждого элемента в отдельности, как в ЭВМ предыдущего поколения.

8. Программирование: в качестве программного обеспечения стали использовать языки программирования высокого уровня, были написаны специальные трансляторы с этих языков на язык машинных команд. Для ускорения вычислений в этих машинах было реализовано некоторое перекрытие команд: последующая команда начинала выполняться до окончания предыдущей.

Появилась новая специальность – оператор ЭВМ. Программисты уже не работали в зале, а отдавали свои программы на перфокартах или магнитных лентах специально обученным операторам.

Появился широкий набор библиотечных программ для решения разнообразных математических задач. Появились мониторные системы, управляющие режимом трансляции и исполнения программ. Из мониторных систем в дальнейшем выросли современные операционные системы.

9. Потребляемая электроэнергия: значительно уменьшилась. Ламповой машине типа «Стрела» требовалось порядка 120 кВт, полупроводниковая «Минск-2» потребляла всего 4 кВт.

10. Надежность полупроводниковых приборов: они реже выходили из строя, почти никогда не «перегорали». Благодаря этому увеличилось время безотказной работы ЭВМ.

11. Режим работы: способность полупроводниковых приборов работать при комнатной температуре и их более высокая надежность создавали чрезвычайно удобные и выгодные условия эксплуатации ЭВМ. Полупроводниковую технику можно было просто выключать и включать, как телевизор или радиоприемник, только тогда, когда она нужна для работы. Отпадала необходимость в больших ремонтных бригадах, специальных наладчиках и частом профилактическом ремонте.

Краткие итоги

Особенность второго периода – использование транзистора в качестве переключательного элемента (вместо вакуумной лампы) с быстродействием до сотен тысяч операций в секунду. Поя-

вились основная память на магнитных сердечниках и внешняя память на магнитных барабанах. В это же время были разработаны алгоритмические языки высокого уровня, такие как Алгол, Кобол, Фортран, которые позволили составлять программы, не учитывая тип машины. В нашей стране к этому поколению относятся машины «Минск-2», «Минск-22», «Минск-32», «БЭСМ-2», «БЭСМ-4», «БЭСМ-6», быстродействие которых составляло миллион операций в секунду.

Машинам второго поколения была свойственна программная несовместимость, которая затрудняла организацию крупных информационных систем. Поэтому в середине 60-х г. наметился переход к созданию компьютеров, программно совместимых и построенных на микроэлектронной технологической базе.

Контрольные вопросы

1. Как называлась ЭВМ, основанная на троичной системе счисления?

2. В каких ЭВМ впервые в нашей стране была реализована концепция «семейства ЭВМ»?

3. Что является элементной базой компьютеров второго поколения?

4. Где и когда был начат выпуск ЭВМ «Урал-1»?

5. Какой набор значений имеет троичная логика, реализованная в ЭВМ «Сетунь»?

6. Какая ЭВМ управляла совместным советско-американским космическим полетом «Союз – Аполлон» в 1975 г.?

7. Кто разработал концепцию семейства ЭВМ в отечественной вычислительной технике?

4.5. Третье поколение ЭВМ

Третье поколение компьютеров разрабатывалось с 1964 по 1974 г. на новой элементной базе – интегральных схемах (ИС).

Впервые идея создания интегральных схем (рис. 102) – устройств, вмещающих в себя фрагменты электронных схем, начала активно обсуждаться в 1952 г. в Англии. Начало этому положил эксперт по радарам Дж. Даммер. В 1952 г. Дж. Даммер выдвинул идею создания монолитной полупроводниковой интегральной схемы. В 1958 г. Джон Килби впервые создал опытную инте-

гральную схему. Промышленное производство интегральных схем началось в 1962 г.

Такие схемы могут содержать десятки, сотни и даже тысячи транзисторов и других элементов, которые физически неразделимы. Интегральная схема выполняет те же функции, что и аналогичная ей схема на элементной базе ЭВМ второго поколения. При этом она имеет существенно меньшие размеры и более высокую степень надежности.

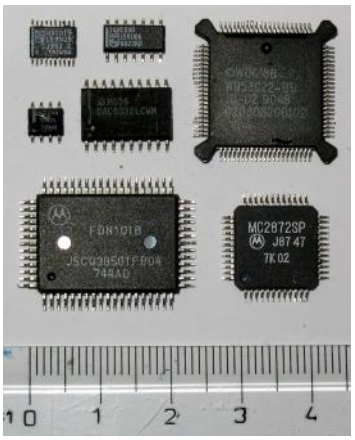


Рис. 102. Интегральная схема

Появление интегральных схем означало подлинную революцию в вычислительной технике. Если один транзистор мог заменить 40 электронных ламп, то одна интегральная схема могла заменить тысячи, миллионы транзисторов. Один крошечный кристалл обладает значительно большими вычислительными возможностями, чем 30-тонный «Эниак»! Быстродействие ЭВМ третьего поколения возросло в сотни раз, а габариты значительно уменьшились.

Первый экспериментальный компьютер на интегральных схемах был создан фирмой «Texas Instruments» по контракту с ВВС США. Разработка велась 9 месяцев и была завершена в 1961 г. Компьютер имел 15 команд, был одноадресным, тактовая частота была 100 КГц, емкость запоминающего устройства 30 чисел, для представления чисел использовалось одиннадцать двоичных разрядов. Для создания компьютера использовалось 587 интегральных схем, потребляемая мощность составляла 16 Вт, вес 585 г, занимаемый объем 100 $см^3$.

Вначале для производства компьютеров использовались схемы малой степени интеграции (МИС). Совершенствование технологии позволило усложнить микросхемы, появились микросхемы средней степени интеграции (СИС).

Ко всем достоинствам ЭВМ третьего поколения добавилось еще и то, что их производство оказалось дешевле, чем производство машин второго поколения. Благодаря этому, многие организации смогли приобрести и освоить такие машины. А это, в свою очередь, привело к росту спроса на универсальные ЭВМ, предназначенные для решения самых различных задач.

7 апреля 1964 г. представители фирмы IBM провели 77 пресс-конференций в 15 странах мира, сделав, как выразился глава фирмы

Томас Уотсон-младший, «самое важное объявление за всю историю компании». IBM объявила о создании не одной какой-либо машины, а целого семейства машин. «Система-360» (IBM/360) – так была названа серия – дебютировала сразу 6 моделями, различавшимися по мощности и стоимости. По оценкам специалистов, на исследования, разработку и внедрение в производство одновременно 6 машин компания затратила около 5 мрд долл. Это вдвое превышало расходы США во время Второй мировой войны на Манхэттенский проект, целью которого было создание атомной бомбы.

С позиций сегодняшнего дня решение IBM вложить такой капитал в «Систему-360» представляется естественным и почти неизбежным, но в то время оно выглядело весьма рискованным. По существу фирма «IBM» сделала ставку на проект, осуществление которого сделало бы все остальные компьютеры фирмы безнадежно устаревшими. Разработка «Системы-360» означала отход от сложившихся технических стандартов и изменение самого принципа организации ввода-вывода в вычислительной технике.

Хотя корпорация IBM, бесспорно, лидировала в вычислительной технике того времени, своим успехом она в большей мере была обязана своей торгово-финансовой политике и хорошему обслуживанию клиентов, а не высокому техническому уровню продукции.

В конце 1961 г. руководство фирмы решило выработать общую техническую стратегию фирмы. Был создан комитет из представителей всех основных отделов фирмы: системного программирования, исследований, конструирования, внедрения и т.д. Руководители фирмы «заперли» 13 членов комитета в мотеле неподалеку от Гринвича (штат Коннектикут), заявив, что не выпустят их, пока не удастся в общих чертах наметить, каким должно быть следующее поколение машин фирмы IBM. Комитет непрерывно работал в течение 60 дней.

Особенно активно обсуждались два основных принципа разработки будущих компьютеров IBM.

Первый принцип – любая новая машина должна быть универсальной, т.е. справляться с широким спектром проблем – от решения логических и вычислительных задач научного характера до обработки данных в сфере управления и бизнеса. До начала 60-х г. компьютеры конструировались в расчете либо на научные, либо на управленческие применения. Тем не менее к этому времени компьютеры, предназначенные для научных исследований, все чаще стали применяться в сфере бизнеса, и наоборот. Эта тенденция не осталась незамеченной в IBM, и название серии

«360» указывало именно на способность машин работать во всех направлениях – в пределах 360 градусов.

Второй принцип – новые компьютеры должны быть совместимы друг с другом. В те годы в фирме IBM насчитывалось около 20 конструкторских бюро. Машины, разрабатывавшиеся в этих бюро, были мало приспособлены для обмена данными или программами между собой. Несовместимость машин различных моделей была характерна для компьютерной индустрии – каждая модель имела свой собственный процессор и систему ввода-вывода, т.е. аппаратуру и правила связи между вычислительной машиной и такими устройствами, как клавиатура или принтер. Программы, написанные в соответствии с внутренними инструкциями центрального процессора одной машины, были непригодны для других процессоров. Периферийные устройства, предназначенные для какого-либо одного типа системы ввода-вывода, нельзя было подключать к другим машинам.

В начале января 1962 г. комитет представил свои заключения администрации фирмы. Так родилась «Система-360» (рис. 103). Это был первый ряд компьютеров, в котором проводилось четкое различие между архитектурой и реализацией.

Рис. 103. ЭВМ серии IBM/360

Огромное влияние IBM в мире вычислительной техники открыло перед «Системой-360» широкие возможности: ее распространение привело к созданию новой отрасли промышленности – производству полностью совместимых модулей вычислительных комплексов.

Другие компании–производители вычислительной техники быстро поняли, что в модульной компьютерной системе, компоненты которой соответствуют общим стандартам, не обязательно все модули должны изготавливаться одной и той же фирмой. Они начали выпускать устройства, пригодные для «стыковки» с вычислительными машинами серии «Система-360», т.е. полностью совместимые с машинами фирмы IBM. Эти устройства не требовали специальных программ или аппаратной «подгонки» – достаточно было соединить их кабелем с вычислительной машиной IBM (или любой другой совместимой машиной) и они начинали обмен информацией. Теперь IBM могла предложить своим клиентам более универсальные и эффективные периферийные устройства и программное обеспечение.

Создав «Систему-360», IBM открыла новую эру – эру расцвета технологии устройств ввода-вывода. В 1960–70 гг. производство другими фирмами устройств, совместимых с машинами IBM, настолько возросло, что IBM уступила этим конкурентам около 13 % производства периферийных устройств к своим же вычислительным машинам. И все же успех «Системы-360» был столь велик, что лидирующее положение фирмы IBM в компьютерной промышленности стало прочнее, чем когда-либо.

Дальнейшим развитием IBM/360 стали системы 370, 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 вычислительные машины, например, семейство 470 фирмы Amdahl, мейнфреймы Hitachi, UNIVAC 9200/9300/9400 и др. В СССР IBM/360 была клонирована в серии машин ЕС ЭВМ.

Благодаря широкому распространению IBM/360, изобретенные для нее 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 используемую 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 сегмент-

ной адресацией памяти) и первыми серийными вычислительными машинами, поддерживающими реализацию виртуальных машин.

В семействе IBM/360 впервые был использован микрокод для реализации отдельных команд процессора.

4.5.1. Семейство ЕС ЭВМ

4.5.1.1. ЕС ЭВМ-1 («Ряд-1»)

Машины первой очереди ЕС ЭВМ совместимы с IBM/360, но не совпадают с моделями IBM/360 по основным рабочим характеристикам и по конкретной логической структуре. Все они защищены многочисленными авторскими свидетельствами и обладают патентной чистотой, в том числе и по ведущим западным странам. Подтверждением этому служил начавшийся экспорт машин ЕС ЭВМ не только в страны-члены СЭВ, но и в капиталистические.

В 1968 г. началась работа над первой машиной семейства ЕС – моделью ЕС-1020. Она была разработана Минским филиалом НИЦЭВТ (главный конструктор В. В. Пржиялковский). ЭВМ ЕС-1020 – это первая ЭВМ, обеспечившая полную информационную и программную совместимость с наиболее распространенными западными ЭВМ общего назначения. Быстродействие ЭВМ – 15 тыс. операций в секунду. Занимаемая основным комплектом площадь – 80–100 м^2. Всего было выпущено около 750 машин.

Модель ЕС-1030 была разработана Ереванским НИИММ (главный конструктор М. А. Семерджян). Число выпущенных машин – 436, производительность – 70 тыс. операций в секунду, объем оперативной памяти от 128 до 512 Кбайт. Занимаемая основным комплектом площадь – 110 м^2.

Модель ЕС-1040 создана в Карлмарксштадте (ныне Хемниц, ГДР) под руководством главного конструктора М. Гюнтера.

Модель ЕС-1050 была разработана научно-исследовательским центром электронно-вычислительной техники (НИЦЭВТ) (главный конструктор В. С. Антонов). Завод-изготовитель – завод ВЭМ (Пенза). Число выпущенных машин – 15. Производительность – 500 тыс. операций в секунду, объем оперативной памяти – 256–1024 Кбайт.

С 1972 года началась поставка с машинами ЕС-1020 операционной системы ДОС ЕС, обеспечивавшей одновременное вы-

полнение трех заданий и включавшей в себя трансляторы с языков Фортран-4, Кобол, ПЛ-1, РПГ и Ассемблер.

С 1973 г. поставлялась операционная система ОС ЕС, обеспечивавшая мультипрограммный режим с фиксированным (до пятнадцати), а вскоре и переменным числом задач. ОС ЕС содержала трансляторы с языков Фортран-4, Алгол-60, Кобол-65, ПЛ-1, РПГ, Ассемблер. Для отечественных ЭВМ это было очень богатое программное обеспечение, поставляемое производителем с машинами.

К концу 1973 г. по программе ЕС ЭВМ прошли испытания 6 моделей ЭВМ и 99 типов внешних накопителей, устройств ввода-вывода и телеобработки данных. Параллельно в это же время разработаны две версии ДОС и две версии ОС ЕС, общим объемом более 4 млн команд. Программа создания ЕС ЭВМ первой очереди была практически завершена.

Уже в начале производства машин ЕС ЭВМ выявились существенные проблемы, сопровождавшие отечественную вычислительную технику все дальнейшие годы:

1. Микроэлектронная база, на которой строилась ЕС ЭВМ, создавалась параллельно с машинами. Поскольку цикл разработки ЭВМ составлял минимум 3 года, то к моменту первой поставки машины потребителю она устаревала по своей элементной базе. До начала 1980-х гг. разработчики повышали степень интеграции отечественных микросхем. Так, ЭВМ ЕС-1020 использовала всего восемь типов микросхем серии 155, а к моменту начала ее производства появились еще два десятка типов, причем уже средней степени интеграции.

2. Химическая промышленность не смогла стабильно выпускать для микросхем пластмассу, обеспечивающую герметичность корпуса. В результате этого микросхемы имели крайне низкую надежность, особенно в условиях принудительной вентиляции шкафов ЭВМ.

Отрицательно сказалось также категорическое требование Министерства обороны, предъявленное ко всей технике ЕС ЭВМ, – выдерживать ударную нагрузку величиной 15g по трем осям. Выполнение этого требования привело к неоправданному утяжелению изделий и увеличению их стоимости.

Предпосылки модернизации машин первой очереди:

1) дополнительный ассортимент микросхем, появившийся к окончанию разработки машин ЕС ЭВМ-1;

2) выпуск новых более скоростных внешних накопителей.

Модернизированные машины получили соответственно номера ЕС-1022, ЕС-1033 и ЕС-1052. По архитектуре они относились к ЕС ЭВМ-1, модернизация коснулась только конкретных структур этих машин и их аппаратной реализации.

ЕС-1022 (рис. 104) разработал Минский завод им. Г. К. Орджоникидзе, ЕС-1033 (рис. 105) – Казанский завод ЭВМ, ЕС-1052 – коллективы специального конструкторского бюро (СКБ) Пензенского завода ВЭМ и НИЦЭВТ.

Рис. 104. ЭВМ ЕС-1022

Рис. 105. ЕС-1033

4.5.1.2. ЕС ЭВМ-2 («Ряд-2»)

Модернизация машин ЕС ЭВМ-1 велась в 1973–1974 гг. параллельно с работами по системе машин ЕС ЭВМ-2.

Задачи, поставленные перед специалистами при разработке второй очереди ЕС ЭВМ, были следующие:

– улучшение соотношения производительность–стоимость для машин каждого класса;

– дальнейшее развитие логической структуры процессоров при сохранении полной программной совместимости с системой IBM/370;

– увеличение емкости оперативной памяти у всех моделей и введение ее виртуальной организации;

– расширение состава команд, увеличение точности вычислений;

– разработка нового комплекса внешних устройств, значительное повышение эффективности средств контроля и диагностики;

– обеспечение возможности создания двухпроцессорных и многомашинных комплексов.

Программа разработки второй очереди ЕС ЭВМ предусматривала создание 7 моделей и около 150 типов периферийных устройств. 4 модели и 30 типов периферийных устройств разрабатывались в СССР.

В течение 1976–1978 гг. прошли государственные и совместные испытания моделей ЕС-1025 (ВНР), ЕС-1035 (СССР), ЕС-1045 (СССР), ЕС-1055 (ГДР) и ЕС-1060 (СССР). Задержались в разработке ЭВМ ЕС-1015 (ВНР) и ЕС-1065 (СССР).

Для машин ЕС ЭВМ-2 были разработаны две новые оригинальные операционные системы: ДОС-3.1 и ОС-6.1.

Операционная система ДОС-3.1, созданная специалистами Чехословакии и Венгрии, являясь совершенно оригинальной, обеспечивала виртуальную адресацию при сохранении совместимости по файлам с системами ДОС-2 и ОС ЕС.

Операционная система ОС-6.1 по сравнению с предыдущей версией имела следующие дополнения:

– режим виртуальной памяти;

– обеспечение работы со 100 МГб и дисплейным комплексом ЕС-7920;

– средства восстановления и диагностики;

– систему разделения времени, включающую диалоговую систему программирования;

– оптимизирующий транслятор с языка PL-1;

– монитор динамической отладки. Кроме того, пользователю поставлялся набор пакетов прикладных программ, работающих под управлением ОС-6.1.

Машины ЕС ЭВМ-2 серьезно подняли технологический уровень заводов. В Минске был построен крупнейший в Европе завод печатных плат, стоимостью 55 млн долл. Завод обеспечил печатными платами всю программу ЕС ЭВМ. Росли и оснаща-

лись заводы в гг. Минске, Бресте, Казани, Пензе, Волжском, Астрахани, Боярке, Каневе, Виннице, Каменец-Подольске.

Причины широкого распространения средств ЕС ЭВМ:

– ЕС ЭВМ предоставила пользователю технические и программные средства, на базе которых было возможно создание систем автоматизированного управления от самых малых до систем стратегического масштаба;

– ЕС ЭВМ с самого начала предоставила в распоряжение пользователя беспрецедентное по объему, возможностям и сервису математическое обеспечение: развитую систему программирования (шесть языков программирования) и операционные системы (ДОС и ОС), совместимые с широко распространенными системами мира (архитектуру IBM-370 использовали в тот период 85% пользователей ЭВМ общего назначения западного мира);

– в процессе создания ЕС ЭВМ в стране родилась система комплексного централизованного технического обслуживания средств ЕС ЭВМ, включающая обучение персонала, пусконаладочные работы, до- и послегарантийное обслуживание.

4.5.1.3. ЕС ЭВМ-3 («Ряд-3»)

В конце 1970-х гг. начались работы по формированию направлений развития третьей очереди ЕС ЭВМ – с 1980 по 1985 гг. Совет главных конструкторов (СГК) отметил, что к 1985 г. истечет 10-летний срок эксплуатации 5500 ЭВМ общего назначения, в том числе всех машин «Урал-11», «Урал-14», «Урал-16» (323 машины), «БЭСМ-4» и «БЭСМ-4м» (441 шт.), «М-220» и «М-222» (502 шт.). Прогнозировался вывод из эксплуатации 195 ЭВМ «БЭСМ-6» из выпущенных на тот период 355. Предполагалось прекращение эксплуатации 2889 ЭВМ «Минск-32».

Таким образом, машины ЕС ЭВМ должны были составить практически 100 % парка ЭВМ общего назначения. Стоимость этого парка прогнозировалась на уровне 13 млрд руб. Стоимость прикладного математического обеспечения, имеющегося у пользователей, должна была составить 8–10 млрд руб. Из всего этого делался вывод о необходимости обеспечения совместимости разрабатываемых машин ЕС ЭВМ-3 с машинами ЕС ЭВМ-2 и ЕС ЭВМ-1 на уровне пользовательских программ.

Изучался также вопрос о необходимости и возможности обеспечения совместимости с зарубежными машинами архитек-

туры IBM-370. По имевшимся зарубежным данным, эту архитектуру, находящуюся в постоянном развитии, использовали 85 % пользователей ЭВМ общего назначения, а стоимость прикладных программ для нее составляла 200 млрд долл. Было признано, что сохранение такой совместимости возможно и, несмотря на дополнительные усилия и затраты, – целесообразно.

Было принято вынужденное решение – разделить ЕС ЭВМ-3 на две очереди. Первую очередь отечественных ЭВМ – ЕС-1036, ЕС-1046 и ЕС-1066 – строить на самых новых элементах серии ИС-500, а вторую – ЕС-1037, ЕС-1047 и ЕС-1067 – реализовать на матричных микросхемах большой степени интеграции, которые должны были появиться к моменту начала их проектирования.

Первая очередь машин ЕС ЭВМ-3 появилась к середине 1984 г. Рынок машин меньшей производительности заполнялся машинами серии СМ ЭВМ. За создание суперЭВМ по-прежнему отвечали ИТМ и ВТ.

Машины ЕС ЭВМ-3 снабжались оригинальной операционной системой ОС-7, состоящей из системы виртуальных машин (СВМ) и базовой операционной системы (БОС). Первый вариант системы СВМ был разработан в НИИЭВМ в 1981 г. Система обеспечивала каждого пользователя вычислительными ресурсами в объеме виртуальной машины с оперативной виртуальной памятью объемом 16 Мб. При этом пользователи могли использовать разные операционные системы, работающие в качестве гостевых. Базовая операционная система очень экономично и эффективно обеспечивала совместимость с предыдущими операционными системами ЕС ЭВМ. ОС-7 имела успех на рынке вплоть до начала 1990-х гг.

ЕС ЭВМ достигла наивысшей точки своего развития при создании ЕС ЭВМ-3. Ежегодно выпускалось 800–1200 ЭВМ в самой различной комплектации. Около 20 % от выпуска поставлялось Министерству обороны, шел устойчивый экспорт в Индию, Вьетнам, Китай, Кубу, страны Ближнего Востока.

В апреле 1983 г. вышло постановление ЦК КПСС и СМ СССР, согласованное с Военно-промышленной комиссией Президиума СМ СССР, Президиумом АН СССР, Госпланом СССР, ГКНТ СССР, МРП СССР, МЭП СССР о награждении предприятий, организаций, ученых, инженеров и техников, рабочих и служащих, за «разработку и организацию серийного производства и внедрение

в народное хозяйство и оборону страны серии малых (ЕС-1020, ЕС-1022, ЕС-1035), средних (ЕС-1030, ЕС-1033, ЕС-1045) и высокопроизводительных (ЕС-1050, ЕС-1052, ЕС-1060) ЭВМ».

Заместителю министра радиопромышленности СССР Н. В. Горшкову, Генеральному конструктору ЕС ЭВМ В. В. Пржиялковскому, монтажнице Минского производственного объединения ВТ Е. Д. Писаревой присвоено звание Героя Социалистического Труда. Лауреатами Ленинской премии стали академик А. А. Дородницын, министр электронной промышленности СССР А. И. Шокин, главные конструкторы машин В. С. Антонов, А. Т. Кучукян, Г. Д. Смирнов, Ю. В. Карпилович. 36 человек стали лауреатами Государственной премии, около 2000 человек были награждены орденами и медалями СССР.

К сожалению, после этого началось постепенное сокращение внимания министерства к дальнейшему развитию ЕС ЭВМ и уменьшение и без того недостаточных ассигнований.

К моменту окончания работ по машинам ЕС ЭВМ-3 БИС матричного типа в СССР не появились. Таким образом, для реализации второй очереди ЕС ЭВМ-3 – машин ЕС-1037, ЕС-1047, ЕС-1067 – не было микроэлектронной базы, и эта программа осталась практически нереализованной. Отставание в развитии архитектуры ЕС ЭВМ от машин IBM стало нарастать.

4.5.1.4. ЕС ЭВМ-4 («Ряд-4»)

Исходя из сложившейся к середине 1980-х г. ситуации с производством больших и сверхбольших интегральных схем СГК ЕС ЭВМ предложил новую концепцию и программу работ по дальнейшему развитию ЕС ЭВМ. Предлагалось осуществить две большие программы – программу создания ЕС ЭВМ-4 («Ряд-4») и программу создания и развития производства персональных ЭВМ.

Программой ЕС ЭВМ-4 предусматривалась разработка трех базовых ЭВМ – ЕС–1130, ЕС-1170 и ЕС-1181, производительностью соответственно 2, 5–8 и 30 млн операций в секунду. Кроме того, учитывая требования пользователей, поступавшие при формировании программы, в нее включили создание терминальной ЭВМ ЕС-1107 со встроенными средствами для работы в сетях и суперЭВМ ЕС-1191 производительностью 1 млрд операций в секунду. Появление в программе ЕС ЭВМ суперЭВМ было реакцией на задержку в создании машин «Эльбрус-2» и «Эльбрус-3».

Предусматривалось также создание нескольких вычислительных комплексов на базе старших машин ЕС ЭВМ и специализированных процессоров.

В Пензе строился крупнейший в Европе завод по выпуску накопителей на магнитных дисках емкостью 317 и 635 Мб. На это было выделено более 120 млн инвалютных рублей.

Программу создания технических и программных средств ЕС ЭВМ-4 – последнюю серьезную программу развития вычислительной техники общего назначения в СССР – ждал распад.

С каждым годом сокращалось финансирование. В 1998 г. на разработку технических и программных средств ЕС ЭВМ было выделено всего 100 млн руб. Компания IBM в этом же году истратила на разработку своих технических и программных средств 4,5 млрд долл. Сложность и стоимость разработок росли год от года, особенно в области микроэлектроники, и страна уже не могла обеспечить этот рост ресурсами.

Во второй половине 1989 г. остановилось финансирование работ Ереванского НИИММ по ЭВМ ЕС-1170 и СКБ Казанского завода ЭВМ по машине ЕС-1107. С начала 1989 г. прекращено финансирование технических и программных средств телеобработки данных. Матричные БИС серии И-300 выпускались заводом «Микрон» только для процессоров «Эльбрус-3.1». По этой причине задерживалась разработка ЭВМ ЕС-1181.

Нормальными темпами шло проектирование только одной ЭВМ – ЕС-1130. Она проектировалась на 11 типах микросхем микропроцессорного набора К-1800, выпускаемого Вильнюсским объединением «Вента». Это были микросхемы средней степени интеграции, но в сложившихся условиях для ЭВМ ЕС-1130 они были вполне приемлемы. Разработка ЭВМ была успешно завершена в 1989 г. При пятикратном росте производительности по сравнению с ЕС-1036 она занимала вдвое меньшую площадь и потребляла в пять раз меньшую мощность из сети. В очередной раз демонстрировалось решающее влияние степени интеграции микроэлектронной базы на технико-экономические параметры ЭВМ. В сложных экономических условиях было продано 230 машин этого типа. С распадом СССР возникли перебои в поставках микросхем из Литвы и появились трудности со сбытом ЭВМ в России. В 1995 г. производство ЕС-1130 было остановлено.

В 1995 г. прекратилось производство ЭВМ общего назначения Единой системы, в 1997 г. – персональных ЭВМ. Еще

раньше был прерван выпуск ЭВМ Казанским заводом ЭВМ и Пензенским заводом ВЭМ, а следовательно, и выпуск всех периферийных устройств, накопителей, блоков и узлов для комплектации ЭВМ ЕС, производимых 14 заводами. Некогда мощная отрасль промышленности, годовой объем продукции которой составлял более 2 млрд руб., прекратила свое существование.

В табл. 2 приводятся итоговые цифры выпуска машин ЕС ЭВМ за время реализации этой программы. Для сравнения напомним, что ЭВМ «Урал-1» было выпущено всего 183, «Урал-2», «Урал-3», «Урал-4» – 191, «Урал-11», «Урал-14», «Урал-16» – 323. ЭВМ типа «М-220» и «М-222» выпущено 502 шт., «БЭСМ-3» и «БЭСМ-4» – 441, «БЭСМ-6» – 454. Самых массовых ЭВМ второго поколения: ЭВМ типа «Минск-2/22», «Минск-23», «Минск-32» – выпущено 3906 шт.

Таблица 2

Итоговые цифры выпуска машин ЕС ЭВМ

Тип ЭВМ	Годы выпуска				Всего за 1970–1997 гг.
	1970–1975	1976–1980	1980–1985	1986–1990	
ЕС-1020	595	160	–	–	755
ЕС-1030	310	126	–	–	436
ЕС-1050	20	67	–	–	87
ЕС-1022	100	3300	428	–	3828
ЕС-1033	–	1249	714	–	1963
ЕС-1052	–	35	39	–	74
ЕС-1035	–	105	1711	322	2138
ЕС-1045	–	30	1215	620	1865
ЕС-1060	–	103	212	–	315
ЕС-1061	–	–	186	380	566
ЕС-1065	–	–	2	3	5
ЕС-1036	–	–	94	1979	2073
ЕС-1046	–	–	12	271	800
ЕС-1066	–	–	14	408	422
ЕС-1068	–	–	–	16	18
ЕС-1130	–	–	–	37	230
ЕС-1181	–	–	–	–	1
ИТОГО	1025	5175	4627	4036	15576

4.5.2. Семейство малых ЭВМ – СМ ЭВМ

Разработчикам ЭВМ удалось доказать, что потребности страны в вычислительной технике невозможно покрыть машинами ЕС ЭВМ и что малые управляющие ЭВМ действительно необходимы. Эти машины можно было бы использовать для следующих случаев:

1) автоматизации производственного контроля изделий;

2) обработки данных при экспериментах;

3) приема и обработки данных с линий связи;

4) управления технологическими процессами;

5) управления станками и разнообразными цифровыми терминалами;

6) малых расчетных инженерных задач и т.д.

Для этих применений ЭВМ общего назначения слишком велики и дороги.

Развитие технологии интегральных схем позволило создать новые машины. Уменьшение объема аппаратуры и стоимости машин достигнуто за счет:

– короткого машинного слова (16 разрядов вместо 32–64 в машинах общего назначения);

– уменьшения (по сравнению с ЭВМ общего назначения) количества типов обрабатываемых данных;

– ограниченного набора команд;

– сравнительно небольшой емкости оперативной памяти;

– небольшого набора периферийных устройств.

Подобные машины за свои небольшие размеры получили название малых или мини-ЭВМ. Мини-ЭВМ имеют сравнительно высокое быстродействие – 400–800 тыс. операций в секунду.

В 1974 г. была принята международная программа по разработке еще одного семейства – семейства малых ЭВМ – СМ ЭВМ. СМ ЭВМ были предназначены для управления производством и технологическими процессами, а также автоматизации научных экспериментов. К разработке были привлечены страны, участвовавшие в создании ЕС ЭВМ, – Болгария, Венгрия, ГДР, Куба, Польша, Румыния и Чехословакия.

Основными характеристиками новых вычислительных машин должны были стать совместимость с программным обеспечением всех предыдущих моделей отечественных ЭВМ, возможность сопряжения с ЭС ЭВМ и унификация интерфейсов для подключения внешнего оборудования.

Первыми машинами серии стали «СМ-1», «СМ-2» и «СМ-1210». Это были 16-битные управляющие вычислительные комплексы (УВК), построенные по модульному принципу. Это позволяло компоновать системы в соответствии с конкретными требованиями к функциональности. В составе программного обеспечения было несколько видов операционных систем, в том числе многозадачных, и компиляторы языков Фортран-II и IV, Алгол-60, Бейсик. Было произведено около 17 тыс. этих машин. Наиболее широко они использовались в системах энергетического и военного назначения. Например, на космодроме Байконур было установлено более 100 таких комплексов.

Производительность этих машин – от 200 тыс. операций в секунду в «СМ-3» до 1 млн операций в секунду в «СМ-1420» (рис. 106). Объем оперативной памяти – от 64 Кбайт в «СМ-32» до 2 Мбайт в старших моделях.

Рис. 106. ЭВМ «СМ-1420»

Производство СМ ЭВМ продолжалось до начала 1990-х г. К этому времени общий парк машин составлял около 80 тыс.

Основная модель, эксплуатировавшаяся долгие годы, – «СМ-4». «СМ-4» – 16-разрядная ЭВМ производительностью до 800 тыс. операций в секунду. Выпускалась с 1979 г. в СССР, Болгарии, Венгрии.

Следующим стало семейство, совместимое по набору команд и по программному обеспечению с компьютерами PDP-11, но не являющееся их копией и построенное по уникальной архитектуре. Его представителями были 16-разрядные мини-ЭВМ «СМ-3» (1978), «СМ-4» (1979), «СМ-1300» (1979), «СМ-1410» (1980), «СМ-1600» (1982, двухпроцессорный), «СМ-1420» (1983) и «СМ-1425» (1989). Среди программ для новых компьютеров были UNIX-подобная операционная система ИНМОС, реляцион-

ная СУБД, пакеты для обработки графической информации. В 1981 г. за разработку и организацию серийного выпуска «СМ-3» и «СМ-4» группа ведущих специалистов была отмечена Государственной премией СССР в области науки и техники.

В 1987 г. было начато серийное производство 32-битных машин «СМ-1700», программно совместимых с предыдущими моделями и с американскими компьютерами VAX-11 фирмы DEC. Для этого компьютера существовали: операционная система МОС ВП, поддерживающая виртуальную память; пакеты прикладных программ, в том числе для машинной графики (2D и 3D); сетевые программы для локальных и региональных сетей ЭВМ. Всего было произведено 3000 таких машин.

4.5.3. Характерные черты ЭВМ третьего поколения

У ЭВМ третьего поколения выделяются следующие особенности:

1. Элементная база: интегральные схемы малой (10–100 компонентов на кристалле) и средней (100–1000 компонентов на кристалле) степени интеграции. Интегральные схемы вставляются в специальные гнезда на печатной плате.

2. Быстродействие: от сотен тысяч до миллионов операций в секунду.

3. Объем оперативной памяти – от 16 до 8192 Кб.

4. Габариты: внешнее оформление ЕС ЭВМ схоже с ЭВМ второго поколения. ЭВМ выполнена в виде однотипных стоек, чуть выше человеческого роста. Для размещения также требуется специально оборудованный машинный зал. А малые ЭВМ – это в основном две стойки приблизительно в полтора человеческих роста и дисплей. Они не нуждались, как ЕС ЭВМ, в специально оборудованном помещении.

5. Программное обеспечение: шесть базовых языков – Фортран-4, Алгол-60, Кобол-65, ПЛ-1, РПГ, Ассемблер. Вместе с машинами с 1973 г. поставлялись операционная система ОС ЕС, обеспечивавшая мультипрограммный режим с фиксированным (до 15) числом задач – MFT, а вскоре и переменным числом задач (MVT).

6. Возможность параллельной работы устройств и, как следствие, возможность работы нескольких пользователей в режиме разделения времени. Во многих вычислительных центрах

появились дисплейные залы, где каждый программист в определенное время мог подсоединиться к ЭВМ в режиме разделения времени. Как и прежде, основным оставался режим пакетной обработки задач.

7. Эксплуатация: более оперативно производится ремонт стандартных неисправностей, но из-за большой сложности системной организации требуется штат высококвалифицированных специалистов. Незаменимую роль играет системный программист.

8. Новые устройства внешней памяти: с увеличенной емкостью и скоростью передачи данных. Первые устройства внешней памяти на магнитных дисках появились в начале 1960-х гг., после того как в 1956 г. фирма IBM разработала плавающие магнитные головки на магнитной подушке. Емкость магнитных дисков стала на порядок больше, чем емкость магнитных барабанов, применявшихся ранее.

9. Устройства ввода: графические оптические читающие устройства.

10. Изменения в структуре ЭВМ: наряду с микропрограммным способом управления используются принципы модульности и магистральности. Принцип модульности проявляется в построении компьютера на основе набора модулей – конструктивно и функционально законченных электронных блоков в стандартном исполнении. Под магистральностью понимается способ связи между модулями компьютера, т.е. все входные и выходные устройства соединены одними и теми же проводами (шинами). Это прообраз современной системной шины.

11. Резкое снижение цен на аппаратное обеспечение: этого удалось добиться главным образом за счет использования интегральных схем.

Краткие итоги

Машины третьего поколения – это семейства машин с единой архитектурой, т.е. программно совместимых. В качестве элементной базы в них используются интегральные схемы – микросхемы.

Машины третьего поколения имеют развитые операционные системы. Они обладают возможностями мультипрограммирования, т.е. одновременного выполнения нескольких программ.

Многие задачи управления памятью, устройствами и ресурсами стала брать на себя операционная система или же непосредственно сама машина.

Примеры машин третьего поколения – семейства IBM-360, IBM-370, ЕС ЭВМ (Единая система ЭВМ), СМ ЭВМ (Семейство малых ЭВМ) и др.

Быстродействие машин внутри семейства изменяется от нескольких десятков тысяч до миллионов операций в секунду. Емкость оперативной памяти достигает нескольких сотен тысяч слов.

Контрольные вопросы

1. Что является элементной базой ЭВМ третьего поколения?

2. С появлением каких вычислительных машин началось третье поколение ЭВМ?

3. Какая ЭВМ управляла совместным советско-американским космическим полетом «Союз – Аполлон» в 1975 г.?

4. Какие семейства ЭВМ появились в третьем поколении?

5. В чем заключается принцип модульности при построении компьютера?

6. В чем заключается принцип магистральности при построении компьютера?

4.6. Четвертое поколение ЭВМ

Этот период оказался самым длительным – с конца 70-х гг. XX в. по настоящее время.

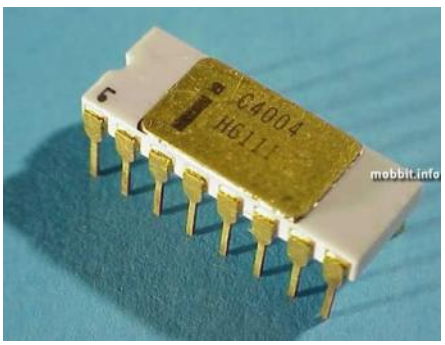


Рис. 107. Первый микропроцессор Intel-4004

Развитие микроэлектроники привело к созданию возможности размещать на одном кристалле тысячи интегральных схем. В 1971 г. компания Intel выпустила важное для развития вычислительной техники устройство – микропроцессор Intel-4004 (рис. 107).

На одном кристалле удалось сформировать минимальный по составу аппаратуры процессор, содержащий 2250 транзисторов. Первый универсальный микропроцессор Intel-8080, явившийся стан-

дартом микрокомпьютерной технологии и созданный в 1974 г., содержал уже 4500 элементов и послужил основой для создания первых персональных компьютеров.

В 1979 г. был выпущен универсальный 16-битный микропроцессор Motorolla-68000 с 70 тыс. элементов, а в 1981 г. – первый 32-битный микропроцессор Hewlett Packard с 450 тысячами элементами. Для сравнения: СБИС микропроцессора Pentium IV включает в себя 7,5 млн транзисторов.

Микропроцессор – это интегральная микросхема, на которой размещено обрабатывающее устройство с собственной системой команд. Использование микропроцессоров значительно упростило конструкцию вычислительных машин.

С появлением микропроцессора связано одно из важнейших событий в истории вычислительной техники – создание и применение персональных ЭВМ, что даже повлияло на терминологию. Постепенно термин «ЭВМ» был вытеснен словом «компьютер», а вычислительная техника стала называться компьютерной.

Компьютеры по своим характеристикам становятся такими разнообразными, что их начинают классифицировать по размерам и функциональным возможностям, по назначению, по совместимости и другим критериям. Любая классификация является в некоторой мере условной, поскольку развитие компьютерной науки и техники настолько бурное, что, например, сегодняшняя микроЭВМ не уступает по мощности мини-ЭВМ пятилетней давности и даже суперкомпьютерам недавнего прошлого.

Ниже приведена классификация компьютеров четвертого поколения, которую используют ведущие производители компьютеров:

– суперкомпьютеры;
– большие ЭВМ (мэйнфреймы);
– серверы;
– мини-ЭВМ;
– микроЭВМ, персональные компьютеры.

4.6.1. Суперкомпьютеры

К классу суперкомпьютеров относят компьютеры, которые имеют максимальную на время их выпуска производительность. Критерий мощности суперкомпьютера на настоящее время установили в США, наложив ограничения на экспорт за границу вычислительных средств, с помощью которых можно проводить численное моделирование ядерных реакций.

4.6.1.1. Первые суперкомпьютеры

Первые суперкомпьютеры появились уже среди компьютеров второго поколения. Они были предназначены для решения сложных задач, требовавших высокой скорости вычислений. Это LARC фирмы «UNIVAC», Stretch фирмы «IBM», «CDC-6600» (семейство CYBER), фирмы «Control Data Corporation» и серия ЭВМ «Эльбрус», разработанная в СССР.

Суперкомпьютер «ILLIAC-4» имел производительность 20 MFLOPS.

1 MFLOPS (Мфлоп/с) – это миллион операций с плавающей точкой в секунду; от англ. аббревиатуры MFLOP/S – million of floating point operations per second).

Рис. 108. Суперкомпьютер «Cray-1»

В приложении А приведены приставки, использующиеся для обозначения дольных единиц, применяемых в информатике.

Начиная с 1975 г. фирмой Cray Research стали выпускаться суперкомпьютеры «Cray». «Cray-1» (рис. 108) имел оперативную память емкостью 8 Мбайт и производительность 160 MFLOPS. Компьютеры фирмы Cray Research стали классикой в области векторно-конвейерных суперкомпьютеров.

Компьютер «Cray-1», работа над которым была закончена в 1976 г., относится к классу первых сверхвысокопроизводительных векторных компьютеров. Производительность «Cray-1» составляла 166 млн операций в секунду, память 8 Мб. Компьютер был собран на интегральных схемах, выполнял 128 инструкций.

Рис. 109. Суперкомпьютер «ILLIAC-4»

К этому же классу относятся машины «ILLIAC-4» (рис. 109), «STAR-100», «ASC».

Серия ЭВМ «Эльбрус»

«Эльбрус» – серия советских суперкомпьютеров, разработанных в 1970–1990-х гг. В 1977 г. завершилось создание многопроцессорного вычислительного комплекса (МВК) «Эльбрус-1», а в 1979-м начались работы над проектом МВК «Эльбрус-2».

«Эльбрусы» создавались для обслуживания комплексов противоракетной обороны. Основным требованием было создание вычислительного комплекса с быстродействием 100 млн операций в секунду. Было очевидно, что при существующем уровне элементной базы достичь такого быстродействия на одном процессоре абсолютно невозможно. И разработчики делают ставку на многопроцессорность.

Целый ряд западных фирм-разработчиков в своем стремлении реализовать многопроцессорность для высокой производительности терпели неудачу: увеличение числа процессоров провоцировало спад производительности. Поэтому делались машины на двух-трех процессорах и преимущественно для того, чтобы обеспечить работу вычислительной системы без сбоев. Создатели «Эльбрусов» впервые в мире показали, что восемь процессоров могут работать с потерей производительности в 3–4 %. Всего же и «Эльбрус-1» и «Эльбрус-2» могли включать до десяти центральных процессоров плюс несколько модулей ввода/вывода и более десятка спецпроцессоров передачи данных для сопряжения с линиями связи.

«Эльбрус-1» (рис. 110) имел быстродействие до 15 млн операций в секунду, а объем оперативной памяти до 64 Мб. Пропускная способность каналов ввода-вывода достигала 120 Мб/с. Элементная база – микросхемы средней степени интеграции.

Рис. 110. ЭВМ «Эльбрус-1»

Высочайшая производительность многопроцессорного комплекса достигалась за счет оригинальных решений. Ниже перечислены некоторые из этих решений:

– перестановка операций;

– динамическое назначение регистров;

– генерация более одной команды за такт;

– очень интересная возможность – защищенное программирование. Каждое слово в «Эльбрусе» имело дополнительный разряд – тег, описывающий тип данных. Механизм тегов гарантировал, что за правильностью операций будет следить сама машина. Такой динамический контроль во время счета позволял обнаруживать множество самых коварных ошибок в момент их возникновения, тем самым значительно ускоряя процесс отладки программ.

Большинство из этих свойств будут реализованы в западных компьютерах значительно позже.

Сильная архитектура позволила не только достичь предельной производительности, но и добиться высокого уровня надежности на не самой надежной элементной базе. Каждый компонент комплекса полностью контролировался аппаратурой, которая в случае любой одиночной ошибки выдавала сигнал неисправности. По этому сигналу операционная система через аппаратно реализованную систему реконфигурации исключала неисправный модуль из работы. Не позже чем через сотую долю секунды подключался резервный модуль, а неисправный переходил в ремонтную конфигурацию, восстанавливался и возвращался в рабочее состояние.

«Эльбрус-1» и «Эльбрус-2» были идентичны по архитектуре, но второе поколение строилось на более совершенной элементной базе – больших интегральных схемах.

Рис. 111. ЭВМ «Эльбрус-2»

Прошедший государственные испытания в 1985 г. «Эльбрус-2» (рис. 111) смог обеспечить быстродействие до 125 млн операций в секунду. Емкость оперативной памяти до 144 Мб или 16 Мегаслов (слово – 72 разряда). «Эльбрус-2» включал 8 процессоров.

Всего было выпущено порядка 30 машин «Эльбрус-2», некоторые из них использовались в противоракетной обороне (ПРО) Москвы.

Хотя «Эльбрусы» создавались для нужд советской системы ПРО, эти машины считались универсальными и могли применяться не только для оборонных нужд, но и в крупных вычислительных центрах, работающих на науку и промышленность. Однако основными пользователями столь высоких технологий оставались военно-промышленный комплекс и советские атомщики.

В 1990 г. в Советском Союзе была введена в эксплуатацию векторно-конвейерная суперЭВМ «Эльбрус 3.1» на базе модульных конвейерных процессоров (МКП). Производительность суперкомпьютера в однопроцессорном варианте составляла 400 MFLOPS.

4.6.1.2. Современные суперкомпьютеры

Архитектура суперкомпьютеров основана на идеях параллелизма и конвейеризации вычислений.

В этих машинах параллельно, т.е. одновременно, выполняется множество похожих операций (это называется мультипроцессорной обработкой). Таким образом, сверхвысокое быстродействие обеспечивается не для всех задач, а только для задач, поддающихся распараллеливанию.

Арифметико-логическое устройство суперкомпьютера устроено по принципу конвейера. Приведем сравнение – на каждом рабочем месте выполняется один шаг производственного процесса, а на всех рабочих местах в одно и то же время обрабатываются различные изделия на всевозможных стадиях.

Отличительной особенностью суперкомпьютеров являются векторные процессоры, оснащенные аппаратурой для параллельного выполнения операций с многомерными цифровыми объектами – векторами и матрицами. В них встроены векторные регистры и параллельный конвейерный механизм обработки. Если на обычном процессоре программист выполняет операции над каждым компонентом вектора по очереди, то на векторном – выдает сразу векторные команды.

Суперкомпьютерами, согласно определению Госдепартамента США, считаются компьютеры с производительностью свыше 10 000 млн теоретических операций в секунду (MTOPS). Кроме высокой производительности существуют и другие основные признаки, характеризующие суперкомпьютеры, среди которых:

– самый современный технологический уровень;

– специфические архитектурные решения, направленные на повышение быстродействия (например, наличие операций над векторами);

– цена, обычно свыше 1–2 млн долл.

Векторная аппаратура очень дорога, в частности потому, что требуется много сверхбыстродействующей памяти под векторные регистры.

Наиболее распространенные суперкомпьютеры – массово-параллельные компьютерные системы. Они имеют десятки тысяч процессоров, взаимодействующих через сложную, иерархически организованную систему памяти.

Рис. 112. Суперкомпьютер среднего класса Intel Pentium Pro 200

В качестве примера рассмотрим характеристики многоцелевого массово-параллельного суперкомпьютера среднего класса Intel Pentium Pro 200 (рис. 112).

Этот компьютер содержит 9200 процессоров Pentium Pro с частотой 200 МГц, в сумме (теоретически) обеспечивающих производительность 1,34 терафлопс (1 терафлоп равен 10^{12} операций с плавающей точкой в секунду). Объем оперативной памяти – 537 Гбайт и диски емкостью 2,25 терабайт. Система весит 44 т (кондиционеры для нее – 300 т) и потребляет мощность 850 кВт.

Элементная база – микросхемы сверхвысокой степени интеграции.

В 2005 г. фирма IBM представила суперкомпьютер «BlueGene/L» (рис. 113) с производительностью 280 триллионов операций в секунду. В состав «BlueGene/L» входят 131 072 процессора.

Рис. 113. Суперкомпьютер «BlueGene/L»

Следующая модель суперкомпьютеров семейства BlueGene – модель Blue Gene/P (рис. 114), максимальная мощность которой 3 квадриллиона

операций в секунду, или 3 петафлопс (PFLOPS) (приложение Д). Эта машина рассчитана на работу с постоянной нагрузкой при вычислительной мощности в 1 петафлопс. Это примерно в 100 тыс. раз больше, чем мощность среднего домашнего персонального компьютера.

В 2008 г. суперкомпьютер Blue Gene/P был приобретен для факультета вычислительной математики и кибернетики МГУ. Это первый суперкомпьютер серии Blue Gene, установленный в России. Он применяется для проведения фундаментальных исследований в области нанотехнологий, моделирования новых материалов, биомедицины, моделирования деятельности мозга и др.

Рис. 114. Суперкомпьютер Blue Gene/P

Московский государственный университет приобрел две аппаратные стойки системы Blue Gene/P, содержащих 8192 микропроцессора. Производительность данной конфигурации суперкомпьютера – 27,8 терафлопс.

Рис. 115. Суперкомпьютер Roadrunner

Суперкомпьютер IBM Roadrunner (рис. 115) вступил в строй в июне 2008-го. Он разработан в расчете на пиковую производительность в 1,026 петафлопа. Он был самым производительным суперкомпьютером в мире в 2009 г. Фирма «IBM» построила этот компьютер для Министерства энергетики США. Суперкомпьютер Roadrunner построен по гибридной схеме из 6480 двухъядерных процессоров AMD Opteron и 12 960 процессоров IBM Cell 8i в специальных стойках TriBlade.

IBM Roadrunner работает под управлением Red Hat Enterprise Linux. Он занимает приблизительно 1100 м² и весит 226 т. Энергопотребление – 3,9 МВт. Стоимость IBM Roadrunner составила 133 млн долл.

Министерство энергетики планирует использовать Roadrunner для расчета старения ядерных материалов и анализа безопасности и надежности ядерного арсенала США.

Суперкомпьютер Jaguar (рис. 116) имеет массово-параллельную архитектуру, т.е. состоит из множества автономных ячеек. Все ячейки делятся на два раздела: XT5 и XT4 моделей Cray XT5 и XT4 соответственно.

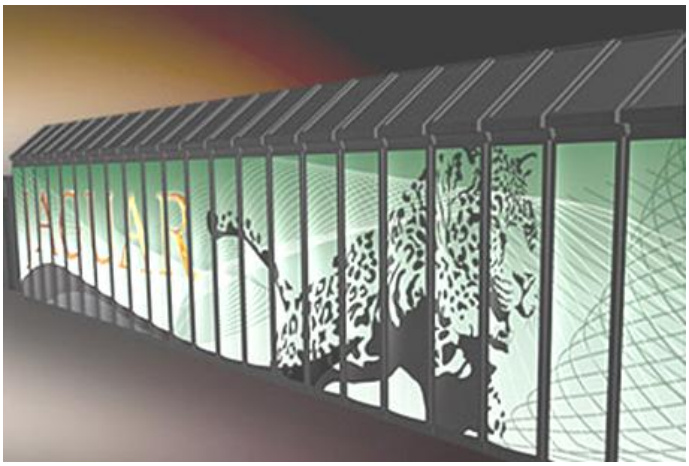


Рис. 116. Суперкомпьютер Cray XT5 (Jaguar)

Раздел XT5 содержит 18 688 вычислительных ячеек, а также вспомогательные ячейки для входа пользователей и обслуживания. Каждая вычислительная ячейка содержит два четырехъядерных процессора AMD Opteron 2356 (Barcelona) с внутренней частотой 2,3 ГГц, 16 ГБ. Всего раздел содержит 149 504 вычислительных ядра, более 300 ТБ памяти, более 6 ПБ дискового пространства и пиковую производительность 1,38 петафлопс.

Раздел XT4 содержит 7832 вычислительных ячейки плюс вспомогательные ячейки для входа пользователей и обслуживания. Ячейка содержит 4-ядерный процессор AMD Opteron 1354 (Budapest) с внутренней частотой 2,1 ГГц, 8 ГБ памяти DDR2-800 (в некоторых ячейках – DDR2-667). Всего раздел содержит 31 328 вычислительных ядер, более 62 ТБ памяти, более 600 ТБ дискового пространства и пиковую производительность 263 TFLOPS (приложение Б).

Управляющая сетевая операционная система для Jaguar – Cray Linux Environment. Она состоит из полноценных версий

Linux в управляющих ячейках и микроядер Compute Node Linux в вычислительных.

В рейтинге суперкомпьютеров TOP500, опубликованном в ноябре 2009 г., Cray XT5 (Jaguar) стал самой производительной в мире компьютерной системой.

29 октября 2009 г. в Китае был продемонстрирован суперкомпьютер «Тяньхэ-1» («Млечный путь-1») (рис. 117), разработанный экспертами Университета оборонной науки и техники НОАК. Пиковая производительность новой вычислительной машины достигла 1,2 квадриллиона операций в секунду.

Рис. 117. Суперкомпьютер «Тяньхэ-1»

После США Китай – вторая страна в мире, которая способна создавать суперкомпьютеры пиковой производительностью более одного квадриллиона. Для таких компьютеров все чаще применяется термин «гиперкомпьютер».

Суперкомпьютеры используются для решения сложных и больших задач в таких областях человеческой деятельности, как:

– автомобилестроение;
– нефте- и газодобыча;
– фармакология;
– прогноз погоды и моделирование изменения климата;
– сейсморазведка;
– проектирование электронных устройств;
– синтез новых материалов.

4.6.2. Большие ЭВМ (мэйнфреймы)

Исторически большие ЭВМ появились первыми. Их элементная база прошла путь от электронных ламп до интегральных схем со сверхвысокой степенью интеграции.

Большие ЭВМ за рубежом чаще всего называют мэйнфреймами (Mainframe). К мэйнфреймам относят, как правило, большие компьютеры с высоким быстродействием и большими вычислительными ресурсами, которые могут обрабатывать большое количество данных и выполнять обработку запросов одновременно нескольких тысяч пользователей.

Мэйнфреймы выполнены с избыточными техническими характеристиками, что делает их очень надежными. Физически мэйнфреймы имеют один корпус – системный блок размером со шкаф, к которому могут подключаться терминалы (терминал состоит из монитора и клавиатуры). Используются мэйнфреймы для хранения и обработки больших баз данных, а также крупных web-узлов с большим количеством одновременных обращений.

Историю мэйнфреймов принято отсчитывать с появления в 1964 г. универсальной компьютерной системы IBM System/360. Сам термин «мэйнфрейм» происходит от названия типовых процессорных стоек этой системы. В 1960-х – начале 1980-х гг. System/360 была безоговорочным лидером на рынке. Ее клоны выпускались во многих странах, в том числе – в СССР (серия ЕС ЭВМ).

Мэйнфреймы и до сегодняшнего дня остаются наиболее мощными (не считая суперкомпьютеров) вычислительными системами общего назначения, обеспечивающими непрерывный круглосуточный режим эксплуатации. Они могут включать один или несколько процессоров, каждый из которых, в свою очередь, может оснащаться векторными сопроцессорами (ускорителями операций с суперкомпьютерной производительностью). Мэйнфреймы все еще ассоциируются с большими по габаритам машинами, требующими специально оборудованных помещений с системами водяного охлаждения и кондиционирования. Однако это не совсем так. Прогресс в области элементно-конструкторской базы позволил существенно сократить габариты основных устройств.

Основными поставщиками мэйнфреймов являются известные компьютерные компании «IBM», «Amdahl», «ICL»,

«Siemens», «Nixdorf» и некоторые другие, но ведущая роль принадлежит компании «IBM». Именно архитектура системы IBM/360, выпущенной в 1964 г., и ее последующие поколения стали образцом для подражания. В нашей стране в течение многих лет выпускались машины ряда ЕС ЭВМ, являвшиеся отечественным аналогом этой системы.

Мэйнфреймы предназначены для решения широкого класса научно-технических задач и являются сложными и дорогими машинами. Их целесообразно применять в больших системах при наличии не менее 200–300 рабочих мест. Централизованная обработка данных на мэйнфрейме обходится примерно в 5–6 раз дешевле, чем распределенная обработка при клиент-серверном подходе.

Известный мэйнфрейм ***S/390*** фирмы «IBM» обычно оснащается не менее чем тремя процессорами. Максимальный объем оперативного хранения достигает 342 терабайт. Производительность его процессоров, пропускная способность каналов, объем оперативного хранения позволяют наращивать число рабочих мест в диапазоне от 20 до 200 000 с помощью простого добавления процессорных плат, модулей оперативной памяти и дисковых накопителей. Десятки мэйнфреймов могут работать совместно под управлением одной операционной системы над выполнением единой задачи.

В 2008 г. фирма «IBM» анонсировала новый мэйнфрейм System z10 (рис. 118). Новый компьютер z10 по своей производительности приблизительно эквивалентен 1 500 × 86-серверов, но при этом потребляет на 85 % меньше энергии и занимает на 85 % меньше площади.

Рис. 118. Мэйнфрейм System z10

Для достижения такой производительности z10 использует 64 специальных четырехядерных процессора. Каждый четырехядерный процессор основан на 991 миллионе транзисторов. При этом компьютер обладает достаточной расширяемостью для поддержания сотен миллионов пользователей.

Среднее время наработки на отказ. Время наработки на отказ современных мэйнфреймов оценивается в 12–15 лет. Надежность мэйнфреймов – это результат их 60-летнего совершенствования.

Повышенная устойчивость систем. Мэйнфреймы могут изолировать и исправлять большинство аппаратных и программных ошибок

Целостность данных. В мэйнфреймах используется память с коррекцией ошибок. Ошибки не приводят к разрушению данных в памяти или данных, ожидающих вывода на внешние устройства.

Рабочая нагрузка. Рабочая нагрузка мэйнфреймов может составлять 80–95 % от их пиковой производительности.

Доступ к данным. Поскольку данные хранятся на одном сервере, прикладные программы не нуждаются в сборе исходной информации из множества источников, не требуется дополнительное дисковое пространство для их временного хранения, не возникают сомнения в их актуальности. Требуется небольшое количество физических серверов и значительно более простое программное обеспечение. Все это в совокупности ведет к повышению скорости и эффективности обработки.

Защита. Встроенные в аппаратуру возможности защиты, такие как криптографические устройства и средства защиты операционных систем, обеспечивают совершенную защиту.

Пользовательский интерфейс. Пользовательский интерфейс у мэйнфреймов всегда оставался наиболее слабым местом. Сейчас же стало возможно для прикладных программ мэйнфреймов в кратчайшие сроки и при минимальных затратах обеспечить современный веб-интерфейс.

4.6.3. Серверы

Серверы (рис. 119) – это мощные компьютеры, которые служат центральными узлами в компьютерных сетях. Они обеспечивают обслуживание подключенных к нему компьютеров и выход в другие сети. На серверах устанавливается программное обеспечение, позволяющее управлять работой сети.

На серверах хранится информация, которой могут пользоваться все компьютеры, подключенные к сети. От сервера зависят работоспособность всей сети и сохранность баз данных и другой информации, поэтому серверы имеют несколько резервных дублирующих систем хранения данных, электропитания, возможность замены неисправных блоков без прерывания работы.

Рис. 119. Сервер

Серверы могут содержать от нескольких процессоров до нескольких десятков процессоров. По технологической совместимости серверы бывают IBM-совместимыми и Macintosh-совместимыми.

В зависимости от назначения определяют следующие типы серверов:

1. Сервер приложений – обрабатывает запросы от всех станций вычислительной сети и предоставляет им доступ к общим системным ресурсам (базам данных, библиотекам программ, принтерам, факсам и др.).

2. Файл-сервер – для работы с базами данных и использования файлов информации, хранящихся в ней.

3. Архивационный сервер – для резервного копирования информации в крупных многосервисных сетях. Он использует накопители на магнитной ленте (стриммеры) со сменными картриджами емкостью до 5 Гбайт. Обычно выполняет ежедневное автоматическое архивирование информации от подключенных серверов и рабочих станций.

4. Факс-сервер – для организации эффективной многоадресной факсимильной связи с несколькими факс-модемными плата-

ми и со специальной защитой информации от несанкционированного доступа в процессе передачи, с системой хранения электронных факсов.

5. Почтовый сервер – то же, что и факс-сервер, но для организации электронной почты, с электронными почтовыми ящиками.

6. Сервер печати – для эффективного использования системных принтеров.

7. Сервер телеконференций – компьютер, имеющий программу обслуживания пользователей телеконференциями и новостями, он также может иметь систему автоматической обработки видеоизображений.

4.6.4. Мини-ЭВМ

Мини-ЭВМ появились в начале 1970-х гг. Их традиционное использование – либо для управления технологическими процессами, либо в режиме разделения времени в качестве управляющей машины небольшой локальной сети. Мини-ЭВМ используются, в частности, для управления станками с ЧПУ, другим оборудованием. Среди них выделяются «супермини», имеющие характеристики, сравнимые с характеристиками больших машин (например, в 1980-х гг. таковыми считались семейство VAX-11 фирмы «DEC» и его отечественные аналоги – СМ 1700 и др.).

Как класс мини-ЭВМ предназначены для использования крупными предприятиями, к примеру, для управления производственными процессами. Для их использования создается небольшой отдел, в котором работают несколько программистов.

4.6.5. МикроЭВМ

МикроЭВМ обязаны своим появлением микропроцессорам. Среди них выделяют:

1) многопользовательские, оборудованные многими выносными терминалами и работающие в режиме разделения времени;

2) встроенные, которые могут управлять станком, какой-либо подсистемой автомобиля или другого устройства (в том числе и военного назначения), будучи его малой частью. Эти встроенные устройства (их часто называют контроллерами) выполняются в виде небольших плат, не имеющих рядом привычных для пользователя компьютера внешних устройств.

Именно из этого направления вышли персональные компьютеры.

4.6.6. Персональные компьютеры

Персональный компьютер – компьютер (вычислительная машина), предназначенный для личного использования, цена, размеры и возможности которого удовлетворяют потребностям большого количества людей.

История персональных компьютеров началась на рубеже 80–90-х гг. прошлого века. Вначале простые настольные компьютеры, в которых использовался микропроцессор, назывались микроЭВМ, а более серьезные машины – мини-ЭВМ. Термин «персональный компьютер» появился, когда в 1981 г. корпорация «IBM» разработала и начала выпускать настольный компьютер IBM PC. Это название переводилось очень просто – персональный компьютер корпорации «IBM». Правда, чаще всего говорили микроЭВМ IBM PC или настольный компьютер IBM PC. Словосочетание «Personal Computer» (персональный компьютер) было зарегистрировано корпорацией «IBM» как торговая марка. Сегодня, как правило, под термином «персональный компьютер» понимают настольный компьютер с процессором производства корпорации «INTEL» или «AMD». В компьютерах IBM PC использовался 16-разрядный процессор «INTEL» 8088/86, который производила корпорация «INTEL». Стоимость компьютера IBM PC была вполне доступной, купить его можно было даже обычному человеку для личного использования, а не только для профессиональной деятельности.

Некоторое время персональным компьютером называли любую машину, использующую процессоры «INTEL» и работающую под управлением операционных систем MS-DOS, OS/2 и первых версий Windows. С появлением других процессоров, поддерживающих работу перечисленных программ, таких как AMD, Cyrix (ныне VIA), название стало иметь более широкую трактовку.

Первые персональные компьютеры не имели монитора и жесткого диска. Операционная система компьютера загружалась в оперативную память с дискет.

Первым персональным компьютером (ПК) можно считать Altair-8800 (рис. 120), созданный на базе новейшего для того времени микропроцессора INTEL-8080 в 1974 г. Э. Робертсом, – сотрудником фирмы «MITS». Компьютер рассылался по почте, стоил всего 397 долл. и имел возможности для расширения пери-

ферийными устройствами. Компьютер имел 256 байт оперативной памяти.

Рис. 120. ПЭВМ Altair-8800

Впрочем, Altair-8800 можно было назвать персональным компьютером с большой натяжкой. Покупатели получали комплект, представляющий собой просто набор деталей и ящик для корпуса. Пользователям приходилось самостоятельно паять и тестировать собранные узлы, а если сборка завершалась успешно, они создавали программы для своего «Альтаира» на машинном языке, т.е. с помощью нулей и единиц. В компьютере не было ни клавиатуры, ни дисплея, ни долговременной памяти. Программы вводились переключением тумблеров на передней панели, а результаты считывались со светодиодных индикаторов.

Для Altair-8800 П. Аллен и Б. Гейтс создали транслятор с популярного языка Basic (впоследствии они основали знаменитую компанию Microsoft).

Через год после появления первого персонального компьютера Altair-8800 в производство персональных компьютеров включилось более 20 различных компаний и фирм; начала формироваться ПК-индустрия.

Их отличительной особенностью стали небольшие размеры и низкая стоимость. Благодаря своим характеристикам персональные компьютеры предоставили возможность практически любому человеку познакомиться с вычислительной техникой.

Компьютеры перестали быть прерогативой крупных компаний и государственных учреждений, а превратились в товар массового потребления.

Одним из пионеров в производстве персональных компьютеров была компания «Apple». Ее основатели С. Джобс и С. Возняк собрали первую модель персонального компьютера в 1976 г. и назвали ее «Apple I» (рис. 121).

В 1977 г. они представили свой компьютер членам компьютерного клуба в Калифорнии и на следующий день получили заказ на 50 подобных компьютеров. Стоимость первого персонального компьютера составляла 500 долл.

В том же 1977 г. компания «Apple» представила следующую модель персонального компьютера – «Apple II» (рис. 122). У новой модели был пластиковый корпус со встроенной клавиатурой. Компьютер был построен на минимально возможном количестве микросхем, расположенных на одной печатной плате, имел зашитое в ПЗУ программное обеспечение – операционную систему и Basic, 4 Кбайта оперативной памяти и систему цветной графики для работы с цветным монитором или обычным телевизором. Впервые компьютер приобрел черты бытового прибора. Продажи персональных компьютеров резко возросли.

Рис. 121. Персональный компьютер «Apple I»

Рис. 122. Персональный компьютер «Apple II»

Рис. 123. Персональный компьютер IBM PC 5150

В 1981 г. крупнейшая компьютерная компания IBM представила свой первый персональный компьютер – IBM PC 5150 (рис. 123). В то время большинство компьютеров были 8-разрядными.

Компьютер фирмы IBM был построен на базе 16-разрядного микропроцессора i8088 с тактовой частотой 4,77 МГц, имел 64 Кбайта оперативной памяти (с возможностью расширения до 640 Кб) и был оснащен дисководом для дискет размером 5,25 дюймов емкостью 160 Кбайт. Информация отображалась в текстовом режиме на 12-дюймовом монохромном мониторе.

Компьютер работал под управлением 16-разрядной операционной системы MS-DOS 1.0, разработанной фирмой Microsoft. Цена IBM PC составляла около 2900 долл. Продажа IBM PC началась в октябре 1981 г., и уже к концу года было продано более 35 тыс. компьютеров. В течение двух лет было продано более пяти миллионов этих компьютеров.

Вероятно, этот компьютер так и остался бы одним из множества, если бы не два интересных новшества – совместимость программного обеспечения снизу доверху и принцип открытой архитектуры, предусматривающий возможность дополнения имеющихся аппаратных средств без изъятия старых или их модификацию без замены всего компьютера.

Фирма «IBM» сделала компьютер не единым неразъемным устройством, а обеспечила возможность его сборки из независимо изготовленных частей. При этом методы сопряжения устройств с компьютером IBM PC не только не держались в секрете, но и были доступны всем желающим.

Открытая архитектура IBM PC позволила независимым производителям разрабатывать различные дополнительные устройства. Это еще больше увеличило популярность компьютера – через два года на рынке предлагались сотни разных устройств и комплектующих для IBM PC.

В то же время компания «Microsoft» начинает выпуск программного обеспечения для IBM PC. Появляются клоны IBM PC – IBM-совместимые персональные компьютеры, но все они отражают

стандарты, заложенные «IBM». Фактически IBM PC стал стандартом персонального компьютера. Появление клонов IBM PC способствовало росту промышленного производства персональных компьютеров.

В 1983 г. был выпущен компьютер IBM PC XT, имеющий встроенный жесткий диск на 10 Мбайт, с оперативной памятью до 640 Кбайт и операционную систему MS-DOS; в 1985 г. – компьютер IBM PC AT (Advanced Technology – Усовершенствованная Технология) на основе нового микропроцессора Intel-80286, работающий в 3–4 раза быстрее IBM PC XT.

Однако очень скоро другие фирмы перестали довольствоваться ролью производителей комплектующих и начали сами собирать компьютеры, совместимые с IBM PC. Они стали перенимать все разработки фирмы «IBM» (например, видеоадаптеры CGA, EGA и позднее VGA), а за счет того, что им не приходилось нести огромных издержек фирмы «IBM», они смогли продавать свои компьютеры значительно дешевле (иногда в 2–3 раза) аналогичных компьютеров фирмы «IBM».

На этом лидерство компании «IBM» закончилось, и первый «IBM-совместимый» компьютер на базе следующего процессора – Intel 80386 – был выпущен уже не «IBM».

В марте 1983 г. Compaq начала продажи Compaq Portable – первого портативного компьютера, а также первого клона компьютеров серии IBM PC.

В 1984 г. компания Apple выпустила компьютер «Макинтош» (рис. 124).

Рис. 124. Компьютер «Макинтош»

Компьютер «Макинтош» имел девятидюймовый экран, работал на частоте 8 МГц и был построен на 32-битном микропроцессоре Motorola 68000. С его появлением вводятся в обиход «мышь» и «иконки», облегчающие работу с компьютером. (До этого в 1964 г. Дуглас Энгельбарт получил патент на указующее устройство для компьютеров, названное «мышью»).

Операционная система «Макинтоша» включала в себя графический интерфейс пользователя, позволявший вводить коман-

ды, выбирая их с помощью указателя «мышь». Сами команды были представлены в виде небольших графических изображений – значков. Простота использования в сочетании с большим набором текстовых и графических программ сделала этот компьютер идеальным для небольших офисов, издательств и школ.

С появлением «Макинтоша» персональный компьютер стал еще более доступным. Для работы с ним больше не требовалось никаких специальных навыков, а тем более знания программирования.

Рис. 125. Amiga 1000

В 1984 г. компания «Amiga Corporation» устраивает демонстрацию первого в мире персонального мультимедийного компьютера Amiga 1000 (рис. 125). Демонстрация «Боинг» показывала, как трехмерный шар, разрисованный красными и белыми квадратами, летает в трехмерной же комнате и с грохотом ударяется о стены.

В 1985 г. фирма «Intel» выпустила первый 32-битный центральный процессор Intel 80386.

Таким образом, началась эра персональных компьютеров, доступных каждому.

После того как персональные компьютеры стали производить множество фирм, новым модификациям компьютеров перестали присваивать имена, такие как IBM PC, IBM PC XT и IBM PC AT. Вместо личных имен для маркировки персонального компьютера стал использоваться логотип компании-сборщика и название используемого процессора плюс его тактовая частота. Данная методика используется до сих пор, за исключением добавления в маркировку количества ядер в процессоре.

Достоинства персональных компьютеров

Персональные компьютеры имеют много достоинств:

1. Невысокая стоимость компьютеров и их сравнительная выгодность для многих деловых применений по сравнению с большими ЭВМ и суперЭВМ.

2. Простота использования, обеспеченная с помощью диалогового способа взаимодействия с компьютером, удобных и понятных интерфейсов программ (меню, подсказки, «помощь» и т.д.).

3. Возможность индивидуального взаимодействия с компьютером, без каких-либо посредников и ограничений.

4. Высокая надежность и простота ремонта.

5. Возможность расширения и адаптации к особенностям применения – один и тот же компьютер может быть оснащен различными периферийными устройствами и разным программным обеспечением.

6. Наличие программного обеспечения, охватывающего практически все сферы человеческой деятельности, а также мощных систем для разработки нового программного обеспечения.

7. Возможность объединения в сети, что позволяет миллионам пользователей обмениваться информацией и одновременно получать доступ к общим базам данных.

В течение следующих десятилетий продолжалось все большее увеличение скорости и интеграции микропроцессоров. Появились сверхбольшие интегральные схемы, включающие миллионы элементов на один кристалл. Это позволило продолжить уменьшение размеров и стоимости компьютеров и повысить их производительность и надежность.

Отечественные персональные компьютеры

В середине 1980-х г. выпускала персональные, которые по уровню возможностей делились на бытовые и профессиональные.

К классу бытовых относился компьютер «Электроника БК-0010» (БК – бытовой компьютер), выпускавшийся в Зеленограде с января 1985 г. (рис. 126). В качестве дисплея в нем использовался обычный телевизор, объем оперативной памяти – 64 Кбайта.

Рис. 126. «Электроника БК-0010»

К классу профессиональных относился компьютер «Электроника-85». Он был оснащен специальным дисплеем и имел 4 Мбайта оперативной памяти. К этому же классу относился и компьютер «Искра».

Для оснащения школьных кабинетов информатики в 1985–1987 гг. были специально разработаны компьютеры «Кор-

вет». «Корвет» строился на базе процессора, воспроизводящего функции процессора Intel 8086.

В 1990–91 гг. был выпущен портативный персональный компьютер ПК-300 (совместимый с IBM PC/XT). Он умещался в портфель, имел полноформатную клавиатуру, жидкокристаллический экран (640×200 точек), оперативную память на 640 килобайт, два дисковода для дискет емкостью 720 килобайт (89 мм). Компьютер имел возможность автономной работы в течение четырех часов.

Кроме перечисленных, в этот же период выпускались такие персональные компьютеры, как «МК-88» «ПОИСК», «Квант-4С». Это были 16-разрядные компьютеры с быстродействием 1 млн операций в секунду).

С 1999 г. в области персональных компьютеров начинает действовать международный сертификационный стандарт – спецификация PC99 (и ее дальнейшие вариации, например PC2001). Он регламентирует принципы классификации персональных компьютеров и оговаривает минимальные и рекомендуемые требования к каждой из категорий. Новый стандарт устанавливает следующие категории персональных компьютеров и ноутбуков:

– **Consumer** PC (**массовый** ПК). Согласно спецификации PC99 большинство персональных компьютеров, существующих в настоящее время на рынке, попадают в категорию массовых ПК;

– **Office** PC (**деловой** ПК). В нем минимизированы требования к средствам воспроизведения графики, а к средствам работы со звуковыми данными требования вообще не предъявляются;

– **Mobile** PC (**портативный** ПК). Здесь обязательным является наличие средств для создания соединений удаленного доступа, т.е. средств компьютерной связи;

– **Workstation** PC (**рабочая станция**). Повышены требования к устройствам хранения данных;

– **Server** (**Серверы**). Это многопользовательские мощные микроЭВМ в вычислительных сетях, выделенные для обработки запросов от всех станций сети;

– **Entertainmemt** PC (**развлекательный** ПК) повышены требования к средствам воспроизведения графики и звука.

Стационарные ПК

Первые компьютеры не предназначались для переноски. Они состояли из отдельных частей, в частности, системного блока, монитора, клавиатуры, соединенных проводами. Главной частью компьютера был системный блок, в котором находились практически все основные устройства. Известны два вида компоновки системного блока – desktop и tower. Системные блоки типа desktop (от англ. *desktop* – «рабочая поверхность письменного стола») обычно были широкими и на них можно было установить монитор (рис. 127). Системный блок типа tower («башня») (рис. 128) высокий и потому обычно располагается под столом. Из-за уменьшения размеров и массы комплектующих системные блоки типа tower тоже уменьшились, и их стали называть mini tower. В настоящее время почти все десктопы имеют компоновку mini tower.

Рис. 127. Системные блоки типа desktop

Рис. 128. Системный блок типа tower

Мобильные (носимые) ПК

3 апреля 1986 г. фирмой IBM был выпущен первый ноутбук IBM PC Convertible.

Ноутбуки – это компактные компьютеры, содержащие все необходимые компоненты (в том числе монитор) в одном небольшом корпусе, как правило, складывающемся в виде книжки (рис. 129). Для достижения малых размеров в них применяются специально разработанные специализированные микросхемы, оперативное запоминающее устройство и жесткие диски уменьшенных габаритов, компактная клавиатура.

Рис. 129. Ноутбук

Как правило, ноутбуки содержат развитые средства подключения к проводным и беспроводным сетям, встроенное мультимедийное оборудование (динамики, микрофон и веб-камеру). В последнее время вычислительная мощность ноутбуков не сильно уступает стационарным ПК, а иногда и превосходит их. Очень компактные модели не содержат CD/DVD-накопителя.

Посредством специальных доков ноутбуки могут превращаться в настольные ПК: вставляя ноутбук в такой док, пользователь подключает к вычислительным устройствам ноутбука внешний большой экран, полноразмерную клавиатуру, мышь, динамики и порты подключения.

Планшетные персональные компьютеры (рис. 130) аналогичны ноутбукам, но содержат чувствительный к нажатию экран и не содержат механической клавиатуры. Ввод текста и управление осуществляются через экранный интерфейс, часто доработанный специально для удобного управления пальцами. Некоторые модели могут распознавать рукописный текст, написанный на экране.

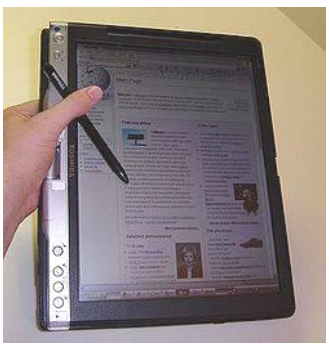


Рис. 130. Планшетный персональный компьютер Toshiba 3500

Чаще всего корпус не раскрывается, как у ноутбуков, а экран расположен на внешней стороне верхней поверхности. Бывают и комбинированные модели, у которых корпус может поворачиваться на оси и раскрываться, предоставляя доступ к расположенной внутри клавиатуре.

Рис. 131. КПК Acer N10

Карманные персональные компьютеры (КПК) – это сверхпортативные устройства, умещающиеся в кармане (рис. 131). Управление ими, как прави-

ло, происходит с помощью небольшого по размерам и разрешению экрана (как правило, 320×240), чувствительного к нажатию пальца или специального пера (стилуса). Клавиатура и мышь в КПК отсутствуют.

Некоторые модели содержат миниатюрную фиксированную или выдвигающуюся из корпуса клавиатуру.

Все более популярными становятся КПК, содержащие функции мобильного телефона (*коммуникаторы*). Встроенный коммуникационный модуль позволяет не только совершать звонки, но и подключаться к Интернету в любой точке, где есть сотовая связь совместимого формата (GSM/GPRS, CDMA).

Нестандартные конструкции ПК

Barebone – компьютеры, строящиеся пользователем для выполнения определенных задач (обычно в качестве мультимедийной станции). В продажу поступают в виде так называемых «скелетных» баз в составе корпуса, материнской платы и системы охлаждения.

Материнская плата, как правило, оснащена встроенными звуковым и видеоконтроллерами. Выбор конфигурации и комплектующих в виде дисковых накопителей, памяти и периферии, а также других устройств (ТВ-тюнера, дополнительной видеокарты и т.п.) – это дело пользователя. Как правило, barebone имеют меньшую высоту корпуса и, как следствие, уменьшенный внутренний объем, а также усовершенствованную систему охлаждения, отличающуюся низкими показателями производимого шума (рис. 132).

Рис. 132. Компьютер формата barebone

Защищенные ПК

Ряд компаний производит компьютеры, обладающие устойчивостью к агрессивным средам: сильной вибрации, ударам, большой запыленности, влажности, вандализму – условиям, в которых обычные персональные компьютеры быстро бы вышли из строя. Как правило, устойчивые персональные компьютеры вы-

пускаются в формате ноутбуков, более тяжелых и больших по размерам, чем обычные. Их стоимость также значительно выше.

Промышленные ПК

Предназначены для решения задач промышленной автоматизации. Отличаются стойкостью к различным внешним воздействиям, увеличенным жизненным циклом изделия, возможностью подключения к промышленным сетям (PROFInet, PROFIBUS).

Тихий персональный компьютер

Для использования в жилых комнатах используются конструкции компьютеров, производящие минимум шума или работающие совершенно бесшумно (рис. 133). Такие модели можно оставлять включенными постоянно, что дает ряд преимуществ: отсутствует период загрузки, компьютер всегда готов к работе и может постоянно отслеживать новую почту или мгновенные сообщения для пользователя.

Рис. 133. Бесшумный компьютер Zonbu

Чтобы сделать персональный компьютер тихим, используется несколько технологий:

– жидкостное охлаждение;

– установка бесшумного (noiseless) блока питания;

– процессоры, не требующие активного охлаждения;

– малошумные жесткие диски, а также установка их на шумопоглощающие крепления;

– замена жестких дисков на флеш-память или удаленные дисковые массивы;

– малошумные вентиляторы с лопастями специальной формы.

Компактные ПК

Некоторые компании предлагают ПК значительно меньше по размерам, чем стандартные.

Долгое время вершиной миниатюризации считался компьютер Apple Mac mini (рис. 134). Это очень компактный компьютер – по размерам как небольшая толстая книга. Тем не менее он обладает адекватной вычислительной мощностью (процессор Intel Core Duo) и работает совершенно бесшумно. В последнее время появились модели, соперничающие по размерам с Mac mini.

Рис. 134. Mac mini

Самый быстрый персональный компьютер

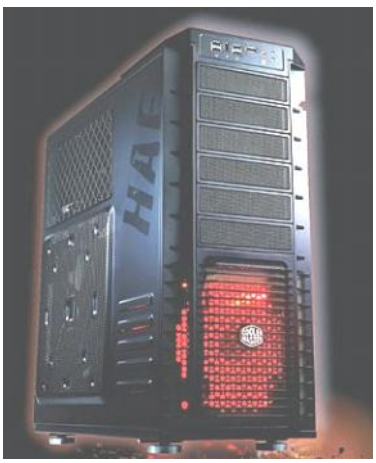


Рис. 135. Персональный компьютер Fi7EPOWER MLK1610

В ноябре 2009 г. британская компания «Yoyotech» представила настольный компьютер Fi7EPOWER MLK1610 (рис. 135), созданный с единственной целью: показать лучшую в мире производительность. Система Fi7EPOWER MLK1610 построена на базе процессора Intel i7-965 Extreme Edition с частотой 3,73 ГГц.

В тесте пиковой производительности целочисленных вычислений компьютер набрал 130 баллов, что автоматически сделало его самым быстрым компьютером современности. Прежде «чемпионом» был персональный компьютер Sun Ultra-SPARC, в свое время набравший в том же тесте 85,5 балла.

Такой компьютер будет идеален для дизайнеров и профессиональных студий, нуждающихся в быстрой обработке большого количества графики и видео в сверхвысоком разрешении.

В табл. 3 приведены основные характеристики ПК.

Таблица 3

Характеристики персональных компьютеров

Характеристика	Первый персональный компьютер	Персональный компьютер IBM	Первый отечественный персональный компьютер	Современный персональный компьютер
Год выпуска	1976	1983	1985	2009
Производитель	Фирма Apple	Корпорация IBM	СССР	Yoyotech
Тип компьютера	Apple 2	IBM PC/XT	Агат	Fi7EPOWER MLK1610
Процессор, частота	Motorola 6502, 1 МГц	Intel 8086 140 МГц	1 МГц	Intel i7-965 Extreme Edition, 3,73 ГГц
Разрядность процессора	8 бит	16 бит	8 бит	64 бита
Оперативная память	48 Кбайт	640 Кбайт	48 Кбайт	2 Гбайта
Долговременная память	НГМД – 1400 Кбайт	НЖМД – 10 Мбайт, НГМД, 360 Кбайт	НГМД– 840 Кбайт	НЖМД, 500 Гбайт, DVD-ROM

4.6.7. Характерные черты ЭВМ четвертого поколения

У ЭВМ четвертого поколения выделяются следующие характерные особенности:

1. **Элементная база**: большие и сверхбольшие интегральные схемы (от десятков до сотен тысяч компонентов на кристалле).

2. **Быстродействие**: от десятков до сотен миллионов операций в секунду.

3. **Габариты**: либо персональный компьютер – на одном рабочем столе либо мэйнфреймы и суперкомпьютеры с огромными машинными залами.

4. **Программное обеспечение**: появились объективно ориентированные языки программирования.

5. **Эксплуатация – совместимость ПО снизу доверху – принцип открытой архитектуры**, предусматривающий возмож-

ность дополнения имеющихся аппаратных средств без смены старых или их модификация без замены всего компьютера.

Краткие итоги

Четвертое поколение – это поколение компьютерной техники, разработанное после 1970 г.

Наиболее важный в концептуальном отношении критерий, по которому эти компьютеры можно отделить от машин третьего поколения, состоит в том, что машины четвертого поколения проектировались в расчете на эффективное использование современных высокоуровневых языков и упрощение процесса программирования для конечного пользователя.

В аппаратном отношении для них характерны широкое использование сверхбольших интегральных схем в качестве элементной базы, а также наличие быстродействующих запоминающих устройств с произвольной выборкой емкостью в десятки гигабайт.

С точки зрения структуры машины этого поколения представляют собой многопроцессорные и многомашинные комплексы, работающие на общую память и общее поле внешних устройств. Быстродействие составляет десятки миллионов операций в секунду, емкость оперативной памяти порядка до нескольких гигабайт.

В табл. 4 приведены основные характеристики и примеры ЭВМ разных поколений.

Таблица 4

Поколения ЭВМ

Показатель	Поколения ЭВМ				
	Первое (1946–1955)	Второе (1955–1964)	Третье (1965–1973)	Четвертое	
				А (1974–1979)	Б (1985 – по настоящее время)
1	2	3	4	5	6
Элементная база процессора	Электронные лампы	Транзисторы	Интегральные схемы (ИС)	Большие ИС (БИС)	Сверхбольшие ИС (СБИС)
Элементная база ОЗУ	Электронно-лучевые трубки, линии задержки	Ферритовые сердечники	Ферритовые сердечники	БИС	СБИС
Максимальная емкость ОЗУ	64 Кб	512 Кб	16 МГб	более 16 МГб	10^7
Максимальное быстродействие процессора (оп/с)	10^4	10^6	10^7	10^8	10^9 +Многопро-цессорность
Языки програм-мирования	Машинный код	+ Ассемблер	+ Процедурные языки высокого уровня (ЯВУ)	+ Новые процедурные ЯВУ	+Непроцедурные ЯВУ
Программное обеспечение		Алгоритмические языки, диспетчерские системы, пакетный режим	Операционные системы, режим разделения времени	Базы и банки данных	Экспертные системы

Окончание табл. 4

1	2	3	4	5	6
УВВ	Пульт управления и перфокарты	Перфокарты и перфоленты АЦПУ, магнитный барабан	Алфавитно-цифровой терминал Видео-терминальные системы	Монохромный графический дисплей, клавиатура	Цветной + графический дисплей, клавиатура, «мышь» и др
Примеры ЭВМ	ENIAC, UNIVAC, MANIAC, WhirlWind-1, IBM 701 (США) Gamma-40 (Франция) LEO, DEDUCE (Англия) МЭСМ, БЭСМ, Минск-1, Урал-2, М-20 (СССР)	IBM 7090, LARC, Stretch (США) ATLAS (Англия) Раздан, Наири, Минск, МИР, Урал, Днепр, М-400, БЭСМ-6, «Минск-22», Минск-32 (СССР)	PDP-8,PDP-11, IBM 360 (США) ЕС ЭВМ, СМ ЭВМ (СССР)	ILLIAS 4, Cray, Burroghs (США) ЕС 1191, ЕС 1766, Эльбрус (СССР)	Intel Pentium Pro200, BlueGene/L, IBM Roadrunner, System z10, Fi7EPOWER MLK1610

Контрольные вопросы

1. Приведите общепринятую классификацию компьютеров четвертого поколения.

2. Какие компьютеры относятся к классу суперкомпьютеров?

3. Какие суперкомпьютеры были выпущены в нашей стране?

4. На каких принципах основана архитектура суперкомпьютеров?

5. К какому классу относится компьютер System z10 фирмы IBM?

6. Какие компьютеры относятся к классу серверов?

7. Какой компьютер стал первым персональным компьютером?

8. Какие существуют конструкции персональных компьютеров?

4.7. Компьютеры будущего

4.7.1. Компьютеры пятого поколения

Прогресс в развитии вычислительной техники с первого по четвертое поколение был связан с развитием элементной базы. Переход к компьютерам пятого поколения предполагает переход к новым технологиям и архитектурам, ориентированным на создание искусственного интеллекта. Определить требования к компьютерам пятого поколения чрезвычайно трудно, потому что они все еще находятся в стадии разработки.

В 1982 г. в Японии был учрежден комитет по разработке компьютеров новых поколений (ICOT), который разработал план создания компьютера пятого поколения. Комитет определил следующие основные требования к компьютерам пятого поколения:

1) создание развитого человеко-машинного интерфейса (распознавание речи, образов);

2) развитие логического программирования для создания баз знаний и систем искусственного интеллекта;

3) создание новых технологий в производстве сверхбольших интегральных схем;

4) создание архитектур компьютеров и вычислительных комплексов с новыми возможностями:

– возможностью взаимодействия с ЭВМ с помощью естественного языка, человеческой речи и графических изображений;

– способностью системы обучаться, производить ассоциативную обработку информации, делать логические суждения, вести «разумную» беседу с человеком в форме вопросов и ответов;

– способностью системы «понимать» содержимое базы данных, которая при этом превращается в базу знаний, и использовать эти знания при решении задач.

Эти возможности ЭВМ пятого поколения (машины баз знаний, универсальные решатели задач и т.д.) должны были быть реализованы аппаратно-программно.

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

Предполагалось, что в ЭВМ пятого поколения быстродействие машин и емкость основной памяти составят: для персональных компьютеров – 2 млн операций в секунду и 0,5–5 Мбайт, а для сверхпроизводительных ЭВМ – от 1 до 100 млрд операций в секунду и до 160 Мбайт.

Однако планы создания специализированных «интеллектуальных» компьютеров, а тем более – попытки произвести с их помощью очередную компьютерную революцию пока оказались невыполнимыми. Во всяком случае «японский проект» ощутимых результатов так и не принес.

Идет дальнейшее совершенствование технологии производства микросхем и вычислительной техники, но так ожидаемый переход к принципиально новым технологиям компьютеров пятого поколения не произошел. Однако технология производства микропроцессоров уже приближается к фундаментальным ограничениям. Закон Гордона Мура гласит, что плотность транзисторов в микросхеме удваивается каждые полтора года. Последние двадцать лет этот закон выполнялся. Однако, следуя этому зако-

ну, к 2015–2020 гг. размеры транзистора должны уменьшиться до четырех-пяти атомов. Рассматриваются многие альтернативы.

Продолжается дальнейшее развитие архитектур компьютеров. Интенсивные разработки ведутся по многим направлениям. Особенностью этих архитектур является то, что все они основаны не на кремниевых технологиях.

К технологиям, способным экспоненциально увеличивать производительность компьютеров, следует отнести:

– создание молекулярных компьютеров;
– создание биокомпьютеров (нейрокомпьютеров);
– разработку квантовых компьютеров;
– разработку оптических компьютеров.

Кратко рассмотрим основные принципы их построения.

4.7.2. Молекулярные компьютеры

Молекулярные компьютеры – вычислительные системы, использующие вычислительные возможности молекул (преимущественно органических). В молекулярных компьютерах используется идея вычислительных возможностей расположения атомов в пространстве.

Во многих странах проводятся опыты по синтезу молекул на основе их стереохимического генетического кода, способных менять ориентацию и реагировать на воздействия током, светом и т.п. Ученые фирмы Hewlett-Packard и Калифорнийского университета (UCLA) доказали принципиальную возможность создания молекулярной памяти ЭВМ на основе молекул роксана. Продолжаются работы по созданию логических схем, узлов и блоков. По оценкам ученых, подобный компьютер будет в сотни миллиардов раз экономичнее современных микропроцессоров.

4.7.3. ДНК-компьютер

ДНК-компьютер – вычислительная система, использующая вычислительные возможности молекул ДНК (рис. 136). Функционирование ДНК-компьютера сходно с функционированием теоретического устройства, известного в информатике как машина Тьюринга. Особое место принадлежит ДНК-процессорам.

ДНК-процессоры на уровне отдельных молекул работают очень медленно, но зато с их помощью можно организовывать параллельные вычисления, что дает перспективы по наращиванию производительности. Кроме того, потребляемая мощность таких процессоров очень мала, поэтому очевидны преимущества над полупроводниковыми технологиями.

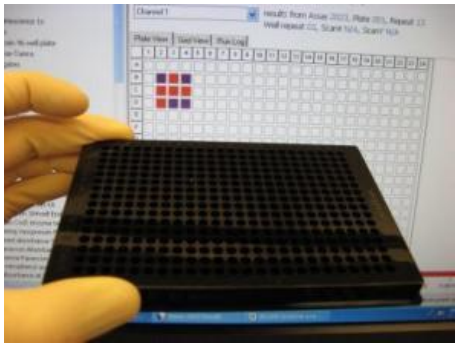


Рис. 136. ДНК-процессор

В 1994 г. Леонард Адлеман, профессор университета Южной Калифорнии (один из изобретателей криптосистемы RSA), продемонстрировал, что с помощью пробирки с ДНК можно весьма эффектно решать классическую комбинаторную «задачу о коммивояжере» (кратчайший маршрут обхода вершин графа). Классические компьютерные архитектуры требуют множества вычислений с опробованием каждого варианта. Метод ДНК позволяет сразу сгенерировать все возможные варианты решений с помощью известных биохимических реакций. Затем возможно быстро отфильтровать именно ту молекулу-нить, в которой закодирован нужный ответ.

Компьютер Л. Адлемана отыскивал оптимальный маршрут обхода для семи вершин графа. Но чем больше вершин графа, тем больше требуется компьютеру ДНК-материала. Было подсчитано, что для решения задачи обхода не 7 пунктов, а около 200, масса количества ДНК, необходимого для представления всех возможных решений, превысит массу нашей планеты.

Рис. 137. ДНК-вентили компьютера MAYA II в пробирках

Ученые Колумбийского университета и университета Нью-Мексико сообщили о создании ДНК-компьютера, способного проводить самую точную и быструю диагностику таких вирусов, как вирус западного Нила, куриного гриппа и т.д. Они представили первую интегральную ДНК-схему со средней степенью интеграции, которая на данный момент является самым быстрым устройством такого типа (рис. 137).

Изобретению дали название MAYA-II (Molecular Array of YES and AND logic gates), MAYA-II может играть в сложные крестики-нолики. Над ходом он может думать до тридцати минут, но зато никогда не проигрывает. MAYA-I, созданный ранее, умеет играть только в простые крестики-нолики.

В 2003 г. сотрудники лаборатории биомолекулярных компьютеров Вейцмановского научного института (Израиль) во главе с профессором Э. Шапиро объявили о создании новой модели биомолекулярной машины, которая не требует наружного источника энергии и работает в 50 раз быстрее, чем ее предшественники. Более ранние системы зависели от молекул АТФ, которые являются главным источником энергии клеточных реакций. В последней модели молекула ДНК обеспечивает и обработку данных, и достаточное количество энергии для выполнения операций. Новый ДНК-компьютер, способный производить 330 трлн вычислительных операций в секунду, был внесен в Книгу рекордов Гиннеса как «самое маленькое биологическое вычислительное устройство, когда-либо построенное человеком».

4.7.4. Биокомпьютеры или нейрокомпьютеры

Нейрокомпьютеры – это компьютеры, которые состоят из большого числа параллельно работающих простых вычислительных элементов (нейронов). Элементы связаны между собой, образуя нейронную сеть. Они выполняют единообразные вычислительные действия и не требуют внешнего управления. Большое число параллельно работающих вычислительных элементов обеспечивают высокое быстродействие.

Архитектура нейрокомпьютеров иная, чем у обычных вычислительных машин. Микросхемы близки по строению нейронным сетям человеческого мозга. Именно отсюда и пошло название.

Идея создания подобных компьютеров базируется на основе теории перцептрона – искусственной нейронной сети, способной обучаться. Первые перцептроны были способны распознавать некоторые буквы латинского алфавита. Впоследствии модель перцептрона была значительно усовершенствована.

Автором этих идей был американский нейрофизиолог Ф. Розенблат. В 1958 г. он предложил свою модель нейронной сети. Он указал, что структуры, обладающие свойствами мозга и нервной системы, позволяют получить целый ряд преимуществ, а именно:

– более высокую надежность;

– параллельность обработки информационных потоков;

– способность к обучению и настройке;

– способность к автоматической классификации;

– ассоциативность.

Отсюда и особенности нейрокомпьютера. Он способен к обучению, а значит, ему под силу справиться с задачами, которые обычному компьютеру не под силу. Его главная особенность – способность решать задачи без четкого алгоритма или с огромными потоками информации. Поэтому уже сегодня нейрокомпьютеры применяются на финансовых биржах, где помогают предсказывать колебания курса валют и акций. Нейрокомпьютеры, распознавая образы, корректируют полет ракет по заданному маршруту.

Типичными представителями таких систем являются компьютеры семейства Mark фирмы «TRW» (первая реализация перцептрона, разработанная Ф. Розенблатом, называлась «Mark-I»). Первый нейрокомпьютер – «Mark-I» – был продемонстрирован 23 июня 1960 г. Он был способен распознавать некоторые буквы английского алфавита.

Фрэнк Розенблатт
и «Mark-1» (слева)

Модель «Mark III» фирмы «TRW» представляла собой рабочую станцию, содержащую до 15 процессоров семейства Motorola 68 000 с математическими сопроцессорами. Система поддерживала до 65 тыс. виртуальных процессорных элементов с более чем 1 млн настраиваемых соединений, позволяла обрабатывать до 450 тыс. межсоединений[1] в секунду.

«Mark IV» – это однопроцессорный суперкомпьютер с конвейерной архитектурой. Он поддерживает до 236 тыс. виртуальных процессорных элементов, что позволяет обрабатывать до 5 млн межсоединений в секунду.

[1] Межсоединение – схема подключения, основанная на непосредственном подключении одного кабеля к другому без соединительного шнура или перемычки.

Компьютеры семейства Mark имеют общую программную оболочку ANSE (Artificial Neural System Environment), обеспечивающую программную совместимость моделей.

Другой интересной моделью является нейрокомпьютер NETSIM, созданный фирмой Texas Instruments на базе разработок Кембриджского университета. Его производительность достигает 450 млн межсоединений в секунду.

Компьютеры, состоящие из нейроподобных элементов, могут искать нужные решения посредством самопрограммирования, на основе соответствия множеств входных и выходных данных. В настоящее время уже созданы и используются программные нейропакеты, которые доказывают возможность построения подобных машин на СБИС.

Нейронные сети могут быть реализованы двумя путями: первый – это программная модель нейронной сети, второй – аппаратная.

Основными коммерческими аппаратными изделиями на основе нейросети являются и, вероятно, в ближайшее время будут оставаться нейроБИС.

Среди разрабатываемых в настоящее время нейроБИС выделяются модели фирмы Adaptive Solutions (США) и Hitachi (Япония). НейроБИС фирмы Adaptive Solutions, вероятно, станет одной из самых быстродействующих: объявленная скорость обработки составляет 1,2 млрд соединений в секунду и содержит 64 нейрона. НейроБИС фирмы Hitachi позволяет реализовать схему, содержащую до 576 нейронов. Эти нейроБИС, несомненно, станут основой новых нейрокомпьютеров и специализированных многопроцессорных изделий.

Большинство сегодняшних нейрокомпьютеров представляют собой просто персональный компьютер или рабочую станцию, в состав которых входит дополнительная нейроплата. К их числу относятся, например, компьютеры серии FMR фирмы Fujitsu. Возможностей таких систем вполне достаточно для разработки новых алгоритмов и решения большого числа прикладных задач методами нейроматематики.

Однако наибольший интерес представляют специализированные нейрокомпьютеры, непосредственно реализующие принципы нейронной сети.

4.7.5. Квантовые компьютеры

Квантовый компьютер – вычислительное устройство, которое путем выполнения квантовых алгоритмов использует при работе квантово-механические эффекты.

Основоположником теории квантовых вычислений считается нобелевский лауреат, один из создателей квантовой электродинамики Ричард Фейнман из Калифорнийского технологического института. В 1958 г., моделируя на компьютере квантовые процессы, он понял, что для решения квантовых задач объем памяти классического компьютера совершенно недостаточен.

Р. Фейнман высказал мысль о том, что квантовые задачи должен решать квантовый компьютер: природе задачи должен соответствовать способ ее решения. И предложил один из вариантов квантового компьютера. В 1995 г. американский математик Шор переложил для квантового компьютера алгоритм вычисления простых множителей больших чисел, используемый в популярных системах шифрования RSA. Шор показал, что если классический компьютер для нахождения множителей числа из 1000 двоичных знаков должен сделать 2^{1000} операций, то квантовому компьютеру для этого понадобится всего 1000^3 операций.

В основе квантовых вычислений лежит атом – мельчайшая единица вещества. Квантовые вычисления принципиально отличаются от традиционных, так как на атомном уровне в силу вступают законы квантовой физики. Один из них – закон суперпозиции: квант может находиться в двух состояниях одновременно. Обычно бит может иметь значение либо единицу, либо нуль, а квантовый бит (qubit) может быть единицей и нулем одновременно.

Атом – «удобное» хранилище информационных битов: его электроны могут занимать лишь ограниченное число дискретных энергетических уровней. Так, атом высокого энергетического уровня мог бы служить логической единицей, а низкого – логическим нулем. Очевидным недостатком здесь является нестабильность атома, поскольку он легко меняет энергетический уровень в зависимости от внешних условий.

Переход электрона с нижнего энергетического уровня на более высокий связан с поглощением кванта электромагнитной энергии – фотона. При излучении фотона осуществляется обратный переход.

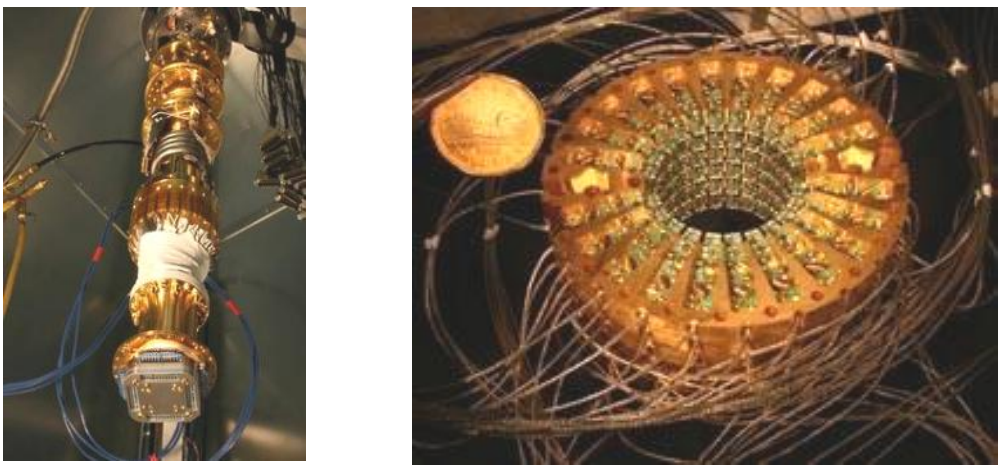
Всеми подобными переходами можно управлять, используя действие электромагнитного поля от атомного или молекулярно-

го генератора. Этим исключаются спонтанные переходы с одного уровня на другой.

Наименьшей единицей информации в таком компьютере является, по аналогии с обычным компьютером, бит, только квантовый, сокращенно называемый «кубит» – qubit (q-bit) – Quantum Bit, который может иметь большое число состояний. «Кусочек» сохраненной в кубите «единицы», или «истины», описывается комплексным числом, квадрат абсолютной величины которого трактуется как вероятность пребывания в соответствующем состоянии. Количество информации здесь составляет 1 кубит. Причем таких состояний у каждого кубита может быть множество, и все они могут быть различными – все в полном согласии с законами квантовой физики.

Важнейшей основой квантовых вычислений является так называемое «запутанное» (entangled, т.е. взаимосвязанное, взаимозависимое, «переплетенное») состояние нескольких частиц: если несколько частиц составляют единую квантовую систему, то они вполне могут разлететься на (теоретически) произвольное расстояние, не теряя своего квантового единства. А это означает, что любое воздействие на одну из них автоматически меняет состояние другой точно так же, как если бы она была совсем рядом.

13 февраля 2007 г. канадская компания «D-Wave Systems» продемонстрировала первый работающий квантовый компьютер «Orion» (ранее известный как «Trinity») (рис. 138).



а) *б*)

Рис. 138. Квантовый компьютер «Orion»:
а – общий вид; *б* – вид сверху

«Orion» содержит 16 кубит, объединенных в единую систему, называемую квантовым регистром[2]. Одновременно производится свыше 65 тыс. операций. Рассмотрим, что представляет собой квантовая вычислительная техника и каким образом она работает.

Процессор (рис. 139) состоит из 16 магнитных регистров, каждый из которых может принимать одно из двух квантовых состояний. Однако в процессе вычисления каждый регистр может находиться в невозможном с точки зрения классической физики «смешанном» состоянии, или в двух состояниях сразу. При этом он может обмениваться информацией с четырьмя ближайшими соседями.

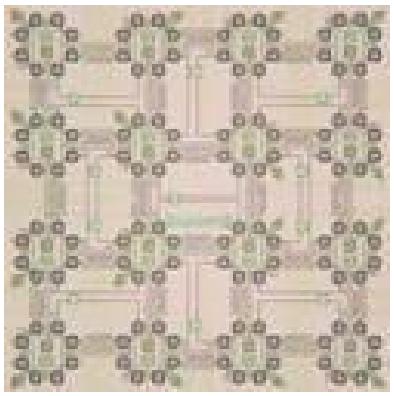


Рис. 139. Принципиальная схема процессора квантового компьютера «Orion»

Квантовое программирование отличается от обычного. Пока для этого нет даже языка, но если таковой и появится, то в нем не будет условных операторов (по крайней мере, в привычной сейчас программистам форме) – ведь проверка значения переменной неминуемо изменит квантовое состояние. Квантовая механика запрещает даже такую привычную вещь, как копирование значения одного кубита в другой – при этом также произойдет изменение исходного состояния копируемого кубита. Однако есть целый класс задач, которые прекрасно решаются такими средствами. Это задачи моделирования квантовых систем. Квантовый компьютер идеально приспособлен для их решения, в то время как для классического они запредельно трудны.

4.7.6. Оптические компьютеры

В конце XX в. начали бурно развиваться такие направления науки и техники, как волоконно-оптическая связь, полупроводниковая оптоэлектроника, лазерная техника. Поэтому XXI в. называют веком оптических технологий.

[2] Квантовый регистр – цепочка кубитов, над которыми можно производить логические операции.

Идея построения оптического компьютера давно интересует исследователей. Многие устройства ЭВМ используют оптику в своем составе: сканеры, дисплеи, лазерные принтеры, оптические диски CD-ROM и DVD-ROM.

Возможности использования света в обработке информации практически безграничны. Если использовать свет для передачи данных между чипами или логическими элементами, не будет существовать проблем со временем задержки на межсоединениях, так как передача информации будет происходить действительно со скоростью света.

Появились и успешно работают оптоволоконные линии связи. Остается создать устройство обработки информации с использованием световых потоков. Способность света параллельно распространяться в пространстве дает возможность создавать параллельные устройства обработки. Это позволило бы на много порядков ускорить быстродействие ЭВМ.

Чтобы использовать уникальные возможности оптики для обработки информации, необходимо разработать подходящие технологии создания устройств генерации, детектирования оптических сигналов, а также оптических логических элементов, управляемых светом. Элементарная оптическая ячейка должна потреблять энергии меньше, чем элемент микрочипа, быть интегрируемой в большие массивы и иметь возможность связи с большим числом подобных элементов.

Начиная с середины 1980-х г., исследователи в оптике и опто-электронике интенсивно работали над созданием полностью оптических компьютеров нового поколения. Основой такого компьютера должен был стать оптический процессор, использующий элементы, в которых свет управляет светом. Логические операции осуществляются в процессе взаимодействия световых волн с веществом.

В 1990 г. в лабораториях американской фирмы «Bell» был создан макет цифрового оптического устройства. С его помощью была продемонстрирована возможность выполнения цифровых и логических операций с высокими параметрами быстродействия. Основу процессора разработанного оптического компьютера составляли двумерные матрицы бистабильных элементов (размерностью 4×8) на основе полупроводниковых структур. Их освещение осуществлялось полупроводниковым лазером.

Во втором поколении оптических компьютеров использовалась векторно-матричная логика. Второе поколение было представлено компьютером DOC-II (digital optical computer) (рис. 140).

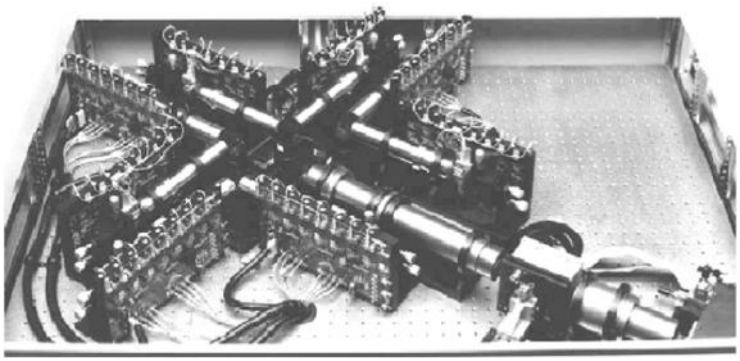


Рис. 140. Оптический компьютер DOC-II

Поток данных в компьютере DOC-II излучали 64 модулируемых лазерных диода, длина волны которого составляла 837 нм. Свет от каждого диода отображался на одну строчку матричного пространственного модулятора, общий размер которого составляет 64 128 элементов. При поиске слова DOC-II может проверять до 80 тыс. страниц текста в секунду.

Основной недостаток оптического компьютера – неинтегрируемость его компонент.

Преимущества оптического компьютера:

– возможность передачи целых изображений за один световой пучок;

– возможность использования совершенно разных сред передачи, хранения и обработки информации;

– возможность выполнения обработки информации во время ее передачи через оптическую систему, которая реализует вычислительную среду;

– возможность передачи информации, закодированной оптическим лучом, без затрат энергии;

– оптическая система не позволяет перехватывать информацию, поскольку ничего не излучает в окружающую среду.

Все эти преимущества достигаются благодаря тому, что в качестве носителей информации используются фотоны, а не электроны.

Компания Lenslet создала первый оптический процессор (DSP (Digital Signal Processor) EnLight256 (рис. 141). EnLight256 – это гибридный оптический процессор, но он не полностью оптический, а содержит преобразователи. Ядро этого процессора – оптическое. Входная и выходная информация представляется в электронном виде.

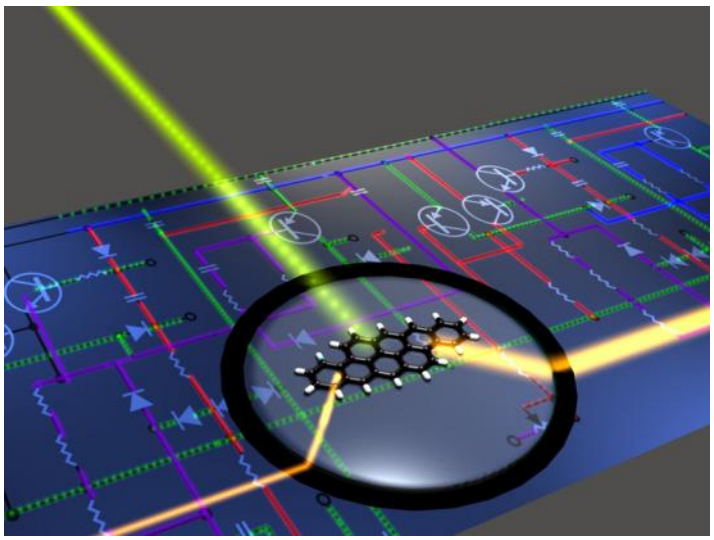


Рис. 141. Первый оптический процессор EnLight256

Ядро состоит из 256 лазеров, пространственного модулятора света, набора линз и приемников. Такая организация позволяет использовать лучшее из оптического и электрического миров. Оптическая матрица VMM (Vector-Matrix Multiplication) – ядро процессора – конвертирует электрическую информацию в свет, затем производит необходимые преобразования этой информации (вычислительные операции), направляя свет через программируемую внутреннюю оптику. Свет, который появляется на выходе, фиксируется множеством датчиков и преобразуется обратно в электрический сигнал.

Компьютер на базе EnLight256 способен обрабатывать 15 видеоканалов стандарта HDTV в режиме реального времени.

Краткие итоги

В 1982 г. в Японии был учрежден комитет по разработке компьютеров новых поколений (ICOT), который разработал план создания компьютера пятого поколения. Предполагалось, что к

1991 г. будут созданы принципиально новые компьютеры, ориентированные на решение задач искусственного интеллекта.

Однако планы создания специализированных «интеллектуальных» компьютеров пока оказались невыполнимыми – «японский проект» ощутимых результатов так и не принес.

В настоящее время идет дальнейшее совершенствование технологии производства микросхем и вычислительной техники. Продолжается дальнейшее развитие архитектур компьютеров. Интенсивные разработки ведутся по многим направлениям. Особенностью этих архитектур является то, что все они основаны не на кремниевых технологиях.

К технологиям, способным значительно увеличивать производительность компьютеров, следует отнести:

- создание молекулярных компьютеров;
- создание биокомпьютеров (нейрокомпьютеров);
- разработку квантовых компьютеров;
- разработку оптических компьютеров.

Контрольные вопросы

1. Какая страна первой объявила о начале работ над ЭВМ пятого поколения?
2. На каких принципах предполагалось строить ЭВМ пятого поколения?
3. Что такое ДНК-процессор?
4. Какая теория является базой для построения нейрокомпьютеров?
5. Как называется наименьшая единица информации в квантовых компьютерах?
6. Каковы достоинства оптических компьютеров?

4.8. История языков программирования

Развитие вычислительной техники сопровождается созданием новых и совершенствованием существующих средств общения программистов с ЭВМ – языками программирования.

Язык программирования – это формальный язык связи человека с вычислительной машиной, предназначенный для описания данных и программы при решении задачи на ЭВМ. Каждая

машина имеет свой язык программирования – машинный язык, задаваемый системой определенных команд. ЭВМ может обрабатывать программы, записанные только на этом языке.

Первым программистом в истории вычислительной техники считается леди Ада Лавлейс, отличавшаяся незаурядными математическими способностями. Она написала комментарии к статье о машине Ч. Бэббиджа, которые можно считать первым трудом по программированию. А. Лавлейс описала некоторые примеры применения машины Ч. Бэббиджа, разработала программу вычисления на ней чисел Бернулли.

4.8.1. Машинные языки и ассемблеры

Языки программирования делятся на два больших класса: машинно-зависимые и машинно-независимые языки. Машинно-зависимые языки делят на машинные (инструкции компьютера) и машинно-ориентированные (языки символьного кодирования, макроязыки и т.д.).

Первые языки программирования были очень примитивными. Для машин первого поколения программы составлялись на машинном языке. Такие программы полностью состоят из элементарных команд машины. Например, команда

01 0101 0102 1000

в машине «М-222» эквивалентна операции $c = a + b$, если считать, что величина a находится в ячейке оперативной памяти с адресом 0101, величина b – в ячейке 0102, а результат c будет помещен в ячейку 1000. Первое число 01 является цифровым кодом операции сложения.

Использование таких языков было крайне неудобно с точки зрения программиста. Ниже перечислены недостатки машинных языков:

– программист должен знать числовые коды всех машинных команд;

– он должен сам распределять память под команды программы и данные;

– на языках машинных команд трудно поддерживать структурную методику программирования;

– программы на языках машинных команд громоздки, недостаточно наглядны; их составление отнимает много труда и времени.

Для того чтобы облегчить общение человека с ЭВМ, были созданы языки программирования типа ассемблер. Язык ассемблера – это язык, предназначенный для представления в символической форме программ, записанных на машинном языке. Он позволяет программисту пользоваться мнемоническими кодами операций, по своему усмотрению присваивать символические имена регистрам ЭВМ и ячейкам памяти, а также задавать наиболее удобные в том или ином контексте схемы адресации.

Переменные величины стали изображаться символическими именами. Числовые коды операций заменились на мнемонические (словесные) обозначения, которые легче запомнить. Язык программирования приблизился к человеческому языку, но удалился от языка машинных команд. Чтобы ЭВМ могла работать на языке ассемблера, необходим транслятор – системная программа, переводящая текст программы на ассемблере в эквивалентные ей машинные команды. Языки типа ассемблер – машинно-ориентированные, так как они настроены на структуру машинных команд конкретной вычислительной машины. Разные компьютеры с разными типами процессоров имеют разный ассемблер.

Например, команда

add dl*, *al

написанная на ассемблере, также эквивалентна операции $c = a + b$, если считать, что величина a находится в ячейке оперативной памяти с именем *dl*, величина b – в ячейке с именем *al*. *add* является символьным кодом операции сложения.

4.8.2. Языки программирования высокого уровня

Одним из первых алгоритмических языков является Plankalkul, разработанный К. Цузе в 40-х гг. прошлого века. В отличие от языков ассемблера Plankalkul не был привязан к архитектуре и наборам команд конкретного компьютера. (Подробнее о языке см. выше).

В 1950-х гг. в связи с широким развитием ЭВМ и применением их в различных областях науки и техники возникла серьезная проблема: простой пользователь не мог работать с ЭВМ из-за

сложности языков программирования, а подготовленный программист был просто не в состоянии обслужить огромное количество пользователей. Разрешением данной проблемы явилось создание языков программирования высокого уровня.

Достоинства языков программирования высокого уровня:

1) форма записи программ на языках программирования высокого уровня по сравнению с ассемблером и машинными языками ближе к традиционной математической форме и разговорному языку;

2) языки программирования высокого уровня легко изучаются;

3) они хорошо поддерживают структурную методику программирования;

4) языки программирования высокого уровня являются машинно-независимыми языками. Одна и та же программа на таком языке может быть выполнена на ЭВМ различных типов, оснащенных соответствующим транслятором.

Главным недостатком языков программирования высокого уровня является то, что программы, написанные на таких языках, занимают больше памяти и медленнее выполняются, чем программы на машинных языках или языках ассемблера.

4.8.2.1. ФОРТРАН

В 1954 г. группа разработчиков фирмы «IBM» под руководством Дж. Бекуса приступила к разработке языка программирования ФОРТРАН (FORTRAN – FORmula TRANslator).

Как видно из названия языка, первоначально язык создавался с целью использования при математических расчетах в прикладных технических задачах. Описания данных в ФОРТРАНе были ориентированы на представление главным образом числовой информации, поэтому и типы данных были просты: это целые и действительные числа, а также массивы из таких чисел.

Работа над компилятором языка продолжалась более двух лет. В апреле 1957 г. компилятор языка ФОРТРАН был готов для использования на ламповой ЭВМ IBM-704.

Позднее появились более проработанные версии – ФОРТРАН II, ФОРТРАН III, ФОРТРАН IV, а также ФОРТРАН V, который предоставлял возможность работы с комплексными числами.

Большим неудобством было то, что на разных машинах были установлены разные версии языка ФОРТРАН и между ними не было никакой совместимости. Поэтому в 1966 г. было решено принять единый стандарт. Следующая стандартизация была проведена в 1977 г., и версия стандарта ФОРТРАН 77 стала особенно популярна.

Следует отметить, что это был первый пример коммерчески успешного языка. В настоящее время появились даже пакеты Visual FORTRAN, позволяющие писать программы с графическим интерфейсом пользователя под среду Windows. К тому же ФОРТРАН до сих пор продолжают изучать при подготовке по некоторым физико-математическим специальностям во многих университетах, где он остается профилирующим языком программирования.

4.8.2.2. АЛГОЛ

27 мая 1958 г. в Федеральном техническом университете (г. Цюрих) состоялась конференция по созданию нового языка – единого языка научного программирования. Язык, созданный на этой конференции, был назван АЛГОЛ-58 (ALGOL – ALGOrithmic Language). Он многое унаследовал от ФОРТРАНа.

В 1959 г. Джон Бекус ознакомил с языком АЛГОЛ-58 Организацию потребителей компьютеров. От фирмы IBM потребовали реализовать АЛГОЛ, но она тормозила развитие языка, возлагая основные свои надежды на ФОРТРАН. Несмотря на это Бекус продолжал активно участвовать в развитии АЛГОЛ’а. Он разработал строгую и точную систему определения каждой структуры языка логическим образом.

Последующее уточнение этой работы датским ученым Питером Науром привело к тому, что такой подход стали называть «форма Бекуса–Наура» (БНФ). Язык образца 1958 г. являлся эскизом языка АЛГОЛ.

Ж. Шварц и другие сотрудники фирмы «System Development» разрабатывают язык программирования Jovial (Джовиал). Название происходит от Jule’s Own Version of International Algorithmic Language. Это процедурный язык программирования высокого уровня, версия языка АЛГОЛ-58. Использовался главным образом для военных приложений ВВС США.

В январе 1960 г. в Париже прошла конференция, основной целью которой было исправление недостатков предыдущей версии языка. П. Наур предложил вариант измененного АЛГОЛ’а, записанного с помощью БНФ. Группа программистов единогласно приняла решение по языку. Таким образом, появился язык АЛГОЛ-60. Со стороны американцев на язык обрушилось много критики. Программисты Европы сразу приняли АЛГОЛ-60. Он позволил европейской компьютерной индустрии обрести независимость от американской технологии.

Многие языки, возникшие позднее, частично базировались на АЛГОЛ’е. Вклад АЛГОЛ’а в их развитие связан с некоторыми основными идеями, такими как блочная структура, рекурсия, БНФ.

Разработчики стремились создать язык, наиболее близкий к обычному языку математических описаний, который позволил бы описывать алгоритмы решения вычислительных задач и обеспечивать перевод этих описаний в программы для конкретных вычислительных машин.

С современной точки зрения АЛГОЛ – это примитивный язык программирования высокого уровня. Однако тогда его появление было громадным достижением в программировании. АЛГОЛ оказал большое влияние на развитие процедурных языков программирования.

В начале 1962 г. Международная федерация по обработке информации (IFIP, International Federation for Information Processing) сформировала новый комитет по АЛГОЛ’у. Его задачей была разработка подмножества языка, в котором бы отсутствовали редко используемые конструкции АЛГОЛ-60, а также создание более совершенного языка. В 1965 г. Ч. Хоар и Н. Вирт предложили модифицированную версию, которая получила название АЛГОЛ-W в честь Н. Вирта. Эта версия была опубликована и приобрела большую популярность в университетских кругах. Но комитет ее отверг.

В 1968 г. появился язык программирования АЛГОЛ-68. Н. Вирт и другие известные ученые выступили против нового языка. АЛГОЛ-68 оказался слишком громоздким и не получил признание в Европе. В течение многих лет только Британский королевский комитет по связи и радиолокации действительно использовал компилятор с АЛГОЛ-68.

4.8.2.3. ЛИСП

В конце 1958 г. математик Джон Мак-Карти из Массачусетского технологического института предложил и реализовал на ЭВМ IBM-704 язык программирования ЛИСП (LISP). Название происходит от LISt Processing (из-за изобилия скобок иногда расшифровывается как Lots of Idiotic Silly Parentheses). ЛИСП – это язык функционального программирования. Он служит для обработки строк и рекурсивных данных. Существенная черта этого языка – унификация программных структур и структур данных: все выражения записываются в виде списков. ЛИСП располагает также средствами для выполнения арифметических и логических операций. Используется для задач искусственного интеллекта.

Диалекты языка для персонального компьютера – MuLISP, Honolulu, Havaii; Interlisp, Common Lisp, MacLisp, XLisp.

4.8.2.4. КОБОЛ

В 1959 г. состоялась конференция по языкам программирования, которая получила название CODASYL (Conference on Data System Languages – конференция по языкам систем обработки данных). Целью созыва конференции было создание единого языка для деловых приложений.

Задача была разбита на три этапа. Было создано три комитета: кратковременный, промежуточный и долгосрочный. Кратковременный комитет выполнил почти всю работу по созданию нового языка. К концу 1959 г. был создан новый язык – КОБОЛ (COBOL – COmmon Business Oriented Language – универсальный язык, предназначенный для бизнеса).

Многие последующие версии КОБОЛа также были одобрены наблюдательной комиссией CODASYL, которая продолжала регулярно собираться. Язык был удобен для сферы бизнеса, машиннонезависим и легок для восприятия. В 1960–70-е гг. КОБОЛ был наиболее применяемым языком программирования (до 80 % программ) в США.

Особенно эффективно программы, написанные на КОБОЛ’е, производят простые арифметические операции с большими массивами данных, что довольно часто приходится делать в бухгалтерских расчетах. В нашей стране этот язык тоже достаточно широко использовался, причем он один из немногих был переведен на русский язык.

4.8.2.5. APL

В 1962 г. Кеннет Айверсон, сотрудник фирмы IBM, опубликовал книгу, названную «A Programming Language» (APL). Первоначально этот язык служил нотацией для записи алгоритмов. На этом языке легко формулируются задачи, связанные с операциями над векторами и матрицами. Первая реализация APL/360 – в 1966 г. Имеются версии интерпретаторов для персональных компьютеров. Из-за трудности чтения программ на APL его иногда называют «Китайским Бейсиком». На самом деле это процедурный, очень компактный язык сверхвысокого уровня. Для удобной работы с этим языком требуется специальная клавиатура. Это приемлемо лишь при систематическом использовании данного языка. В связи с этим APL на персональных компьютерах не получил широкого распространения.

4.8.2.6. ПЛ/1

В 1961 г. фирма IBM выпустила ЭВМ «Системы-360», чтобы сохранить первенство на рынке компьютеров. Эти машины должны были удовлетворить потребности как в аналитических вычислениях, так и в обработке данных в сфере бизнеса и в специальных приложениях. Компьютер с такими возможностями требовал мощного языка. За полгода до окончания работы над аппаратным обеспечением IBM начала заниматься языком. Работа над компилятором была поручена лаборатории фирмы IBM в Англии. Работы начались в октябре 1963 г. и к февралю 1964 г. спецификации языка были завершены.

Этот язык был назван ПЛ/1 (PL/1 – от Programming Language one). При появлении языка ПЛ/1 предсказывали, что он станет основным языком и в конечном итоге заменит своих «предшественников». Однако этого не произошло. Главная причина связана с тем, что некоторые пользователи языков КОБОЛ и ФОРТРАН не ощутили тех преимуществ языка ПЛ/1, которые оправдали бы переход к нему. Другая причина связана с «размерами» языка. Большое количество средств и разнообразие операторов ПЛ/1 привели к тому, что он оказался довольно сложным в изучении. Многие черты языков ФОРТРАН, КОБОЛ’а и АЛГОЛ’а нашли отражение в ПЛ/1. Критики отмечали, что язык наделен слишком многими качествами, что привело к повтору недостатков предыдущих языков.

4.8.2.7. БЕЙСИК

В 1964 г. Джон Кемени и Томас Курц, сотрудники математического факультета Дармутского коледжа, разработали простой и легкий в изучении язык, который назвали БЕЙСИК (BASIC – Beginner's All-purpose Symbolic Instruction Code – многоцелевой универсальный код символических инструкций для начинающих).

Долгое время БЕЙСИК не имел компилятора или интерпретатора, который бы позволял создавать полноценные исполняемые *exe*-файлы. В 1975 г. фирма Micro Instrumentation and Telemetry Systems выпустила свою версию языка БЕЙСИК. Ее создатели – в то время никому не известные Пол Аллен и Билл Гейтс.

Одно время популярность БЕЙСИК'а была столь велика, что компьютеры выпускались с его интерпретатором, прошитым прямо в ПЗУ компьютера. Самым популярным стал M-Basic, с продажи которого Б. Гейтс и П. Ален начали деятельность созданной ими компании Microsoft Corporation.

На протяжении многих лет Дж. Кемени и Т. Курц периодически пересматривали первоначальную версию Бейсика и даже заменили оператор GOTO более сложными управляющими структурами.

Фирма Microsoft создала Visual Basic – пакет визуального программирования и VBScript – аналог Visual Basic для программирования в Internet. Несмотря на практически полностью измененный интерфейс, этот язык и сейчас остается простым в изучении и отлично подходит для написания небольших, нетребовательных к ресурсам программ.

4.8.2.8. ПАСКАЛЬ

Язык программирования ПАСКАЛЬ был создан Никлаусом Виртом, профессором Института компьютерных систем Федерального технического университета в Швейцарии. Он нуждался в языке, с помощью которого можно было обучать студентов навыкам программирования. В числе студентов этого выдающегося профессора Цюрихского университета были Ф. Каин и А. Хейлсберг. Ф. Каин позднее основал корпорацию Borland. Под руководством этих двух студентов язык ПАСКАЛЬ был превращен в мощное средство разработки программ любой сложности.

Язык назван в честь французского философа, математика и создателя вычислительной машины Блеза Паскаля.

Концепция ПАСКАЛЯ была разработана Н. Виртом в 1970 г. ПАСКАЛЬ быстро получил широкое распространение благодаря легкости его изучения и наглядности составленных на нем программ.

ПАСКАЛЬ был уникальным в своем роде – он имел самый быстрый компилятор в мире. Позднее разработкой языка ПАСКАЛЬ занялась компания «Borland», с помощью которой ПАСКАЛЬ был поставлен на серийное производство. Кроме Turbo Pascal компания выпускала Borland Pascal, который обладал большими возможностями (различные режимы компиляции программы, более расширенный набор функций).

Язык ПАСКАЛЬ стараниями А. Хейлсберга превратился в мощную профессиональную систему программирования Turbo Pascal. После просуществовавшей сравнительно недолго и не получившей широкого распространения версии 1.0 в середине 1984 г. появляется версия 2.0, распространение которой пошло стремительными темпами. К осени 1985 г. появляется версия 3.0, а с начала 1988 г. начинает распространяться версия 4.0. К осени 1988 г. появилась версия 5.0 с еще более развитым программным окружением.

С появлением Windows у языка появилась новая разновидность – Turbo и Borland Pascal for Windows.

В 1995 г. компанией «Borland» была создана интегрированная среда разработки программного обеспечения для Microsoft Windows, которая получила название Delpi.

Borland Pascal и используемый в Delphi язык Object Pascal основываются на Turbo Pascal и развивают его идеи.

Свое имя новая система (Delphi) получила в честь древнегреческого города Дельфы. Название было выбрано неспроста: город Дельфы связан с именем бога мудрости и покровителем искусств Аполлона. Согласно легенде главное святилище Аполлона находилось именно в этом городе. Его жрицы изрекали пророчества желающим узнать свою судьбу. Руководитель исследовательской группы по разработке системы Delphi Чак Язджевски отмечал: «Имя Delphi было предложено Денни Торпом во время одной мозговой атаки. Мы хотели, чтобы в имени системы отразились уникальные способности продукта к работе с базами дан-

ных, и Delphi как нельзя лучше перекликается с таким заслуженным именем в этой области, как Oracle, по крайней мере, для тех, кому сочетание «Дельфийский оракул» о чем-то говорит».

По поводу «правильного» произношения названия среды разработки нет единства даже среди англоязычных стран. В частности, в Великобритании распространено произношение «делфи́», а в США – «делфа́й».

Delphi 1 был первым инструментом разработки Windows-приложений, объединившим в себе оптимизирующий компилятор, визуальную среду программирования и мощные возможности работы с базами данных. Новая версия Delphi 2 была разработана под 32-разядные операционные системы Windows 95 и Windows NT 4.

Следующие версии Delphi (3, 4, 5, 6, 7) являлись следствием постепенного развития среды разработки – улучшались существующие и добавлялись новые компоненты, большое внимание уделялось программированию баз данных и программ для глобальной сети Internet.

Последующие версии Delphi – это среда разработки Delphi, а также язык Delphi (Object Pascal), ориентированные на разработку приложений для платформы .NET. Первая такая версия полноценной среды Delphi для .NET – Delphi 8. Среда позволяет писать приложения только для .NET.

Последующие версии (обозначаемые годами выхода, а не порядковыми номерами) могут создавать как приложения Win32, так и код для платформы .NET;

Следующая версия Delphi называется Borland Delphi 2005. В ней можно создавать программы для платформы Win32, а также для перспективной платформы .Net. В новой версии создана возможность разработки программ на нескольких языках (Delphi, C++, Java), чего раньше не было ни в одной подобной среде разработки.

8 февраля 2006 г. Borland объявила о намерении продать подразделения, занимающиеся средствами разработки и сервером баз данных InterBase, выделив их в дочернюю компанию CodeGear.

В марте 2007 г. CodeGear выпустила среду разработки Delphi for PHP, предназначенную для разработки веб-приложений на

языке программирования PHP. Текущая версия Delphi for PHP – 2.0 Update 2.

Delphi for .NET 2007 включена в состав CodeGear RAD Studio 2007.

1 июля 2008 г. компания «CodeGear» была продана малоизвестной компании «Embarcadero Technologies». Начиная с версии 2009, поддержка Delphi.NET была прекращена. Для разработки под .NET предлагается Delphi Prism – среда разработки под .NET на языке Oxygene, использующая Visual Studio Shell (с возможностью интеграции в Visual Studio). В Delphi Prism осуществлена полная поддержка Unicode. Приложения могут выполняться на любой языковой версии Windows. Применение Unicode гарантирует, что приложения будут одинаково выглядеть и функционировать во всех языковых версиях Windows и поддерживать как Unicode-строки, так и ANSI-строки.

25 августа 2009 г. компания «Embarcadero Technologies» объявила о выпуске интегрированной среды разработки Embarcadero Rad Studio 2010, в которую вошла новая версия Delphi 2010. Среда разработана в соответствии с концепцией визуального программирования с поддержкой Windows 7 API, Direct2D и мультисенсорного ввода. Delphi 2010 включает свыше 120 усовершеенствований для повышения производительности.

4.8.2.9. ПРОЛОГ

Язык ПРОЛОГ разрабатывался Аланом Колмероэ – сотрудником университета в Марселе, который в начале 1970-х гг. был привлечен к исследованиям в рамках проекта по методам быстрого обнаружения синтаксических ошибок в программах. Эти исследования привели к созданию программных средств анализа естественных языков.

В отличие от большинства других языков ПРОЛОГ обычно рассматривается в контексте с понятием «логическое программирование». Фактически ПРОЛОГ является не процедурным, а декларативным языком. Человек лишь описывает структуру задачи, а ПРОЛОГ сам ищет решение. Построение логической программы вообще не требует алгоритмического мышления.

В Великобритании аналогичные работы проводились профессором Р. Ковальским и коллективом исследователей Лондонского имперского колледжа.

Язык вызвал интерес в основном в странах Европы. В Америке были попытки создания языка логического программирования (Микро-Пленнэр, Коннивер), призванного заменить ЛИСП. Недостатки этих языков – очень неэффективны и очень трудны в реализации. Поэтому американские специалисты, услышав о ПРОЛОГЕ, решили, что они это уже «исследовали, опробовали и отвергли».

ПРОЛОГ – очень мощный и красивый язык, с ним в 1980-е гг. были связаны очень большие надежды. Речь идет о проекте ЭВМ пятого поколения, заявленном Японией в 1981 г. и распропагандированном в печати под названием «Японский вызов». Предполагалось, что в 1990-х гг. будут созданы компьютеры, имеющие принципиальные отличия от всех предыдущих:

– новая технология производства микросхем, знаменующая переход от кремния к арсениду галлия, и дающая возможность на порядок повысить быстродействие основных логических элементов;

– новая архитектура (не фон Неймана);

– новые способы ввода-вывода информации – распознавание и синтез речи и образов;

– отказ от традиционных алгоритмических языков программирования (ФОРТРАН, АЛГОЛ и т.п.) в пользу декларативных;

– ориентация на задачи искусственного интеллекта с автоматическим поиском решения на основе логического вывода.

Основу программного обеспечения будущих ЭВМ должен был составить язык ПРОЛОГ, а вся архитектура должна была ориентироваться на реализацию алгоритмов логического вывода. Хотя исследовательская программа была сформулирована японцами несколько расплывчато, ясно и четко была провозглашена важная роль логического программирования, а ПРОЛОГ был выбран в качестве базового языка для создания компьютеров нового поколения.

К сожалению, этот проект так и остался проектом. Основная причина – не удалось добиться эффективной аппаратной интерпретации ПРОЛОГА, а нетрадиционные элементная база и архитектура компьютера до сих пор находятся в стадии экспериментов.

Этот язык используется для решения задач в таких областях, как:

- математическая логика;
- решение абстрактных задач;
- понимание естественного языка;
- автоматизация проектирования;
- символьное решение уравнений;
- анализ биохимических структур.

4.8.2.10. РЕФАЛ

Язык РЕФАЛ – РЕкурсивных Функций АЛгоритмический язык. Первую версию РЕФАЛ разработал В. Ф. Турчин еще в 1964 г. В основе этого языка лежит концепция сопоставления с образцом. В основе РЕФАЛ лежит теория нормальных алгоритмов Маркова, которая потенциально мощнее теории исчисления предикатов. РЕФАЛ позволяет решать определенные задачи значительно эффективнее, чем его зарубежные собратья. Немаловажно, что он превосходит известные языки сопоставления с образцом по своей выразительной мощности и легкости понимания текста программ.

На сегодняшний день имеются две версии языка – РЕФАЛ-5 и РЕФАЛ+. Синтаксис языка сблизился с Си++ и поддерживает объектную идеологию. Объектно-ориентированное программирование выражено в представлении функций языка как объектов, которые можно использовать в качестве образцов наравне со стандартными объектами Си++, что превращает РЕФАЛ в очень мощную открытую систему программирования.

Сферы применения языка РЕФАЛ:

1) искусственный интеллект (ИИ);

2) лингвистические процессоры, экспертные системы и т.д.;

3) разработка трансляторов с языков программирования;

4) моделирование целенаправленного поведения.

В 1980-х гг. американцы были серьезно озабочены японским проектом создания компьютеров пятого поколения, опасаясь появления конкурента в сфере компьютерных технологий. Однако выбранный в качестве базового языка ПРОЛОГ не оправдал значительных ожиданий из-за того, что его система логического вывода обладает рядом ограничений. А РЕФАЛ, имею-

щий в своей основе мощную математическую модель, существенно превосходящую ПРОЛОГ, вполне мог бы удовлетворить требованиям японской системы.

4.8.2.11. C

Язык C (Си), был разработан и реализован Д. Ритчи в 1972 г. в компьютере DEC PDP-11. Первоначально C приобрел широкую известность как язык разработки операционной системы Unix. При тщательной разработке на C можно написать мобильные программы, переносимые на большинство компьютеров.

Предшественником C является язык B (Би), а предшественником UNIX – язык BCPL (от Basic Combined Programming Language – базовый комбинированный язык программирования). Язык BCPL был создан в 1967 г. как язык для написания компиляторов и программного обеспечения операционных систем. В языке B было предусмотрено много возможностей для создания ранних версий операционной системы UNIX. Языки BCPL и B были языками без определения типов данных – каждый элемент данных занимал одно «слово» в памяти, и способ обработки элемента данных как целого или действительного числа выбирал программист.

Язык Си является относительно простым языком, в нем нет операций над символьными строками и списками. В отличие от ПАСКАЛЯ, в нем заложены возможности непосредственного обращения к некоторым машинным командам, к определенным участкам памяти компьютера. Си широко используется как инструментальный язык для разработки операционных систем, трансляторов, баз данных и других системных и прикладных программ.

В 1977 г. была начата работа по созданию машинно независимой версии транслятора с языка Си. Результатом этого явилось появление совместимых по входному языку трансляторов с языка Си для 15 различных типов ЭВМ.

Достоинства языка Си:

1) обеспечивает полный набор операторов структурного программирования;

2) поддерживает указатели на переменные и функции;

3) это гибкий язык, позволяющий принимать в конкретных ситуациях самые разные решения;

4) при тщательной разработке на С можно написать мобильные программы, переносимые на большинство компьютеров.

Недостатки: С предъявляет достаточно высокие требования к квалификации программистов. При изучении Си желательно иметь представление о структуре и работе компьютера.

4.8.2.12. C++

В конце 1970-х гг. настал момент, когда многие проекты достигли максимального размера, доступного для обработки с помощью языка структурного программирования С. Теперь требовались новые подходы, и для решения этой проблемы было создано объектно ориентированное программирование (ООП), позволяющее программисту работать с программами большего объема. А поскольку С, являвшийся в то время самым популярным языком, не поддерживал ООП, возникла необходимость создания его объектно-ориентированной версии (названной позднее С++).

Эта версия была разработана Бьярном Страуструпом в начале 1979 г. Первоначально новый язык получил название «С с классами», но в 1983 г. был переименован в С++. Название указывает на эволюционную природу перехода к нему от С, так как «++» – это операция приращения в С. Он полностью включает в себя язык С (т.е. С служит фундаментом для С++) и содержит новые возможности, предназначенные для поддержки объектно ориентированного программирования. Фактически С++ является объектно ориентированной версией языка С. Поэтому программисту, знающему С, при переходе к программированию на С++ надо изучить только новые концепции ООП, а не новый язык.

С 1985 г. в язык были введены новые возможности: множественное и виртуальное наследование, шаблоны функций и классов, обработка исключительных ситуаций.

Сегодня фактически все новые операционные системы написаны на С или С++.

4.8.2.13. АДА

В 1973 г. были начаты работы по языку АДА. Он разработан по заказу Министерства обороны США французской фирмой «Сии-Хониуэлл Буль» как единый язык для встраиваемых и бортовых систем. Язык был назван в честь математика и писательницы графини Августы Ады Лавлейс.

Окончательная версия языка АДА появилась в феврале 1983 г., она и стала основной. АДА до сих пор считается современным языком с традиционной структурой управления, возможностями определения типов и подпрограмм. Удовлетворяет язык и требованиям модульности. В дополнение к классическим свойствам язык обеспечивает программирование задач реального времени, а также возможности моделирования параллельного решения задач и обработку прерываний.

Поскольку язык АДА морфологически произошел от ПАСКАЛЯ, у них есть очень много общего. С самого начала АДА предназначался для разработки больших программных комплексов. Министерство обороны США, учтя отсутствие объектов, в соответствии с современными требованиями к технологии разработки программ, выработало новый стандарт языка. Он описывает версию языка АДА95. Эта версия является первой в мире объектно ориентированной системой программирования, на которую был введен международный стандарт. Впоследствии Министерство обороны США решило использовать название «ADA» как свой внутренний сертифицированный знак.

4.8.2.14. ФОРТ

Язык программирования ФОРТ был разработан Чарльзом Муром в 1976 г. Первоначально язык назывался FOURTH, однако на ЭВМ, на которой он работал, символьные имена могли иметь только пять букв. Так, язык стал называться FORTH. Несмотря на конкуренцию других языков программирования, в частности языка Си, ФОРТ стал завоевывать популярность, особенно при решении задач управления сложными объектами в реальном времени.

Язык ФОРТ использовался для математического обеспечения космического корабля многоразового использования типа Шаттл, спутников Земли, для разработки телеигр, при создании мультфильмов «Stars Wars» и др. В 1976 г. Комитет международного астрономического союза принял ФОРТ в качестве стандартного языка программирования. Позднее ФОРТ применялся для создания экспертных систем, систем искусственного зрения, автоматизации анализа крови и кардиологического контроля.

В США создано общество пользователей ФОРТА (FIG, FORTH Interesting Group).

Программирование на этом языке требует специальных навыков, так как базируется на обратной польской записи.

4.8.2.15. МОДУЛА-2

Под влиянием популярности языка ПАСКАЛЬ в 1979 г. появился язык программирования МОДУЛА-2. Язык был создан Н. Виртом и впервые реализован на мини-ЭВМ PDP-11. В 1970-х гг. язык ПАСКАЛЬ получил широкое признание у пользователей ЭВМ и преподавателей, хотя первоначально он был разработан только для обучения программированию и имел множество недостатков как язык разработки программного обеспечения. В МОДУЛЕ-2 эти недостатки были устранены, но при этом сохранены логическая структура и характерные черты его предшественника.

Н. Вирт применил МОДУЛУ-2 для написания операционной системы для мини-ЭВМ Lilith. Характерной чертой МОДУЛЫ-2 является раздельная компиляция, позволяющая разрабатывать и хранить в библиотеках программы, которые можно использовать повторно.

4.8.2.16. ОБЕРОН

Язык ОБЕРОН был создан в 1987 г. Н. Виртом, автором языков ПАСКАЛЬ и МОДУЛА-2. Язык носит имя спутника планеты Уран.

ОБЕРОН отличается от МОДУЛЫ-2 отсутствием многих необязательных конструкций. В язык были добавлены средства объектно ориентированного программирования. ОБЕРОН – это самый простой универсальный язык. При этом, продолжая традицию ПАСКАЛЯ и МОДУЛЫ-2, он обеспечивает строгий контроль на этапе трансляции, способствуя созданию надежных программ.

4.8.2.17. ОБЕРОН-2

В 1992 г. были приняты расширения языка ОБЕРОН, предложенные Х. Мессенбеком. Расширенный язык получил название ОБЕРОН-2. Основное нововведение – процедуры, связанные с типами. ОБЕРОН-2 является фактическим стандартом языка.

Летом 1993 г. в лондонском пригороде Croydon в отеле «Oakwood» состоялась конференция разработчиков ОБЕРОН-компиляторов и программистов, на которой были согласованы тре-

бования к составу библиотечных модулей, сопровождающих реализации ОБЕРОНА. Принятый документ известен под названием «Oakwood guidelines» («Дубовые требования»).

В 1997 г. компания «Oberon Microsystems» внесла в ОБЕРОН-2 небольшие дополнения и, разработав коммерческий компилятор промышленного уровня, выпустила его в свет под названием COMPONENT PASCAL.

4.8.2.18. PERL

Язык программирования PERL создал американский программист Ларри Уолл в 1987 г., работая системным программистом в компании Unisys. Цели, которые преследовал Ларри при разработке нового языка программирования, отражены в его названии – PERL, которое позднее стало расшифровываться как Practical Extraction and Report Language, т.е. «практический язык извлечения данных и создания отчетов». Первые буквы всех слов названия составляют слово Pearl – «жемчуг». Одна из легенд о происхождении PERL гласит, что в то время уже существовал язык с таким названием, поэтому Ларри сократил название на одну букву, не изменив произношения. По иронии судьбы, сегодня тот язык не помнит никто, кроме историков, а PERL известен всему миру.

PERL быстро распространился среди пользователей сети Usenet. Он был легок в изучении и применении: синтаксис похож на C, PERL-программы не требовалось предварительно компилировать, исходные тексты было легко модифицировать. А самое главное – это был действительно очень практичный язык: с его помощью легко решалось большинство повседневных задач – от самых простых до очень сложных. Постепенно PERL превратился из средства обработки текстов в среде Unix в мощную универсальную систему программирования.

В середине 1990-х гг. после распространения WWW PERL стал излюбленным инструментом web-мастеров для создания динамических сайтов и Internet-программирования. Также PERL широко используется для обработки информации в форматах HTML и XML. Кроме того, PERL стал идеальным языком для быстрого создания прототипов сложных приложений, которые затем нетрудно превратить в реально действующие.

На становление PERL повлияли языки АДА, БЕЙСИК, ФОРТРАН, ЛИСП, ПАСКАЛЬ и язык С. PERL поддерживает разные стили программирования: процедурное, модульное, функциональное и объектно ориентированное, а кроме этого, – стиль операционной системы Unix с ее богатым набором команд и утилит, стройной продуманной архитектурой и унифицированным подходом к представлению данных.

4.8.2.19. Python

Python (*пайтон*, *питон*) – высокоуровневый язык программирования общего назначения с акцентом на производительность разработчика и читаемость кода.

Разработка языка Python была начата в конце 1980-х гг. сотрудником голландского института CWI Гвидо ван Россумом. Для распределенной операционной систмы Amoeba требовался расширяемый скриптовый язык, и Гвидо начал писать Python для этой цели. В феврале 1991 г. Гвидо опубликовал исходный текст.

С самого начала Python проектировался как объектно ориентированный язык, хотя он поддерживает несколько стилей программирования, в том числе структурное, объектно ориентированное, функциональное и императивное. Основные архитектурные черты – динамическая типизация, автоматическое управление памятью, механизм обработки исключений, поддержка Python многопоточных вычислений и удобные высокоуровневые структуры данных. Код в Python организуется в функции и классы, которые могут объединяться в модули, а те, в свою очередь, – в пакеты.

Эталонной реализацией Python является интерпретатор CPython, поддерживающий большинство активно используемых платформ. Он распространяется свободно под очень либеральной лицензией, позволяющей использовать его без ограничений в любых приложениях. Проект PyPy предлагает реализацию Питона на самом Питоне – это уменьшает затраты на изменения языка и постановку экспериментов над новыми возможностями.

Python – активно развивающийся язык программирования, новые версии (с добавлением/изменением языковых свойств) выходят примерно раз в два с половиной года. Вследствие этого и некоторых других причин на Python отсутствуют ANSI, ISO или другие официальные стандарты, их роль выполняет CPython.

Название языка произошло не от вида пресмыкающихся, а от популярного британского комедийного телешоу 1970-х гг. «Воздушный цирк Монти Пайтона».

Однако название языка чаще ассоциируют именно со змеей, чем с фильмом – пиктограммы файлов и даже эмблема на сайте python.org (до выхода версии 2.5) изображают змеиную голову.

3 декабря 2008 г. после длительного тестирования вышла первая версия Python 3000 (или Python 3.0, также используется сокращение Py3k). В Python 3000 устранены многие недостатки с максимально возможным (но неполным) сохранением совместимости со старыми версиями.

4.8.2.20. JAVA

Следующим большим достижением в развитии языков программирования стал язык Java. Он появился в начале 1996 г. Изначально язык назывался Oak.

Согласно истории технология Java (Кофе) родилась из проекта Oak (Дуб), основной целью которого была разработка объектно ориентированных средств описания и коммуникации различного рода электронных устройств. Из-за неудачи этого проекта в 1994 г. опыт, накопленный в рамках его реализации, было решено применить к продуктам, ориентированным на применение в Internet. С апреля 1995 г. по сети свободно распространяется HotJava – интерфейс просмотра страниц World Wide Web для платформ Sun.

Создание Java было обусловлено бурным развитием информационных технологий, стремительным увеличением количества пользователей Internet, а также совершенствованием технологии программирования. До широкого распространения Internet большинство написанных программ компилировались для конкретных процессоров и определенных операционных систем. Однако с развитием Internet (т.е. с появлением возможности соединения через сеть компьютеров с различными процессорами и операционными системами) возникла проблема легкого переноса программ с одной платформы на другую. Для решения этой задачи необходим был новый язык, которым и стал Java. Способность создания межплатформенного переносимого кода и стала причиной быстрого распространения этого языка.

Авторы Java создали его на основе C и C++ (синтаксис Java базируется на C, а объектная модель развилась из C++). Хотя Java-код не совместим с C или C++, его синтаксис сходен с синтаксисом этих языков, поэтому большая часть программистов, использовавших C и C++, смогла перейти на Java без особых усилий. Авторам Java не понадобилось создавать совершенно новый язык, они использовали в качестве базовых уже известные языки и смогли сосредоточить внимание на инновационных элементах. После появления Java языки C и C++ стали общепринятой основой для создания новых компьютерных языков.

4.8.2.21. Си#

В июне 2000 г. у языка Java появился конкурент – язык C# (читается «Си шарп»).

Язык C# напрямую связан с широко применяемыми и наиболее популярными языками программировании C, C++ и Java. Сегодня практически все профессиональные программисты знают эти языки, поэтому переход к базирующемуся на них C# происходит без особых трудностей.

Язык C# строится на объектной модели, которая была определена в C++, а синтаксис, многие ключевые слова и операторы он унаследовал от языка C. Связь между C# и Java более сложная. Оба языка разработаны для создания переносимого кода, базируются на C и C++, используют их синтаксис и объектную модель.

C# – это строго типизированный объектно ориентированный язык, обеспечивающий оптимальное сочетание удобства, простоты, выразительности и производительности. Некоторые свойства языка C# специально разрабатывались, чтобы обеспечить комфортную работу в среде .NET. В то же время и некоторые свойства .NET специально закладывались для поддержки C#, хотя .NET изначально нацелена на использование многих языков программирования. Язык C# разрабатывался с учетом опыта многих предшествующих ему языков программирования, но в первую очередь, конечно, C++ и Java.

Краткие итоги

Существует пять основных концепций программирования:

1) процедурное программирование, реализованное в языках ФОРТРАН, КОБОЛ, АЛГОЛ, ПАСКАЛЬ и т.п.;

2) объектно ориентированное программирование (ООП) в сочетании с процедурным программированием, присутствующее во всех современных языках – Object Pascal, Visual Basic, C++, Java, C#;

3) визуально-событийное программирование, являющееся развитием ООП в части работы с особыми классами визуальных объектов (пиктограммами, кнопками, диалоговыми окнами), реагирующими на различные внешние события. Оно реализовано в визуальных технологических средах Delphi, Visual Basic, Visual C++, Visual Java, Visual FoxPro и др.;

4) функциональное программирование, представленное языком Lisp;

5) логическое программирование, положенное в основу языка Prolog и РЕФАЛ.

В приложении Г приведены даты создания наиболее популярных языков программирования.

В последнее время высока популярность WWW-программирования. Языки WWW-программирования обладают рядом свойств, которые позволяют использовать их на платформе, специализированной для работы в качестве сервера. Чаще всего это интерпретаторы (такие, как Perl, PHP), позволяющие использовать их на стороне сервера, или языки, поддерживаемые клиентом (браузеры) – HTML, XML, Java, JavaScript, или специальные модули(plug-in), расширяющие клиента, – Flash.

Контрольные вопросы

1. Когда был создан первый высокоуровневый язык программирования? Как он назывался?

2. Кто был автором языка ФОРТРАН?

3. Какие языки программирования можно считать «потомками» языка ФОРТРАН?

4. Кто и когда разработал язык КОБОЛ? Каковы его особенности?

5. Кто и когда разработал язык АЛГОЛ?

6. Когда и где появился язык БЕЙСИК?

7. С чего начала свою деятельность фирма Microsoft?

8. В каком языке впервые появились идеи объектно ориентированного программирования?

9. В каком языке впервые реализована идея функционального программирования?

10. В каком языке впервые реализована идея логического программирования?

11. В разработке каких языков принимал участие Джон Бэкус?

12. Какой язык разработали Томас Курц и Джон Кемени?

13. В разработке каких языков принимал участие Н. Вирт?

14. Какой язык разработал Алан Колмероэ?

15. Какой язык разработал Джон Мак-Карти?

16. Кто разработал язык Си?

17. Какие языки разрабатывались для программирования в сетях?

18. Представьте классификацию языков программирования.

Заключение

В учебном пособии рассмотрены основные периоды истории вычислительной техники; более подробно представлена история электронного периода. Изложены характерные черты ЭВМ всех поколений, даны ЭВМ каждого поколения. Отмечена роль выдающихся ученых в развитии компьютерной техники. Приведена история появления наиболее известных языков программирования.

На протяжении всего шестидесяти пяти лет компьютеры превратились из диковинных электронных монстров в мощный, гибкий, удобный и доступный инструмент. Компьютеры стали символом прогресса. По мере того как человеку понадобится обрабатывать все большее количество информации, будут совершенствоваться и средства ее обработки – компьютеры; будут появляться новые языки программирования.

К сожалению, в одной работе невозможно рассмотреть все многообразие и всю сложность мира компьютерной техники. Но краткий экскурс в историю показал развитие вычислительной техники от первых счетных приспособлений до компьютеров, в мире которых живет современное человечество.

Список литературы

1. Иванов, А. А. История развития информатики / А. А. Иванов. – М. : Образ, 2000.

2. Савельев, Е. К. Информационная эпоха / Е. К. Савельев. – СПб. : Питер, 2003.

3. Петров, Ю. П. История и философия науки. Математика, вычислительная техника, информатика / Ю. П. Петров. – СПб. : БХВ-Петербург, 2005.

4. Малиновский, Б. Н. История вычислительной техники в лицах / Б. Н. Малиновский. – Киев, 1995.

5. Гутер, Р. С. От абака до компьютера / Р. С. Гутер, Ю. Л. Полунов. – М. : Знание, 1981.

6. Поликарпов, В. С. История науки и техники / В. С. Поликарпов. – М. : Феникс, 1999.

7. Ученые и их школы / сост. В. Н. Захаров, Р. И. Подловченко, Я. И. Фет. – М. : Наука, 2003.

8. Таненбаум, Э. Архитектура компьютера / Э. Таненбаум. – 5-е изд. – СПб. : Питер, 2007.

9. История информатики в России. Ученые и их школы : сб. ст. / Рос. акад. наук ; отв. ред. А. С. Алексеев. – М. : Наука, 2003. – (Информатика: неограниченные возможности и возможные ограничения).

10. Ланина, Э. П. История развития вычислительной техники / Э. П. Ланина. – Иркутск : ИрГТУ, 2001.

11. Леонтьев В. П. Большая энциклопедия компьютера и Интернета / В. П. Леонтьев. – М. : ОЛМА Медиа Групп, 2006.

12. URL: www.computer-museum.ru

13. URL: www.icfcst.kiev.ua/museum

14. URL: www.parallel.ru

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Приставки СИ

Приставки СИ (приставки) – приставки перед названиями или обозначениями единиц измерения физических величин, применяемые для формирования кратных и дольных единиц, отличающихся от базовой в определенное целое, являющееся степенью числа 10, число раз. Десятичные приставки служат для сокращения количества нулей в численных значениях физических величин.

Таблица А.1

Приставки СИ

Кратность	Приставка		Обозначение		Пример
	Русская	Международная	Русское	Международное	
10^{1}	дека	deca	да	da	дал – декалитр
10^{2}	гекто	hecto	г	h	гПа – гектопаскаль
10^{3}	кило	kilo	к	k	кН – килоньютон
10^{6}	мега	Mega	М	M	МПа – мегапаскаль
10^{9}	гига	Giga	Г	G	ГГц – гигагерц
10^{12}	тера	Tera	Т	T	ТВ – теравольт
10^{15}	пета	Peta	П	P	Пфлоп – петафлопс
10^{18}	экса	Hexa	Э	E	ЭБ – эксабайт
10^{21}	зетта	Zetta	З	Z	ЗэВ – зеттаэлектронвольт
10^{24}	йотта	Yotta	И	Y	Йб – йоттабайт

Двоичное понимание приставок

В программировании и компьютерной индустрии те же приставки в случае применения к величинам, кратным степеням двойки, означают кратность не 1000, а $1024 = 2^{10}$. Какая именно система применяется, должно быть ясно из контекста (например, применительно к объему оперативной памяти используется кратность 1024, а применительно к объему дисковой памяти производителями жестких дисков введена кратность 1000).

Таблица А.2

Двоичное понимание приставок

1 килобайт	$= 1024^1$	$= 2^{10}$	= 1024 байт
1 мегабайт	$= 1024^2$	$= 2^{20}$	= 1 048 576 байт
1 гигабайт	$= 1024^3$	$= 2^{30}$	= 1 073 741 824 байт
1 терабайт	$= 1024^4$	$= 2^{40}$	= 1 099 511 627 776 байт
1 петабайт	$= 1024^5$	$= 2^{50}$	= 1 125 899 906 842 624 байт
1 эксабайт	$= 1024^6$	$= 2^{60}$	= 1 152 921 504 606 846 976 байт
1 зеттабайт	$= 1024^7$	$= 2^{70}$	= 1 180 591 620 717 411 303 424 байт
1 йоттабайт	$= 1024^8$	$= 2^{80}$	= 1 208 925 819 614 629 174 706 176 байт

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Основные характеристики вычислительной техники

К основным характеристикам вычислительной техники относятся такие, как быстродействие, емкость памяти, точность вычислений и др.

Приведены основные характеристики.

1. **Быстродействие ЭВМ** рассматривается в двух аспектах.

С одной стороны, оно характеризуется количеством элементарных операций, выполняемых центральным процессором в секунду. Элементарная операция – это любая простейшая операция типа сложения, пересылки, сравнения и т.д.

С другой стороны, быстродействие ЭВМ существенно зависит от организации ее памяти. Время, затрачиваемое на поиск необходимой информации в памяти, заметно сказывается на быстродействии ЭВМ.

Даже для одной ЭВМ быстродействие не является величиной постоянной.

В связи с этим различают:

а) *пиковое быстродействие*, определяемое тактовой частотой процессора без учета обращения к оперативной памяти;

б) *номинальное быстродействие*, определяемое с учетом времени обращения к оперативной памяти;

в) *системное быстродействие*, определяемое с учетом системных издержек на организацию вычислительного процесса;

г) *эксплуатационное быстродействие*, определяемое с учетом характера решаемых задач (состава операций или их «смеси»).

2. **Производительность** связана с ее архитектурой ЭВМ и разновидностями решаемых задач, в то время как быстродействие обусловлено используемой системой элементов. В приложении Б приведены показатели производительности различных классов компьютеров.

3. **Емкость, или объем, памяти** определяется максимальным количеством информации, которое можно разместить в памяти ЭВМ. Обычно емкость памяти измеряется в байтах. Как уже отмечалось, память ЭВМ подразделяется на внутреннюю и внешнюю. Внутренняя, или оперативная, память по своему объему у различных классов машин различна и определяется систе-

мой адресации ЭВМ. Емкость внешней памяти из-за блочной структуры и съемных конструкций накопителей практически неограничена.

4. **Точность вычислений** зависит от количества разрядов, используемых для представления одного числа. Современные ЭВМ комплектуются 32- или 64-разрядными микропроцессорами. Этого вполне достаточно для обеспечения высокой точности расчетов в самых разнообразных приложениях. Однако, если этого недостаточно, то можно использовать удвоенную или утроенную разрядную сетку.

5. **Система команд** – это набор команд, которые способен выполнить процессор ЭВМ. Система команд устанавливает, какие конкретно операции может выполнять процессор, сколько операндов требуется указать в команде, какой формат должна иметь команда для ее распознания. Количество основных разновидностей команд невелико. Обычно в ЭВМ используется от десятков до сотен команд (с учетом их модификации). На современном этапе развития вычислительной техники используются два основных подхода при формировании системы команд процессора. С одной стороны, это традиционный подход, связанный с разработкой процессоров с полным набором команд, – архитектура CISC (Complete Instruction Set Computer – компьютер с полным набором команд). С другой стороны, это реализация в ЭВМ сокращенного набора простейших, но часто употребляемых команд, что позволяет упростить аппаратные средства процессора и повысить его быстродействие – архитектура RISC (Reduced Instruction Set Computer – компьютер с сокращенным набором команд).

6. **Стоимость ЭВМ** зависит от множества факторов, в частности от быстродействия, емкости памяти, системы команд и т.д. Большое влияние на стоимость оказывает конкретная комплектация ЭВМ и, в первую очередь, внешние устройства, входящие в состав машины. Наконец, стоимость программного обеспечения также влияет на стоимость ЭВМ.

7. **Надежность ЭВМ** – это способность машины сохранять свои свойства при заданных условиях эксплуатации в течение определенного промежутка времени. Количественной оценкой надежности ЭВМ, содержащей элементы, отказ которых приводит к отказу всей машины, могут служить следующие показатели:

– вероятность безотказной работы за определенное время при данных условиях эксплуатации;

– наработка ЭВМ на отказ;

– среднее время восстановления машины и др.

Для более сложных структур типа вычислительного комплекса или системы понятие «отказ» не имеет смысла. В таких системах отказы отдельных элементов приводят к некоторому снижению эффективности функционирования, а не к полной потере работоспособности в целом.

Важное значение имеют и другие характеристики вычислительной техники, например: универсальность, программная совместимость, вес, габариты, энергопотребление и др. Они принимаются во внимание при оценивании конкретных сфер применения ЭВМ.

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Даты создания наиболее популярных языков программирования

Таблица В1

Язык	Год создания
FORTRAN	1957
ALGOL-58	1958
ЛИСП	1958
COBOL	1959
ALGOL-60	1960
APL	1962
PL/1	1964
БЕЙСИК	1964
РЕФАЛ	1964
ALGOL-68	1968
PASCAL	1970
PROLOG	1972

Язык	Год создания
C	1972
FORTH	1976
C++	1979
MODULA-2	1979
C++	1979
ADA	1983
OBERON	1987
PERL	1987
OBERON-2	1992
PYTHON	1991
JAVA	1996
C#	2000

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Лауреаты премии Тьюринга

Таблица Г.1

Год	Лауреат	Основание присуждения
1	2	3
1966	Алан Дж. Перлис	За работы по технологии построения компиляторов
1967	Морис Винсент Уилкс	За разработку первого компьютера, допускающего внутреннее хранение программ, – EDSAC. Уилкс также известен как автор книги «Preparation of Programs for Electronic Digital Computers», (в соавторстве с Виллером и Гиллом, 1951 г.), в которой вводится важнейшее понятие библиотеки
1968	Ричард Хэмминг	За работы в области численных методов, систем автоматического кодирования, кодов определения и корректировки ошибок
1969	Марвин Минский	За работы по проблеме искусственного интеллекта
1970	Джеймс Харди Уилкинсон	За исследования в области численного анализа, способствовавшие использованию высокоскоростных цифровых компьютеров
1971	Джон Мак-Карти	За исследования в области искусственного интеллекта
1972	Эдгер Дейкстра	За вклад в разработку языка АЛГОЛ – языка программирования высокого уровня, ставшего синонимом ясности и математической строгости (конец 1950-х гг.). В последующие годы Эдгер Дейкстра опубликовал множество теоретических статей по теории графов, базовые руководства, описания и философские размышления в области языков программирования
1973	Чарльз Бахман	За выдающийся вклад в технологии баз данных
1974	Дональд Кнут	За огромный вклад в анализ алгоритмов, разработку языков программирования и за создание широко известной серии книг под общим названием «Искусство программирования»
1975	Аллен Ньюэлл и Герберт Саймон	В течение двадцати лет проработав в корпорации RAND, впоследствии – в университета Carnegie Mellon, внесли огромный вклад в теорию искусственного интеллекта, психологию механизмов человеческого восприятия и обработку списков

Продолжение табл. Г.1

1	2	3
1976	Майкл Рабин и Дана Скотт	За общую статью под названием «Конечные автоматы и проблема разрешимости для них», в которой была предложена идея недетерминированного автомата, концепции, доказавшей впоследствии свою исключительную ценность
1977	Джон Бэкус	За глубокий вклад в проектирование практических высокоуровневых программных систем, в частности за его работу над языком FORTRAN
1978	Роберт Флойд	За вклад в методологию создания эффективного и надежного программного обеспечения, развитие таких областей компьютерных наук, как семантика языков программирования, автоматическая верификация программ, автоматический синтез программ и анализ алгоритмов
1979	Айверсон Кеннет	За работу в области языков программирования и математической записи, за разработку языка APL, за большой вклад в развитие языков программирования
1980	Ч. Энтони Р. Хоар	За вклад в определение и разработку языков программирования
1981	Эдгар Кодд	За вклад в теорию и практику систем управления базами данных реляционного типа
1982	Стивен Артур Кук	За вклад в разработку теории вычислительных систем
1983	Кен Томпсон и Денис М. Ритчи	За разработку общей теории операционных систем и за создание операционной системы Unix
1984	Никлаус Вирт	За разработку серии компьютерных языков – ЭЙЛЕР, ALGOL-W, МОДУЛА и ПАСКАЛЬ
1985	Ричард М. Карп	За вклад в теорию алгоритмов, в том числе за разработку эффективных алгоритмов для потоков на сетях и других комбинаторных оптимизационных задач, сопоставление вычислений полиномиальной сложности с интуитивным понятием эффективности, и за вклад в теорию NP-полноты
1986	Джон Хопкрофт и Роберт Тарьян	За достижения в области разработки и анализа алгоритмов и структур данных
1987	Джон Кок	За вклад в проектирование и теорию компиляторов, архитектуру больших систем и разработку RISC-компьютеров
1988	Айвен Сазерленд	За вклад в компьютерную графику, начиная от изобретения Sketchpada

Продолжение табл. Г.1

1	2	3
1989	Уильям Кэхэн	За вклад в численный анализ. Один из первых экспертов в вычислениях с плавающей запятой
1990	Фернандо Х. Корбато	За работу по созданию концепции общецелевых, крупномасштабных компьютерных систем с разделением времени и ресурсов CTSS и Multics
1991	Робин Милнер	За три различных полноценных достижения: 1) создание инструмента, автоматизирующего доказательства в логике вычислимых функций; 2) создание ML – первого языка программирования, использующего полиморфный вывод типов вместе с типизированным механизмом обработки ошибок; 3) создание общей теории конкурентных вычислений, теории о связи между операционной и денотационной семантиками
1992	Батлер В. Лэмпсон	За вклад в разработку распределенных, персональных вычислительных сред и технологию их реализации: рабочие станции, сети, операционные системы, программные системы, дисплеи, безопасность и обмен документами
1993	Юрис Хартманис и Ричард Э. Стернс	За работы по теории сложности вычислений
1994	Эдвард Фейгенбаум и Радж Редди	За создание крупномасштабных систем искусственного интеллекта и демонстрацию практической важности и потенциальной коммерческой выгоды от технологий, использующих искусственный интеллект
1995	Мануэль Блюм	За работы по теории сложности вычислений и ее применению к криптографии и верификации программ
1996	Амир Пнуели	За работу по внедрению темпоральной логики в вычислительные науки и за выдающийся вклад в верификацию программ и систем
1997	Дуглас Энгельбарт	За изобретение ключевых технологий развития интерактивных вычислений
1998	Джим Грей	За работы в области баз данных, исследования обработки транзакций и техническое лидерство в реализации систем
1999	Фредерик Ф., Брукс, Мл.	За вклад в компьютерную архитектуру, операционные системы и проектирование программного обеспечения

Окончание табл. Г.1

1	2	3
2000	Эндрю Чи-Чи Яо	За вклад в теорию вычислений, включающий теорию генерации псевдослучайных чисел, криптографию и коммуникационную сложность
2001	Уле-Йохан Даль и Кристен Нигаард	За идеи развития объектно ориентированного программирования, возникшие в ходе разработки языков программирования Simula I и Simula 67
2002	Рональд Л. Ривест, Шамир, Ади и Леонард М. Адлеман	За вклад по увеличению практической пользы систем шифрования с открытым ключом
2003	Алан Кэй	За многочисленные идеи, которые легли в основу современных объектно ориентированных языков, и за вклад в развитие персональных компьютеров
2004	Винтон Серф и Роберт Кан	За работы по проблеме межсетевого обмена, включая разработку и реализацию основных Интернет-протоколов, TCP/IP и за ведущую роль в области компьютерных сетей
2005	Питер Наур	За вклад в проектирование языков программирования и создание языка Алгол-60, а также в проектирование компиляторов и в искусство и технику компьютерного программирования
2006	Френсис Э. Аллен	За вклад в теорию и практику оптимизации компьютерных программ. Это послужило основой для современных оптимизирующих компиляторов и автоматического распараллеливания программ
2007	Эдмунд М. Кларк, Аллен Эмерсон и Иосиф Сифакис	За вклад в развитие теории проверки моделей – высокоэффективную технику верификации программ, широко применяемую при разработке как программного, так и аппаратного обеспечения
2008	Барбара Лисков	За вклад в разработку практических и теоретических основ языков программирования и системного дизайна (в области исследований устойчивости к ошибкам, абстракции данных и распределенных вычислений).
2009	Чарльз Текер	За вклад в технологию Ethernet и развитие планшетных персональных компьютеров

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Показатели производительности различных классов компьютеров

FLOPS (или **flops** или **flop/s**) (акроним от англ. ***Fl****oating point* ***O****perations* ***P****er* ***S****econd*) – величина, используемая для измерения производительности компьютеров. **FLOPS** показывает, сколько операций с плавающей запятой в секунду выполняет данная вычислительная система.

Одним из важнейших достоинств показателя флопс является то, что он может быть истолкован как абсолютная величина и вычислен теоретически, в то время как большинство других популярных мер являются относительными и позволяют оценить испытуемую систему лишь в сравнении с рядом других.

Таблица Д.1

Производительность суперкомпьютеров

Название	Год выпуска	Производительность
ЭНИАК	1946	300 флопс
БЭСМ-6	1968	1 Мфлопс
Cray-1	1974	160 Мфлопс
БЭСМ-6 на базе Эльбрус-1К2	1980	6 Мфлопс
Эльбрус-2	1984	125 Мфлопс
Cray Y-MP	1988	2,3 Гфлопс
Электроника СС БИС	1991	500 Мфлопс
Blue Gene/L	2006	478,2 Тфлопс
Jaguar (суперкомпьютер)	2008	1,059 Пфлопс
IBM Roadrunner	2008	1,042 Пфлопс
Jaguar Cray XT5-HE	2009	1,759 Пфлопс
IBM Sequoia	2012	20 Пфлопс (планируемая)

Таблица Д.2

Производительность персональных компьютеров

Название	Тактовая частота	Год выпуска	Производительность
IBM PC/XT	4,77 МГц	1983	6,9 Кфлопс
Intel 80386	40 МГц	1985	0,6 Мфлопс
Intel Pentium	75 МГц	1993	7,5 Мфлопс
Intel Pentium II	300 МГц	1997	50 Мфлопс
Intel Pentium III	600 МГц	1999	625 Мфлопс
Intel Pentium III	1 ГГц	1999	2 Гфлопс
AMD Athlon XP	1800+ 1533 МГц	2002	3 Гфлопс
AMD Athlon 64	2,211 ГГц	2003	8 Гфлопс
AMD 64 X2 4200	2,2 ГГц	2006	13.2 Гфлопс
Intel Core 2 Duo	2,4 ГГц	2006	19,2 Гфлопс
Intel Core i7-975 XE	3,33 ГГц	2009	70 Гфлопс

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 3
Периоды истории вычислительной техники 4
1. Домеханический период 4
1.1. Примитивные средства 5
1.2. Первые приспособления 8
1.3. Первые приборы 16
2. Механический период 24
2.1. Машина Леонардо да Винчи 24
2.2. Машина В. Шиккарда 26
2.3. Суммирующая машина Б. Паскаля 27
2.4. Счетная машина Г. В. Лейбница 30
2.5. Арифмометр К. Томаса 32
2.6. Арифмометр В. Однера 32
2.7. Машина П. Л. Чебышева 34
2.8. Новые идеи 35
2.8.1. Идея гибкого программного управления – перфокарты Ж. Жаккара 35
2.8.2. Разработка Г. Прони технологической схемы вычислений 37
2.9. Машины Ч. Бэббиджа 37
2.9.1. Разностная машина (Difference Engine) 39
2.9.2. Аналитическая машина 41
2.9.3. Основные идеи Ч. Бэббиджа 42
2.10. Первая программистка Ада Лавлейс 45
3. Электромеханический период 49
3.1. Табулятор Г. Холлерита 53
3.2. Счетно-перфорационная техника 58
3.3. Клод Шеннон 60
3.4. Довоенные разработки 62
3.5. «Изобретатель компьютера» К. Цузе 63
3.5.1. Машины К. Цузе 64
3.5.2. Язык Plankalkul 68
3.6. Машины Дж. Стибица 70
3.7. Машины Г. Эйкена 72

4. Электронный период 77
Предпосылки возникновения электронной вычислительной техники 77
4.1. Первые разработки электронного периода 79
4.2. Поколения ЭВМ 86
4.3. Первое поколение ЭВМ 87
4.3.1. Зарубежные разработки 87
4.3.1.1. Первая электронно-вычислительная машина «Эниак» 87
4.3.1.2. Машина «Эдсак» 90
4.3.1.3. Машина «Эдвак» 92
4.3.1.4. «Архитектура фон Неймана» 92
4.3.1.5. ЭВМ «ЮНИВАК» 96
4.3.2. Отечественные разработки 97
4.3.2.1. Первая советская ЭВМ «МЭСМ» 99
4.3.2.2. ЭВМ «М-1» 100
4.3.2.3. ЭВМ «БЭСМ» 101
4.3.2.4. ЭВМ «Стрела» 102
4.3.2.5. ЭВМ «М-3» 105
4.3.2.6. ЭВМ «Урал-1» 106
4.3.2.7. ЭВМ «М-20» 108
4.3.3. Характерные черты ЭВМ первого поколения 109
4.4. Второе поколение ЭВМ 113
4.4.1. Отечественные разработки 115
4.4.1.1. ЭВМ «Сетунь» 115
4.4.1.2. ЭВМ «Минск-2» 116
4.4.1.3. ЭВМ семейства «Урал» 118
4.4.1.4. ЭВМ «БЭСМ-6» 120
4.4.1.5. ЭВМ «Раздан» 122
4.4.2. Зарубежные разработки 122
4.4.3. Характерные черты ЭВМ второго поколения 126
4.5. Третье поколение ЭВМ 128
4.5.1. Семейство ЕС ЭВМ 133
4.5.1.1. ЕС ЭВМ-1 («Ряд-1») 133
4.5.1.2. ЕС ЭВМ-2 («Ряд-2») 135
4.5.1.3. ЕС ЭВМ-3 («Ряд-3») 137
4.5.1.4. ЕС ЭВМ-4 («Ряд-4») 139

4.5.2. Семейство малых ЭВМ – СМ ЭВМ 142
4.5.3. Характерные черты ЭВМ третьего поколения 144
4.6. Четвертое поколение ЭВМ 146
4.6.1. Суперкомпьютеры 147
4.6.1.1. Первые суперкомпьютеры..... 148
4.6.1.2. Современные суперкомпьютеры..... 151
4.6.2. Большие ЭВМ (мэйнфреймы)..... 156
4.6.3. Серверы..... 158
4.6.4. Мини-ЭВМ..... 160
4.6.5. Микро-ЭВМ 160
4.6.6. Персональные компьютеры 161
4.6.7. Характерные черты ЭВМ четвертого поколения 174
4.7. Компьютеры будущего 178
4.7.1. Компьютеры пятого поколения 178
4.7.2. Молекулярные компьютеры 180
4.7.3. ДНК-компьютеры 180
4.7.4. Биокомпьютеры или нейрокомпьютеры..... 182
4.7.5. Квантовые компьютеры..... 185
4.7.6. Оптические компьютеры 187
4.8. История языков программирования..... 191
4.8.1. Машинные языки и ассемблеры 192
4.8.2. Языки программирования высокого уровня..... 193
4.8.2.1. ФОРТРАН..... 194
4.8.2.2. АЛГОЛ 195
4.8.2.3. ЛИСП..... 197
4.8.2.4. КОБОЛ 197
4.8.2.5. APL 198
4.8.2.6. ПЛ/1..... 198
4.8.2.7. БЕЙСИК 199
4.8.2.8. ПАСКАЛЬ 199
4.8.2.9. ПРОЛОГ 202
4.8.2.10. РЕФАЛ 204
4.8.2.11. С..... 205
4.8.2.12. С++ 206
4.8.2.13. АДА 206
4.8.2.14. ФОРТ 207

4.8.2.15. МОДУЛА-2 208
4.8.2.16. ОБЕРОН 208
4.8.2.17. ОБЕРОН-2 208
4.8.2.18. PERL 209
4.8.2.19. Python 210
4.8.2.20. JAVA 211
4.8.2.21. Си# 212
Заключение 215
Список литературы 216
Приложение А. Приставки СИ 217
Приложение Б. Основные характеристики вычислительной техники 219
Приложение В. Даты создания наиболее популярных языков программирования 222
Приложение Г. Лауреаты премии Тьюринга 223
Приложение Д. Показатели производительности различных классов компьютеров 227

Учебное издание

Казакова Ирина Анатольевна

История вычислительной техники

Редактор *Т. В. Веденеева*
Корректор *Н. А. Сидельникова*
Компьютерная верстка *Р. Б. Бердниковой*

Подписано в печать 02.03.11. Формат 60x84 1/16.
Усл. печ. л. 13,48. Тираж 50.
Заказ № 130.

Издательство ПГУ.
440026, Пенза, Красная, 40.
Тел./факс: (8412) 56-47-33; e-mail: iic@mail.pnzgu.ru

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

История вычислительной техники

Учебное пособие

ПЕНЗА 2011