

ТЕМА: ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА

Технические средства реализации информационных процессов.

В основу любого устройства, предназначенного для преобразования или хранения информации, должен быть положен принцип ее представления, то есть ее физический носитель. Известны, например, механические устройства, в которых информация представляется углами поворота или перемещения объектов относительно друг друга. Так как автоматизация процесса обработки информации всегда являлась важной задачей для дальнейшего прогресса промышленности и науки, предлагались устройства, принцип представления информации в которых зависел от уровня развития техники: механические устройства с ручным, а затем с паровым приводом, электромеханические, электрические устройства и, наконец, электронные устройства. Последние получили широкое распространение и за 30-40 лет вытеснили устройства других типов. Исключение составляют случаи, когда преобразование информации требует наличия движущихся объектов, например, лентопротяжные или дисковые механизмы памяти больших объемов, исполнительные механизмы и приводы, и некоторые другие. Преимущество использования электронных устройств обусловлено многими факторами, главными из которых являются удобство преобразования и передачи электрических сигналов, малая инерционность электронных устройств и, следовательно, их высокое быстродействие.

Вычислительные устройства, использующие непрерывную форму представления информации, называются *аналоговыми вычислительными машинами* (АВМ). Вычислительные устройства, использующие дискретную форму представления, называются *цифровыми вычислительными машинами* (ЦВМ).

В настоящее время устройства, использующие непрерывный способ представления информации, вытесняются более прогрессивными цифровыми устройствами, даже из таких традиционно «аналоговых» областей, как телевидение и телефония. Что касается непосредственно вычислительных систем, то их развитие, начавшееся преимущественно с АВМ, постепенно перешло к ЦВМ и к середине 70-х п. прошлого столетия ЦВМ полностью вытеснили АВМ.

В дальнейшем мы будем рассматривать только вычислительные устройства с дискретным представлением информации, поэтому здесь остановимся несколько подробнее на принципе построения и полезных свойствах АВМ.

АВМ имели блочную структуру, т.е. представляли собой систему связанных между собой базовых элементов. Связи между базовыми элементами, их состав и количество изменялись для каждой задачи, решаемой на АВМ. В качестве базового элемента использовался *операционный усилитель*, схема которого показана на рис. 1.

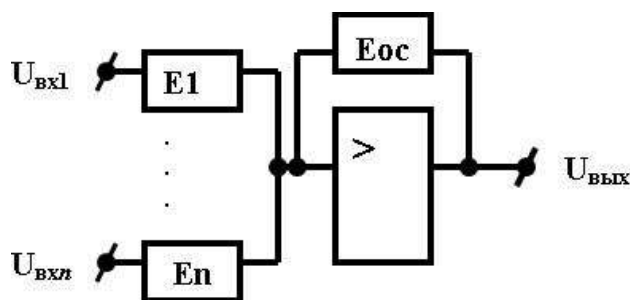


Рис. 1

Он состоит из усилителя, входных элементов ($E1, \dots, E_n$) и элемента обратной связи (E_{oc}). В качестве элементов используются радиоэлектронные компоненты: резисторы, конденсаторы, индуктивности. В зависимости от типов элементов, базовый элемент может производить сложение, интегрирование, дифференцирование и некоторые другие операции над входными напряжениями ($U_{вх1}, \dots, U_{вхn}$), результат операции снимается в виде выходного напряжения ($U_{вых}$). Основными достоинствами АВМ являлись простота аппаратной реализации и высокая скорость получения решения. Основным же недостатком являлась низкая точность результата,

так как радиоэлектронные компоненты, подвергаясь воздействиям внешней среды, изменяли свои параметры, что и влияло на точность решения.

ЦВМ имеют гораздо более высокую сложность аппаратной и программной реализации. Информация в них имеет определенные границы представления, т.е. точность представления информации конечна. Для расширения границ представления необходимо увеличивать аппаратную часть или увеличивать время обработки. Основными достоинствами ЦВМ, а в дальнейшем - *компьютерных систем (КС)* являются:

- гарантированная точность результата, зависящая только от границ представления данных;
- универсальность – способность обрабатывать данные любыми методами, представляемыми последовательностью простых арифметических и логических операций;
- возможность реализации большого числа известных численных математических методов решения задач.

Устройства обработки информации.

Для обработки информации компьютер должен иметь устройство, выполняющее основные арифметические и логические операции над числовыми данными. Такие устройства называются арифметико-логическими устройствами (АЛУ). В основе АЛУ лежит устройство, реализующее арифметическую операцию сложения двух целых чисел. Остальные арифметические операции реализуются с помощью представления чисел в специальном дополнительном коде. Сумматор АЛУ представляет собой многоразрядное устройство, каждый разряд которого представляет собой схему на логических элементах, выполняющих суммирование двух одноразрядных двоичных чисел с учетом переноса из предыдущего младшего разряда. Результатом является сумма входных величин и перенос в следующий старший разряд. Такое функциональное устройство называется одноразрядным, полным сумматором. Его условное обозначение показано на рис. 2.

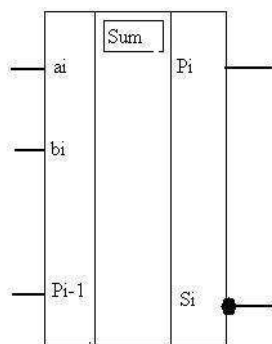


Рис. 2. Условное обозначение полного одноразрядного сумматора

Рассмотренные выше функциональные элементы являются основными при построении схем компьютерных систем.

Принцип автоматической обработки информации вычислительным устройством.

Основным отличием вычислительной машины от таких счетных устройств, как счеты, арифмометр, калькулятор, заключается в том, что вся последовательность команд на вычисление предварительно записывается в память вычислительной машины и выполняется последовательно *автоматически*. Впервые принцип вычислительной машины с автоматическим выполнением команд предложил американский ученый фон Нейман. Он описал основные узлы, которые должна содержать такая машина. Этот принцип получил название фон-неймановской вычислительной машины. Большинство современных КС в настоящее время построено именно по этому принципу.

Машина фон Неймана состояла из памяти, представлявшей собой набор регистров, АЛУ, устройства ввода-вывода и устройства управления (рис. 3).



Рис. 3 Машина фон Неймана

Устройство ввода передавало команды и данные в АЛУ, откуда они записывались в память. Все команды, совокупность которых называется программой, записываются в память в соседние ячейки по возрастанию их адресов, а данные, которые требуют обработки, в ячейки с произвольными адресами. Последняя команда программы - это обязательно команда остановки работы. Каждая команда содержит код операции, которую необходимо выполнить, и адреса ячеек, в которых находятся данные, обрабатываемые этой командой. Устройство управления содержит специальный регистр, который называется «Счетчик команд». После загрузки программы и данных в память в счетчик команд записывается адрес первой команды программы. После чего вычислительная машина переходит в режим автоматического выполнения программы.

Устройство управления считывает из памяти содержимое ячейки памяти, адрес которой находится в счетчике команд, и помещает его в специальное устройство – «Регистр команд». Регистр команд хранит команду во время ее исполнения. Устройство управления расшифровывает тип операции команды, считывает из памяти данные, адреса которых указаны в команде, и приступает к ее выполнению. Для каждой команды устройство управления имеет свой алгоритм обработки, который заключается в выработке управляющих сигналов для всех остальных устройств машины. Этот алгоритм мог быть реализован на основе комбинационных логических схем или с помощью специальной внутренней памяти, куда эти алгоритмы были записаны в виде микрокоманд, объединенных в микропрограммы. Выполнение микропрограммы происходит по тому же принципу, что и программы в основной памяти, т.е. по принципу фон Неймана. Каждая микрокоманда содержит набор управляющих сигналов для устройств машины. Отметим, что устройства управления выполнением команд процессоров в современных компьютерных системах также строятся по принципу комбинационных схем или микропрограммных автоматов, в соответствии с чем, делятся на RISC и CISC процессоры, о которых будет рассказано ниже.

Микропрограмма выполнения любой команды обязательно содержит сигналы, изменяющие содержимое счетчика команд на единицу. Таким образом, после завершения выполнения очередной команды, счетчик команд указывал на следующую ячейку памяти, в которой находилась следующая команда программы. Устройство управления читает команду, адрес которой находится в счетчике команд, помещает ее в регистр команд и т.д. Этот процесс продолжается до тех пор, пока очередная исполняемая команда не оказывается командой остановки исполнения программы. Интересно отметить, что и команды, и данные, находящиеся в памяти, представляют собой целочисленные двоичные наборы. Отличить команду от данных устройство управления не может, поэтому, если программист забыл закончить программу командой остановки, устройство управления читает следующие ячейки памяти, в которых уже нет команд программы, и пытается интерпретировать их как команды.

Особым случаем можно считать команды безусловного или условного перехода, когда требуется выполнить команду, не следующую по порядку за текущей, а отстоящую от данной на

какое-то количество адресов. В этом случае команда перехода содержит адрес ячейки, куда требуется передать управление. Этот адрес записывается устройством управления непосредственно в счетчик команд и происходит переход на соответствующую команду программы.

Поколение цифровых устройств обработки информации

В период развития цифровых технологий были разработаны компьютеры самых разных типов. Многие из них давно забыты, но другие оказали сильное влияние на развитие современных вычислительных систем. Здесь мы дадим краткий обзор некоторых этапов развития вычислительных машин, чтобы показать, как человеческая мысль пришла к современному пониманию компьютерных технологий.

Устройства, облегчающие счет или запоминание его результатов, известны давно, но нас будут интересовать только устройства для вычислений, которые автоматически выполняют заложенные в них программы. Поэтому мы не рассматриваем здесь такие устройства, как счеты, механические арифмометры и электронные калькуляторы.

Первая счетная машина с хранимой программой была построена французским ученым *Блезом Паскалем* в 1642 г. Она была механической с ручным приводом и могла выполнять операции сложения и вычитания. Немецкий математик *Готфрид Лейбниц* в 1672 г. построил механическую машину, которая могла делать также операции умножения и деления. Впервые машину, работающую по программе, разработал в 1834 г. английский ученый *Чарльз Бэббидж*. Она содержала запоминающее устройство, вычислительное устройство, устройство ввода с перфокарт и печатающее устройство. Команды считывались с перфокарты и выполняли считывание данных из памяти в вычислительное устройство и запись в память результатов вычислений. Все устройства машины Бэббиджа, включая память, были механическими и содержали тысячи шестеренок, при изготовлении которых требовалась точность, недоступная в XIX в. Машина реализовала любые программы, записанные на перфокарте, поэтому впервые для написания таких программ потребовался программист. Первым программистом была англичанка *Ада Ловлейс*, в честь которой уже в наше время был назван язык программирования Ada.

В XX в. начала развиваться электроника и ее возможности немедленно взяли на вооружение разработчики вычислительных машин. С построения вычислительных машин, базовая система элементов которых была построена на электронных компонентах, начинается отсчет поколений цифровых вычислительных машин. Отметим, что деление периода развития цифровой техники на этапы связано, в основном, с переводом базовой системы элементов на новые технологии производства электронных компонентов.

Первое поколение – электронные лампы (1945-1955 гг.)

В основе базовой системы элементов этого поколения компьютеров лежали электронные лампы. Их использование определяло и достоинства и недостатки цифровых устройств. Электронные лампы обеспечивали высокую скорость переключения логических элементов, что увеличивало скорость вычисления по сравнению с попытками создать вычислительную машину, базовый элемент которой был построен на основе электромеханического реле. Электронные лампы были достаточно долговечны и обеспечивали надежную работу компьютера. К сожалению, недостатков у ламповых компьютеров тоже было достаточно. Электронные лампы работали с напряжениями в десятки вольт и расходовали много энергии, кроме того, размер электронных ламп, по современным понятиям микроэлектроники, был огромным – несколько десятков кубических сантиметров. Для построения вычислительной машины нужны были тысячи логических элементов, поэтому размер ламповых вычислительных машин по занимаемой площади составлял десятки квадратных метров, а потребляемая мощность колебалась в пределах от единиц до десятков и даже сотен киловатт. Такая мощность приводила к перегреванию ламп, которые были размещены довольно компактно, и ставила задачу эффективного охлаждения

электронных компонентов машины. Скорость обработки информации в ламповых машинах колебалась от нескольких сотен до нескольких тысяч операций в секунду.

Второе поколение – транзисторы (1955-1965 гг.)

Полупроводниковые приборы – транзисторы были изобретены в 1948 г. Они отличались от электронных ламп малыми размерами, низким напряжением питания и малой потребляемой мощностью. Все эти достоинства полупроводниковых приборов произвели революцию в радиоэлектронной промышленности. Стали появляться миниатюрные приемо-передающие радио- и телеустройства, появилась возможность встраивать управляющие устройства непосредственно в объекты управления и т. д. Новая элементная база для компьютеров на основе транзисторов произвела революцию и в производстве компьютеров. Значительное уменьшение габаритов, снижение потребляемой мощности и стоимости позволило создавать архитектуры компьютера с большими функциональными возможностями, резко повысить быстродействие компьютеров до сотен тысяч и даже миллионов операций в секунду. Увеличение производительности обеспечивалось как за счет более высокой скорости работы транзисторов по сравнению с электронными лампами, так и путем введения в состав вычислительной машины нескольких обрабатывающих устройств, работающих параллельно. Площадь, требуемая для размещения компьютера, снизилась до нескольких квадратных метров, предпринимались попытки изготавливать и настольные варианты. Снижение стоимости увеличило число потенциальных пользователей компьютеров. Появились крупные фирмы по производству компьютеров широкого назначения: *International Business Machines (IBM)*, *Control Data Corporation (CDC)*, *Digital Equipment Corporation (DEC)* и др. Следует отметить компьютер PDP-8 фирмы DEC – первого микрокомпьютера с общей шиной, оказавшего большое влияние на развитие архитектур персональных компьютеров.

Третье поколение – интегральные схемы (1965-1980 гг.)

Полупроводниковые элементы и другие электронные компоненты выпускались электронной промышленностью в виде отдельных элементов. Так, полупроводниковый кристалл, на котором размещался транзистор, заключался в специальный металлический или пластмассовый корпус. Требование уменьшения габаритов электронных устройств привело к тому, что сначала полупроводниковые приборы стали производиться в бескорпусном исполнении, а затем в 1958 г. была предпринята попытка разместить в одном полупроводниковом кристалле все компоненты одного функционального узла. Так появились интегральные схемы (ИС), которые позволили резко уменьшить размеры полупроводниковых схем и снизить потребляемую мощность. На основе ИС строились мини-ЭВМ, которые выполнялись в виде одной стойки и периферийных устройств. Мощность, потребляемая компьютером на ИС, уменьшилась до сотен ватт. Увеличение быстродействия узлов, построенных на ИС, позволило довести быстродействие компьютеров до десятков миллионов операций в секунду. Электронная промышленность приступила к массовому производству электронных компонентов на ИС, что позволило снизить их стоимость и резко уменьшить стоимость аппаратной составляющей компьютеров. Уменьшение стоимости привело к разработке и практической реализации мощных вычислительных систем, использующих параллельную обработку: многопроцессорные и конвейерные вычислители.

Четвертое поколение – сверхбольшие интегральные схемы (с 1980 гг.)

Микроминиатюризация электронных устройств привела к появлению новой отрасли промышленности – *микроэлектроники*, которая относится к области высоких технологий. Используя последние научно-технические достижения физики, химии, кристаллографии, материаловедения и даже космонавтики (в невесомости можно получить полупроводниковые кристаллы очень высокой чистоты), добились размещения на одном кристалле размером несколько квадратных миллиметров сначала сотен, затем тысяч и, наконец, миллионов транзисторов и других электронных компонентов. Теперь полупроводниковая схема содержала уже не набор нескольких логических элементов, из которых строились затем функциональные узлы компьютера, а целиком функциональные узлы и, в первую очередь *процессор*, который,

учитывая его размеры, получил название *микромикропроцессор*, устройства управления внешними устройствами – *контроллеры* внешних устройств. Такие интегральные схемы получили название сначала *больших интегральных схем* (БИС), а затем и *сверхбольших интегральных схем* (СБИС).

Итогом такого бурного развития микроэлектроники стало появление одноплатных ЭВМ, где на одной плате, размером несколько десятков квадратных сантиметров, размещались несколько СБИС, содержащих все функциональные блоки компьютера. Одноплатные компьютеры встраивались в различные промышленные, медицинские и бытовые приборы для оперативной обработки информации и управления. Стоимость одноплатных компьютеров так упала, что появилась возможность их приобретения отдельными людьми. Такой возможностью воспользовались английские инженеры *Стив Джобс* и *Стив Возняк*. Используя выпускаемые промышленностью функциональные узлы: плата микро-ЭВМ с процессором и памятью, клавиатура, дисплей, они собрали дешевую настольную вычислительную машину – *микрокомпьютер*. Его привлекательность для непрофессиональных пользователей заключалась в том, что это было готовое к употреблению устройство, содержащее все необходимое оборудование и программное обеспечение для работы. Этот микрокомпьютер получил название *Apple* и стал первым в мире *персональным компьютером*.

Персональными компьютерами, которые получили большое распространение на компьютерном рынке, заинтересовалась крупная компания, занимавшаяся выпуском мощных вычислительных систем – *IBM*, и решила наладить выпуск своей модели персонального компьютера. Совместно с фирмой *Intel*, разработавшей микропроцессорный комплект, и фирмой *Microsoft*, которая оснастила компьютер операционной системой *MS DOS*, *IBM* создала персональный компьютер *IBM PC*. Значительный потенциал фирмы *IBM* позволил в короткие сроки произвести огромное количество таких компьютеров. Их привлекательная для покупателей цена и некоторые новшества, например, большой, по сравнению с выпускавшимися в то время персональными компьютерами других фирм, объем оперативной памяти, позволили компьютеру *IBM PC* стать самой популярной «персоналкой», в мире.

Архитектуры вычислительных систем сосредоточенной обработки информации.

Современный компьютер состоит из нескольких функциональных узлов: процессор, память, контроллеры устройств и т.д. Каждый узел представляет собой сложное электронное устройство, в состав которого могут входить миллионы логических элементов. Для лучшего понимания принципа работы каждого узла и компьютера в целом вводится понятие уровней представления компьютера.

Цифровой логический уровень – уровень логических схем базовой системы элементов.

Микроархитектурный уровень – уровень организации обработки информации внутри функционального узла. Сюда относятся регистры различного назначения, устройство обработки поступающих команд, устройство преобразования данных, устройство управления.

Командный уровень – набор функциональных узлов и связи между ними, система команд и данных, передаваемых между устройствами.

Набор блоков, связей между ними, типов данных и операций каждого уровня называется *архитектурой уровня*.

Архитектура командного уровня называется обычно компьютерной архитектурой или компьютерной организацией.